



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA

RENAN AMORIM DA SILVA

**O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS EM UM CONTEXTO
DE USO DE SIMULAÇÕES DE CUNHO LABORATORIAL**

Caruaru
2020

RENAN AMORIM DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Colegiado de Química-Licenciatura do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Química.

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos

Caruaru

2020

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 124

S586d Silva, Renan Amorim da.

O desenvolvimento de habilidades cognitivas em um contexto de uso de simulações de cunho laboratorial. / Renan Amorim da Silva. – 2020.
97 f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2020.

Inclui Referências.

1. Habilidades cognitivas. 2. Química – Estudo e ensino. 3. Aprendizagem. 4. Soluções. 5. Laboratórios experimentais. I. Vasconcelos, Flávia Cristina Gomes Catunda de (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2020-135)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE DO CAMPUS AGRESTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TCC

RENAN AMORIM DA SILVA

**“O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS EM UM CONTEXTO
DE USO DE SIMULAÇÕES DE CUNHO LABORATORIAL”**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco, como parte das
exigências para obtenção do título de graduado em
Química-Licenciatura.

Caruaru, 05 de novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (CA/UFPE)
(Orientadora)

Prof. Dr. Jackson Gois da Silva (Departamento de Educação/UNESP)
(Examinador 1)

Profa. Dra. Susan Bruna Carneiro Aragão (Chapel School - Oblatos de Maria Imaculada)
(Examinadora 2)

À minha família

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos por todo o companheirismo e incentivo à pesquisa durante esta etapa da minha formação acadêmica. Obrigado por acreditar em mim, saiba que devo muito do que aprendi a você e lhe tenho como referência profissional.

À minha família, por estar comigo, me dando o suporte necessário para acreditar em dias melhores sempre. Por todas as palavras de incentivo e apoio durante esta trajetória.

Aos avaliadores, Prof. Dr. Jackson Gois da Silva e Profa. Dra. Susan Bruna Carneiro Aragão, por terem aceito o convite de participação na banca e às contribuições trazidas.

À Profa. Dra. Ana Paula de Souza de Freitas, pelas gentis contribuições ao trabalho durante as disciplinas de Metodologia da Pesquisa Educacional e Trabalho de Conclusão de Curso I.

Aos estudantes participantes da pesquisa. Obrigado por terem aceito a proposta, demonstrado comprometimento e participado de forma tão amigável em todas as etapas de realização.

Aos meus colegas e amigos que estiveram comigo durante a minha trajetória na graduação, por todos os momentos de ajuda e companheirismo.

RESUMO

A inserção de recursos tecnológicos no ensino de Química através de propostas de aula elucidase como meio de se conceber a relação existente entre a dualidade teoria-prática, sendo uma das possibilidades de uso através de simulações de cunho laboratorial. No que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades cognitivas em estudantes, Zoller estabelece três categorias: ALG (*Algorithmics*), LOCS (*Lower-Order Cognitive Skills*) e HOCS (*Higher-Order Cognitive Skills*), podem ser descritas como habilidades em que o aluno pode expor pensamentos algorítmicos; uso de conceitos e relações entre equações e teoria; e relações mais consistentes entre variáveis, com enunciação de hipóteses e deduções; respectivamente. O contexto de exploração dessas habilidades neste trabalho é baseado na temática Soluções, devido à necessidade de abordagens qualitativas acerca dos principais tópicos que a abarcam. Assim, o objetivo deste trabalho é o de avaliar as principais habilidades cognitivas desenvolvidas por estudantes de uma turma do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola da rede pública de ensino, em Bezerros – PE, em um contexto de uso de simulações de cunho laboratorial sobre a temática Soluções. Para isso, a metodologia do trabalho subdivide-se em quatro momentos: o primeiro e segundo seguiram pela aplicação de um questionário, para compreensão das principais noções estabelecidas sobre a temática pelos estudantes, e realização de aulas mediante as principais queixas de aprendizagem, relatadas pelos teóricos, acerca de tópicos do assunto; o terceiro se deu pela realização de uma atividade com simulações, em grupos, no laboratório de informática da escola; por último, foi aplicado um questionário, prezando-se na possibilidade de escolha de cinco perguntas pelos estudantes, sendo que tais escolhas versaram na análise das habilidades e níveis cognitivos que exploraram. Os dados do questionário aplicado no início da pesquisa foram analisados por meio das dimensões do conhecimento químico (submicroscópico, macroscópico e simbólico), e através do modo como conceberam os termos e conceitos na Química, apresentando dados estatísticos acerca das noções trazidas. Os dados da atividade da simulação e do questionário aplicado no final da pesquisa foram analisados mediante as categorias de habilidade ALG, LOCS e HOCS e os níveis de cognição nas respostas obtidas. Os resultados demonstram que os estudantes tendem a não explorar o universo submicroscópico em suas respostas e apresentam noções iniciais pertinentes para com a temática, mesmo que com inconsistências e equívocos conceituais, o que denota a importância da exploração de suas concepções no ensino. Além disso, com a atividade da simulação e questionário final, percebeu-se que os estudantes tendem a apresentar um certo grau de adequação para questionamentos LOCS, com nível N3, ao passo que as resoluções de questionamentos HOCS, em maioria, foram

limitadas ao uso de habilidades LOCS, sugerindo dificuldades e falta de familiaridade no estabelecimento de relações mais complexas. Dessa maneira, sugere-se o desenvolvimento de estratégias que possibilitem uma adequação entre recursos tecnológicos, como simulações, e perspectivas HOCS na medida que os estudantes tenham participação ativa durante todo o procedimento de aula.

Palavras-chave: Habilidades Cognitivas. Simulações Laboratoriais. Soluções.

ABSTRACT

The insertion of technological resources in Chemistry Teaching through class proposals is elucidated as a means of conceiving the existing relationship between the theory-practice duality, being one of the possibilities of use through laboratory simulations. When it comes to the development of cognitive skills in students, Zoller establishes three categories: ALG (*Algorithmics*), LOCS (*Lower-Order Cognitive Skills*) and HOCS (*Higher-Order Cognitive Skills*), that can be described as skills in which the student can expose algorithmic thoughts; use of concepts and relationships between equations and theory; and more consistent relationships between variables, with the enunciation of hypotheses and deductions; respectively. The context for exploring these skills in this research is based on the theme of Solutions, due to the need for qualitative approaches to the main topics that cover it. Therefore, this research aims to evaluate the main cognitive skills developed by students from a class of 2nd year High School, from a school in the public learning system, in Bezerros – PE, in a context of using simulations of laboratory nature on the theme Solutions. For this reason, the methodology of this research is divided into four moments: the first and second were followed by the application of a questionnaire, to understand the main notions established on the theme by the students, and the promotion of classes through the main complaints of learning, reported by theorists, on topics of the subject; the third occurred by carrying out the simulation activities, in groups, in the school's computer lab; finally, a questionnaire was applied, considering the possibilities of choosing five questions by the students, and these choices were related to the analysis of the skills and cognitive levels they explored. Moreover, questionnaire data, applied at the beginning of the research, were analyzed based on the dimensions of chemical knowledge (submicroscopic, macroscopic and symbolic), and through the way they conceived terms and concepts in chemistry, presenting statistical data about the notions brought. Simulation activity and final applied questionnaire were analyzed by the ALG, LOCS and HOCS skills categories, and the levels of cognition in the responses obtained. The results show students tend not to explore the submicroscopic universe in their responses and present initial notions pertinent to the theme, even with inconsistencies and conceptual misunderstanding, which indicates the importance of exploring their conceptions in the learning process. Moreover, with the simulation activity and final questionnaire, it was noticed that students tend to present a certain degree of adequacy for LOCS questions, with level N3. In contrast, the HOCS questions resolution, in most cases, were limited to the use of LOCS skills, suggesting difficulties and unfamiliarity in establishing more complex relationships, which may be due to what is generally

required in traditional assessments. Thus, it is suggested the development of strategies that enable an adaptation between technological resources, such as simulations, and HOCS perspectives as students have an active participation throughout the class procedure.

keywords: Cognitive Skills. Laboratory Simulations. Solutions.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	Considerações sobre a inserção de tecnologias no ensino de Química	16
3.2	Os modos representativos da Química para a compreensão de fenômenos	20
3.3	A experimentação e o ambiente virtual: o desenvolvimento de habilidades cognitivas	23
3.3.1	<i>Práticas experimentais e os processos de aprendizagem no ensino de Química ...</i>	23
3.3.2	<i>Pressupostos sobre o uso de laboratórios virtuais em sala de aula</i>	27
3.3.3	<i>Algorithmics (ALG), Lower-Order Cognitive Skills (LOCS) e Higher-Order Cognitive Skills (HOCS): categorias de habilidades cognitivas</i>	31
3.4	A temática Soluções no ensino de Química	35
4	METODOLOGIA	42
4.1	Classificação da pesquisa	42
4.2	Sujeito e campo de pesquisa	42
4.3	Estudo dos conteúdos da temática	43
4.4	Experimentação simulada	44
4.5	Verificação de habilidades cognitivas	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Ensino dos conteúdos da temática Soluções	47
5.1.1	<i>As concepções iniciais dos estudantes</i>	47
5.1.2	<i>Discutindo os principais conteúdos da temática</i>	56
5.2	O contexto experimental no desenvolvimento de habilidades	58
5.2.1	<i>Atividade experimental simulada</i>	59
5.2.2	<i>Análise das categorias de habilidades exploradas</i>	69
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO INÍCIO DA PESQUISA	90

APÊNDICE B – GUIA DE USO SIMULAÇÃO	92
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL APLICADO NA TURMA	94
ANEXO A – MATÉRIAS DE REVISTAS UTILIZADAS	97

1 INTRODUÇÃO

Aspectos referentes ao ensino e aprendizagem vêm passando por diferentes transformações no decorrer dos anos e tais transformações são decorrentes de crescentes desenvolvimentos sociais e tecnológicos. Segundo Melo e Melo (2005), o desenvolvimento das tecnologias na sociedade permite uma mudança no panorama educacional, acarretando uma maior exigência dos profissionais da educação, concernindo aos mesmos uma preocupação quanto ao modo de se relacionar com o conhecimento.

Correspondente a esse desenvolvimento, as tecnologias na educação permitiram elucidar diferentes formas de se conceber a mesma, como é tratado por Alkan e Koçak (2015), o fato de, atualmente, se ter acesso a uma grande quantidade de conhecimento, bem como de se utilizar de tecnologias cada vez mais avançadas, a integralização das mesmas no ensino por meio de atividades pode se destacar como meio de se estabelecer benefícios na educação.

No ensino de Química, o fato de se utilizar recursos tecnológicos através de propostas de aula pode ser um meio de conceber a relação existente entre a dualidade teoria-prática, pois através de ferramentas como o computador, por meio da utilização de simulações computacionais, a compreensão de fenômenos químicos ou a análise de resultados obtidos de forma experimental pode ganhar significado através de métodos contextualizados (SOUZA *et al.*, 2004). É nesse sentido que, no ensino de Química, a inserção das tecnologias busca contribuir para que as dificuldades de compreensão, provenientes de diferentes representações mentais acerca do conteúdo, possam ser mais bem trabalhadas, favorecendo assim a aprendizagem.

Nesse contexto, as simulações podem ser entendidas como modelos dinâmicos do mundo real, sendo possível se analisar e explorar diferentes situações, podendo estas serem fictícias ou não, possibilitando por exemplo, dentro da Química, a realização de atividades práticas experimentais, manejo de itens de difícil aquisição e periculosidade ou, até mesmo, fenômenos que necessitariam de um maior tempo despendido para análise (VALENTE, 1993), utilizados de forma prática e otimizada no ambiente simulado.

Considerando que a Química é uma ciência em que há a prevalência de conceitos em suma referentes ao nível submicroscópico, muitos estudantes frequentemente apresentam dificuldades de compreensão em correlacionar os conceitos químicos com os fenômenos estudados (TATLI; AYAS, 2010). Nesse viés, as simulações podem permitir aos estudantes uma maior aproximação entre os conceitos estudados em aulas teóricas com os fenômenos

químicos observados, sendo essa aproximação por meio da visualização e interação dos estudantes com o objeto de estudo em suas diferentes formas representacionais.

Uma das possibilidades de uso de simulações no ensino de Química é através de laboratórios virtuais (LV), ou simulações de cunho laboratorial, que podem ser alternativas para diferentes circunstâncias, levando-se em conta características de uso de um laboratório físico, dentro da instituição, bem como de ausência de materiais necessários para utilização. Uma vez que, em diversos contextos, os professores relatam que a não realização de práticas experimentais com os estudantes, geralmente, ocorre devido à falta de equipamentos, reagentes e vidrarias, bem como ausência de estrutura física (DEL PINO; KRÜGER, 1997). Quando realizadas, muitos professores transformam as práticas em movimentos tradicionais de ensino, partindo-se de um roteiro procedimental a ser seguido, sem nenhuma possibilidade de desenvolvimento crítico dos estudantes, do mesmo modo que outros professores não realizam, também, pelo fato de apresentarem insegurança, culpabilizam o tempo de análise e os riscos que podem acontecer (WALTON, 2002 apud TATLI; AYAS, 2010).

Em seus estudos, acerca da necessidade de desenvolver habilidades cognitivas nos estudantes, em aulas de Química experimentais e em sala, Zoller (2001, 2011) retrata que tais habilidades podem ser subdivididas em ALG (*Algorithmics*), quando os estudantes expõem pensamentos apenas no plano algorítmico, no uso de cálculos e fórmulas, LOCS (*Lower-Order Cognitive Skills*), quando os mesmos relembram conceitos e passam a criar associações entre equações e teoria e HOCS (*Higher-Order Cognitive Skills*), quando os estudantes passam a criar hipóteses e deduções na resolução de problemas, fazem uso de inferências e analisam dados de forma causal, bem como relacionam o conteúdo com sistemas diversos.

Diante disso, a criação de um ambiente experimental, com a possibilidade de diferentes métodos de exploração, pode se caracterizar como situação propícia ao desenvolvimento de habilidades cognitivas. E tais habilidades podem ser desenvolvidas assim, em ambientes como simulações do tipo experimental, uma vez que além de contribuírem para a ajuda de estudantes com dificuldades de compreensão de aspectos tratados em aulas (VASCONCELOS, 2016), podem ser aliadas no desenvolvimento de capacidades de pensamentos autônomo e crítico nos estudantes, mediante os contextos de uso.

Com essa perspectiva, nesta pesquisa, são avaliadas as principais habilidades cognitivas desenvolvidas por estudantes de uma turma do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola da rede pública de ensino, em Bezerros – PE, baseado nos pressupostos de Zoller (2001, 2011, 2012) num contexto de uso de simulações de cunho laboratorial, sobre a temática Soluções. A escolha do tipo de tais simulações se deu pelas atividades desenvolvidas durante um projeto de iniciação

científica, desenvolvido no Núcleo de Investigação de Práticas Pedagógicas para o Ensino de Química (NIPPEQ). Neste projeto, foram feitos levantamentos e análises de simulações do tipo laboratório virtual e simulações de ações laboratoriais específicas, como análises de concentração, pH e densidade. Durante a pesquisa na literatura, estudos demonstraram que os laboratórios virtuais são ferramentas que viabilizam o processo de ensino e aprendizagem de Química de forma satisfatória, mediante suas características de uso pessoal e em grupo, análise de resultados, materiais para uso e tempo despendido para a experimentação (RIBEIRO; GRECA, 2003; GORGHIU *et al.*, 2009; TATLI; AYAS, 2010; OZDILEK; ONCU, 2014; ALKAN; KOÇAC, 2015).

No que concerne a pesquisa em questão, a problemática central de análise dessas habilidades foi baseada no ensino da temática Soluções, na Química, devido ao fato de que é emergente a necessidade de um tratamento qualitativo dos conteúdos que envolvem o tema. Como autores retratam (ECHEVERRÍA, 1993; CARMO; MARCONDES, 2008) no geral, as práticas de ensino envolvendo o conteúdo, abordam a temática com valorização dos aspectos quantitativos, o que dificulta a construção de relações mais complexas, sendo estas, por exemplo, relacionadas à apropriação do entendimento de sistemas submicroscópicos e entendimentos qualitativos envolvendo as variáveis que influem numa solução.

De acordo com Echeverría (1993), o fato de se analisar sistemas submicroscópicos da matéria, mesmo que os estudantes tenham dificuldades de abstração, pode viabilizar o desenvolvimento cognitivo deles nas relações evidenciadas pelos conteúdos. Dessa forma, então, essa pesquisa busca compreender as principais habilidades cognitivas que podem ser exploradas num contexto de atividade simulada e suas implicações na aprendizagem da temática Soluções na turma de estudantes a ser pesquisada.

Dessa forma, o trabalho se enuncia com os objetivos que se pretendem alcançar na próxima seção, tendo em seguida uma seção correspondente à fundamentação teórica, que visa propiciar auxílios na análise dos resultados obtidos, bem como uma seção apresentando a metodologia do trabalho, posteriormente uma seção com os principais resultados obtidos na pesquisa e sua discussão, e por fim uma seção com as conclusões estabelecidas mediante as discussões feitas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Compreender como a utilização de simulações de cunho experimental pode favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos estudantes de uma turma do 2º ano do Ensino Médio em uma escola da rede pública de ensino.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar as principais categorias de habilidades cognitivas que podem ser exploradas e que os estudantes expõem num contexto de atividade experimental simulada, pautado nas contribuições de Zoller;
- Avaliar como a estratégia favorece a aprendizagem de conceitos do conteúdo de Soluções, baseado nos pressupostos dos referenciais teóricos adotados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Considerações sobre a inserção de tecnologias no ensino de Química

A criação e utilização de ferramentas e técnicas pela espécie humana é algo que remonta a existência do mundo. Desde os primórdios das civilizações, o ser humano busca utilizar diferentes instrumentos de modo a favorecer propósitos específicos e até facilitar ações, isso é o que distingue o ser humano dos outros seres vivos (ÖZTÜRK; YIGIT; KARADUMAN, 2012). De certo modo, tais habilidades são o que baseiam o desenvolvimento tecnológico, e estão intimamente relacionadas com o avanço da tecnologia em sociedade.

Cil *et al.* (2012) retratam que, a tecnologia pode ser compreendida como a criação e emprego de ferramentas, técnicas e sistemas na promoção da solução de um problema ou de desempenho de funções específicas, e relaciona-se significativamente com a capacidade de adaptação humana. Portanto, trata-se de processos que acompanham o ser humano desde sua existência, relaciona-se com aspectos culturais e promove efeitos nas pessoas ao passo que é modelada.

No que tange a relação tecnologia-educação, destaca-se que a educação tecnológica se desenvolveu a partir dos povos primitivos através do ensino do modo de se utilizar ferramentas, ensinamentos de caça de animais, utilização de plantas na alimentação, bem como utilização do fogo e criação de roupas com a pele de animais (ÖZTÜRK; YIGIT; KARADUMAN, 2012). Na contemporaneidade e com o crescente desenvolvimento social, o uso de tecnologias em diferentes setores se mostra como algo recorrente, e que tem se avançado no decorrer dos anos. No que se refere ao desenvolvimento tecnológico atrelado aos procedimentos educacionais, muito se tem discutido (RIBEIRO; GRECA, 2003; MELO; MELO, 2005; SILVEIRA; NUNES; SOARES, 2013; VASCONCELOS, 2016; NERI; ZANON, 2016), e o que mais se enfatiza é necessidade de promoção de relações consistentes entre a educação e a tecnologia.

Em análise, a partir da evolução da tecnologia e os processos de ensino, pode-se notar que qualquer avanço na tecnologia pode afetar de forma a influenciar, direta ou indiretamente, os métodos de ensino, isso pode ser demonstrado com o desenvolvimento do *e-learning* (aprendizagem eletrônica) e a utilização de diferentes recursos no ensino, como o computador (HAMITI; REKA, 2012). Os educadores, dessa forma, devem considerar as múltiplas facetas da educação, buscando refletir como os alunos aprendem, assim como destacam Firmin e Genesi (2013), quando os professores compreendem como os alunos aprendem, o movimento

da aprendizagem se torna favorecido e os estudantes passam a desenvolver habilidades quando inseridos no contexto social.

É válido ressaltar que o ambiente de ensino e os processos de aprendizagem devem tomar lugar ao invés do desenvolvimento de comportamentos, atitudes e habilidades densas e complexas. Por conseguinte, os alunos demonstram melhores desempenhos e atitudes positivas quando encaram o ambiente escolar e a disciplina ensinada como algo positivo, fazendo-os capazes de desenvolverem competências e apresentarem interesse pela aprendizagem (MIHLADIZ; DURAN, 2014).

Quanto à inserção tecnológica no ensino, Hamiti e Reka (2012) estabelecem que tanto professores quanto estudantes se beneficiam num contexto de emprego de tais, pois garantem diferentes maneiras de utilização. Para os professores, os autores apontam que as tecnologias podem otimizar tempo, aumentar a quantidade de recursos, propiciar flexibilidade nos métodos de ensino e fugir do modelo tradicional de ensino. Os benefícios associados aos estudantes seriam igualdade de oportunidades entre eles e possibilidade de independência intelectual. A Figura 1 demonstra a relação existente entre estudante, professor e tecnologia, todos associados ao conhecimento.

Figura 1 – Validação do conhecimento segundo Hamiti e Reka



Fonte: Adaptado de Hamiti e Reka (2012, p. 1173, tradução nossa)

Como retratado na Figura 1, o principal foco de atuação dos professores e tecnologias em serviço da educação é propiciar o conhecimento, o qual pode ser atingido por diferentes meios. Diante de uma era tecnológica, como sistemas que estão sempre a se desenvolver, as tecnologias podem permitir um maior envolvimento dos estudantes nos processos de aprendizagem ao passo que estão cada vez mais inseridas nas suas vivências (HAMITI; REKA, 2012).

No entanto, é válido ressaltar que existem diferenças entre quantidade e qualidade quando se leva em consideração a inserção de tais meios no ensino. Quando se pensa em quantidade, questiona-se *quanta* tecnologia é usada e por quê, da mesma forma em qualidade, *como* a tecnologia é usada e por quê, são questionamentos que permeiam a implementação de tais recursos no contexto educacional, do mesmo modo que se indica a valorização da qualidade em detrimento da quantidade de uso (LEI; ZHAO, 2007; FIRMIN; GENESI, 2013). Uma vez que mesmo quando a tecnologia é empregada em uma certa frequência, nem todas são benéficas, construtivas ou úteis (LEI; ZHAO, 2007).

Como autores apontam (HAMITI; REKA, 2012; FIRMIN; GENESI, 2013; SANTOS, 2016) o simples fato de inserir tecnologias nos procedimentos de aula não garante que o estudante construa uma verdadeira aprendizagem, ou que garanta uma aula mais eficiente. É imprescindível destacar que o potencial de uso das tecnologias reside na capacidade de inserção ao contexto estudantil, na possibilidade de utilização em problemas específicos, bem como numa capacitação do professor em saber otimizar e potencializar o uso destes recursos. Pois assim como Lei e Zhao (2007) consideram, uma mesma tecnologia pode ser utilizada de diferentes formas a depender do propósito daquele que está a usar.

No que tange o uso da tecnologia relacionado à aprendizagem, Levin e Bruce (2001) estabeleceram uma taxonomia de quatro categorias de diversidade de uso da tecnologia para a aprendizagem, uma delas é chamada *Media for inquiry*, à qual discorre que as tecnologias podem ser utilizadas como mídia para investigação, na qual os estudantes podem ser inseridos num contexto de ciência através de propostas inovadoras. Tal estrutura de manipulação pode contribuir para a sistematização da construção de ambientes de aprendizagem que apoiam o desenvolvimento do conhecimento.

No ensino das Ciências da Natureza, a área de Química se constitui como uma ciência essencialmente abstrata e simbólica, sendo que com a presença de diversos conceitos abstratos, a compreensão por parte dos estudantes de diferentes sistemas na disciplina pode ser dificultada, visto que trabalha com diferentes dimensões do conhecimento (TATLI; AYAS, 2010). Nesse viés, constata-se que a educação química necessita de uma maior preocupação quanto aos processos de aprendizagem, em virtude de que se trata de uma das disciplinas que os estudantes apresentam dificuldades de assimilação frente ao que se tem como pressuposto ensinar e aprender.

Como tratado por Santos *et al.* (2013), estudos na área mostram que os meios de ensino na Química, em suma, partem da premissa de se realizar atividades de memorização de dados, como informações e fórmulas acerca do conteúdo, o que de certa forma contribui ainda mais

para a desmotivação dos alunos pela aprendizagem, tais fatores propiciam assim a consolidação de apropriações equivocadas do conhecimento, tratando-se da presença de dificuldades de abstração de conceitos e de elaboração de modelos de forma eficiente, incluindo compreensões alternativas frente ao que foi estudado.

De forma indubitável, um dos problemas mais comuns, e que permeia o âmbito educacional, é a relação envolvendo o conteúdo e o método de ensino, não só na área de Química, mas na educação em geral. No ensino de Química, considera-se que o modo como a mesma é concebida e disseminada nas escolas continua aquém, mesmo com o decorrer dos tempos, e o que mais se ressalta é a necessidade de relação conteúdo-método, objetivos sociais e educacionais, critérios de seleção dos conteúdos e suas relações com o conhecimento (VALDIVIA *et al.*, 2019).

O interesse de analisar vínculos existentes entre a pedagogia e a Química deve-se às implicações didáticas demonstradas frente a popularização do conhecimento, reconhecendo que a área de Química possui conhecimentos específicos e lógicas dedutivas formais, configuradas por signos, e símbolos que estabelecem uma linguagem específica (GÓMEZ-MOLINÉ; SANMARTÍ, 2000), fomentando o processo epistemológico no desenvolvimento de habilidades e atitudes específicas.

Diante disso, e como ressaltado, os recursos oriundos das tecnologias atrelados ao ensino, podem ser aliados na promoção de aprendizagens eficientes. Ademais, sendo a Química uma ciência mais experimental, com o uso destes recursos associados aos modelos representacionais, é possível compreender o comportamento da matéria, o que pode ser contemplado por meio da realização de inferências entre sistemas macroscópicos, microscópicos e atômico-molecular (GOMES, 2008).

Apesar do caráter experimental na disciplina, a Química traz aspectos visuais de análise, contemplados por meio da teoria, como a necessidade de utilização de modelos na representação de processos como reações químicas e reatividade em escala subatômica, como os orbitais atômicos e moleculares, espectroscopia, dentre outros (FERREIRA, 1998). Trazendo para o aspecto tecnológico, o uso de programas simuladores pode contribuir para aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem, permitindo aos estudantes perfazer o modelo ao senso comum.

Haja vista que na Química, o uso de recursos tecnológicos pode se evidenciar como ferramenta que possibilita a exploração de diferentes estratégias de ensino, através de diferentes meios, como o computador. Levando-se em consideração as capacidades representativas presentes na disciplina através de sistemas macroscópicos e submicroscópicos da matéria, a

inserção de simulações computacionais, é um exemplo de uso das tecnologias e, pode viabilizar a construção de uma aprendizagem baseada na apreensão dos conceitos de forma a contribuir para representações mentais apropriadas (RIBEIRO; GRECA, 2003), contribuindo para aprendizagem desta ciência.

3.2 Os modos representativos da Química para a compreensão de fenômenos

Sistemas de signos são utilizados em sociedade para a expressão de idéias, imagens ou acontecimentos, tais sistemas se evidenciam pela linguagem, escrita, números, fórmulas químicas, entre outros, sendo construídos pelo homem como forma de controle de ações, através da criação de memórias (PELEGRINI, 1995). Dessa forma, esses signos podem permitir aos seres humanos evocar eventos e objetos ausentes em um dado contexto.

É nesse panorama que se elucidam as representações que abarcam diferentes dimensões da realidade. Como seres macroscópicos, o fato de descrever materiais aos quais é possível observar é algo recorrente, visto que a necessidade de explicar processos a nível molecular se torna menos espontâneo e intuitivo. Sendo necessário se utilizar do raciocínio desprendido das experiências macroscópicas, com a inserção de uma simbologia especializada para a descrição de processos e sistemas, como átomos, moléculas e suas transformações (COOPER; STOWE, 2018).

Na Química, as representações mentais constituídas por associações provenientes do contato com signos viabilizam a compreensão no que concerne processos de transformação da matéria por meio da enunciação de substâncias, fórmulas e equações químicas (DAMASCENO; BRITO; WARTHA, 2008), situações essas materializadas à luz da utilização de símbolos representando a realidade.

Na área de ensino, Pelegrini (1995) trata que como a Química apresenta uma dimensão estreitamente abstrata por meio de sua teoria, modelos mentais são recorrentes para compreensão dos fenômenos químicos, o que se utiliza da representação para tratar de aspectos em nível atômico-molecular. Dessa forma, em sala de aula, os estudantes necessitam assim criar associações que possam contemplar o conteúdo tratado de diferentes formas, o que se caracteriza como algo de bastante dificuldade por parte dos estudantes, pois como tratado por Ribeiro e Greca (2003, p. 544) a Química,

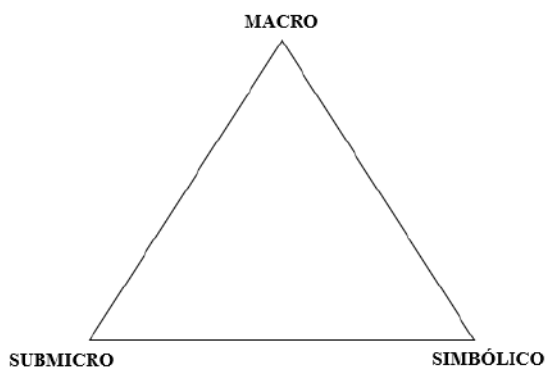
É uma ciência essencialmente simbólica, isto é, trabalha com símbolos para representar elementos e fenômenos, e o aluno, além de ter que conhecer tais símbolos,

ainda deve ter a capacidade de transformar determinada forma de representação em outra equivalente, de maneira mais apropriada.

Posto isto, para o entendimento desta ciência a utilização apenas de aspectos representacionais relacionados aos símbolos, não necessariamente irá garantir os objetivos de aprendizagem requeridos durante o processo de aprendizagem. Como Damasceno, Brito e Wartha (2008) retratam, é necessário que os estudantes tenham familiaridade com as diferentes condições de apreensão do conhecimento químico, sendo necessário inserir-se os modelos científicos e a presença de diferentes dimensões da Química, através da representação macroscópica (fenômenos físicos), microscópica (modelos e teorias) e representacional (simbologia química).

Com o intuito de estudar as dificuldades apresentadas acerca da compreensão dos fenômenos químicos na educação química, Johnstone (1993) evidencia três modos, os quais relacionam-se para a apropriação do conhecimento químico, sendo estes modos o submicroscópico, macroscópico e simbólico. O primeiro relaciona-se com a forma como são explicados os fenômenos a partir de conceitos, por meio do que se estuda a nível atômico-molecular, como interações intra e intermoleculares, ligações químicas, átomo, entre outros. O segundo relaciona-se com o que é observável na Química de forma macroscópica, ou seja, há a possibilidade de visualização e detecção sensorial, como o odor, tato. O último modo, o simbólico, se caracteriza pela representação das substâncias e fenômenos químicos por meio de símbolos e equações. Assim, as transições que o professor faz entre esses três modos pode viabilizar a compreensão do conhecimento químico através das diferentes representações. A Figura 2 retrata a relação existente entre os três modos citados, que através de suas interrelações podem explicar fenômenos na Química.

Figura 2 – Modos representacionais do conhecimento químico



Fonte: Adaptado de Johnstone (1991, p. 78, tradução nossa)

Qualquer vértice do triângulo (Figura 2) tende a indicar cem por cento de tratamento do conteúdo nesse meio, sendo que geralmente os professores fazem uso de mais de uma dimensão da Química em suas aulas. Ou seja, quando numa abordagem apenas no sistema macroscópico, como na experimentação, o professor utiliza apenas um dos vértices do triângulo, quando por meio de uma abordagem introduzida no quadro com equações, verifica-se o vértice relacionado ao simbólico, e através de uma metodologia em que se exploram relações e interações atômico-moleculares, tem-se a exploração do vértice do universo submicroscópico, assim sendo, a ênfase dada ao conteúdo indica os locais de aproximação dos modos representacionais (JOHNSTONE, 2006).

Em se tratando dos currículos tradicionais e grande parte dos livros didáticos distribuídos, a ênfase dada ao ensino de Química se constitui, em suma, do aspecto simbólico, desvalorizando o caráter representacional presente nos outros dois modos, o que cria um ambiente mental nos estudantes de crença dos modelos simbólicos da representação da matéria como a realidade (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000). Considera-se assim que, os três aspectos do campo representacional da Química necessitam ser implementados nos contextos de ensino, no sentido de contribuírem com a desmitificação de concepções mentais inapropriadas da ciência.

Assim sendo, uma reforma no que tange o processo de repensar o modo como o currículo nos sistemas de ensino é criado, talvez seja necessário para que assim possam-se iniciar tratamentos mais especializados quanto à possibilidade de inserção dos estudantes ao meio do triângulo (JOHNSTONE, 2006), triângulo este demonstrado na Figura 2, ao qual indica que no centro se encontra a relação macro, submicro e simbólica da matéria, favorecendo assim a concepção química em suas múltiplas dimensões.

No ensino de Química, e relacionando-se a tais modos, Johnstone (1982 apud MELO, 2015), afirma que os professores podem apresentar facilidade e utilizam em suas explicações os três níveis do conhecimento químico, permitindo uma mescla entre os vértices do triângulo. Porém, os estudantes ao construírem o conhecimento químico, a princípio, apresentam apenas assimilação do nível macroscópico, o que inviabiliza a construção da aprendizagem química em aspectos simbólicos e submicro da matéria, pois não conseguem estruturar significados para o que o professor está a abordar, apresentando erros conceituais e explicações teóricas desconexas do fenômeno.

Como ressalta Cooper e Stowe (2018), a crítica em torno da enunciação, por parte dos professores, de forma simultânea dos três modos representativos da Química, tem como implicações na aprendizagem o excesso de informações, o que faz com que os estudantes

exponham dificuldades de articulação. Todavia, tais dificuldades são evidenciadas em detrimento de fatores como a não explicitação por parte do professor a despeito dos momentos da aula e de como está a tratar do conteúdo, acerca dos modos representacionais utilizados (AGUILAR; MARCONDES, 2016).

Nesse cenário, em um sentido geral, as problemáticas manifestadas durante o processo de aprendizagem na Química podem ser gerenciadas de forma a construir uma estrutura de conhecimento incorporando os três níveis do pensamento químico (COOPER; STOWE, 2018), pois como tratado, o fato de permitir aos estudantes a construção do conhecimento versando pelas diferentes dimensões e representações contribuem em muito na educação química.

3.3 A experimentação e o ambiente virtual: o desenvolvimento de habilidades cognitivas

Nesta subseção, são abordadas as principais características referentes aos procedimentos experimentais no ensino de Química, bem como suas implicações para o desenvolvimento de habilidades nos estudantes, perpassando pelos tipos de atividades práticas no ensino e suas relações com a ciência. O ambiente virtual é retratado aqui através de simulações, como proposta de utilização em sistemas de ensino que ou apresentam necessidade de realização de práticas, porém não usufruem de materiais necessários, ou podem ser implementados em situações de otimização de aulas, por exemplo. Em ambos os casos, ambiente físico e virtual, pode-se haver a possibilidade do desenvolvimento de propostas de aula com viés de desenvolvimento de capacidades cognitivas.

Assim sendo, também abordaremos sobre o desenvolvimento de habilidades cognitivas e suas implicações nos contextos de ensino e de desenvolvimento pessoal dos estudantes, habilidades categorizadas por Zoller (2001, 2011) como ALG, LOCS e HOCS, e a necessidade de desenvolvimento de habilidades de alta ordem de cognição no ensino de Ciências e, em especial, no ensino de Química.

3.3.1 *Práticas experimentais e os processos de aprendizagem no ensino de Química*

O desenvolvimento da Química como ciência surge a partir de um panorama social e histórico vivenciado pelo ser humano ao longo dos anos. É válido ponderar que, a observação dos fenômenos não necessariamente implica em desenvolver o conhecimento, visto que este, muitas vezes, é fornecido através da criação de teorias e modelos, mediante estudos sistemáticos. E com o auxílio da informática pode-se também desenvolver a ciência Química

por meio de simulações e modelagens computacionais (SOUZA *et al.*, 2013). Na tentativa de compreender os fenômenos que acontecem e suas articulações com o saber científico, as experimentações são ferramentas que podem auxiliar a compreensão dos fenômenos, sendo empregadas também em processos de ensino e aprendizagem.

Considera-se que, a construção do conhecimento científico permeia aspectos de processos investigativos, sendo estes implicados num viés experimental, pelo qual os processos sistêmicos do conhecimento ocorrem (GIORDAN, 1999). Nesse contexto, a introdução de processos práticos na ação científica ser perfaz como algo recorrente e que, por meio de situações de análise, pode proporcionar apropriações do conhecimento.

A inserção de práticas experimentais em ambientes escolares remonta um período de mais de 100 anos, tendo sido influenciada pelas práticas desenvolvidas dentro das universidades, pois objetivavam a aprendizagem do conhecimento químico mediante sua aplicação, já que os estudantes apresentavam certo domínio do conteúdo, porém não conseguiam relacionar com a sua aplicabilidade (GALIAZZI *et al.*, 2001). Assim sendo, desde muito tempo se discute acerca das contribuições e importância das atividades práticas experimentais frente ao processo de aprendizagem, e suas relações com situações de aplicação do conhecimento.

Ademais, estudos empíricos na área da observação e realização de práticas experimentais são realizados, contudo, as interpretações acerca da produção do conhecimento químico são inconclusivas, e o que se enfatiza é que não há a possibilidade de hierarquizar os métodos de ensino, garantindo às práticas experimentais o maior caráter de propiciar a aprendizagem (HODSON, 1994), sabendo que em determinados contextos tais práticas podem contribuir na aprendizagem ou até mesmo, em alguns casos, não apresentar benefício algum.

Hodson (2005, p. 31) aponta que quanto aos objetivos de inserirem práticas experimentais, os professores, em suma, destacam:

- A aquisição do desenvolvimento de conceitos;
- A motivação partindo do estímulo;
- O ensino de habilidades laboratoriais;
- O desenvolvimento do conhecimento científico e do método científico;
- O desenvolvimento de atitudes científicas, como curiosidade, objetividade e suspensão do julgamento.

De acordo com tais apontamentos, sobre o desenvolvimento da compreensão conceitual, Oliveira (2010) diz que é uma contribuição da atividade experimental no desenvolvimento

cognitivo frente ao ato de relembrar teorias, conceitos e fenômenos químicos do plano teórico. No aspecto da motivação, Giordan (1999) trata que tanto alunos quanto professores retratam as atividades experimentais como sinônimo de motivação, o que de certa forma pode ser considerado devido, de forma geral, à ausência de tal prática nos sistemas de ensino. Acerca das habilidades de manipulação laboratorial, Galiazzi *et al.* (2001, p.254) trazem como crítica o fato de não ser necessário, na educação básica, “aprender a pesar considerando os algarismos significativos, a ler corretamente o volume de uma bureta, a pipetar usando o dedo indicador” o que, de certo modo, não seriam fatores imprescindíveis na formação dos estudantes.

No que concerne o método científico, Borges (2002) explora que diante do processo experimental, mediante situações de observação e investigação, os dados fornecidos não são necessariamente puros ou sem a presença de ideias provenientes do observador. Ou seja, o autor reconhece que não há um caminho único para a resolução de situações de análise e investigação na experimentação e apoia-se no entendimento de que diferentes observadores podem apresentar diferentes registros quanto à experimentação, mas com ênfase no sistema em foco.

No ensino, os métodos experimentais podem ser classificados como atividades experimentais demonstrativas, atividades experimentais de verificação e atividades experimentais de investigação (OLIVEIRA, 2010). Com relação à primeira, Oliveira (2010) trata que são as práticas pelas quais os professores executam de forma a permitir que os estudantes apenas observem os fenômenos que estão a acontecer, são utilizadas para exemplificar situações do conteúdo e são comumente empregadas no início de aulas, para favorecer o interesse dos estudantes, ou no final da aula para trazer à memória acerca do conteúdo tratado. Sobre as atividades práticas de verificação, Oliveira (2010) discorre que buscam efetivar a confirmação de teorias e leis, são inseridas normalmente no final de aulas expositivas diante da necessidade de compreensão do conteúdo prévio, e os estudantes são estimulados a comparar aspectos teóricos estudados, como conceitos, aos fenômenos observados na experimentação. Já as atividades práticas investigativas se diferenciam das demais pela capacidade de ação ativa dos estudantes, visto que eles são inseridos num contexto de resolução de problemas, não necessitando assim de procedimentos experimentais roteirizados, criando um ambiente propício ao desenvolvimento de hipóteses, análises e discussão em torno do objeto de estudo.

É válido ressaltar que a introdução de elementos investigativos na experimentação apresenta maiores avanços quanto ao desenvolvimento crítico-cognitivo dos estudantes, visto que “estimula, ao máximo, a interatividade intelectual, física e social, contribuindo, sobremaneira, para a formação de conceitos” (BASSOLI, 2014, p.583). Na Química, a

utilização desse modelo de atividade experimental pode proporcionar construções significativas do conhecimento químico, por meio de atividades e questionamentos que estimulem a capacidade de os estudantes se questionarem, criarem hipóteses, compartilharem ideias e repensarem concepções em contextos educacionais.

Em torno de como são realizadas as atividades práticas no ensino de Química, de forma geral, Suart e Marcondes (2009) afirmam que tanto no Ensino Médio como no ensino superior tais atividades são desenvolvidas de forma acrítica e aproblemática, ou seja, os momentos podem ser descritos como a realização de uma prática protocolada pelo estudante e construção de um relatório que apresente os resultados mais esperados para o experimento, e como Borges (2002) acrescenta, diante do panorama procedimental de tais práticas, não há tempo disponível para análise e interpretação dos resultados obtidos. Não permitindo um espaço para elaboração de hipóteses e análises entre os participantes da experiência, espaços esses que seriam pressupostos para a exploração e desenvolvimento de habilidades cognitivas.

Além disso, quando questionados, os professores argumentam que os problemas para a implementação de práticas experimentais no ensino de Química, são as dificuldades de manipulação, por parte dos estudantes, dos materiais disponíveis no ambiente de laboratório, as dificuldades de compreensão que os alunos têm para com os fenômenos evidenciados e suas relações com a teoria, o tempo de realização de tais procedimentos e o baixo nível teórico-cognitivo dos estudantes (LÔBO, 2012), problemas tais que recaem ao estudante o papel principal dos contextos descritos. O que é necessário deixar claro é que, não só para a experimentação, mas para qualquer tipo de recurso a ser integrado ao processo educacional, a capacidade de produzir interesse e comprometimento com a aula pelos estudantes não se assiste no recurso em si, mas no caráter mediador do professor em permitir a problematização dos fenômenos, propiciação de questionamentos, relações entre os dados obtidos e a contextualização do conteúdo aprendido (SOUZA *et al.*, 2013).

Logo, destituir das práticas experimentais o seu papel de compreensão de como os sistemas acontecem de forma macroscópica, implica em reduzir o conhecimento científico aos sistemas abstratos com uso de leis e fórmulas, o que não significa contrapor a compreensão da teoria em detrimento do ensino experimental (BORGES, 2002), considera-se assim que, é válido encontrar formas de conciliação entre a teoria e a prática, no sentido de inviabilizar a fragmentação do conhecimento, permitindo assim uma aprendizagem acessível.

Nas aulas de Química, quando empregada em favor da aprendizagem, a experimentação apresenta-se como recurso de múltiplos benefícios, sendo eles o desenvolvimento de conceitos, correlação entre a teoria e a sua aplicação, o desenvolvimento de habilidades do pensamento,

aquisição de métodos dedutivos e de hipóteses, bem como a possibilidade de expressão de argumentos acerca do fenômeno observado (SOUZA *et al.*, 2013). Características essas que podem ser exploradas, quando inseridos procedimentos experimentais nos contextos apropriados e com a devida mediação do professor.

A articulação envolvendo os processos físicos com o conhecimento produzido dentro da experimentação remonta parte do fazer ciência, e esta como em intrínseco movimento de desenvolvimento se perfaz, como Giordan (1999) pontua, na construção da formação do pensamento e das atitudes dos sujeitos, em que atividades de análise se destacam dentro da organização do conhecimento científico.

3.3.2 Pressupostos sobre o uso de laboratórios virtuais em sala de aula

Como abordado anteriormente (subseção 3.1) as tecnologias estão sob intensa mudança e desenvolvimento. Em consonância a esse desenvolvimento, as atividades e os métodos de ensino também se desenvolvem, tornando as tecnologias cada vez mais inseridas nesses contextos. Contextos esses que na Química podem ser exemplificados como ambientes de práticas científicas, tais como os laboratórios. Os objetivos do ambiente laboratorial versam pela observação e análise de resultados, podendo-se utilizar testes práticos de teorias, sendo que na área de ensino espera-se que tais aplicações tenham uma estrutura direcionada para o pensamento crítico e desenvolvimento de processos cognitivos (ALKAN; KOÇAK, 2015), permitidos aos estudantes por meio de construções próprias através da prática com os materiais (TATLI; AYAS, 2010).

Os laboratórios presenciais de Química são ambientes que dentro da própria instituição permitem que os estudantes disponham de materiais para uso, sendo através da presença e ação mediada pelo professor da disciplina. Local esse que em muitos casos há o revezamento do uso de materiais e necessidade de realização de práticas experimentais em grupos com várias pessoas, devido à falta de recurso financeiro que inviabiliza uma manutenção do laboratório dentro da escola (AMARAL *et al.*, 2011). Para além disso, o que pode-se constatar em diversas instituições de ensino é que em situações em que a escola não possui estrutura física apropriada, geralmente, os professores buscam adaptar suas aulas, o que pode inviabilizar os requisitos de segurança, como a instalação adequada de equipamentos de proteção coletiva, ambientes de armazenamento de substâncias e ventilação adequada (DEL PINO; KRÜGER, 1997).

Nesse contexto, novas alternativas frente a necessidade do laboratório físico, ou até mesmo de uso em ambientes de ensino, podem ser evidenciadas, como a utilização de

laboratórios virtuais (LV), que como simulação que busca imitar o sistema real, possibilita aos alunos a realização de várias repetições, sendo uma ferramenta também de uso individual (OZDILEK; ONCU, 2014).

Simulações computacionais estão ligadas à criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real (VALENTE, 1993), utilizam modelos matemáticos ou lógicos para recriar situações ou fenômenos (SUITS; SANGER, 2013) e fornecem acessos dinâmicos às representações, tornando o invisível visível, permitindo várias tentativas com ciclos rápidos de *feedback* (MOORE *et al.*, 2014). Em suma, as simulações permitem recriar sistemas estudados no campo teórico por meio de representações às diferentes situações de estudo, garantindo assim uma maior aproximação com a ciência, de forma a contribuir com a análise dos fenômenos.

No campo pedagógico, as simulações apresentam diferentes vantagens, podendo-se destacar (RUSSELL *et al.*, 1997, p. 330):

- Possibilidade de visualização dos fenômenos químicos, seja através da escala macroscópica ou microscópica, fornecendo ligações entre tais sistemas;
- Maior interatividade e participação dos estudantes durante as ações nas simulações;
- Facilidade de reprodução e repetição de um mesmo fenômeno;
- Eliminação de custos referentes às experiências laboratoriais, como equipamentos, reagentes e vidrarias;
- Participação dos estudantes em atividades, sem medo de errar ou até comprometer os sistemas criados em processos experimentais.

Diante de todas as características das simulações supracitadas, enfatiza-se, contudo, a necessidade de evidenciar que as simulações são alternativas à realidade e não a realidade propriamente dita (SALGUEIRO, 2003). É necessário que o professor compreenda que as representações a nível submicroscópico, presentes nas simulações, podem ser equivocadamente interpretadas, gerando ideias de que os modelos explicitados seriam uma cópia da realidade, sendo assim, cabe ao professor apresentar domínio dos modos representativos (VASCONCELOS, 2016), bem como enfatizar que, em determinadas situações, as únicas formas de análise de determinados fenômenos serão por meio das simulações (SALGUEIRO, 2003).

Relacionado aos tipos de simulações empregadas na Química, de forma geral, Ribeiro e Greca (2003) classificam as simulações na Química como conceituais e operacionais, as

simulações conceituais são relacionadas aos conceitos, princípios e fatos que permeiam processos como a estruturação de uma molécula e mudanças de pressão e temperatura, as operacionais se caracterizam pela execução de atividades de cunho laboratorial, a partir da processos experimentais, simulações do tipo LV são um exemplo destas, já que apresentam em sua interface a presença de materiais como reagentes químicos, vidrarias e equipamentos disponíveis para utilização e realização de processos práticos de análise.

No contexto já trazido, por meio das simulações é possível conduzir momentos de desenvolvimento de hipóteses, testes, análises de resultados e refinamento de conceitos (VALENTE, 1993). Levando-se em consideração o processo de condução experimental, os LV, como simulações implementadas em contextos educacionais, podem criar um ambiente em que os estudantes podem participar de forma ativa, no sentido de poder verificar todos os processos e colaborar com os colegas que apresentam dificuldades (SALZMAN; LOFTIN, 1994 apud TATLI; AYAS, 2010).

Os laboratórios virtuais, na Química, podem ser considerados ferramentas que adentram os processos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), tem como principal função a possibilidade de simular um laboratório de testes químicos por meio do ambiente virtual, tendo a partir de sua interface, a possibilidade de trabalho protegido e com segurança, podendo apresentar materiais como gráficos, calculadora e bloco de notas, também pode-se realizar as atividades de forma individual ou em grupo, além de equipamentos, reagentes e vidrarias (FIAD; GALARZA, 2015), garantindo a realização de processos que poderiam ser realizados em práticas experimentais em ambientes físicos.

Quanto às possibilidades de implementação, os LV podem promover certa flexibilidade de compreensão de conceitos teóricos tratados em aulas de Química, maximiza a possibilidade de verificação dos resultados, o que seria prejudicado em ambientes laboratoriais com falta de equipamentos necessários. O que pode-se apresentar como principal contribuição no ensino com o uso de LV, é que quando implementados podem permitir um maior envolvimento dos alunos com o conteúdo, uma vez que sua utilização parte do pressuposto de se utilizar de atividades que os estudantes possam interagir e contribuir nos momentos das aulas, o que não seria possível em um método de aula tradicional com aula previamente estabelecida no quadro, bem como podem ser utilizados em diferentes horários e tempos, garantindo assim que os estudantes compreendam os processos nos seus tempos determinados (TATLI; AYAS, 2010).

Em um estudo realizado com estudantes do Ensino Médio e alunos de graduação acerca de efeitos do uso de laboratórios virtuais no ensino, Bonde *et al.* (2014) encontraram dados que caracterizam o uso dessas ferramentas como promissoras na educação. Quando realizados testes

em grupos de estudantes que apenas tiveram aulas tradicionais e grupos de estudantes que apenas tiveram aula simulada, foi visto que os estudantes que estiveram imersos apenas no contexto simulado apresentaram um desempenho de 76% superior ao outro grupo, e que quando associado aulas mediadas pelo professor com incremento das simulações, essa porcentagem sobe para 101%, demonstrando que quando associadas ao ensino, através de diferentes métodos, as simulações de cunho laboratorial podem ser fortes aliadas.

Partindo da necessidade de compreender os benefícios associados aos LV, a partir de uma revisão de literatura, Tatli e Ayas (2010) investigaram os principais resultados que os professores obtiveram quando realizadas práticas de aula com implementação de softwares de simulação de cunho laboratorial, os principais relatos dos professores foram que os alunos conseguem se expressar melhor e relatar o processo experimental em situações virtuais, considerando as práticas físicas; não há o desperdício de tempo ao realizar os experimentos em LV; os estudantes se concentram mais no experimento e não nos equipamentos e ferramentas; experimentos virtuais podem ser realizados com equipamentos que poderiam pôr em risco a segurança dos estudantes; é possível repetir as operações, sendo processos rentáveis e sem desperdício material, não agredindo o meio ambiente.

Vale destacar que na mesma pesquisa realizada, alguns professores também relataram que as simulações de LV não produzem os mesmos efeitos em todos os alunos, visto que alguns concordaram em afirmar que as simulações são eficazes e úteis, ao passo que outros criticaram a prática experimental utilizando tecnologia e consideram as práticas físicas melhores que as virtuais.

Como qualquer método de ensino, deve-se levar em consideração o modo como os estudantes se comportam e se expressam quando inseridos em contextos diversificados de aula. Dessa maneira, enfatiza-se que o professor deve proporcionar combinações de métodos e ferramentas adequadas para o objetivo proposto no nível exigido (GORGHIU *et al.*, 2009). Podendo-se afirmar que, as atividades práticas virtuais não devem ser exploradas de forma excessiva em detrimento das práticas físicas, o que deixaria por desconsiderar os procedimentos e benefícios macroscópicos dos fenômenos estudados (GORGHIU *et al.*, 2009; TATI; AYAS, 2010).

Sugestiona-se assim, o uso de tais ferramentas virtuais em situações que as instituições não tenham o ambiente laboratorial físico ou que não disponham dos materiais necessários para a prática (TATLI; AYAS, 2010), além de momentos em que o professor apenas queira otimizar tempo experimental e de análise, podendo-se assim garantir o bom desenvolvimento da ciência

química por meio de estratégias que promovam mudanças significativas nas perspectivas de ensino.

3.3.3 Algorithmics (ALG), Lower-Order Cognitive Skills (LOCS) e Higher-Order Cognitive Skills (HOCS): categorias de habilidades cognitivas

Devido aos desafios e mudanças do mundo moderno, muitas vezes, é exigido dos estudantes o desenvolvimento de habilidades que vão além das capacidades de conhecimento, eles necessitam estar providos de habilidades que envolvam tomadas de decisão, pensamento crítico e resolução de problemas (ZOLLER, 2001; BARAK; BEN-CHAIM; ZOLLER, 2007; ZOLLER; PUSHKIN, 2007), tal perspectiva de necessidade se baseia na aquisição de competências que permeiam o próprio conhecimento e suas implicações nos contextos socioculturais.

Em seus estudos, Zoller (2001, 2012) direciona seu objetivo à preocupação de investigar as habilidades cognitivas evidenciadas pelos estudantes quando inseridos em contextos de atividades experimentais de Química ou atividades em sala de aula. O autor discorre acerca da construção de habilidades cognitivas pautadas em métodos de ensino que possam criar um ambiente propício aos estudantes de desenvolvimento cognitivo, baseado na exploração de capacidades relacionadas a análises, relações entre variáveis, pensamento crítico, e até resoluções de problemas, em contextos que se relacionam a disciplinas específicas, bem como interrelações com a vida real.

Com esse cenário, professores e estudantes devem ter como principal alvo os objetivos de aprendizagem, no sentido de construir compreensões conceituais profundas sobre os tópicos científicos ao invés de apenas aprender a utilizar algoritmos aos problemas lançados (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002), do mesmo modo que o raciocínio e a capacidade de pensar criticamente devem ser estimulados, levando-se em consideração os sistemas culturais, sociais e tecnológicos (ZOLLER, 2001).

Nesse contexto, as habilidades cognitivas podem ser enquadradas em três categorias, que de acordo com Zoller *et al.* (1995), Zoller (2001), Zoller, Dori e Lubezky (2002), Zoller e Pushkin (2007) são elas: ALG, LOCS e HOCS. A abreviação ALG vem do inglês *Algorithmics* (algorítmico) e se trata de representações do pensamento em que é exigido apenas o uso de técnicas ou um conjunto memorizado de procedimentos para a solução, envolve o uso de fórmulas e equações para a resolução de um problema, os estudantes, assim, são levados a responder questionamentos que envolvam apenas a memorização de cálculos e fórmulas,

garantindo apenas uma única resposta correta para o questionamento (ZOLLER; PUSHKIN, 2007), exemplos de questões no nível ALG na Química são por exemplo cálculos para determinar valores como a massa de uma dada substância.

A categoria LOCS, do inglês *Lower-Order Cognitive Skills* (habilidades cognitivas de baixa ordem), se trata da aplicação de informações básicas ou memorizadas de situações conhecidas, são empregadas respostas envolvendo definições formais; saber, identificar e definir fórmulas ou conceitos memorizados (ZOLLER; PUSHKIN, 2007), são basicamente, aplicações simples da teoria. Na Química, podem ser exemplificadas como a simples nomeação de um elemento químico da tabela periódica ou análises conceituais envolvendo relações simples.

Em contrapartida, a categoria HOCS, do inglês *Higher-Order Cognitive Skills* (habilidades cognitivas de alta ordem), solicita aproximações com o pensamento crítico, tomadas de decisão, resolução de problemas (ZOLLER; PUSHKIN, 2007), estabelece conexões entre a aplicação da teoria ou conhecimentos conhecidos em situações que podem ser desconhecidas (ZOLLER *et al.*, 1995) e se caracteriza pela presença e análise de variáveis, momentos de predição, inferências, processos investigativos, desenvolvimento do pensamento crítico e a presença de questões-problema (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002). Questionamentos nível HOCS podem ser exemplificados como a combinação de teorias na resolução de um problema, determinação de dados através da análise de outros, solicitação de análises de variáveis e relações entre o conhecimento e sistemas interdisciplinares.

Diante do que foi evidenciado, concerne à avaliação e aprendizagem química capacitar os estudantes na aplicação de conhecimentos adquiridos em novos contextos ou, até então, desconhecidos (ZOLLER, 2001), isso está implicado em reformas de ensino orientadas na mudança de modelos de ensino que requerem apenas habilidades estudantis nível ALG-LOCS, como exploração apenas de teorias, cálculos, equações e definições, para modelos que prezem pelo desenvolvimento do raciocínio cognitivo pautado na exploração de múltiplas capacidades (ZOLLER; PUSHKIN, 2007), e estabelecimento de conexões assertivas através do conhecimento (TSAPARLIS; ZOLLER, 2003), tais mudanças podem ser exploradas em contextos de ensino que o professor diferencie suas estratégias e métodos de avaliação, levando-se em consideração habilidades de desenvolvimento nível HOCS.

Baseado nos pressupostos de Zoller (2001), estando em colaboração também com outros autores (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007), Suart (2008) contempla as categorias de habilidades cognitivas desenvolvidas pelo teórico, em sua pesquisa, propiciando a análise de habilidades cognitivas explicitadas pelos estudantes em contextos

experimentais práticos na Química, com estudantes do Ensino Médio. No Quadro 1, Suart (2008) ressalta as categorias estudadas por Zoller (2001), baseando-se nas suas principais características e implicações na análise dos dados dos estudantes nos processos de aula.

Quadro 1 – Nível cognitivo das respostas dos alunos

Nível	CATEGORIA DE RESPOSTA ALG
N1	Não reconhece a situação-problema; Limita-se a expor um dado lembrado; Retêm-se a aplicação de fórmulas ou conceitos.
Nível	CATEGORIA DE RESPOSTA LOCS
N2	Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado; Não identifica variáveis; Não estabelece processos de controle para a seleção das informações; Não justifica as respostas de acordo com os conceitos exigidos.
N3	Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações; Identifica e estabelece processos de controle para a seleção das informações; Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais.
Nível	CATEGORIA DE RESPOSTA HOCS
N4	Seleciona as informações relevantes; Analisa ou avalia as variáveis ou as relações causais entre os elementos do problema; Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema; Exibe capacidade de elaboração de hipóteses.
N5	Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais.

Fonte: Adaptado de Suart (2008, p. 76)

Essas categorias foram criadas por Suart (2008) na tentativa de analisar as habilidades cognitivas que os estudantes utilizam na realização de procedimentos experimentais. Levando-se em consideração o processo de categorização, a categoria ALG poderia ser considerada como um único agrupamento da categoria LOCS ou uma subcategoria da mesma, tendo em conta suas características e proximidades de análise, diante da enunciação de dados lembrados e uso relações simples (ZOLLER; PUSHKIN, 2007).

Suart (2008) traz que a escolha da divisão entre as categorias ALG e LOCS se dá pelo fato de garantir uma maior delimitação das respostas dos estudantes, o que contribui para a fidedignidade dos dados coletados. Como as categorias LOCS e HOCS apresentam uma vasta delimitação de possibilidades de tipos de habilidades a se analisar, elas foram divididas em níveis N2 e N3 para LOCS e N4 e N5 para HOCS. Quando os estudantes resolvem alguma atividade utilizando apenas dados memorizados e fazem uso de algorítmicos, evoca-se a categoria ALG (N1); quanto à categoria LOCS para o N2 o estudante reconhece a situação-problema, consegue identificar variáveis possíveis, porém em suas respostas apresentam pouco demanda cognitiva, para o N3 os estudantes reconhecem o problema, sendo este já conhecido, utilizam processos de controle das informações; o N4 evidencia-se quando o estudante começa

a criar variáveis, hipóteses, deduções e relacionam os fatos investigados na resolução do problema, é o primeiro nível da categoria HOCS, o N5 assim, categorizado como o último nível cognitivo das habilidades HOCS, é estabelecido quando o estudante relaciona a situação-problema com contextos diferentes dos estudados, podendo-se fazer uso da interdisciplinaridade (SUART, 2008).

Em um de seus trabalhos, Zoller (2001) realizou uma atividade em uma universidade envolvendo dez perguntas que variavam entre os níveis ALG, LOCS e HOCS, e solicitou que os estudantes levassem para suas casas e respondessem apenas duas questões. O estudo buscava avaliar o processo de auto-avaliação dos estudantes baseado no tipo de questão que os mesmos escolheram para resolver, já que disponham de todo o material necessário em casa. Os resultados mostraram que os estudantes responderam uma maior quantidade de questões envolvendo a categoria ALG, e que isso pode estar implicado nos modelos de avaliação realizados em exames bimestrais. Outro fato analisado, é que os estudantes superestimam suas competências na resolução de questões envolvendo a categoria HOCS. Dessa forma, o autor sugere a promoção de uma maior diversidade de métodos de ensino que promovam diferentes atividades ao passo que promovam o desenvolvimento de atitudes críticas nos estudantes, sugeridas pela proposta de categoria HOCS (ZOLLER, 2001).

Zoller, Dori e Lubezky (2002) informam que no ensino de Química há uma necessidade emergente de transformação de orientações algorítmicas e de memorização dominada pelo ALG e LOCS para uma abordagem que verse pela tomada de decisão, pensamento racional e relações mais consistentes do conhecimento, promovida pelo pensamento HOCS. Nesse panorama, a abordagem HOCS se constitui como uma perspectiva educacional abrangente e que pode ser implementada em todos os níveis de ensino na educação (ZOLLER, 2011). A Figura 3 exibe as principais características de um modelo de educação pautado no desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem.

Figura 3 – Modelo conceitual com viés HOCS no contexto do Ensino de Ciências



Fonte: Adaptado de Zoller (2011, p. 35, tradução nossa)

Como retratado anteriormente, e presente na Figura 3, o desenvolvimento de metodologias de aula que visem o aperfeiçoamento no desenvolvimento de habilidades de alta ordem de cognição, é algo que não somente permite aos estudantes a compreensão dos conteúdos, mas possibilita meios para que ele consiga pensar de forma cada vez mais crítica em diferentes sistemas, do mesmo modo que busca olhar para a ciência de uma forma mais motivadora, no sentido de conseguir realizar associações simples do cotidiano com o que é tratado em sala de aula. Com a implementação de perspectivas que visem a exploração de tais capacidades, a possibilidade de contribuição para a formação de cidadãos efetivos em sociedade se perfaz como algo que pode ser atingido (LUBEZKY; DORI; ZOLLER, 2004).

3.4 A temática Soluções no ensino de Química

De forma indubitável, na Química, o tema Soluções recorre em diferentes configurações da sociedade, de forma geral, é perceptível em simples ações cotidianas, bem como em processos mais sofisticados na produção de serviços à sociedade:

A afirmação de que Soluções configura-se como um tema de importância no ensino de Química certamente não promove divergências entre educadores químicos, pois a maioria das reações químicas industriais acontece em Soluções; o sangue e a linfa, no nosso organismo, muitos alimentos, materiais de limpeza, remédios e cosméticos que utilizamos na nossa vida diária são Soluções (ECHEVERRÍA, 1993, p. 28).

É oportuno ressaltar a importância de tal temática para a aprendizagem química, de modo que como destaca Echeverría (1993), o tema está presente em todos os currículos da disciplina Química nas escolas brasileiras no Ensino Médio, sendo que na temática recaem diferentes conteúdos (ECHEVERRÍA, 1993; CARMO; MARCONDES, 2008), como mistura, substâncias, ligações químicas, interações químicas e modelo corpuscular da matéria. São alguns dos principais tópicos implicados no tema e recaem na contribuição de melhores apreensões conceituais.

Nos documentos oficiais que orientam as práticas pedagógicas para o ensino no Brasil, é possível ressaltar a importância e funções dadas à temática Soluções no ensino de Química. De acordo com o documento OCEM (Orientações Curriculares para o Ensino Médio) (BRASIL, 2006) no ensino de Química, quanto à identificação das propriedades das substâncias e dos materiais, é enfatizado que é necessário se fazer a distinção entre soluções, coloides e agregados, levando-se em consideração a natureza do soluto; estabelecer compreensões com o conceito de solubilidade avaliando o fator temperatura e natureza do material; além de levar em consideração os significados matemáticos da composição e concentração da matéria. No documento é retratado que se deve ponderar a compreensão das unidades de medida envolvidas em análises da concentração das soluções, sendo igualmente necessário compreender a realização de cálculos de concentrações em massa de soluções preparadas e de diluições.

Para o PCN+ (Parâmetros Curriculares Nacionais) (BRASIL, 2002) em torno do processo representacional, indica-se identificar e relacionar as diferentes unidades de grandeza, como massa, energia e concentração de soluções aos termos e símbolos químicos mencionados em rótulos de alimentos, bulas de medicamentos e em artigos jornalísticos, por exemplo. Em estudos acerca das relações envolvidas nas transformações de energia, de acordo com o documento, deve-se buscar traduzir, por meio de símbolos, dados como massa em quantidade de matéria (mol), compreender relações nas transformações químicas de acordo com suas concentrações e correlacionar tais relações com sistemas sociais, como problemas ambientais, setores industriais e rurais.

O que é possível destacar, de acordo com a análise de tais documentos, é que percebe-se que no estudo dos conteúdos envolvidos na temática Soluções há uma prevalência de análises do tipo quantitativa, no que diz respeito à análise de concentração de soluções, transformações equivalentes de dados, massa, medidas em quantidade de matéria, dentre outros. A enunciação da linguagem simbólica da compreensão dos dados que envolvem tais conteúdos se sobressai em detrimento do entendimento da representação submicroscópica da matéria, como interações,

ligações e princípios da solubilidade. Porém, é válido ressaltar que em ambos os documentos a temática traz como preocupação, também, a necessidade de se interpretar de forma qualitativa dados recorrentes em situações cotidianas, como por exemplo em rótulos de alimentos e bulas de medicamentos, como também compreender os princípios de processos de produção industrial e situações ambientais, este último com destaque para o vislumbre de agravos ambientais e desenvolvimento social, o que pode promover uma visão mais crítica dos estudantes quanto ao tema Soluções em sociedade.

Para uma melhor compreensão de como a temática é tratada no ensino de Química, é apropriado ressaltar a natureza dos conteúdos implicados no tema Soluções, para assim compreender o que mais os professores estão a enfatizar em suas práticas de aula e quais as implicações de tais métodos, levando-se em consideração a necessária correlação dos conteúdos na formação de compreensões adequadas, utilizando-se capacidades sociocognitivas.

Para a compreensão do tema Soluções e seus principais conceitos, faz-se necessário inicialmente trazer a distinção entre misturas homogêneas e heterogêneas. As misturas são materiais formados pela presença de duas ou mais substâncias, sendo estes os componentes da mistura, se numa mistura é perceptível apenas uma fase (aspecto físico), diz-se que é uma mistura homogênea, ao passo que se mais de uma fase é perceptível, tem-se uma mistura heterogênea. As soluções podem ser entendidas como misturas homogêneas de substâncias puras, reforçando o termo homogêneo devido ao fato de acontecerem interações a nível atômico-molecular entre os componentes da mistura, em que apenas detecta-se uma fase (MORA; SIHVINGER; LUCAS, 2006), sendo importante avigorar que as soluções podem apresentar composições de substâncias variáveis, devido à escala no tamanho das partículas dissolvidas no solvente (MAHAN, 2003). Além disso, Echeverría (1993) considera que, cada volume elementar de uma solução possui composição química e propriedades idênticas.

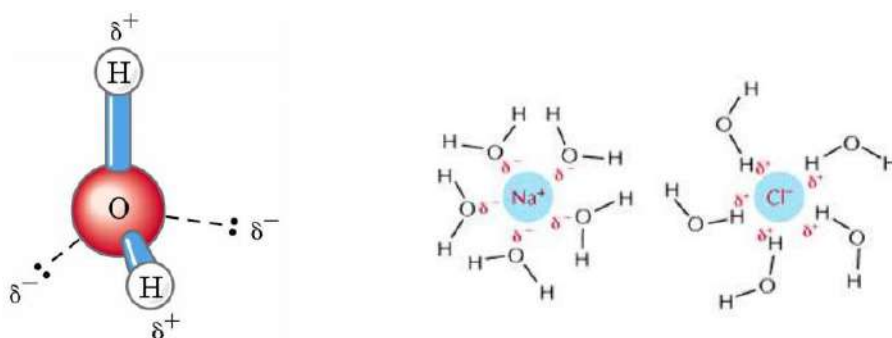
Quanto à composição de uma solução, o componente que está em maior quantidade se constitui como o solvente, enquanto que o componente em menor quantidade, ou dissolvido no solvente, é chamado de soluto. De forma geral, o estado físico da solução é determinado pelo estado físico do solvente, podendo-se verificar em estados sólido, líquido e gasoso (ATKINS; JONES, 2006), sendo as soluções líquidas mais estudadas experimentalmente devido a maior facilidade de determinação de dados e análises quantitativas.

Como ressaltado, quanto ao estado físico, as soluções podem ser classificadas em soluções sólidas, líquidas e gasosas. As primeiras tratam da mistura entre sólidos, em que ocorre através da fundição entre os sólidos, sendo a mistura posteriormente resfriada, obtendo-se o material. As soluções líquidas podem ser obtidas a partir da mistura com sólidos ou gases, se

caracterizam por um arranjo molecular em que as partículas estão próximas, se diferem dos líquidos puros pela presença de diferentes componentes e são comumente estudadas em termos aquosos, sendo o solvente a água. As soluções gasosas são formadas através da mistura de gases de forma uniforme, com a presença de partículas com movimento rápido e caótico, referentes à energia cinética (MORA; SIHVENGER; LUCAS, 2006).

Acerca da natureza do soluto, levando-se em consideração as interações que acontecem a nível atômico-molecular, as soluções podem ser classificadas em soluções iônicas, em que o soluto é um composto iônico, e soluções moleculares, na presença de compostos que realizam interações moleculares. Nota-se que, para tais tipos de soluções o nível de solubilidade é diferenciado, ou seja, em soluções com compostos iônicos, em que o solvente é a água tem-se o processo chamado de hidratação dos íons (cátions e ânions), ou dissociação aquosa do composto iônico (BRADY, 2014), conforme a Figura 4, em que os íons são separados e rodeados por moléculas de água, realizando interações através dos átomos de hidrogênio e oxigênio, mediante o estabelecimento de cargas positivas e negativas.

Figura 4 – Hidratação dos íons Na^+ e Cl^-

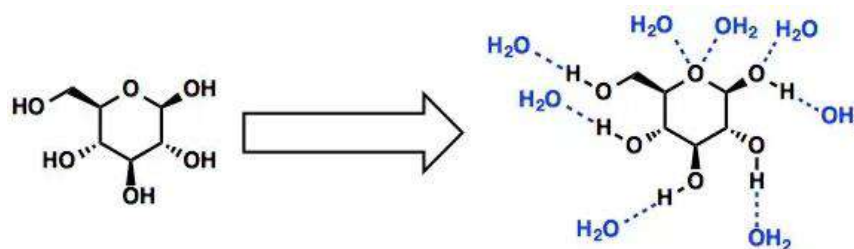


Fonte: Disponível em:

<http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/quimica_geral/solucoes.pdf>. Acesso em: 28 de set. de 2019.

Nas soluções moleculares, que apresentam componentes orgânicos, os componentes polares podem ser dissolvidos através da formação de ligações de hidrogênio com as moléculas de água que estão a circundar a substância dissolvida (Figura 5).

Figura 5 – Dissolução da molécula da glicose em água



Fonte: Disponível em: <<https://www.quora.com/What-is-the-glucose-solubility-in-organic-solvents>>.

Acesso em: 24 de nov. de 2019.

Quanto à relação soluto-solvente, as soluções podem ser caracterizadas em insaturadas, saturadas e supersaturadas. Os conceitos para o entendimento de tais sistemas de solução perpassam fatores que afetam a solubilidade, soluções insaturadas apresentam quantidade de soluto inferior à máxima quantidade que o soluto pode ser dissolvido; as soluções saturadas se observam quando a quantidade máxima de soluto pode ser dissolvido no solvente, gerando um corpo de fundo, substância não dissolvida no meio, caso excedido o limite de dissolução; já as soluções supersaturadas se caracterizam pela possibilidade de dissolução adicional de soluto no solvente, alterando-se fatores como a temperatura, deixando a solução extremamente instável, ou seja, apresenta quantidade de soluto maior do que a do ponto de saturação (MORA; SIHVINGER; LUCAS, 2006).

A fim de se estudar a composição de uma solução, os termos concentrado e diluído são comumente utilizados para dar uma indicação qualitativa da concentração, se tratam da quantidade de soluto dissolvido em um solvente, e sempre indicam uma relação entre duas quantidades, sendo estas o soluto-solvente ou soluto-solução. De forma, simples, soluções concentradas são as que apresentam uma quantidade alta de soluto em relação ao solvente, ou seja, apresentam uma concentração alta de soluto no meio, já as soluções diluídas são aquelas em que a presença do soluto se encontra em pequena quantidade em relação ao solvente, apresentando concentrações de soluto relativamente baixas (RUSSEL, 1994). Em termos numéricos a concentração pode ser medida pela razão entre a quantidade de componentes de interesse pela quantidade de material total, em uma solução a concentração pode ser medida da seguinte forma (Equação 1):

$$C = \frac{\text{quantidade de soluto}}{\text{quantidade de solução}} \quad (1)$$

Em que C equivale à concentração, e os dados da quantidade de soluto podem ser descritos em unidades de matéria e massa e quantidade de solução em volume.

Em suma, no Ensino Médio, estes são os tópicos envolvendo a temática Soluções, que no ensino, através do modo como os professores tratam e analisam os diferentes sistemas,

podem contribuir na construção do conhecimento de forma a favorecer a aprendizagem, seja através de processos contextualizados ou de análises a nível atômico-molecular que contempla o tema. Como tratado anteriormente, nos documentos oficiais muito se discute o fato de se atribuir a tais conteúdos as análises de aspectos quantitativos, e dentro do ensino o que se destaca são que tais conteúdos são tratados, sobremaneira, de forma quantitativa em detrimento de análises de processos qualitativos, como análises submicroscópicas, pois como discorre Echeverría (1993, p. 55):

No que se refere à educação, o tema Soluções precisa ser mais bem pensado no momento da elaboração de estratégias de ensino, pois ele tem sido ensinado priorizando o aspecto quantitativo, isto é, o ensino tem sido centrado nas diferentes formas de expressar as concentrações das soluções, na classificação das dispersões, na construção de curvas de solubilidade e na resolução de exercícios.

Diante disso, o que constata-se em muitos sistemas de ensino, sobre a temática Soluções é que muitos estudantes apresentam dificuldades de formação de noções mais complexas sobre tema, o que não permite, por meio dos mesmos, realizarem articulações com os conceitos, sendo que isso relaciona-se em muito com o fato não se apresentar modelos de sistemas microscópicos para estudo (CARMO; MARCONDES, 2008), sendo que tais circunstâncias se evidenciam, em muitos casos, pela realização de proposições metodológicas de ensino pautadas apenas pela valorização dos aspectos quantitativos. Dessa forma, como tratado por Devetak, Vogrinc e Glažar (2009), quando optado pela realização de métodos de ensino que não valorizam os aspectos qualitativos dos conceitos, os estudantes tendem a demonstrar dificuldades de compreensão e evidenciam concepções alternativas desconexas para com os conteúdos da temática.

De acordo com alguns estudos realizados tanto num panorama de professores em formação (VALANIDES, 2000; AKGÜN, 2009; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2012), quanto de estudantes do Ensino Médio (ECHEVERRÍA, 1993; LEE *et al.*, 1993; CARMO; MARCONDES, 2008; DEVETAK; VOGRINC; GLAŽAR, 2009), os discentes apresentam diferentes concepções e dificuldades sobre os conteúdos envolvendo Soluções. Exemplos se verificam como a afirmação de que numa solução o soluto desaparece (LEE *et al.*, 1993), que além de considerar a solução como apenas uma mistura, demonstram dificuldades em diferenciar soluções de substâncias (CARMO; MARCONDES, 2008), outras dificuldades são no fenômeno da dissolução, em que durante o processo da dissolução seriam formadas novas substâncias (VALANIDES, 2000), e dentro do universo submicroscópico estabelecem

dificuldades de compreender as interações que ocorrem entre o soluto e solvente (AKGÜN, 2009; DEVETAK; VOGRINC; GLAŽAR, 2009).

Nesse contexto, o ensino dos conteúdos de Soluções nos sistemas de ensino que não exploram tais prerrogativas, acaba por disseminar compreensões equivocadas acerca da temática nos estudantes, sendo acarretadas pela ênfase dada a análise quantitativa do assunto, deixando de lado diferentes contextualizações que poderiam ser efetuadas pelo tema, o que de certo modo poderia incitar a curiosidade do estudante frente ao conteúdo.

A respeito dos modos representativos da Química, em muitos dos casos os estudantes concebem explicações de forma macroscópica sobre os conceitos envolvidos em soluções, relacionando-os a processos vivenciadas no dia a dia (CARMO; MARCONDES, 2008). Esses conceitos envolvem em parte estudos de soluções saturadas e insaturadas, processos de solubilidade, formação de soluções, enunciação de estados físicos. Dessa forma, a possibilidade de se explorar os aspectos macroscópicos evidenciados pelos estudantes cria um ambiente de possibilidades, podendo-se verificar diferentes contextos no ensino, partindo do macroscópico para o submicroscópico e suas relações com a disciplina, tomando a devida adequação acerca da concepção que os modelos evidentes em estudos submicroscópicos referentes à estrutura da matéria são alternativas à realidade e não a realidade propriamente dita.

De acordo com Echeverría (1993) apesar dos estudantes apresentarem dificuldades de abstração, quando leva-se em consideração sistemas submicro da matéria, o fato de possibilitar a apropriação dos mesmos no entendimento de como ocorrem tais sistemas e suas implicações nos fenômenos macroscópicos viabiliza o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos estudantes, ao passo que relacionam o conteúdo com suas vivências. Assim sendo, uma mudança de panorama de ensino dos conteúdos pautada em um viés de análise qualitativo se perfaz como tentativa de contribuição para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, não negando a possibilidade do uso e análise por meio dos cálculos algorítmicos, mas com a presença de situações que possam envolver níveis de abstração mais elevados, relacionando situações entre o plano macroscópico e submicroscópico da matéria.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

Em relação a abordagem do problema, esta pesquisa se classifica como qualitativa, que de acordo com Flick (2009) tem como pressuposto a adoção de métodos que determinam as descobertas inferidas nos processos metodológicos com base nos referenciais teóricos adotados e a devida preocupação na avaliação dos métodos empregados, analisando o nível de consecução. Acerca do problema de pesquisa, buscou-se compreender como a utilização de simulações pode contribuir no desenvolvimento de habilidades cognitivas nos estudantes, baseando-se no ensino de conteúdos da temática Soluções.

Quanto ao objetivo da pesquisa, a mesma se enuncia como uma pesquisa exploratória, pois apresenta como finalidade promover o desenvolvimento de processos que venham a modificar ideias acerca do problema investigado (GIL, 2008), versando sobre o estudo do uso de simulações computacionais no ensino de Química. Em questão, através dos diferentes momentos metodológicos, são utilizadas simulações e, como aporte ao desenvolvimento conceitual, aulas em sala.

Por fim, este trabalho também apresenta características de uma pesquisa-participante quanto aos procedimentos técnicos empregados na metodologia, pois segundo Gil (2008), o mesmo é um método empírico, que se caracteriza por uma relação de participação entre os pesquisados e pesquisador, o que se distancia dos métodos de pesquisa científica. Visto que, como uma pesquisa social, não há uma teoria que embase fases sistemáticas e absolutas dos procedimentos, porém o que se constata é o seguimento de processos como formulação do problema; construção de hipóteses; metodologia de ação; instrumentos de coleta de dados; coleta e análise dos dados.

4.2 Sujeito e campo de pesquisa

O presente trabalho foi realizado em uma turma de 38 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, com uma média de idade de 16 anos, de uma escola da rede pública de ensino na zona urbana, na cidade de Bezerros-PE. A escola em questão foi escolhida devido ao ambiente estrutural se apresentar como passível para realização das atividades propostas, apresentando laboratório de informática bem equipado, com internet e computadores funcionando. Sendo uma escola que apresenta os três últimos anos do Ensino Médio, foi determinado que para a

pesquisa, seria uma turma do 2º ano, pois os conteúdos de Química trabalhados seguiram a temática Soluções, sendo, geralmente, estudada durante o período descrito.

Diante da classificação e determinação dos sujeitos da pesquisa, as etapas do procedimento metodológico são divididas e descritas a seguir nas próximas subseções, para melhor caracterização delas quanto aos métodos procedimentais. Em relação ao tempo de realização da atividade, partiu-se do pressuposto de que os estudantes teriam, para cada aula, tempo referente a 50 minutos, assim, foram realizados quatro encontros, sendo três momentos em sala de aula e um momento no laboratório de informática. Todas as aulas foram ministradas pelo estudante pesquisador, com a permissão da professora da disciplina na instituição.

4.3 Estudo dos conteúdos da temática

No primeiro encontro, foi aplicado na turma um questionário (Apêndice A) com questões abertas, sugerindo o que afirma Andrade (2010) quanto aos tipos de perguntas de um questionário, garantindo às questões abertas uma certa liberdade de escrita dos pesquisados. Porém, estas apresentam um certo grau de desvantagem, visto que podem ser agrupadas apenas pelas semelhanças das respostas dadas. Buscou-se nesse questionário diversificar o tipo de pergunta, com o intuito de se obter uma análise mais qualitativa sobre as respostas evidenciadas.

O propósito desse questionário foi o de permitir a visualização das principais formas de compreensão que os estudantes apresentam dos conteúdos envolvendo a temática, tendo-se como pressuposto analisar o modo como eles concebem as proposições químicas e os modos representacionais (JOHNSTONE, 1993). Participaram desta análise todos os estudantes que estavam presentes no dia da aplicação, sem critérios de eliminação, uma vez que esta é uma análise qualitativa e os dados individuais dos estudantes não necessitaram de ser comparados com os finais. Durante a discussão dos dados, o tipo de resposta dada foi evidenciado através de porcentagem para a quantidade de estudantes que responderam de modo semelhante, permitindo realizar uma categorização de ideias centrais para um mesmo questionamento, sendo que, mesmo apresentando dados quantitativos, tal técnica analítica se perfaz, em suma, como qualitativa diante do caráter implementado através dos objetivos de análise (GÜNTER, 2006). Além disso, na enunciação das respostas apresentadas no trabalho, foi adotado um sistema de identificação baseado na letra *E* seguida de um sequenciamento numérico.

Foi determinado um tempo máximo de 25 minutos para a realização do questionário, porém os estudantes responderam em um tempo menor, otimizando-se assim tempo para a pesquisa. Após a aplicação do questionário, foram explorados em sala os conceitos referentes

à estrutura da matéria, misturas e o conceito central de solução, na Química. No segundo momento, foram estudadas as classificações das soluções quanto à natureza do soluto (soluções iônica e molecular), relações soluto-solvente (soluções insaturada, saturada e supersaturada), concentração, diluição e também relações quantitativas que puderam ser visualizadas nas simulações. Durante os momentos, foram utilizados como recurso modelos representacionais macros e submicroscópicos da matéria, na tentativa de relacionar situações simples envolvendo o cotidiano e suas relações com o universo submicroscópico no estudo das partículas.

Com esses momentos, buscou-se retratar pontos importantes que foram destacados pelos teóricos acerca das principais dificuldades dos estudantes sobre os conteúdos da temática frente aos níveis do conhecimento químico, bem como explorar tais conteúdos de forma abrangente. Assim, detalhes acerca dos conteúdos e métodos empregados nas aulas, com aporte dos referenciais teóricos, são discutidos na seção resultados e discussão.

4.4 Experimentação simulada

Como terceiro momento de encontro, os estudantes foram encaminhados para o laboratório de informática da escola, onde os mesmos foram dispostos em grupos, diante da quantidade de computadores disponíveis. Os estudantes entraram no site *PhET*¹ de simulações, o qual apresenta em sua interface uma vasta quantidade de simulações interativas, nas áreas de Química, Física, Matemática e Biologia, sendo passíveis de serem utilizadas de forma *on-line* ou *off-line*, quando feito o *download*. A primeira simulação utilizada foi a simulação *Concentração*, à qual pode ser observada na Figura 6, em que foram exploradas situações de análise de variáveis, como volume e número de mols, na concepção da concentração das soluções, bem como processos de saturação e insaturação de soluto em diferentes soluções químicas, situações essas descritas no Apêndice B, que foram utilizadas pelos estudantes durante a aula.

Figura 6 – Simulação *Concentração* do *PhET*

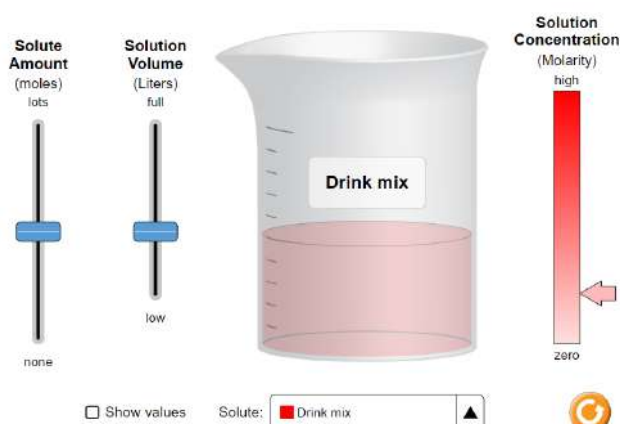
¹ Link do site PhET: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 12 de nov. de 2020



Fonte: Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/concentration>>. Acesso em: 02 de nov. de 2019.

Outra simulação utilizada foi *Molaridade* (Figura 7), presente também no site PhET de simulações.

Figura 7 – Simulação *Molaridade* do PhET



Fonte: Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulation/molarity>>. Acesso em: 02 de nov. de 2019.

Foram exploradas situações de relação de variáveis (concentração, volume e número de mols) e níveis de saturação de soluções em quantidades específicas de concentração, situações essas que estão disponíveis no guia realizado pelos estudantes (Apêndice B). Para análise das situações exploradas nas simulações foi utilizado o Quadro 1, disponível no item 3.3.3 do referencial teórico, com as categorias de análise criadas por Suart (2008) acerca das habilidades cognitivas evidenciadas nos contextos solicitados e os níveis de cognição. Assim, teve-se como pressuposto possibilitar a análise de situações em que os estudantes pudessem avaliar e verificar, por meio de diferentes formas, os conteúdos envolvendo a temática Soluções estudada. Todas as ações descritas no guia simulado (Apêndice B), foram baseadas nas

prerrogativas de Zoller (2001), estando em colaboração também com outros autores (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007), quanto aos níveis de cognição ALG, LOCS e HOCS. Para a enunciação e análise dos dados, os grupos formados foram designados pela letra G e sequenciamento numérico.

4.5 Verificação de habilidades cognitivas

No quarto encontro, em sala, os estudantes receberam um questionário final (Apêndice C) no qual os mesmos foram solicitados de escolher, dentre as questões disponíveis, cinco questões para realização, às quais visaram explorar situações vivenciadas durante as aulas e nas simulações, podendo-se verificar as diferentes formas de compreensão do conteúdo, agora evidenciadas pelos estudantes. No questionário há a presença de 12 questões, sendo quatro questões consideradas nível ALG, quatro nível LOCS e quatro nível HOCS. A possibilidade de escolha do tipo de pergunta a responder pelos estudantes é baseado em um trabalho realizado por Zoller (2001), no qual os estudantes se sentiriam livres para escolha das perguntas que estivessem aptos a responder de forma confiante, demonstrando possíveis bases cognitivas.

A princípio, esperou-se no nível ALG que os estudantes apresentassem informações relacionadas apenas ao sistema algorítmico do assunto estudado, com as perguntas nível LOCS foi esperado que os estudantes passassem a trazer conceitos, representação de esquemas e validação de variáveis quanto ao assunto, a respeito do nível HOCS, as perguntas solicitadas apresentam uma maior reflexão, visto que os estudantes necessitariam justificar suas respostas de forma a relacionar variáveis, evidenciar explicações de sistemas submicroscópicos e relacionar o conteúdo com temas da sociedade. É válido ressaltar que, independentemente do tipo de pergunta escolhida pelo estudante, a resposta dada à mesma pode não pertencer ao nível de habilidade da questão, ou seja, quando numa pergunta nível LOCS o estudante constrói uma linha de raciocínio coerente e apresenta características de outro nível, como o HOCS, considera-se que a resposta do estudante foi além da pergunta solicitada. Os dados provenientes deste questionário foram analisados por meio das categorias de análise evidenciadas por Suart (2008), e as contribuições de Zoller (2001), dentro do panorama das habilidades cognitivas em seus estudos. Como critério de análise nesta etapa, os estudantes deveriam ter participado dos momentos em sala e no laboratório de informática.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação e discussão dos principais resultados obtidos nesta pesquisa são organizados por meio de duas subseções, às quais se perfazem diante da metodologia adotada e a natureza dos dados elucidados. São elas: ensino dos conteúdos da temática Soluções e o contexto experimental simulado no desenvolvimento de habilidades.

5.1 Ensino dos conteúdos da temática Soluções

Nesta subseção, encontra-se uma discussão baseada na validação da proposta metodológica realizada nos dois primeiros encontros com a turma pesquisada. São ressaltados assim, uma análise das principais noções apresentadas pelos estudantes sobre os conteúdos da temática Soluções, através do questionário (Apêndice A) aplicado no início da pesquisa, baseando-se nos referenciais teóricos adotados, bem como através das dimensões do conhecimento químico exploradas em suas respostas. Vale-se afirmar que os estudantes, até este momento, não haviam vivenciado aulas específicas sobre o assunto, o que confere aos resultados, além de uma verificação das compreensões exploradas do conteúdo, o modo como eles concebem os termos, conceitos e associações dentro da Química; e uma descrição detalhada das aulas realizadas sobre os conteúdos escolhidos dentro da temática, às quais buscaram desenvolver um nível de compreensão conceitual partindo-se de sistemas macros e submicroscópicos da matéria, transcendendo as principais queixas dos teóricos quanto às prioridades dadas à temática no ensino, de forma geral.

5.1.1 As concepções iniciais dos estudantes

Foram apreciados com o questionário 38 estudantes, com uma média de idade de 16 anos, e como o mesmo não teve critério eliminatório, todos os estudantes que estavam presentes no momento de aplicação foram contemplados nesta análise. Considerando que os dados obtidos são de total valia para uma discussão das concepções vislumbradas, a natureza dos dados torna-se estreitamente qualitativa. Dessa forma, a seguir são analisadas as respostas apresentadas pelos estudantes para cada questionamento, relacionando com o referencial apresentado neste trabalho.

Para o primeiro questionamento, os estudantes deveriam propor ideias sobre o que a temática Soluções trataria, dentre as respostas obtidas puderam ser categorizados quatro eixos,

sendo *Misturas* (21 estudantes), *Estudos experimentais* (7 estudantes), *Dissolução* (2 estudantes) e *Outros* (8 estudantes). Nesta análise as respostas dos estudantes pertencentes à categoria *Outros* não foram evidenciadas para análise, devido a incoerências conceituais que não apresentavam conexão com a temática, sabendo que não apresentaram justificativas diante das afirmações dadas, não podendo também serem associadas a grupos de respostas semelhantes, visto que foram concepções particulares e específicas, como: “*ingestão de líquidos*” (E9), “*neutralização química*” (E20), “*substâncias químicas*” (E34), “*elementos químicos*” (E31).

Como verificado diante do quantitativo de estudantes participantes das categorias descritas, majoritariamente, eles apresentam alguma noção do que se trata a temática, trazendo ideias relacionadas ao tema. Conjecturando-se, de antemão, numa das afirmativas presente no estudo de Akgün (2009) ao demonstrar que, geralmente, o conhecimento que o aluno carrega não é explorado dentro do ensino, ocasionando diferentes conflitos de aprendizagem.

A principal concepção que se sobressaiu dentro do questionamento foi a ideia de *mistura*, o que traz coerência, uma vez que soluções são classificadas como misturas, formadas por uma ou mais substâncias dissolvidas em um solvente. Dos estudantes que se enquadraram na categoria, 12 deles se restringiram a descrever a temática como o conteúdo central da categoria, apenas como misturas, negando qualquer pretensão de compreensão do que seriam formadas as misturas relatadas. Destacamos as respostas dos estudantes E21, E32, E36 e E38, os quais complementaram suas respostas com conceitos válidos, considerados necessários para a discussão:

Fase, mistura, estado físico (E21).

De algo semelhante a mistura homogênea (E32).

Mistura de substâncias (E36).

Quando algo é misturado com outro, e algum deles se dissolve, pois é solúvel, assim permitindo ver apenas uma fase (E38).

Nota-se que o estudante E21 ressalta tópicos essenciais para a temática, como a fase e o estado físico, que permeiam estudos relacionados às propriedades da matéria. Em sua resposta, o termo *fase* pode indicar a ideia de aspecto visual, uma vez que quando retratado acerca de mudança de fase, a ideia de mudança de estado físico torna-se sinônima, assim deduz-se que o estudante compreende tais diferenças.

Dentro do estudo das soluções, a determinação de que as tais são misturas homogêneas é algo intrínseco, posto que há a promoção de interações a nível atômico-molecular entre os seus constituintes (MORA; SIHVENGER; LUCAS, 2006), de modo que devido à escala de tamanho das moléculas das substâncias dissolvidas, podendo estas estarem nos estados sólido, líquido ou gasoso, em um solvente, geralmente líquido (MAHAN, 2003), há a percepção de apenas uma única fase (ATKINS; JONES, 2006). O estudante *E32* evidencia a ideia de se tratar de misturas homogêneas, mesmo que desconheça ou não tenha precisão em ilustrar a natureza da mistura, sendo tratado pelo *E36* como sendo a mistura de substâncias, necessitando ser enfatizado que não é qualquer mistura de substâncias que se classifica como uma solução, existem misturas homogêneas e heterogêneas, e não determinar isso deixa em aberto o entendimento das soluções, haja vista que misturas heterogêneas não são soluções.

A estudante *E38*, mesmo que tendo explorado em sua resposta apenas o plano macroscópico de análise (JOHNSTONE, 1993), adere conceitos centrais tanto para o entendimento de tópicos referentes ao estudo das soluções, como o próprio conceito em si, ao ponderar que durante a mistura ocorre o processo de dissolução, ressaltando a ideia de solubilidade e percepção de uma fase, podendo-se considerar uma resposta coerente para com a temática em questão, mesmo que pareça desconhecer os componentes da mistura.

É válido considerar que a concepção de mistura se diferencia de reação química, pois em misturas não há a formação de novos componentes químicos, mesmo que não tendo sido verificado nas respostas apresentadas na categoria *Misturas*, de uma forma geral, muitos estudantes tendem a ter dificuldades em compreender suas diferenças ao criar noções equivocadas sobre o ato de se misturar substâncias (CARMO; MARCONDES, 2008).

Dentro da categoria *Estudos experimentais*, os estudantes propuseram afirmativas nas quais a temática versaria pela realização de experimentações que promovessem resultados (*E4*, *E15*, *E23* e *E25*) e solucionassem casos dentro da Química (*E7* e *E18*). De acordo com Echeverría (1993), a maioria das reações químicas industriais acontece em soluções; as soluções estão presentes em diversos aspectos da sociedade como alimentos, cosméticos, materiais de limpeza, o que corrobora com a ideia de que há a necessidade de realização de experimentações, e que trazem benefícios à sociedade.

Contudo, tais considerações não foram explicitadas pelos estudantes, impossibilitando qualquer tipo de conclusão, além disso, pode-se levantar a hipótese de que as considerações dos estudantes puderam ser evocadas diante do significado que eles trazem para o termo *solução*, como algo a ser resolvido, solucionado, e que como a Química é uma ciência experimental, tais resoluções poderiam ser efetivadas mediante o auxílio da experimentação. Tratamos de trazer

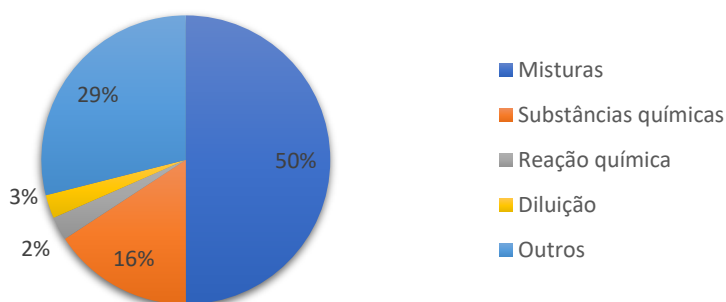
tal prerrogativa, pois o segundo questionamento do questionário versa pela conceituação de solução, e alguns dos estudantes descritos nesta categoria não propuseram concepções satisfatórias, acabando por expressar dificuldades de compreensão de termos da temática.

Outra categoria ilustrada com os dados obtidos foi a *Dissolução*, na qual as estudantes que se enquadraram, destacaram em suas respostas: “*substâncias solúveis*” (E1) e a “*dissolução de algo da substância*” (E28). Dentro da temática, a dissolução e a apreciação de que a solubilidade das substâncias se remete à possibilidade dela em ser dissolvida em um solvente são processos essenciais para a formação de soluções. Porém, a ideia de que alguma região ou parte da substância seria dissolvida é descreditada pela teoria, uma vez que se entende por dissolução o ato de dissolver toda a natureza química da substância, e não parcialmente.

Em estudos que contemplaram a análise do fenômeno da dissolução através das concepções de estudantes (VALANIDES, 2000; AKGÜN, 2009; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2012), o que mais se argumenta são dificuldades básicas em entenderem processos macro e submicroscópico do fenômeno, acarretando na exposição de justificativas incoerentes e concepções mentais alternativas de como os fenômenos químicos poderiam ocorrer.

Com o segundo questionamento, o intuito foi permitir a visualização de qualquer compreensão de termos presentes na temática e que pudessem dar sentido ao conceito de solução. Com os dados obtidos, foi possível construir um gráfico (Figura 8) com as principais categorias das respostas apresentadas para o que os estudantes caracterizam as soluções.

Figura 8 – Principais categorias de respostas dadas para o conceito de solução química



Fonte: Os autores (2020)

Como pode ser observado no gráfico, a categoria *Misturas* foi a que teve o maior número de respostas enquadradas, é válido salientar que, todas as respostas que apresentaram tal ideia foram contabilizadas, e os resultados apontam para diferentes usos da mesma. Do total, nove

estudantes, descrevem soluções como apenas misturas, evidenciando um certo grau de falta de domínio conceitual, quatro estudantes complementaram suas respostas afirmando serem misturas de substâncias, garantindo elevação conceitual, uma vez que diversos estudantes tendem a apresentar dificuldades de compreensão de sistemas relacionados à estrutura da matéria (VALANIDES, 2000). Dado que, do montante, cinco estudantes sugeriram ser misturas de elementos químicos, demonstrando obstáculos conceituais sobre elemento, átomo, molécula e substância química, que podem ser mais bem compreendidos por meio de uma abordagem de estudo explorando o plano submicroscópico (JOHNSTONE, 1993). Apenas uma estudante (E1) complementa trazendo a ideia de homogeneidade e uniformidade para a solução, sendo “*uma mistura de substâncias uniformes e homogêneas*”, compreensão essa favorecida pela teoria, uma vez que a ideia de uniformidade refere-se a propriedades idênticas em toda a composição da solução (ECHEVERRÍA, 1993), mesmo não tendo sido justificado o termo utilizado.

Em *Substâncias químicas*, os estudantes caracterizaram soluções como substâncias, trazendo um conceito da Química de forma equivocada. No estudo de Carmo e Marcondes (2008), foi notado que os estudantes tendem a ter dificuldades de diferenciar substâncias de misturas, consequência de insuficiências conceituais. No questionamento em análise os estudantes podem ter confundido tais termos, ou não, para enunciação em suas respostas. Uma estudante caracterizou as soluções como reação química (3%), descrevendo ser uma “*reação que ocorre através do solvente com o soluto*” (E6), pode-se notar que, mesmo tendo sido levantado termos como *solvente* e *soluto*, até então não trazidos por nenhum dos estudantes, a estudante apresenta incoerência conceitual, pois soluções não são formadas por reações químicas, mas sim por misturas, afirmativas estas também presentes no trabalho de Lee *et al.* (1993) e Valanides (2000), em que alguns estudantes concluíram que durante a dissolução há a formação de novas entidades químicas, substâncias, o que de fato não ocorre.

Na categoria *Diluição*, a estudante conceitua solução como quando “*algo é diluído na água*” (E27), considera-se relevante a ideia de diluição, uma vez que por meio dela um dado soluto já em solução tem sua concentração decrescida, porém, a estudante generaliza o tipo de solvente empregado para água, sabendo que nem todas as soluções terão água como solvente, e, além do tipo de solvente descrito, existem os sólidos e gasosos, garantindo diferentes tipos de soluções (Echeverría, 1993). Em *Outros*, os estudantes apresentaram respostas desconexas ao tema e dispensáveis para enunciação neste trabalho, além disso, vale-se rememorar que alguns estudantes (E4, E7 e E23) que relacionaram a temática Soluções à solução de casos químicos ou experimentos, na primeira pergunta, retornaram tais afirmações na enunciação do conceito de solução química, presente no segundo questionamento, o que de fato configura suas

respostas apresentadas como incoerentes para o tema, justificadas assim pelo desconhecimento dos termos utilizados na temática.

Dentro do terceiro questionamento, os estudantes foram solicitados de apresentarem exemplos de soluções presentes no cotidiano, mediante suas concepções, e os resultados apontaram que em suas respostas, 26% (10 estudantes) trouxeram exemplos aleatórios para soluções, em alguns casos ressaltaram exemplos de soluções como refrigerante, café, suco, porém acrescentaram exemplos como leite, água, miojo, dentre outros, os quais não adequam-se a soluções, visto que deve-se haver a formação de uma mistura homogênea. Outros 74% (28 estudantes) trouxeram exemplos assertivos para soluções, como café, suco, água com açúcar, água com sal, apenas um estudante (E26) trouxe um exemplo de solução que pode se comportar como uma solução sólida, sendo o remédio, mesmo assim, nenhum deles justificou suas afirmações, com exceção de quatro estudantes, tendo-se as ponderações de três deles descritas a seguir:

Mistura do pó de suco com água forma uma solução (E5).

Água com açúcar quando se mistura forma uma solução química (E16).

Suco e água com sabão, pois são misturas (E17).

Apesar de não terem sido explorados os termos, de uma forma indireta, as estudantes concebem as soluções como misturas entre o soluto e solvente, sendo os componentes de uma solução, porém acabam por não caracterizar o tipo de interação que acontece entre tais componentes, o que seria melhor explicado em um nível submicroscópico, através da dissolução do soluto. O que foi notado na resposta do quarto estudante (E7) que, obstando dos demais, complementou sua resposta com a ideia de dissolução: “*fazer um suco é uma solução pois se dissolve na água*”, mesmo que a nível macroscópico.

Para a evidenciação de noções acerca da ideia de concentração, foi proposto no quarto questionamento uma análise, a princípio visual, de copos de suco com diferentes tonalidades de uma mesma cor, buscando explorar possíveis relações soluto-solvente, tanto em nível macro quanto submicroscópico, mesmo que de forma indireta através dos termos utilizados.

Como se esperava, o copo de maior concentração do suco, sendo o mais escuro, foi o mais escolhido, com um índice de adequação de 90% (33 estudantes), enquanto que outros 10% (5 estudantes) escolheram o terceiro copo, alguns casos sem justificativas, em outro pelo fato de “*o suco aparentar não ter mudado muito sua cor natural*” (E5), a estudante parece

desconhecer a influência da concentração em soluções, e pode ter tido dificuldade em interpretar os níveis das cores.

Mesmo que 90% tenha acertado o copo correto, isso não justifica que saibam relacionar a concentração do suco nos diferentes copos, visto que o estudante E35 não justificou a escolha e duas estudantes trouxeram justificadas demasiadamente equivocadas, como: “*por ser mais ácido*” (E10) e “*porque o suco não foi agitado*” (E12). Pondera-se que, a determinação do caráter ácido-base de um líquido apenas por sua aparência visual se configura como um ato impossível, a não ser que se conheça natureza química da substância presente, e mesmo assim não se tem confirmação da concentração da substância no sistema, necessitando de análises experimentais quantitativas. Outro ponto a destacar é o fato de que agitar ou não o suco produzido não reverbera em uma variação de concentração, com acréscimo ou decréscimo, pois depende apenas da quantidade do soluto, e uma vez em solução a variação da concentração é determinada apenas pelo acréscimo de soluto/solvente, ou decréscimo do solvente (evaporação), o que não acontece no exemplo descrito no questionamento.

Dentro desse contexto, 24 estudantes confirmaram suas escolhas no primeiro copo, trazendo como justificativa para a maior concentração de suco apenas o aspecto visual, pela coloração mais escura, sem demonstrar qualquer relação estabelecida pelas partículas no sistema. No caso em questão, foi possível determinar a maior concentração pela coloração, porém, nem todas as soluções apresentam cor, sendo importante saber relacionar fatores como a quantidade de uma dada substância no meio.

Três estudantes relacionaram o copo mais escuro com a ideia de diluição, manifestando ideias equivocadas para o sistema descrito, assegurando que “*ao acrescentar água vai perdendo a cor*” (E23), “*é o copo de suco mais escuro por ter menor teor de água*” (E24) e “*pelo fato de os demais terem uma maior quantidade de água*” (E38). Tem-se uma certa consideração pelas observações trazidas quanto à quantidade de água, coloração e possível teor de suco. No entanto, o questionamento não suscita interpretações acerca da diluição, pois como não foi descrito no enunciado da pergunta uma possível quantidade para a produção dos sucos, é praticamente impossível deduzir a quantidade de água presente nos copos. Ademais, todos os copos aparentam ter o mesmo volume, com apenas uma diferença visual, a nuance de coloração, de forma dedutiva, pressupõe-se assim, que a única variável é a concentração do suco.

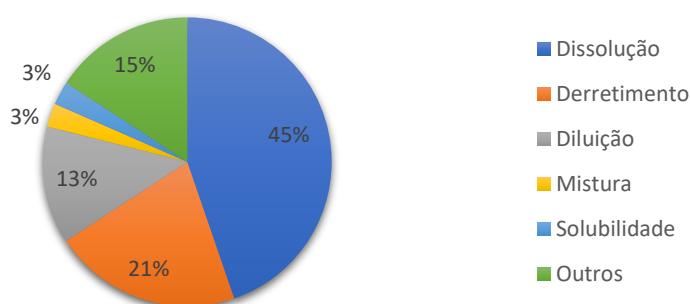
Dentre todos, apenas três estudantes sustentaram suas respostas com conceitos relacionados à quantidade do suco no meio: “*tem uma maior quantidade de substância*” (E8), “*por ter mais suco*” (E18) e “*tem uma maior concentração de substâncias*” (E31), aparentam

compreender a relação existente entre a quantidade de soluto em um volume fixo, estabelecendo que quanto maior a quantidade da substância no meio, maior sua concentração.

A última pergunta presente no questionário se subdivide em dois apontamentos, com eles buscou-se verificar noções a respeito da conservação da matéria e o fenômeno da dissolução. No primeiro deles, para o sistema descrito, foi obtido um índice de adequação nas respostas de 68% (26 estudantes), enquanto que outros 26% (10 estudantes) declararam o valor de 120 g após a mistura dos cubos de açúcar no copo com água, com justificativas como: “quando o cubo derreter voltará ao mesmo valor” (E5) e “pois o açúcar se dissolve na água e não influencia no seu peso” (E23), evidenciam desconhecimento de termos como *dissolver* e desconsideram qualquer interação ou participação do açúcar durante o sistema descrito, acabando por negar a conservação da massa. Em outro caso, a estudante E2 (3%) considerou a massa resultante no processo como 240 g, justificando pela soma das massas, porém, como a mesma não demonstrou como chegou a esse resultado, considera-se a resposta como falta de atenção, para além disso a estudante E38 (3%) considerou que no processo, a massa do açúcar é decrescida da massa da água, com um valor resultante de 100 g, como se os cubos adicionados evaporassem a água presente no copo, diminuindo sua massa, o que não traz nenhuma coesão formal de aprendizagem.

Através do segundo apontamento, foi construído um gráfico (Figura 9), que evidencia os principais termos explorados pelos estudantes para o processo da dissolução do açúcar.

Figura 9 – Categorias obtidas para a dissolução do açúcar na água



Fonte: Os autores (2020)

Termos encontrados, como *dissolução*, *mistura* e *solubilidade*, podem ser considerados sinônimos durante a formação de uma solução, uma vez que é necessário que haja a dissolução de um soluto em um solvente através de uma mistura, em que o soluto necessita ser solúvel no

sistema para que se efetive o processo. Termos estes também verificados no trabalho de Silva, Eichler e Del Pino (2012), através de uma sondagem realizada com estudantes de graduação sobre o fenômeno da dissolução.

Ressalta-se que a utilização de tais termos, não necessariamente implica em afirmar que as respostas foram coerentes, de modo que situações como: “*o açúcar se dissolve devido a pressão que ele causa*” (E31) e o “*o açúcar se dissolve na água e ficou concentrado no fundo*” (E21) puderam ser verificadas, e ressaltam dificuldades de compreensão do processo da dissolução, mesmo em ações simples. Foi notado que, todas as respostas demonstradas expõem explicações apenas em um plano macroscópico, sem apresentar possíveis interações entre o soluto e o solvente em um nível submicroscópico. Porém, destacamos a resposta do estudante E3: “*a água e o açúcar se transformam em uma única mistura e o nível da água permanece o mesmo pois o açúcar se dissolve*”, o qual relaciona o processo da dissolução durante a formação da solução, bem como compreende, em um nível visível, que o nível da solução não se altera e forma-se uma mistura homogênea.

Os termos *derretimento* e *diluição*, foram utilizados demonstrando entendimentos inadequados para o fenômeno, pois a diluição não explica a inserção do açúcar na água, visto que a ação de diluir refere-se à adição de solvente à solução. A concepção de derreter foi também verificada, e denota um certo grau de desconhecimento conceitual, de modo que o derretimento envolve variação de temperatura e até mudança de estado físico, o que não acontece com o açúcar, visto que tem um ponto de fusão acima de 100 °C, e não se transforma em uma substância líquida, concepções semelhantes encontradas no trabalho de Valanides (2000), com estudantes de graduação, em que alguns consideraram a formação de água doce e água salgada para o fenômeno da dissolução do açúcar e do sal em água, respectivamente.

Em Outros, foi encontrado concepções como: “*o nível do açúcar diminui*” (E20), “*ocorre uma mistura heterogênea*” (E32), “*não se misturam*” (E33), demonstram dificuldades de interpretação para o sistema descrito e esquematizado, bem como sem uma sistematização apropriada para os questionamentos evocados na questão.

No que diz respeito ao nível de volume no copo após a mistura, seis estudantes (16%) optaram por não responder, apenas um estudante (3%) considera que o volume diminui, outros 16 (42%) acreditam que após a mistura o nível do volume permanece o mesmo, e 15 estudantes (39%) acreditam que o nível do volume aumenta. Foi observado um certo grau de incongruência das afirmativas dadas com os dados até então adquiridos, pois dos 42% dos estudantes que admitem que o nível do volume final da mistura não é alterado, sete deles, no apontamento anterior desta pergunta, assumem que a massa total após a mistura é 120 g, o que denota que

não creditam a massa do açúcar incorporada à mistura, para eles assim, o açúcar não participa do processo.

5.1.2 Discutindo os principais conteúdos da temática

Os pressupostos de escolha dos conteúdos que fizeram parte das aulas em sala partiram da necessidade de uma análise qualitativa dos conteúdos presentes na temática Soluções, baseada nas principais contribuições e resultados obtidos dos referenciais teóricos adotados, mediante estudos realizados na área, assegurando a devida relação dos tópicos em sistemas macroscópicos e submicroscópicos. Assim, de forma geral, os conteúdos explorados envolvem as principais dificuldades estabelecidas acerca de sistemas submicroscópicos e suas relações com o plano macroscópico, como diferenciação de substâncias de misturas (CARMO; MARCONDES, 2008), o fenômeno da dissolução (LEE *et al.*, 1993; VALANIDES, 2000; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2012), relações soluto-solvente (DEVETAK; VOGRINC; GLAŽAR, 2009), relação da temática com o cotidiano (AKGÜN, 2009), envolvendo também aspectos quantitativos que puderam ser explorados nas simulações empregadas nesta pesquisa.

Dessa forma, no primeiro momento de aula, após a aplicação do questionário inicial, foram estudados com os alunos, e até lembrado, acerca da estrutura da matéria e misturas. Logo, inicialmente, foram introduzidos conceitos como a ideia de átomo, molécula, substância simples e composta, e substância pura simples e pura composta, com auxílio da projeção em slides de sistemas representacionais submicroscópicos, para cada tópico levantado. Essas aproximações seguiram-se diante da necessidade de compreensão conceitual no campo submicroscópico relacionado ao universo das substâncias, e posterior diferenciação de misturas, levando-se em consideração que possivelmente os estudantes teriam dificuldades em diferenciá-las (CARMO; MARCONDES, 2008).

Em sequência, os conceitos de mistura homogênea e heterogênea foram incluídos, contemplando as concepções de quantidade de componentes e fase, em um plano de análise macroscópico, neste momento, com o auxílio da projeção de materiais (água, sal, açúcar, álcool, areia, óleo) em slide, de forma dialogada, alguns estudantes foram solicitados de indicar quais componentes eles gostariam de fazer uma mistura, logo diferentes estudantes escolheram diferentes componentes e foram questionados: “*essa mistura é homogênea ou heterogênea? Quantos componentes há? Quantas fases perceptíveis?*”. Após isso, foram diferenciadas substâncias puras de misturas homogêneas, a partir da diferenciação do modo como são formadas, sendo através de uma reação química e em um processo de dissolução,

respectivamente, além de evocar a ideia de que em misturas a identidade e propriedades químicas individuais dos componentes participantes permanecem as mesmas. Por fim, foi introduzido o conceito de solução química, como uma mistura de duas ou mais substâncias de forma homogênea, no qual o componente em maior quantidade é chamado de solvente e o de menor quantidade soluto, além de existirem soluções sólidas, líquidas e gasosas, com a exemplificação de ligas metálicas, solução de cloreto de sódio e ar atmosférico, para as respectivas classificações.

No segundo encontro feito em sala de aula, foram tratados dos assuntos: natureza do soluto (soluções iônica e molecular), relação soluto-solvente (soluções insaturada, saturada e supersaturada), concentração, diluição e análises quantitativas. Para o estudo das soluções iônicas e moleculares, foram utilizadas, no plano imagético através da projeção, como exemplos, as soluções de sal e açúcar, e quando questionados: “*vocês acham que o processo de dissolução do açúcar e do sal são iguais submicroscopicamente?*”, foi notado que os estudantes não se dispuseram a lançar ideias, não havendo assim nenhuma contribuição. A princípio, foram representadas as estruturas moleculares do cloreto de sódio e da glicose e discutido o caráter da ligação química presente, sendo iônica e covalente respectivamente, e evidenciado que o caráter das ligações existentes no soluto pode indicar o tipo de solução formada.

Em seguida, foi discutido o processo da dissolução dos solutos descritos em água, a partir da representação submicroscópica do processo, sendo em compostos iônicos a dissociação aquosa, e em compostos moleculares formados por ligação covalente interações do tipo ligação de hidrogênio entre os átomos presentes na molécula dissolvida, tomando como base a glicose, os átomos de oxigênio e hidrogênio, com os átomos da molécula de água. Como modo representacional do fenômeno submicroscópico, foi utilizado um vídeo proveniente do *YouTube*², que demonstra um cubo de sal sendo dissolvido na água, no caso da sacarose, foi demonstrado por imagens, ressaltando como ocorre cada processo, caracterizando soluções iônicas e moleculares.

Foi evidenciado também, que em processos de dissolução aquosa o volume tende a não variar, pois as moléculas ou íons dissolvidos se organizam de maneira estrutural para ocupar os espaços vazios entre as moléculas de água, tal evidência foi pertinente diante do grande número de estudantes que, no questionário inicial, consideraram que quando misturados, água e açúcar, o volume da solução aumentaria.

² Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QkivZ79fZg8>>. Acesso em: 17 jul. 2020

Posteriormente, foi discutido sobre as soluções insaturada, saturada e supersaturada, a partir do seguinte questionamento: “*vocês acreditam que existe algum limite de adição de soluto em um solvente?*”, destacando a solução de açúcar. Apresentando a solução insaturada, com a possibilidade de se dissolver mais soluto para a quantidade de solvente determinada, e no caso da solução saturada, quando se chega a um limite de soluto permitido para um determinado volume de solvente, excedendo-se esse limite, um corpo de fundo seria formado, como exemplo a formação de suco em pó com pouca água. Para o caso das soluções supersaturadas, foi apresentado um vídeo proveniente do *YouTube*³, que explora o preparo de uma solução supersaturada de acetato de sódio e sua instabilidade mediante ações como: agitação do sistema ou acréscimo de pequena quantidade de soluto.

Chegando ao fim desse momento, foram tratados dos termos concentração e diluição, no que diz respeito à quantidade de um dado soluto num determinado meio, a partir do debate de duas matérias (Anexo A), uma sobre o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera nos últimos anos, ressaltando que tal aumento representa a maior concentração de CO₂ na atmosfera desde os primórdios da Terra; e outra sobre o Mar Morto, com a diferenciação da densidade deste mar para com os outros devido os níveis de sal presente naquela água. Durante a aula, o conceito de diluição foi explorado a partir de se adicionar mais solvente numa solução, introduzindo a expressão *deixar algo mais fraco*, como alusão à diminuição da concentração, utilizado como exemplo a formação de um suco menos concentrado.

Para as análises quantitativas, foi determinado que seriam estudadas a concentração em relação à quantidade de massa e matéria. Essas análises foram realizadas utilizando a simulação *Concentração*, utilizada na pesquisa, além de explorar as fórmulas estabelecidas, foram feitas relações entre a concentração, volume e quantidade de soluto em sistemas como análise da concentração em um volume fixo, com variação da quantidade de soluto, e com quantidade de soluto fixo, mas com variação da quantidade de solvente.

5.2 O contexto experimental simulado no desenvolvimento de habilidades

Nesta subseção, encontram-se as análises referentes às habilidades cognitivas (ALG, LOCS e HOCS), enunciadas por Zoller (2001), frente a atividade simulada realizada com os estudantes no laboratório de informática da escola. O uso deste recurso permitiu ilustrar de

³ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7d4GhLCHQ20>> Acesso em: 17 jul. 2020

modo experimental-simulado sistemas envolvendo soluções, contemplando análises de variáveis e situações específicas às quais foram visualizadas. Ao final desta atividade, foi aplicado um questionário aberto, no qual os estudantes tiveram a oportunidade de escolha de 5 dos 12 questionamentos disponíveis, tomando como base uma atividade de auto-avaliação realizada por Zoller (2001), com estudantes de graduação. Valendo-se rememorar que, as habilidades vislumbradas pelos estudantes foram caracterizadas mediante as categorias de análise de Suart (2008), às quais buscaram melhor demonstrar, através dos dados expressados, uma compreensão geral do modo como eles conceberam seus entendimentos.

5.2.1 Atividade experimental simulada

A atividade recorrente, se transcreve no terceiro momento de encontro com a turma pesquisada, sendo então no laboratório de informática. Diante da quantidade de computadores disponíveis no ambiente, os estudantes se dispuseram de forma coletiva, em grupos. No total foram formados 12 grupos, participando 36 estudantes, dispostos em 12 computadores (Figura 10).

Figura 10 – Disposição dos estudantes no laboratório de informática



Fonte: Os autores (2020)

Para esta atividade (Apêndice B), foram desenvolvidas ações que versaram pelas premissas de habilidades LOCS e HOCS, nos ambientes simulados, descritos na metodologia deste trabalho. O que foi encontrado, de um modo geral, nesta atividade, foi que a maioria deles conseguiu desenvolver o que era solicitado nas ações, em alguns casos específicos alguns grupos trouxeram contribuições pertinentes para o desenvolvimento de habilidades HOCS, ao relacionar variáveis ou trazer explicações que versaram por análises autônomas dentro do

ambiente simulado, em outros casos exploraram habilidades inferiores ao solicitado, e também foi verificada algumas dificuldades que os estudantes tiveram na expressão de termos e conceitos em suas respostas. Essas observações e análises dos dados oportunizados nesta atividade são tratados com mais ênfase a seguir.

Dentro da simulação *Concentração*, e através das possibilidades de exploração do ambiente simulado experimental, foram propostas três ações com questionamentos, sendo a primeira (Q1) e segunda (Q2) caracterizadas por pertencerem à exploração de habilidades nível LOCS, pelos estudantes, com verificação de variáveis, e a terceira (Q3) referente a habilidades HOCS, buscando evocar uma relação mais crítica entre as variáveis com uma metodologia de observação a ser proposta por eles.

De acordo com os dados, foi possível elaborar o Quadro 2 que contempla as habilidades e níveis cognitivos encontrados nas respostas dos grupos para com as ações solicitadas frente aos questionamentos na simulação *Concentração*. Níveis esses baseados nas categorias de análise estabelecidas por Suart (2008), em específico para as habilidades LOCS e HOCS.

Quadro 2 – Habilidades e níveis cognitivos encontrados nas respostas dos grupos para a simulação *Concentração*

Questionamentos (classificação)	Habilidades Cognitivas	
	LOCS	HOCS
Q1 (LOCS)	Todos os grupos: LOCS-N3	-
Q2 (LOCS)	LOCS-N2 (G1, G2, G4, G6, G8, G9, G10, G11 e G12); LOCS-N3 (G3, G5 e G7)	-
Q3 (HOCS)	LOCS-N3 (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10 e G12); LOCS + (G9 e G11)	-

Fonte: Os autores (2020)

Como ação inicial, a Q1 lidou com a possibilidade de os estudantes entrarem no ambiente simulado e conceberem possíveis variações para a mudança de volume, concentração e número de mols em uma solução criada, aspectos garantidos para o nível LOCS de exploração, realizando ações específicas para cada caso solicitado, mesmo sendo um momento de verificação das possibilidades existentes com as variáveis.

Foi perceptível que, através dos dados, com exceção do grupo G11, em que o número de equívocos na relação de variáveis se iguala ao número de proposições corretas, os demais grupos apresentaram um número de adequação das variáveis com suas variações superior ao número de equívocos, o que de início é um dado amistoso, mesmo sendo a simulação de uma atividade experimental em que os estudantes estariam a testar ações e comprová-las. Destaca-se aqui que em um ambiente e aparato físico o tempo de ação e análise seria maior, tem-se assim características demonstradas pela teoria (TATLI; AYAS, 2010; GORGHIU *et al.*, 2009),

da mesma forma que a repetição de processos durante a experimentação (RUSSELL *et al.*, 1997).

Com relação às inadequações observadas por alguns dos grupos, constatou-se que, dos 12 grupos seis deles tiveram pelo menos uma variável descrita de forma equivocada, seja pelo acréscimo, em suas respostas, de variáveis além do exigido: “*ao mesmo tempo que coloca o soluto o número de mols aumenta, ou colocando mais água*” (G4), “*o número de mols só irá mudar se for acrescentado mais soluto ou acrescentando água*” (G8), ou descritas de forma equivocada (G1, G6, G10, G11), como: “*diminuindo ou aumentando o número de partículas do soluto*” (G11), de fato, se diminuir a quantidade de soluto em uma solução o número de mols de soluto da mesma irá variar, contudo, dentro da experimentação simulada, não é perceptível essa modificação, além dessa outros grupos relacionaram a modificação do número de mols à variação do volume: “*só irá mudar o número de mol[s] se adicionar água*” (G10).

Com esses dados, foi notado que, na simulação, os estudantes confundiram o número de mols, quantidade de soluto, com a concentração da solução, descrita e observada dentro do *software* em mol/L. Os mesmos seis grupos que tiveram variáveis descritas de forma incoerente, demonstraram confundir o conceito de concentração e número de mols, pois, mesmo em alguns casos afirmando que a variação do número de mols é afetada pelo acréscimo de soluto, trouxeram a variável de acrescentar solvente como mudança para a variação do número de mols, demonstrando que a concentração da solução equivale à quantidade de soluto na mesma.

Tais justificativas podem estar implicadas nas dificuldades que os estudantes tiveram em interpretar os dados da simulação, ou compreender o sentido de tais conceitos durante a discussão dos termos na aula, mesmo podendo relacionar o número de mols à quantidade de soluto dentro da solução. Uma vez que, no próprio *layout* da simulação a concentração é dada em mol/L, logo, pode-se sugerir que alguns estudantes tentaram encontrar dados que favorecessem a visualização do número de mols no ambiente simulado, comparando-se assim à concentração.

Em contrapartida, destacamos os grupos G3, G5, G7, G9 e G12, os quais mesmo faltando evidenciar um número pequeno de variáveis para as mudanças das quantidades de volume, concentração e número de mols, mais precisamente faltando 3, 1, 1, 3 e 3 variações, respectivamente. Majoritariamente, com exceção do G5, negando o papel da evaporação do solvente na variação do volume e concentração, os estudantes não demonstraram equívocos ao expressarem seus dados, sugerindo compreender que o número de mols, na solução, é alterado apenas pelo acréscimo de soluto. Sobressaem-se nessa análise, os grupos G5 e G7, com as

maiores adequações de variáveis em suas respostas, atingindo 6 das 7 variações que poderiam ser encontradas na Q1.

A respeito das habilidades cognitivas exploradas, mediante os dados aqui observados, os grupos responderam o que foi solicitado para o nível LOCS, sem extrapolação de níveis ou regressão, e de acordo com as categorias de Suart (2008) para as habilidades ALG, LOCS e HOCS, todos os grupos adequam-se ao nível N3, o qual discorre acerca da identificação e estabelecimento de processos de controle e identificação de variáveis. Dessa maneira, mesmo os estudantes podendo compreender o significado de tais variações, não estabelecem relações mais complexas, como relações das variações estabelecidas com alguma ação cotidiana em que o processo descrito pudesse ser verificado, até mesmo porque a Q1 não necessariamente permite relações mais além do que foi solicitado.

Buscando ressaltar e explorar melhor as diferenças e compreensões entre o número de mols e concentração, a Q2 buscou verificar variações entre as tais com o acréscimo de solvente na solução, ação também nível LOCS na medida em que há apenas, a princípio, a visualização e verificação de mudanças de variáveis. Constatou-se que, dos cinco grupos destacados na Q1, que mostraram não confundir as variações do número de mols, apenas dois deles (G5 e G7), de forma clara, permaneceram com a compreensão de que o número de mols na solução produzida só é alterado com o acréscimo do mesmo, uma vez que a diluição não influencia em sua quantidade: “*ao adicionar água a concentração diminui e o soluto continua o mesmo*” (G5), ao afirmar que o soluto continua o mesmo, consideram o soluto a quantidade de mols.

O grupo G3, que anteriormente não havia cometido o equívoco ao relacionar as variáveis em destaque na Q2, não deixa claro possíveis variações do número de mols com o acréscimo de solvente. Contudo, o grupo correlaciona os dois termos em sua resposta: “*houve uma diminuição da concentração no número de mols*”, de forma coerente, ou seja, a concentração da dada quantidade de mols na solução foi diminuída mediante a diluição, mesmo estando descrita de forma sucinta. Os demais grupos, creditaram a variação da concentração proporcionalmente à do número de mols no qual:

A solução fica menos concentrada e o número de mols diminui (G8).

O número de mols diminuiu, seu volume aumenta e a concentração diminui (G9).

Ambos diminuem (G10).

Logo, mesmo visualizando a diminuição da concentração da solução, os grupos corroboram com a afirmativa de que o número de mols também diminui com o acréscimo de

solvente. Algo um tanto que esperado, diante da possibilidade de eles fazerem tais relações no ambiente simulado, mesmo tendo sido enfatizado a necessidade de relacionar o número de mols à quantidade de soluto.

Considera-se assim, mediante os níveis cognitivos das respostas apresentadas, que os grupos G3, G5 e G7 utilizaram habilidades do nível N3, pois expressam as variáveis e processos de controle de forma adequada na ação. Os demais grupos, devido às dificuldades de justificativas mediante os conceitos exigidos, aderem-se ao N2, nos níveis cognitivos de Suart (2008).

Como última ação dentro da simulação *Concentração*, a Q3 versou por possibilitar aos estudantes a criação de um método experimental, para visualização de soluções insaturada e saturada com corpo de fundo, a possibilidade de testar variáveis, verificar quantidades específicas, e de fazer conexões entre as diferentes interações no ambiente, poderiam ser chaves para o desenvolvimento de habilidades HOCS, na tentativa de promoção de relações mais consistentes entre as variáveis.

Nesse contexto, elucidam-se os grupos G9 e G11, que diferentes dos demais, não descrevem em suas respostas metodologias de ação dentro da simulação, contudo, os mesmos descrevem de forma geral como seriam encontradas tais situações dentro da simulação, como G9: “*quantidade de soluto e solvente proporcionais para que se misturem (insaturada)*” e “*quantidade de solvente inferior à quantidade de soluto, sendo assim, fica uma mistura heterogênea (saturada)*”. Os grupos descrevem tais processos com auxílio do plano imagético na representação das soluções insaturada e saturada com corpo de fundo e, no caso do G9, associa o corpo de fundo a uma mistura heterogênea. Sabendo que, a determinação de uma solução saturada, não necessariamente está ligado a quantidades inferiores de solvente em relação ao soluto, mas sim apenas à quantidade de soluto num dado volume estabelecido de solvente, considera-se como um equívoco conceitual demonstrado, não desmerecendo as inferências trazidas, uma vez que o grupo realiza associação de conceitos ao introduzir a expressão *mistura heterogênea*, à qual não foi relacionada nesta atividade.

O grupo G11 descreve seu processo praticamente da mesma forma, com duas diferenças, associa a solução insaturada a uma mistura homogênea: “*a quantidade de soluto e solvente são adicionadas de forma que virem homogênea*”, e relaciona a solução saturada com um aumento da concentração do soluto: “*existe pouca quantidade de solvente e uma alta concentração do soluto, virando assim saturada [com corpo de fundo]*”. É bem provável que, os grupos descritos, podem ter proposto soluções saturadas com corpo de fundo, dentro da

simulação, com um volume de solvente baixo, e tenham determinado as afirmativas de que seria necessário verificar uma quantidade baixa de solvente para sua visualização.

Os grupos *G3* e *G4* mostraram melhores resultados para a experimentação proposta no *software*, propõem qual soluto poderia ser utilizado e utilizam da variação do volume no sistema. O *G3*, além disso, demonstra a concentração aproximada da solução encontrada para cada tipo: “com $\frac{1}{2}$ L de água, colocamos suco em pó com a concentração 5,960 mol/L, ficando saturado”, “com $\frac{1}{2}$ L de água, colocamos suco em pó com a concentração de 1,730 mol/L, ficando insaturada”, evidencia termos e dados para justificar as soluções, mesmo que não trazendo considerações sobre suas possíveis relações, como o a variação da concentração e número de mols com um volume fixo (demonstrado na resposta do grupo).

Com exceção do *G2* que ocasionalmente não respondeu a *Q3*, e do *G12* que não propôs método experimental e generaliza a solução insaturada como quantidades altas de soluto e solvente, aponta-se na resposta dos demais grupos a relação existente entre a concentração de soluto baixa com soluções insaturadas, propondo ações como colocar uma pequena quantidade de soluto, apenas os grupos *G1* e *G4* evidenciam a possibilidade de adicionar mais solvente à solução, tornando-a assim insaturada. Em ambos os casos, aumentar a quantidade de solvente em uma solução a constitui como insaturada, da mesma forma que adicionar uma quantidade menor ou pequena de soluto, na possibilidade de se dissolver mais do mesmo, são considerados coerentes para o processo. Durante a análise desses dados, percebeu-se que as duas considerações em conjunto, não foram contempladas por nenhum dos grupos.

Em uma análise, a partir das categorias de Suart (2008), constata-se que nenhum dos grupos conseguiu atingir o nível proposto para a *Q3*, sendo o HOCS, dentro das categorias, todos eles adentram-se ao N3, na medida em que não trouxeram relações mais consistentes entre as soluções formadas e suas modificações, apenas os grupos *G9* e *G11* trouxeram termos não comentados na atividade, relacionados às misturas, trazem características de uma elevação de compreensão do LOCS para HOCS. Em trabalhos como o de Lubezky, Zoller e Dori (2004) e Zoller (2012), em que se pode considerar alguns questionamentos da categoria LOCS como LOCS+, pertencentes à transição de níveis, mesmo que de uma forma sutil, esses grupos se encaixariam.

Dentro da proposta, outra simulação utilizada foi a *Molaridade*, na qual podem ser observadas propostas de habilidades semelhantes às da *Concentração*, LOCS e HOCS. São introduzidas também três ações, na *Q1'* e *Q2'* foram exploradas análises da influência das variáveis no sistema, a última parte da *Q2'* traz um aspecto HOCS ao solicitar uma relação mais crítica entre as variações testadas nos itens anteriores da ação e a *Q3'* apresenta-se como

proposta de habilidade HOCS, na medida que possibilita a relação observada entre as soluções insaturada e saturada com corpo de fundo, com a ampliação de hipóteses acerca da solubilidade.

De acordo com os dados, foi possível elaborar o Quadro 3 que contempla as habilidades cognitivas encontradas nas respostas dos grupos para com as ações solicitadas frente aos questionamentos da simulação *Molaridade*. Sendo a análise inferida mediante os níveis de cognição estabelecidos por Suart (2008).

Quadro 3 – Habilidades e níveis cognitivos encontrados nas respostas dos grupos para a simulação *Molaridade*

Questionamentos (classificação)	Habilidades Cognitivas	
	LOCS	HOCS
Q1' (LOCS)	LOCS-N2 (G2, G3, G4, G5, G7, G9, G11 e G12); LOCS-N3 (G1, G6, G8 e G10)	-
Q2' (LOCS-HOCS)	LOCS-N2 (G2, G3, G4, G8, G10 e G12); LOCS-N3 (G1, G6 e G11)	HOCS-N4 (G5, G7 e G9)
Q3' (HOCS)	LOCS-N2 (G1, G2, G3, G4, G5 e G7); LOCS-N3 (G6, G8, G10 e G12)	HOCS-N4 (G9)

Fonte: Os autores (2020)

Com a possibilidade de identificar variáveis, e relacioná-las a possíveis independências e dependências, a Q1' buscou explorar tais circunstâncias dentro do *software*, que de um modo geral não foram tão bem determinadas pelos grupos. Do total, apenas três grupos (G1, G6 e G8) conseguiram destacar todas as variáveis existentes e suas classificações como dependentes ou independentes. Os G6 e G8, além, conseguiram fazer as relações corretas entre as mesmas, demonstrando um certo grau de conhecimento da influência das variáveis no sistema, como:

Variáveis: quantidade de soluto, volume da solução e concentração da solução.

Dependente: a concentração da solução (molaridade), depende da quantidade de soluto (mols) e do volume da solução (litros).

Independentes: a quantidade de soluto e volume da solução (G6).

Um outro grupo que não cometeu equívocos foi o G10, contudo, deixou por desconsiderar o volume da solução como variável para o sistema, relacionando apenas a concentração com a quantidade de soluto: “*concentração da solução depende da quantidade de soluto*” e “*a quantidade de soluto é independente do volume da solução*”. Como destacado pelo G6, a concentração depende de ambos, soluto e solvente.

Durante a resolução desta parte da atividade, alguns estudantes podem ter tido dificuldades de interpretação do que a ação solicitava, pois grupos como o G5 e G7 evidenciaram a existência de quatro variáveis, sendo que só existem três no sistema, julgando

três delas dependentes, sendo apenas uma. Mesmo tendo sido verificada suas variações na simulação anterior, a concentração da solução foi negligenciada como variável pelos demais grupos. De um modo geral, tal manifestação pode ser considerada como distanciamento ou dificuldades de correlação dos conhecimentos existentes com o que se observa nos sistemas de estudo. Os grupos *G2*, *G3* e *G4*, além de desconsiderar a concentração, consideram a quantidade de soluto como variável dependente no sistema, e os grupos *G9*, *G11* e *G12*, apresentaram os maiores equívocos ao evidenciar apenas a quantidade de soluto e volume como variáveis, e que são dependentes.

Considera-se necessária a exploração de tais variações de forma consistente durante os momentos de aula, e que apresentem clareza em ambientes simulados, para que assim possam apresentar melhores adequações das relações expostas com as habilidades solicitadas.

Diante das dificuldades identificadas durante a resolução da *Q1'*, os grupos *G2*, *G3*, *G4*, *G5*, *G7*, *G9*, *G11* e *G12*, aderem-se ao *N2*, devido à falta de reconhecimento de variáveis e justificativas equivocadas em suas respostas. Os grupos *G1*, *G6*, *G8* e *G10* enquadram-se na *N3*, na medida que não corroboram com concepções estabelecidas por seus colegas para a *Q1'*, destacamos os *G6* e *G8* diante das relações estabelecidas por eles, na explicação das independências e dependência, como relações coesas e que ofereceram informações pertinentes para a compreensão de suas apreensões.

Na *Q2'*, os grupos foram solicitados de realizar ações divididas em três itens, nos quais versaram no aumento de soluto (sulfato de cobre) em uma solução e no aumento da quantidade de solvente, deixando-a diluída, além da tentativa de eles proporem possíveis relações entre a quantidade de soluto e volume na solução, com o último item.

Os grupos *G3*, *G4*, *G5* e *G7* optaram por destacar em suas respostas acerca do corpo de fundo perceptível durante a ação do aumento da quantidade de soluto na simulação, somente os grupos *G3* e *G4* relacionaram essa característica da solução à concentração, ou seja, pela resposta do grupo *G3*, pode-se notar este fato: *“ele se torna saturado pois, quando o soluto é colocado em excesso, ele fica saturado”*, que descreve que a concentração se torna saturada, sendo que é a solução que satura-se, logo é necessário diferenciar tais fatos.

Sendo destacado pelos grupos *G5* e *G7*, que relacionam esse fato à solução: *“a solução irá ficar saturada, aumenta a concentração”* (*G5*), esses mesmos grupos conseguem correlacionar as variáveis, soluto e volume, no terceiro item da *Q2'*, com a concentração de forma satisfatória: *“os dois estão ligados à concentração, porque se aumentar o soluto aumenta a concentração, e se aumentar o volume diminui a concentração”* (*G7*), trazendo relações diretas entre qualquer variação entre as variáveis e a concentração, o que denota o

desenvolvimento de aspectos relacionados a relações consistentes entre as variáveis e relação de conceitos da habilidade HOCS.

Alguns grupos demonstraram em suas respostas, para o segundo item da Q2', que a quantidade de soluto, conforme o volume aumenta, diminui, caracterizando a quantidade de soluto como a concentração da solução, como os grupos *G1*, *G2*, *G4* e *G11*, algo perceptível também em ações realizadas durante essa atividade.

No caso do *G9*, o grupo consegue fazer as devidas colocações quanto à variação da concentração da solução com a variação do soluto e volume, de forma direta. Sendo que, em particular, foi notado pelo grupo as relações realizadas sobre as variações destacadas, baseando-se na equação da determinação da concentração solução, com as variações do número de mols e volume, com valores fixos para cada. Determinando um certo grau de causalidade entre as variáveis no sistema.

Os grupos *G10* e *G12* mostraram confusões em suas justificativas. A tentativa de justificar o aumento e decréscimo da concentração da solução, pelo *G10*, foi realizada através da ideia de dependência entre as variáveis, descrevendo que todas as variáveis são dependentes, o que não se confere, como visto anteriormente, demonstrando incongruência em sua afirmativa, uma vez que considera o soluto uma variável independente na Q1'. O *G12*, além de trazer equívocos conceituais, traz uma relação equivocada ao considerar que as variações da concentração se devem apenas à variação do volume, negando a ação do soluto, no primeiro item: *“aumenta a concentração, mais solvente do que soluto”*, no segundo item: *“diminui a concentração, menos solvente do que soluto”*.

Considerando as habilidades cognitivas presumidas por Zoller (2001) e as categorias de Suart (2008), os grupos *G2*, *G3*, *G4*, *G8*, *G10* e *G12*, foram os que demonstraram maiores dificuldades em interpretar o que a ação solicitava e demonstraram relações expressas de forma incoerente em alguns aspectos para os itens e equivocadas para outros, em um aspecto geral consideram-se como habilidades N2. Os grupos *G1*, *G6* e *G11* enquadram-se no N3 diante das resoluções feitas e em parte de dificuldades expressadas. Os grupos *G5*, *G7* e *G9* conseguiram responder a ação nos itens para o que se propõe, desenvolveram de forma direta e concisa os dois primeiros itens com ações LOCS, e para o último item com a proposta HOCS, eles desenvolveram de forma consistente a relação entre as variáveis, logo, consideram-se aspectos do N4 para o HOCS, no qual selecionam informações relevantes e relações causais, no caso, entre a saturação, variáveis e suas relações.

Na finalização desta atividade, tem-se a Q3', ação na qual presume-se a habilidade HOCS de tentar ampliar hipóteses mediante observações para sistemas gerais, nas soluções

químicas. Em questão, os estudantes deveriam fazer relações entre os termos insaturado e saturado com corpo de fundo, para as soluções formadas com todas as substâncias, em quantidades de volume e soluto semelhantes.

Dessa forma, os grupos *G6*, *G8*, *G9*, *G10* e *G12*, foram os que em suas justificativas, para a observação da dissolução de diferentes substâncias em condições semelhantes, associam à ideia de diferentes graus de solubilidade, para diferentes substâncias em condições próximas: *“algumas são mais solúveis que outras, mesmo estando em mesma quantidade e em mesmo volume”* (*G6*). Na resposta do *G9*, o grupo explora de forma pertinente uma situação observada com a solução de permanganato de potássio (KMnO_4) formada: *“algumas moléculas tem mais facilidade em dissolver, já outras não tem. Podemos observar que algumas soluções como a de permanganato de potássio, até com grande quantidade de solvente permanece saturada, como apresenta na imagem”*. Destacamos dois pontos, a imagem à qual o grupo se refere é a visualização da solução na simulação, e na resposta o grupo utiliza o termo *molécula*, subentendendo-se a comparação com as substâncias. Sugere-se que o grupo compreende que existem circunstâncias em que certas substâncias serão solúveis em determinados contextos e em outros não, tendo sido verificado pelo grupo através da variação de volume da solução formada de KMnO_4 .

Os grupos *G1*, *G2*, *G3*, *G4* e *G10* foram os que, possivelmente, apenas visualizaram as diferentes soluções formadas, e trouxeram em suas respostas apenas as relações que acharam pertinentes sobre o aspecto geral das mesmas. Os *G1*, *G2* e *G3* não conseguiram justificar suas respostas para o que sugere a ação, trazendo considerações como: *“que a concentração da solução é independente”* (*G1*), *“cada elemento tem seu tipo de volume necessário para acontecer uma reação”* (*G2*), *“existem diversos tipos de concentração para uma solução”* (*G3*), as duas primeiras trazem equívocos conceituais, na medida em que, no caso do *G1* a concentração não é uma variável independente, algo incongruente quando verificado os dados do grupo para a *Q1'*, ao afirmarem que a concentração da solução é dependente das quantidades de volume e soluto. O grupo *G2* trata as substâncias empregadas como elementos, e a mistura feita como reação, é conferido ao grupo a não compreensão ou dificuldades de expressão do conhecimento acerca dos conceitos necessários do universo das partículas. O grupo *G3* não traz equívocos, porém, traz uma relação desconexa ao que foi proposto, uma vez que na análise das soluções formadas, as diferentes solubilidades e formação de soluções insaturada e saturada com corpo de fundo, seriam a ênfase.

Outros grupos que trouxeram baixo nível de complexidade em suas respostas, foram os *G5* e *G7* que apenas descreveram quais soluções eram saturadas ou insaturadas, no caso do *G7*

o grupo se equivocou ao determinar que todas as soluções formadas eram saturadas, consideram-se habilidades nível LOCS de baixa enunciação.

De um modo geral, apenas um grupo desenvolveu suas explicações em aspectos das habilidades HOCS, o G9, que explorou o ambiente simulado, na tentativa de buscar explicações para o que foi observado, conseguindo fazer a generalização eficiente para as diferentes soluções e solubilidade, categorizado mediante os prenúncios do quadro de Suart (2008) com o N4. Os outros G6, G8, G10 e G12 enquadram-se no N3 do LOCS, pois conseguem trazer relações coesas, mas sem profundidade. O G11 não respondeu a ação, logo não foi contemplado na análise, e os G1, G2, G3, G4, G5 e G7 adequam-se ao N2, diante das dificuldades de trazer relações coesas e de reconhecer e demonstrar o que é solicitado.

5.2.2 Análise das categorias de habilidades exploradas

As análises aqui realizadas são baseadas no questionário aplicado no final da pesquisa. Esse questionário, composto por 12 perguntas, como tratado na subseção 4.5 da metodologia, apresenta quatro questões referentes à cada habilidade (ALG, LOCS e HOCS), no qual cada estudante de forma autônoma escolheu cinco questões para resolução. Foram considerados 34 questionários para análise, que teve como critério a participação nos momentos em sala e no laboratório de informática. Para uma melhor enunciação dos dados na análise, cabe evidenciar quais foram as questões enquadradas em cada habilidade. As questões 1, 2, 4 e 5 foram classificadas como ALG, as 6, 7, 9 e 10 foram as LOCS e as 3, 8, 11 e 12 foram consideradas HOCS.

Através dessa informação e a partir de uma vista quantitativa dos questionários, foi possível realizar uma distribuição das principais categorias de habilidade nas questões escolhidas por eles, presente no Quadro 4, através das categorias X, Y e Z para os estudantes que dentre as escolhas realizadas exploraram perguntas de habilidades semelhantes.

Quadro 4 – Distribuição das questões ALG, LOCS e HOCS selecionadas pelos estudantes

Categoria de grupo	Número de estudantes	%	Tipo de pergunta
X	6	17	ALG e LOCS
Y	10	30	LOCS e HOCS
Z	18	53	ALG, LOCS e HOCS

Fonte: Os autores (2020)

Mediante o Quadro 4, nota-se que as questões LOCS foram as mais escolhidas pelos estudantes, da mesma forma que todos que escolheram questões HOCS escolheram ALG-LOCS ou apenas LOCS, e nem todos que escolheram LOCS ou ALG escolheram HOCS, o que é percebido pela categoria X, com 17% dos estudantes, o que já era esperado diante da baixa exploração de perguntas HOCS no ensino, de um modo geral.

Com esses dados, foi possível também determinar a quantidade total de perguntas ALG, LOCS e HOCS escolhidas pelos estudantes. Com relação à quantidade de questões ALG, identifica-se que foram escolhidas 43 questões, com uma aproximação média de duas perguntas por estudante que escolheu a categoria, não fizeram parte desta média dez estudantes que não optaram pelo nível ALG na resolução. Quanto às questões LOCS, foram escolhidas 86, visto que a quantidade total de perguntas LOCS que poderiam ser efetuadas seria 136 (levando-se em consideração que no questionário havia apenas quatro questões de cada habilidade), com uma aproximação média de 2-3 perguntas LOCS por estudante. Para as questões HOCS, foram escolhidas 39, com uma aproximação média de 1-2 perguntas HOCS por estudante, e como seis deles não escolheram questões nível HOCS, esse valor foi retirado da média.

A partir dos dados demonstrados, identifica-se que, em suma, as questões nível LOCS foram as mais exploradas pelos estudantes, e isso indica que, como categoria de rememoração de conceitos, evidenciação de variáveis, aplicações simples da teoria, os estudantes se mostraram mais propensos em suas realizações. Em uma ordem das questões mais escolhidas para as menos percebe-se a relação: LOCS > ALG > HOCS. Pondera-se que a ordem de escolha das questões não necessariamente indica a ordem de resoluções feitas de forma adequada.

Em trabalhos da área (ZOLLER, 2001; TSAPARLIS; ZOLLER, 2003), com estudantes de graduação, nos quais eles poderiam escolher as questões para resolução, a ordem ALG > LOCS > HOCS se constatou, e isso demonstrou a tendência que os estudantes têm de realizar questões algorítmicas e de cunho conceitual em detrimento da realização de propostas HOCS, que prezam por uma relação mais profunda dos dados solicitados. Nesses estudos, essas tendências ainda mostraram que os melhores resultados dos estudantes estavam naqueles que responderam as questões ALG, seguindo assim a ordem demonstrada.

Constata-se uma diferença da tendência dos estudantes participantes desta pesquisa com a dos estudantes tratados pelos teóricos, e isso se deve a dois fatores: a enunciação dos dados quantitativos da temática Soluções não foi explorado de forma a permitir que os estudantes resolvessem cálculos algorítmicos durante as aulas, foram demonstradas as relações algorítmicas, realizado exemplos, porém, não foi algo estimulado. Outro ponto é a familiaridade que os estudantes têm de se sentirem mais à vontade na realização de questões LOCS, devido

à sua predominância em exames tradicionais, e isso foi demonstrado no estudo de Tsaparlis e Zoller (2003), no qual as questões do tipo LOCS são reconhecidas como “solucionáveis”, e até mesmo pelos professores como de fácil classificação durante a avaliação, o que demonstrou que até os estudantes com melhores resultados as escolhem para resolução. Por último, ressalta-se o que já era esperado na pouca exploração das perguntas HOCS, uma vez que a transferência de conceitos químicos para situações cotidianas pode ser difícil aos estudantes, diante da falta de estímulo a esse tipo de avaliação (LUBEZKY; DORI; ZOLLER, 2004).

Durante análise, a categoria de habilidade que obteve melhores resultados de adequação das respostas foi a LOCS, mesmo tendo apresentado o maior número de escolha pelos estudantes. A maior parte das inadequações se deram nas habilidades ALG com confusão de conceitos e relações matemáticas na determinação de valores, como o número de mols ou concentração, sendo que nas HOCS não foram encontradas incoerências, mas resoluções abaixo do nível esperado para a habilidade, com alguns casos específicos de adequação ao nível. As relações trazidas se adequam em parte com as trazidas por Zoller (2001) e Tsaparlis e Zoller (2003), no sentido de que, nesta pesquisa, as questões ALG mesmo tendo sido exploradas pelos estudantes, garantiu os maiores equívocos de resolução.

Para a quantidade de estudantes em cada categoria (X, Y e Z), os melhores resultados dos estudantes foram aqueles que responderam apenas as questões LOCS e HOCS, evidente no Quadro 4, na categoria Y, como os 30% dos estudantes, assemelhando com o era esperado pela teoria (Zoller, 2001), e em particular, devido à pouca exploração algorítmica, o que pode ter contribuído para esse resultado. Vale ressaltar que, os estudantes que apresentaram o maior número de adequação nas respostas para com o conteúdo tratado foram aqueles que selecionaram, em maior quantidade, as perguntas LOCS. Esse dado constatado corrobora com os trazidos por Zoller (2001), no sentido de os estudantes almejarem sucesso nos exames, a todo o custo, e tendo em vista as consequências desse panorama, é o fator decisivo para preferência pelo tipo de pergunta, o que abarca o realismo existente dentro das restrições do sistema educacional.

Com base no panorama trazido, são analisados questões e dados representativos da turma pesquisada, buscando compreender melhor algumas associações entre as habilidades ALG, LOCS e HOCS, no que diz respeito ao sucesso, ou não, em suas resoluções, dificuldades de compreensão conceitual, bem como possíveis relações trazidas entre o mundo macroscópico e submicroscópico. A princípio, são levantadas as perguntas mais escolhidas e as menos escolhidas de cada habilidade, e realizado inferências sobre.

As questões mais escolhidas de cada categoria foram: das habilidades ALG a 2, escolhida por 15 estudantes, das LOCS a questão 7 foi a mais escolhida, cabe um adendo ao informar que as questões LOCS foram as mais escolhidas de todo o questionário, e a 7 foi escolhida por 26 estudantes, das habilidades HOCS a 3 e a 8 foram as mais escolhidas, por 14 estudantes cada.

Para as habilidades ALG, como já tratado no referencial teórico, preza-se pelos cálculos, determinação de fórmulas, exigindo habilidades algorítmicas. No questionário, a questão 2 solicitou a determinação do número de mols em uma solução demonstrada numa figura, representando um sistema da simulação *Concentração*, com volume e concentração determinada, necessitando apenas de uma relação matemática simples para determinação da variável solicitada, com a fórmula da concentração em quantidade de matéria. A associação necessária da determinação do número de mols não foi algo explorado nas análises quantitativas em aula, apenas a determinação da concentração, o que a princípio trouxe surpresa pela escolha.

Percebeu-se que, dos 15 estudantes que a escolheram, 12 deles confundem número de mols com concentração, o que foi perceptível dentre alguns grupos na atividade com as simulações também, e isso demonstra incompreensões conceituais acerca dos termos e dificuldades de estabelecer as relações corretas para resolução da questão, da mesma forma que dificuldades de interpretar os dados observados na simulação *Concentração*. Outros três apresentam números avulsos, sem nenhuma base matemática, como: “0,2 mol” (E20), chegando a um valor extremamente alto, e ainda considerando como concentração: “300 mol/L” (E29), baseado nas categorias de Suart (2008) tais circunstâncias recaem no nível N1, no qual os estudantes apresentam dificuldades de expor e reconhecer os dados solicitados na situação.

Considerando o número de estudantes que escolheram a pergunta, sendo a questão mais escolhida da habilidade, nenhum trouxe o valor correto para o número de mols solicitado, com exceção da E22, que mesmo não optando pela questão entre as suas cinco perguntas escolhidas, respondeu da mesma forma, e de forma correta, demonstrou conhecimento da equação necessária para efetuação do cálculo, determinando o número de mols. Pode-se considerar assim que, as prerrogativas trazidas referentes às confusões dos conceitos e suas funções, necessitam ser melhor exploradas no ensino, no sentido de garantir melhores assimilações acerca destes em uma solução.

No que diz respeito às habilidades LOCS, leva-se em consideração a capacidade que os alunos tem de reconhecer as situações, identificar variáveis, levantar conceitos e justificativas apropriadas para o nível. No questionário, a questão 7 versou pela conceituação das soluções químicas. Dentre as questões LOCS envolvendo conceitos, foi a que solicitava uma informação

mais direta, sem necessariamente levantar relações com outros conceitos. Dessa forma, dentre os 26 estudantes que a escolheram, apenas sete mostraram inadequações conceituais, que trataram sobre mistura de elementos (E28, E35), outro afirmou a possibilidade de a mistura ser heterogênea (E36), a E1 considera a mistura de substâncias, mas descreve a mistura como substância formada, os outros três trazem relações adversas, como: “*substância adicionada à água*” (E3), “*conjunto de fluidos*” (E29) e “*misturas a fim de obter um resultado*” (E37),

Os demais trazem o conceito de forma coerente, em suas particularidades, alguns descrevem as soluções apenas como misturas (E12, E26), acrescentam o soluto e solvente (E5, E10, E19, E20, E24, E25, E32 e E38), ou acrescentam a ideia de homogeneidade (E18), dois estudantes estabelecem que tais misturas podem ser insaturada ou saturada (E4, E21), no caso do E21 ele estabelece que são misturas de substâncias, e os outros trazem a ideia de serem misturas de substâncias formando uma única fase (E6, E11, E17, E30, E31 e E33). Em suma, as proposições trazidas são pertinentes para o conceito e diante do que foi discutido em sala acerca do estudo das soluções. Os termos insaturado e saturado, podem ser perceptíveis durante a formação de soluções, e foi algo também encontrado em outras respostas de estudantes no sentido de relacionar as soluções a essas classificações, podem ser consideradas relações internas entre os conceitos, uma vez que geralmente o conceito de solução não evidencia seus níveis de insaturação ou saturação.

Os estudantes que tiveram suas respostas classificadas como inadequadas para a conceituação descrita, enquadram-se no N2, nas categorias de Suart (2008), bem como aqueles que apenas destacaram as soluções como misturas, diante da falta de justificativas adequadas para o conceito exigido. Os demais enquadram-se no N3, utilizam os conceitos conhecidos ou relembrados para a compreensão do significado das soluções.

No caso das perguntas HOCS, como em qualquer outra habilidade, espera-se que a parte mais significativa das respostas dos alunos inclua sua capacidade de fazer conexões, análises e decisões, com base em sua compreensão e conceitualização além do conhecimento em si (LUBEZKY; DORI; ZOLLER, 2004). No questionário, as questões 3 e 8 foram as mais escolhidas dentre as HOCS, na primeira exigiu-se dos alunos a criação de uma metodologia de apresentação das soluções insaturadas e saturadas para uma dada turma de estudantes, e a última possíveis relações entre a temática e o cotidiano. Como na atividade de ambas as simulações, as soluções insaturada e saturada com corpo de fundo foram exploradas em análises na *Molaridade* e em procedimento experimental na *Concentração*, sugere-se que tais circunstâncias podem ter conduzido a tendência pela escolha da pergunta 3 entre eles, e como

foram tratados sobre exemplos e relações das soluções em sociedade, tal situação pode também ter corroborado.

A partir dos dados, verificou-se que na questão 3 apenas dois estudantes (*E15* e *E23*) se propõem ao que é solicitado na questão de forma adequada, ao estabelecer a “*dissolução de diferentes quantidades de açúcar em água, uma quantidade que possibilitasse uma solução insaturada, e aumentando a quantidade para verificar uma solução saturada*” (*E15*), da mesma forma que o *E23* que diferente dos demais utilizaria solutos diferentes, para a solução insaturada: “*uma mistura de álcool e água, tornando uma solução homogênea*, e para solução saturada: “*1 litro de água colocando permanganato de potássio como soluto, dessa forma, seria visto o corpo de fundo*”, a utilização do permanganato de potássio pode ser um indício de relação com a atividade da simulação Molaridade, na qual o soluto pôde ser utilizado. Tais estudantes estabelecem as relações mais consistentes para a proposta.

Os demais fazem relações bastante simplistas como relacionar à experimentação de alguns materiais determinados, como água e açúcar, água e sal, água e suco em pó (*E4*, *E11*, *E18*, *E24* e *E26*), outros foram mais simplistas ao relacionarem apenas à alguma atividade realizada em laboratório, ou com materiais do cotidiano (*E2*, *E9*, *E19*, *E27* e *E32*). O *E20* se equivocou ao relacionar a mistura heterogênea (água e óleo) às soluções saturadas com corpo de fundo, o aluno confunde os conceitos, uma vez que soluções saturadas com corpo de fundo inicialmente solubilizam o soluto inserido, o que não se percebe na mistura descrita. O *E34* traz o leite como uma mistura insaturada, sendo que na verdade é uma mistura heterogênea, diante da gordura presente em sua superfície, o que geralmente é desconsiderado pelos estudantes.

Os *E15* e *E23* propõem informações relevantes e relacionam as variáveis de forma a visualizar suas causalidades para as experimentações demonstradas, podem-se enquadrar no N4, mesmo diante do nível de conexão que eles apresentam. Os demais estudantes recaem nas habilidades LOCS de nível N2, uma vez que não estabelecem as relações necessárias para o que é exigido, demonstrando dificuldades de elaboração.

Para a segunda pergunta mais escolhida das habilidades HOCS, a 8, nove dos estudantes (*E5*, *E24*, *E26*, *E27*, *E28*, *E29*, *E31*, *E33* e *E37*), respondem apenas com exemplos de soluções, mesmo todos os exemplos estando descritos de forma correta, não estabelecem qualquer relação da temática com a sociedade, ou cotidiano, se adequam às habilidades LOCS, no nível N2. O *E12* se equivoca ao trazer relações para a temática, diferenciando as soluções estudadas das do cotidiano, ao afirmar que as soluções do cotidiano são de resoluções de problema, sendo que não se teve por premissa gerar tal concepção, adere-se às habilidades LOCS nível N2 na medida da falta de reconhecer, além da temática, possibilidades de relações.

Mesmo diante das dificuldades dos estudantes em inserirem considerações pertinentes para as habilidades HOCS, outros quatro estudantes que escolheram a pergunta, conseguiram atingir tal objetivo, estabelecendo relações até com situações não exploradas nas aulas. Esses estudantes estabelecem que as soluções estão presentes no cotidiano, e que nem sempre as pessoas se dão conta disso, um exemplo se destaca na resposta do E19: “*na produção de uma mistura para desentupir uma pia*”. As demais respostas são descritas:

Existem soluções em muita coisa que consumimos, como alimentos, remédios, produtos de limpeza, entre outros (E36).

Situações comumente rotineiras, em que fazemos soluções sem nem percebermos. Exemplo, ao colocar sal em água para cozinhar (E30).

Muitas soluções, nós realizamos no dia a dia e não percebemos o que estamos fazendo. Ao estudar o assunto percebemos o que está acontecendo e como acontece (E38).

Alguns estudantes estabelecem contextos não mencionados em sala, como no ato de cozinhar, no consumo de alimentos e produtos de limpeza. A E38 relaciona até aos momentos de aula, no fato de se entender como as soluções são formadas, e era basicamente isso que as aulas buscaram propor, trazer relações da Química com o cotidiano, na tentativa de os estudantes entenderem que as soluções estão presentes em diversos lugares e aspectos, merecendo atenção também em temas ambientais, mesmo que não tendo sido evocado pelos alunos. Estes estudantes corroboram com as habilidades evidentes no N5, pois extrapolam relações trazidas da temática com contextos não tratados em condições iniciais, são habilidades de generalização de um problema em diferentes abordagens.

Vale ressaltar também as perguntas menos escolhidas de cada habilidade, e suas implicações dentro do contexto da metodologia. Foram elas a 4 para a habilidade ALG, 6 para a LOCS, e 11 para a HOCS.

A pergunta 4, escolhida por cinco estudantes, requisitou a concentração em quantidade de massa, para uma condição dada com a quantidade de cloreto de sódio e um dado volume de solução. Necessitando apenas aplicabilidade da fórmula necessária. Como menor tendência e escolha, a possibilidade pode recair na dificuldade de relembrar a fórmula necessária, fazendo com que a maioria não a optasse. Dos cinco estudantes, apenas um (E9) não respondeu de forma adequada, determinando uma concentração qualquer sem aplicação de fórmula, enquadra-se no N1, na dificuldade de expor um dado lembrado e aplicação de fórmulas. Os demais aplicam a fórmula correta e estabelecem o devido valor para a concentração, sendo 40 g/L, mesmo

encontrando-se também no nível N1, devido à categoria ALG, eles demonstraram domínio no manejo da equação e uso dos dados.

Para a pergunta LOCS menos escolhida, era esperado que os estudantes fizessem relações entre as variáveis, volume e concentração, através de possíveis variações. Foi escolhida por 19 estudantes, um número considerável grande, até mesmo por conta do número de perguntas LOCS escolhidas no questionário.

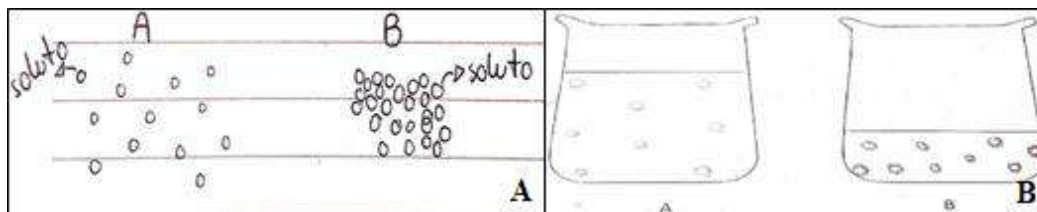
Foi notado que 10 dos estudantes (*E1, E2, E3, E21, E24, E26, E27, E29, E31 e E33*) demonstraram algumas incoerências conceituais, isto posto à dificuldade de interpretar ou apresentar o que o é solicitado, de modo que chegaram a tratar a concentração como independente, determinar proporcionalidade entre volume e concentração, e tentativas de conceituar as variáveis descritas com insucesso. Outros quatro (*E9, E10, E23 e E37*) expressaram suas respostas de forma mal articulada, na medida que relacionam que são dependentes, quando um se altera o outro se altera, e até utilização do termo soluto ao invés de concentração. Todos estes destacados nesta pergunta anteriormente para a questão 6 aderem-se ao N2, diante das dificuldades de articulação das ideias, reconhecimento da situação e justificativas para o que é exigido.

Tiveram maior sucesso em suas realizações cinco estudantes, três deles (*E11, E17 e E35*), corroboram na ideia de aumento do volume diminuição da concentração. Os demais (*E34 e E38*) demonstraram conhecer a ideia de proporcionalidade inversa entre volume e concentração, e demonstram de forma coerente suas variações, aderem-se ao N3 das habilidades LOCS.

Dentre os questionamentos HOCS, o menos escolhido foi o 11, sendo opção apenas de duas estudantes. A pergunta descreve dois sistemas que apresentam volumes variados de solução, com a mesma concentração. É solicitado aos estudantes a representação das partículas do soluto em cada sistema, com uma breve justificativa. A situação descrita não foi explorada dentro das aulas de forma direta, de modo a enfatizar que as partículas do soluto em soluções de mesma concentração e volume variado interagem de modo semelhante, e a isso pode-se sugerir o baixo número de escolha, uma vez que perguntas HOCS também podem ser caracterizadas por apresentarem certo grau de ampliação de ideias acerca de um tema.

De todo modo, os resultados mostraram que as estudantes trazem coerência em suas respostas, de modo até muito próximo, mas para sistemas de volume de solvente variado, e não volume de solução. Ou seja, elas descrevem a representação do soluto, por meio da dispersão, nos volumes de solvente (água), e de certo modo o raciocínio trazido é coerente, mas não para o que se pede. Podendo-se observar suas representações na Figura 11.

Figura 11 – A) representação da estudante E30; B) representação da estudante E22



Fonte: Elaborado pelas estudantes (2020)

Através de suas justificativas, as estudantes representam as partículas dispersas no solvente, e pela resposta da E22 isso teria implicações na concentração das possíveis soluções criadas, desconsiderando o enunciado da pergunta que afirma que em ambos os sistemas a concentração da solução é a mesma, para o sistema A: *“a concentração é menor por ter maior quantidade de solvente”*, para o sistema B: *“a concentração é maior por ter menor quantidade de solvente”*. Na explicação da E30: *“no esquema A as partículas ficam mais espalhadas por estarem em menor quantidade em relação ao solvente, no esquema B as partículas ficam mais juntas por estarem em maior quantidade em relação ao solvente”*.

Em ambos os casos, as estudantes trazem coerência e selecionam informações pertinentes, sugerindo relações causais entre os elementos dos sistemas, porém para um sistema não descrito na questão. Demonstram capacidades de resolução N4, porém não compreendem o que é solicitado quanto às variáveis para o que é exigido, logo são respostas N3 das habilidades LOCS.

A este ponto, é válido verificar as questões HOCS propostas no questionário e seus desdobramentos na pesquisa mediante os dados dos alunos. Analisando o modo como eles as respondem e suas implicações frente as demais habilidades através de possíveis relações.

Através dos dados dos alunos, de um modo geral, é perceptível que muitos respondem de forma extremamente sucinta, e isso sugere que eles tendem a preferir respostas “corretas” absolutas, como costumam fazer quando resolvem problemas algorítmicos, mesmo quando enfrentam situações amplas de resolução (LUBEZKY; DORI; ZOLLER, 2004), notado nas perguntas HOCS apresentadas. Com isso aqueles que apresentaram dificuldades de resolução em habilidades LOCS e HOCS, simultaneamente, não fizeram parte dessa análise em questão.

Assim, 12 estudantes foram destacados aqui com resoluções LOCS e HOCS coerentes, ou pelo menos apresentando consistência em uma das duas habilidades. Foram desconsideradas as questões ALG devido à baixa quantidade de estudantes que escolheram em conjunto a estas e número alto de equívocos.

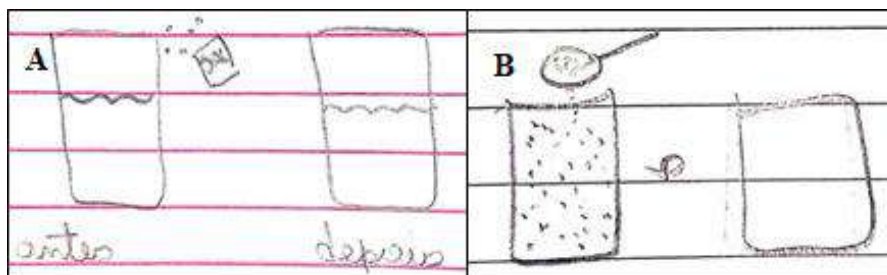
Nas análises realizadas, foi verificado que não há qualquer relação entre quem responde bem HOCS responder bem LOCS, ou o inverso. E isso já foi discutido por Tsaparlis e Zoller (2003), no sentido de que há uma expectativa de que os estudantes que respondem bem HOCS possam ser capazes de lidar com sucesso em itens que requerem LOCS, e que de acordo com a taxonomia de Bloom a possibilidade de resolução LOCS é um dado adquirido como pré-requisito para ter a capacidade HOCS, assumindo-se que é possível ter alunos que se saem apenas bem em LOCS, mas não apenas bem em HOCS. Fato este que é negado diante dos dados, uma vez que diferentes fatores podem estar envolvidos, como afeição, motivação e preferência pessoal por tipos específicos de perguntas.

Dessa forma, nesta pesquisa foram cinco (*E22, E23, E30, E36 e E38*) os estudantes que trouxeram relações consistentes em ambas as habilidades (LOCS e HOCS), outros dois (*E4 e E29*) trouxeram alguma consideração pertinente nas habilidades HOCS, mas demonstraram insuficiência em lidar com os conceitos nas LOCS, e outros cinco (*E11, E16, E24, E31 e E34*) demonstraram conhecimento das respostas LOCS, mas responderam de forma inconsistente as perguntas HOCS escolhidas. Podendo-se concluir que as relações existentes entre tais habilidades podem ser puramente de preferências, e o sucesso em qualquer tipo de pergunta não é um preditor de sucesso em nenhum outro tipo de pergunta.

Levando-se em consideração o plano submicroscópico da temática, dentre as questões, as que possibilitariam explorar tal dimensão de forma mais direta foram as HOCS, mesmo que não necessitassem de ser exploradas a uma primeira vista. Foi o caso da pergunta 12 do questionário, que solicitava ao estudante a representação da dissolução do NaCl em água, sendo assim, era possível representar tal dissolução de diferentes formas, macroscópica, submicroscópica e até com auxílio, de forma simbólica, da equação química da dissolução.

Foi observado que, majoritariamente, aqueles que escolheram a pergunta optaram por representar o processo com ênfase no nível macroscópico, poder-se-ia esperar diante da inexistência da solicitação de uma representação submicroscópica, de forma direta, para o processo, a exemplos na Figura 12 para o fenômeno encontram-se algumas resoluções estabelecidas.

Figura 12 – Representações macroscópicas do processo: em A) *E3*; em B) *E36*



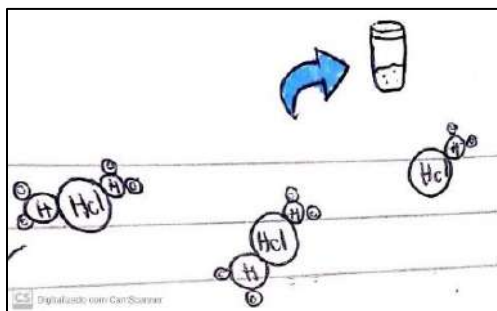
Fonte: Elaborado pelas estudantes (2020)

Isso pode estar implicado em diferentes fatores, como em possíveis dificuldades no estabelecimento de relações submicroscópicas para o processo, bem como preferências de resolução no campo macroscópico. Suas explicações para o processo foram: “ao adicionar NaCl na água, o sal é dissolvido formando uma única fase” (E6), “com a ajuda da água o sal se dissolve” (E20), “o sal é imperceptível na água, se dissolvendo completamente, graças ao seu tipo de ligação molecular” (E27). No caso da E27, mesmo tendo utilizado na explicação a justificativa do tipo de ligação química do composto (NaCl), não explora no contexto de representação.

Dentre eles, um estudante (E4) destaca-se ao relacionar o processo para duas situações, uma em que seria a formação de uma solução insaturada de NaCl, e outra seria uma solução saturada com corpo de fundo do mesmo, apresentando relações entre tais processos de forma pertinente, uma vez que a solicitação inicial da representação era de forma geral. Em todos os casos os estudantes demonstraram a formação de uma solução homogênea no processo de dissolução, negando assim inconsistências como a possibilidade de o sólido permanecer no fundo do recipiente, o que geralmente é encontrado em concepções prévias de estudantes (VALANIDES, 2000).

Uma estudante, que mesmo não tendo escolhido a pergunta entre suas cinco, a respondeu, e diferente dos demais buscou explicar o processo em nível submicroscópico, foi a E30. Ela tentou esquematizar como seria a dissolução do soluto na água através das partículas, porém, ela pode ter confundido o composto em análise, pois descreveu a dissolução do ácido clorídrico (HCl). Presente na Figura 13, mesmo tendo sido esquematizado de forma equivocada a dissolução do composto, é válido trazer a consideração da mesma, uma vez que somente ela explorou o campo submicroscópico, o que geralmente não é explorado em assuntos da área (ECHEVERRÍA, 1993).

Figura 13 – Representação da E30 para a possível dissolução do soluto em água



Fonte: Elaborado pela estudante (2020)

Com a justificativa de: “a água (H_2O) “pega” o sal fazendo-o dissolver entre suas moléculas”, a estudante traz coerência para a descrição do processo, na medida que as moléculas de água podem circundar os íons que seriam formados na dissociação do sal. Em sua resolução, a estudante tenta associar o processo ao mundo submicroscópico através da teoria da dissolução, e isso sugere associações entre o campo macroscópico e submicroscópico, por meio da inserção de conceitos envolvendo o processo da dissolução de um soluto. Mesmo representando o processo de forma equivocada, o procedimento de resolução da questão envolve características do N4 ao avaliar a situação através de elementos, a princípio não solicitados.

O prenúncio do pensamento reflexivo acerca do universo submicroscópico pode ser caracterizado como benéfico no desenvolvimento conceitual. Com os dados apontados, salienta-se a importância de uma exploração mais ativa dos estudantes no desenvolvimento conceitual pautado em perspectivas representacionais, do macro ao submicroscópico. Validando-se no desenvolvimento de habilidades que versem pela realização de interações consistentes entre as formas de se interpretar um conhecimento químico.

Tais explorações podem se dar através de verificações de aprendizagem mediante atividades acerca do universo submicroscópico, o que não foi algo objetivado neste trabalho de forma direta. Além do fato de que, as simulações empregadas na atividade simulada apresentavam como limitação análises submicroscópicas, dando ênfase aos planos macroscópico e simbólico, o que pode ter contribuído para os estudantes demonstrarem dificuldades ou insegurança para a demonstração do conhecimento acerca do modo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A enunciação do desenvolvimento de habilidades cognitivas baseado no uso de simulações, em uma turma do 2º do Ensino Médio, foi algo objetivado nesta pesquisa, e para isso foram feitas análises acerca das categorias de habilidades cognitivas que os estudantes exploraram e puderam ser exploradas nos ambientes simulados, da mesma forma que avaliações acerca das compreensões conceituais vislumbradas. A pesquisa se subdividiu em quatro momentos: o primeiro e segundo ocorreram com a aplicação de um questionário e desenvolvimento de aulas acerca de algumas das principais queixas conceituais identificadas por teóricos; no terceiro foi realizado uma atividade com simulações; por fim, os estudantes responderam a um questionário objetivando análises de habilidades e níveis cognitivos.

Com a análise da diagnose das concepções iniciais, os resultados apontaram que, em suas explicações acerca de processos químicos, os estudantes tendem a explorar o plano macroscópico e perceptível. Salienta-se que nenhuma das respostas obtidas utilizam e explicam processos acerca do universo particular da matéria, o que pode ser resultado do modo como o ensino de Ciências, e em especial Química, é retratado dentro dos ambientes de ensino, com a falta de exploração adequada entre os níveis do conhecimento químico.

Foi identificado que os estudantes pesquisados apresentam noções iniciais básicas pertinentes acerca da temática Soluções, mesmo que em certos momentos com equívocos conceituais, o que não desconsidera as proposições trazidas, uma vez que geralmente os estudantes tendem a subestimar suas habilidades de compreensão acerca dos conceitos. Sendo válido ressaltar a necessidade de o professor ter conhecimento e explorar as compreensões alternativas vislumbradas pelos estudantes.

As principais dificuldades encontradas no questionário recaíram sobre a diferença de misturas e substâncias químicas, substâncias e elementos químicos, compreensões acerca da conservação da matéria no processo da dissolução e concepções sobre a concentração e diluição. Essas dificuldades já foram encontradas pela teoria (ECHEVERRÍA, 1993; CARMO; MARCONDES, 2008; SILVA; EICHLER; DEL PINO, 2012), e dentro da abordagem nas aulas da pesquisa, foram levadas em consideração.

O uso das simulações foi feito mediante a divisão da turma em grupos. Os dados obtidos mediante a atividade, e através das habilidades cognitivas exploradas, demonstram que os estudantes apresentaram um certo grau de adequação para as ações LOCS com nível N3, em certos casos houve dificuldades de compreensão do que era exigido, acarretando em habilidades nível N2. Apenas três grupos conseguiram evidenciar proposições adequadas para as

habilidades HOCS dentro de uma das ações de uma simulação, com relações consistentes para o nível N4. Em geral, nas três ações HOCS presentes na atividade, foi perceptível que a grande maioria dos grupos utilizaram habilidades do tipo LOCS, com nível N3, o que demonstra possíveis dificuldades dos estudantes no estabelecimento de relações mais complexas.

Acerca dos aspectos conceituais, os alunos, em maioria, demonstraram relações adequadas entre as variáveis concentração, número de mols e volume em uma solução, e relações entre soluções insaturadas e saturadas com corpo de fundo. Alguns estudantes tiveram dificuldades em diferenciar concentração e número de mols, e isso pode ser inferido através de diferentes circunstâncias, como incompreensões conceituais entre os termos e até relações errôneas realizadas dentro do *layout* da simulação *Concentração*, outra dificuldade foi entender a dependência da concentração para com as demais variáveis. O que sugere a necessidade de melhores transposições entre os tópicos destacados durante o ensino e discussão.

Por fim, no questionário entregue no último encontro com a turma pesquisada, os dados mostram que o maior número de estudantes que responderam de forma adequada escolheu questões do tipo LOCS, e isso demonstra características inerentes do atual cenário da educação, em que a maior parte dos questionamentos avaliativos são proposições do tipo ALG-LOCS, o que garante um certo grau de preferência na resolução.

A maior parte dos alunos que escolheram as questões ALG tiveram dificuldades, principalmente para a pergunta 2, na qual majoritariamente os que a escolheram confundiram concentração com número de mols, e até tiveram possíveis dificuldades em lembrar a equação adequada para determinação dos valores, uma vez que não a exploraram. Poucos foram os estudantes que responderam as questões HOCS para o que se propõe, grande parte dos que as escolheram, demonstraram resoluções sucintas, e com exploração de habilidades LOCS.

No que diz respeito à exploração das habilidades nível N5, é válido ponderar que mesmo tendo sido explorada por apenas quatro estudantes, no questionamento 8, torna-se um dado interessante, na medida que relações com a sociedade que foram tratadas nas aulas puderam ser generalizadas para outros contextos, mesmo que de forma a relacionar com situações simples. Considera-se importante ressaltar relações efetivas entre o conhecimento e a sociedade, permitindo que os estudantes desenvolvam relações aplicáveis do conhecimento.

No que diz respeito os aspectos submicroscópicos que poderiam ser explorados no questionário, apenas as questões HOCS possibilitariam tais relações, e mesmo assim não foi requerido de forma direta, tendo sido optado por verificar se os estudantes realizariam qualquer relação entre o universo submicroscópico e o macroscópico, mediante aspectos tratados nas aulas. Tais perspectivas foram exploradas por poucos estudantes, através da escrita ou

representação por desenhos, o que denota diferentes consequências como falta de familiaridade com o uso do universo particular da matéria em explicações, e insegurança acerca do domínio cognitivo de perspectivas submicroscópicas, tendendo a optarem pelo uso de habilidades familiares, como as LOCS.

Acerca dos aspectos conceituais, de um modo geral, considera-se necessária a realização de relações mais consistentes entre conceitos como número de mols e concentração, em soluções, da mesma forma que elucidações elaboradas entre o universo macroscópico e submicroscópico, até mesmo dentro de avaliações normativas, concernindo em compreensões conceituais adequadas e maior possibilidade de avaliação da compreensão dos estudantes.

Denota-se que, a exploração de perguntas em avaliações e perspectivas de ensino com viés HOCS devem ser paulatinamente introduzidos nas estratégias de ensino, de modo que haja mudanças nas perspectivas de aprendizagem, baseadas no desenvolvimento do pensamento crítico. São perspectivas que permeiam a mudança de estilos, de aprendizagem LOCS para HOCS, contribuindo no desenvolvimento de habilidades que transcendem a realização de cálculos algorítmicos para o desenvolvimento cognitivo crítico-reflexivo.

Sendo necessário ponderar que, mesmo que na maior parte das resoluções os estudantes demonstraram habilidades nível LOCS nas ações HOCS das simulações, considera-se que mudanças na aprendizagem baseadas no desenvolvimento ativo dos alunos no modo de pensar e refletir sobre o conhecimento se mostram como em desenvolvimento na educação, e a exploração de habilidades cognitivas de alta ordem no ensino ainda não é algo de intrínseca consideração, na maior parte dos sistemas (ZOLLER, 1993; TSAPARLIS; ZOLLER, 2003).

Sustenta-se a idealização de que o uso de simulações computacionais em estratégias de ensino pode ser um forte aliado no desenvolvimento de habilidades cognitivas. Em questão, o uso de simulações do tipo experimental pôde contribuir no estabelecimento de relações entre processos e fenômenos químicos de forma prática e otimizada, o que corrobora com a hipótese básica deste trabalho acerca do uso de simulações de caráter experimental no ensino, da mesma forma que o estabelecimento de análises das variações existentes entre as variáveis presentes no ambiente simulado, com adequações, em maioria, para habilidades LOCS do tipo N3.

Com o estabelecimento de estratégias e avaliações que versem sobre a perspectiva HOCS de ensino, o desenvolvimento da capacidade do raciocínio e pensamento crítico podem ser ganhos na formação de indivíduos com tomada de decisão consciente como cidadãos. Diante disso, tais prerrogativas e o pensamento sobre possíveis adequações metodológicas com o incremento das simulações computacionais tendo como pressuposto perspectivas de ensino e avaliação HOCS são o que ficam como viés de pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, M. B. R.; MARCONDES, M. E. R. Dificuldades de licenciandos em química quanto aos aspectos fenomenológico, submicroscópico e simbólico. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), Florianópolis, SC, Brasil, 2016. **Anais...**
- AKGÜN, A. The relation between science student teachers' misconceptions about solution, dissolution, diffusion and their attitudes toward science with their achievement. **Education and Science**, v. 34, n. 154, p. 25-34, 2009.
- ALKAN, F.; KOÇAK, C. Chemistry laboratory applications supported with simulation. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 176, p. 970-976, 2015.
- AMARAL, E. M. H.; ÁVILA, B.; ZEDNIK, H.; TAROUÇO, L. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 2, 2011.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação, Ed. 10, São Paulo: Atlas, p. 134-136, 2010.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente, 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARAK, M.; BEN-CHAIM, D.; ZOLLER, U. Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: a case of critical thinking. **Research in Science Education**, n. 37, p. 353-369, 2007.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BONDE, M. T.; MAKRANSKY, G.; WANDALL, J.; LARSEN, M. V.; MORSING, M.; JARMER, H.; SOMMER, M. O. A. Improving biotech education through gamified laboratory simulations. **Nature Biotechnology**, v. 32, n. 7, 2014.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.13, p.291-313, dez. 2002.
- BRADY, J. E. **Química**: a matéria e suas transformações, Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da natureza/ matemática e suas tecnologias, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **PCN+ ensino médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Volume: Ciências da natureza/ matemática e suas tecnologias, 2002.
- CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula-uma experiência de ensino a partir das idéias dos alunos. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 37-41, 2008.

CIL, E.; UGRAS, M.; AY, K.; ALTUNBAS, S. Determination of the pre – service science and classroom teachers’ attitudes towards science teaching and technology and relationship between these attitudes. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 47, p. 1549-1553, 2012.

COOPER, M. M.; STOWE, R. L. Chemistry education research – from personal empiricism to evidence, theory and informed practice. **Chemical Reviews**, v. 118, n. 12, p. 6053-6087, 2018.

DAMASCENO, H. C.; BRITO, M. S.; WARTHA, E. J. As representações mentais e a simbologia química. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), 2008. **Anais...**

DEL PINO, J. C.; KRÜGER, V. **Segurança no Laboratório**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Instituto de Química, 1997. Disponível em: <
http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/seg_laboratorio_ufrgs.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2019.

DEVETAK, I.; VOGRINC, J.; GLAŽAR, S. A. Assessing 16-year-old students’ understanding of aqueous solution at submicroscopic level. **Research in Science Education**, v. 39, n. 2, p. 157-179, 2009.

ECHEVERRÍA, A. R. Dimensão empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito soluções no ensino médio. **Tese (doutorado)** – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Campinas, 1993.

FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no ensino. **Química Nova**, v. 21, n. 6, p. 780-784, 1998.

FIAD, S.; GALARZA, O. D. El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de Enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. **Formación Universitaria**, v. 8, n. 4, p. 4-12, 2015.

FIRMIN, M. W.; GENESI, D. J. History and implementation of classroom technology. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 93, pág. 1603-1617, 2013.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**, 3 ed. Porto Alegre: Artmed. p. 23-24, 2009.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**, 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GÓMEZ-MOLINÉ, M. R.; SANMARTÍ, N. Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. **Educación Química**, v. 11, n. 2, p. 266-273, 2000.

GOMES, R. S. As dificuldades de aprendizagem de química no ensino médio: uma barreira a ser rompida por alunos e professores. **Monografia** – conclusão do curso de licenciatura em química, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, p. 17, 2008.

GORGHIU, L. M.; GORGHIU, G.; ALEXANDRESCU, T.; BORCEA, L. Exploring chemistry using virtual instrumentation – challenges and successes. **Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education**, p. 371-375, 2009.

GÜNTER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HAMITI, M.; REKA, B. Teaching with technology. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 46, p. 1171-1176, 2012.

HODSON, D. Investigación y experiencias didácticas. **Enseñanza de las Ciências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2005.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p.49-63, 2006.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, n.7, p. 75-83, 1991.

LEE, O.; EICHINGER, D. C.; ANDERSON, C. W.; BERKHEIMER, G. D.; BLAKESLEE, T. D. Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 3, p. 263-264, 1993.

LEI, J.; ZHAO, Y. Technology uses and student's achievement: a longitudinal study. **Computer and Science**, n. 49, p. 285-286, 2007.

LEVIN, J. A.; BRUCE, B. C. Technology as media: the learners centered perspective. In: Encontro AERA, Seattle, WA, 2001. **Anais...**

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 430-434, 2012.

LUBEZKY, A.; DORI, Y. J.; ZOLLER, U. Hocs-promoting assessment of students' performance on environment-related undergraduate chemistry. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 2, p. 175-184, 2004.

MAHAN, M. B. **Química**: um curso universitário, São Paulo, Edgard Blücher, 2003.

- MELO, E. S. N.; MELO, J. R. F. Softwares de simulação no ensino de química: Uma representação social na prática docente. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 6, n. 2, p. 51-63, 2005.
- MELO, M. S. A transição entre os níveis – macroscópico, submicroscópico e representacional – uma proposta metodológica. **Dissertação (mestrado)** – Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, p. 15-18, 2015.
- MIHLADIZ, G.; DURAN, M. Views of elementary education students related to science and technology teaching process. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 141, p. 290-297, 2014.
- MOORE, E. B.; CHAMBERLAIN, J. M.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. PhET Interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, n. 91, p. 1191-1197, 2014.
- MORA, N. D.; SIHVENGER, J. C.; LUCAS, J. F. R. **Apostila de Química Geral**, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downquimica/capitulo6.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.
- MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H., ROMANELLI, L. A proposta curricular da química no estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v.23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- NERY, B. K. ZANON, L. B. (orgs). **Tecnologias de informação e comunicação na prática docente em química e ciências**, Ed. Ijuí, 2016.
- OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.
- OZDILEK, Z.; ONCU, S. Pre-service teachers' views on simulations in education: an interdisciplinary instructional development experience. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 141, p. 1156-1160, 2014.
- ÖZTÜRK, C.; YIGIT, E. O.; KARADUMAN, H. Examination of technology in turkish social studies curricula. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 64, p. 85-94, 2012.
- PELEGRINI, R. T. A mediação semiótica no desenvolvimento do conhecimento químico. 116 f. **Dissertação (Mestrado)** – Educação na área de psicologia, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1995.
- RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. **Química Nova na Escola**, vol. 26, n. 4, p. 542-549, 2003.
- RUSSEL, J. B. **Química Geral**, 2 ed. – São Paulo: Pearson Makron Books, 1994.

RUSSELL, J. W.; KOZMA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of Chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 3, p. 330-333, 1997.

SALGUEIRO, M. E. Simulações on-line para o ensino e aprendizagem de química. **Dissertação (mestrado)** – Faculdade de Ciências, Universidade de Porto, p. 6-17, 2003.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v. 9, n.7, 2013.

SANTOS, J. A. Objetos educacionais digitais: critérios de avaliação para uso no ensino e na aprendizagem de Química. **Tese (Doutorado)** – Instituto de Física, UFBA. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. Salvador, 2016.

SILVA, S. M.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para o fenômeno da dissolução. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), 2012. **Anais...**

SILVEIRA, L. F.; NUNES, P.; SOARES, A. C. Simulações virtuais em química. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**, v. 18, n. 2, p. 134, 2013.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**, São Paulo: Edusp, 2013. Disponível em: < http://media.wix.com/ugd/4eb63d_e80a97ccab0e484b9582e3e7dfe129f5.pdf >. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

SUART, R. C. Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas. **Dissertação (mestrado)** – apresentado ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2008.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio. **Ciência e Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

SUITS, J. P.; SANGER, M. J. Dynamic visualizations in chemistry courses. ACS Symposium Series; **American Chemical Society**: Washington, DC, 2013.

TATLI, Z.; AYAS, A. Virtual laboratory applications in chemistry education. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 9, p. 938-942, 2010.

TSAPARLIS, G.; ZOLLER, U. Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. **University Chemistry Education**, v. 7, n. 2, p. 50-56, 2003.

VALANIDES, N. Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 2, p. 2050-2060, 2000.

VALDIVIA, A. E. O.; RODRÍGUEZ-VARGAS, Y. M.; GIAMMATTEO, L.; SOLÓRZANO, C. R. The role of educational research in teaching chemistry. **International Journal of Development Research**, v. 9, n. 1, p. 25253-25257, 2019.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. **Em Aberto**, n. 57, p. 5-6, 1993.

VASCONCELOS, F. C. G. C. **Estratégia Flexquest**: possibilidades para a flexibilização do conhecimento, 1 ed. Curitiba: Appris, p. 50-51, 2016.

ZOLLER, U. Alternative assessment as (critical) means of facilitating hocs-promoting teaching and learning in chemistry education. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 2, n. 1, p. 9-17, 2001.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? maybe for LOCS: unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, 1993.

ZOLLER, U. From teaching-to-know-to-learning-to-think for sustainability: what should it take? And how to do it? **Journal of Modern Education Review**, v. 1, n. 1, p. 34-40, 2011.

ZOLLER, U. Science education for global sustainability: what is necessary for teaching, learning, and assessment strategies? **Journal of Chemical Education**, n. 89, p. 297-300, 2012.

ZOLLER, U.; DORI, Y. J.; LUBEZKY, A. Algorithmic, locs and hocs (chemistry) exam questions: performance and attitudes of college students. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 2, p. 185-203, 2002.

ZOLLER, U.; LUBEZKY, A.; NAKHLEH, M. B.; TESSIER, B.; DORI, Y. J. Success on algorithmic and locs vs. conceptual chemistry exam questions. **Journal of Chemical Education**, v. 72, n. 11, p. 987-989, 1995.

ZOLLER, U.; PUSHKIN, D. Matching higher-order cognitive skills (hocs) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 15-171, 2007.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO INÍCIO DA PESQUISA



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



Este questionário elaborado pelo graduando Renan Amorim da Silva, do curso de Química-Licenciatura da UFPE-CA, visa compreender, de forma geral, as principais formas de compreensão dos estudantes pesquisados acerca dos conteúdos envolvendo a temática Soluções, na Química. Garantimos o total anonimato dos participantes para fins de divulgação dos dados obtidos. Desde já, somos gratos pela sua colaboração.

Nome: _____

Idade: _____

1. Sobre o quê você acha que deva tratar a temática “Soluções” na Química?

2. Na sua concepção, o que é uma solução química?

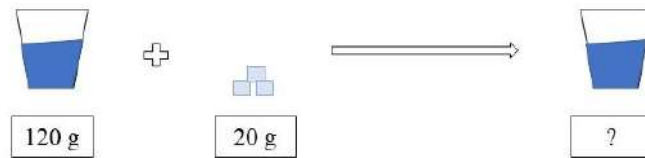
3. Mediante o seu conhecimento, apresente exemplos de soluções presentes no seu cotidiano.

4. Observe a figura a seguir:



- Ao analisar a imagem acima, qual copo possui maior concentração do suco? Baseado em quais informações você chegou a essa conclusão?

5. Supondo que foi colocado em um copo uma certa quantidade de água, esse copo foi pesado e determinado a sua massa numa balança. De acordo com a balança, a massa do copo com a água foi de 120 g. Posteriormente, três cubos de açúcar foram pesados, totalizando um peso de 20 g. Esses cubos foram adicionados à água do copo.

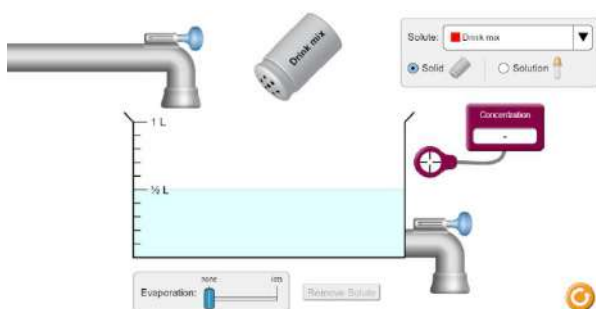


- Qual o valor da massa do copo com o seu conteúdo, no final do processo? Porque você tem certeza desse valor?

- O que acontece com o açúcar e com o nível da água após a mistura? Justifique sua resposta.

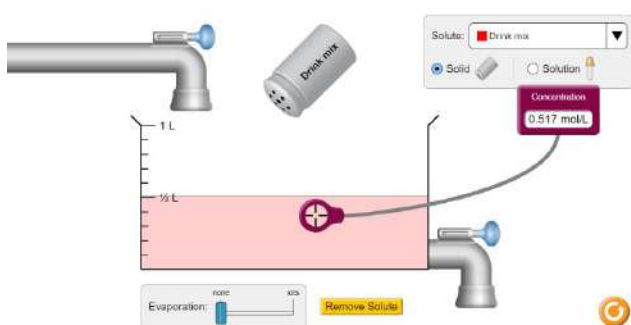
APÊNDICE B – GUIA DE USO SIMULAÇÃO

SIMULAÇÃO - CONCENTRAÇÃO



1) Identifique formas de verificar as seguintes ações na simulação:

- Mudar o volume da solução
- mudar a concentração da solução
- mudar o número de mols de soluto

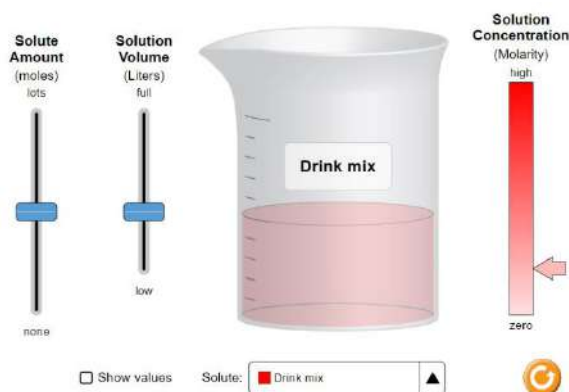


2) Prepare uma solução como a demonstrada na imagem, com aproximadamente 0,500 mol/L de concentração e como soluto *Drink Mix*. Responda a seguinte pergunta:

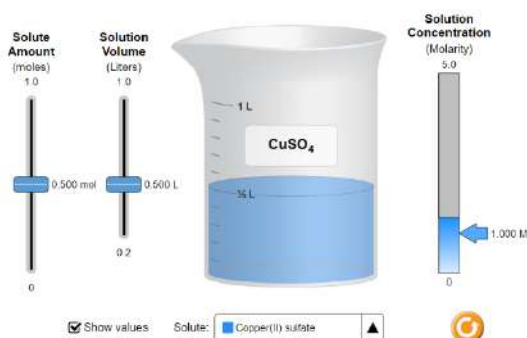
- O que acontece com a concentração da solução e com o número de mols de soluto quando se adiciona mais água (solvente)?

3) Dentro da simulação e com os recursos disponíveis, se você pudesse demonstrar como se comportam as soluções insaturadas e saturadas como você demonstraria? Explique os passos que você tomou com o que pode ser observado.

SIMULAÇÃO – MOLARIDADE



1) Quais são as variáveis apresentadas na simulação? Qual (is) é (são) independente (s) e quais são dependentes?



2) Coloque sulfato de cobre no béquer e prepare uma solução de 1 mol de CuSO_4 com 0,5 mol de soluto e 0,5 L de solvente (água):

- Aumente a quantidade de soluto, o que acontece com a concentração da solução? Justifique sua resposta.
- Retome ao estado inicial e aumente a quantidade de solvente, o que acontece com a concentração? Justifique sua resposta.
- Você consegue fazer alguma relação entre a quantidade de soluto e solvente?

3) Clique na opção *Show values* (mostrar valores), e para cada uma das substâncias disponíveis caracterize-as como saturada (com corpo de fundo) ou insaturada numa solução de concentração 1 mol/L. O que essa informação pode nos dizer sobre diferentes soluções, de forma geral?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO FINAL APLICADO NA TURMA



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

Campus
AGRESTE



Este questionário elaborado pelo graduando Renan Amorim da Silva, do curso de Química-Licenciatura da UFPE-CA, visa compreender, de forma geral, as principais formas de compreensão dos estudantes pesquisados acerca dos conteúdos envolvendo a temática Soluções, na Química. Garantimos o total anonimato dos participantes para fins de divulgação dos dados obtidos. Desde já, somos gratos pela sua colaboração.

Nome: _____

Idade: _____

✚ Dentre as 12 questões disponíveis nesse questionário, escolha somente 5 questões e responda.

1.

Você tem uma solução de 200 mL com uma concentração de 0,400 mol/L de permanganato de potássio. Se você adicionar água até o volume de 800 mL:

- Você acha que a concentração irá variar?
- Qual será a concentração final da solução?

2.

Na situação descrita na imagem, qual o número de mols do soluto presente na solução?

3. Considerando que você foi designado para realizar um experimento para estudantes do Ensino Médio sobre uma solução saturada com corpo de fundo e uma solução insaturada, o que você proporia como atividade experimental?

4. Uma solução foi preparada dissolvendo-se 40 g de cloreto de sódio em 2 L de água. Considerando que o volume da solução permaneceu 2 L, qual é a concentração em massa da solução final?

5. Complete as lacunas:

Uma solução que apresenta concentração 50 g/L apresenta _____ gramas de soluto, por litro de solução, em 10 litros dessa solução devem existir _____ gramas de soluto.

6. Qual a relação entre concentração e volume numa solução?

7. Mediante ao que foi estudado, em sua concepção, o que é uma solução?

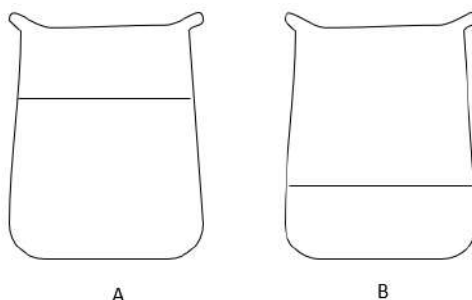
8. Em suas palavras, qual seria a relação entre a temática de Soluções estudada e o cotidiano?

9. Qual a diferença entre soluto, solvente e solução?

10. Desenhe esquemas que demonstrem uma solução saturada com corpo de fundo e uma solução insaturada



11. Em dois béqueres há uma solução aquosa de HCl (ácido clorídrico). No béquer A a solução tem o dobro da quantidade de solução do béquer B. Sabendo que nos dois casos a concentração de soluto é a mesma. Desenhe a solução em nível submicroscópico (modelo de partículas), representando as partículas do soluto. As moléculas de água não necessitam ser representadas. Explique o desenho.



12. Como você descreveria por meio de desenhos representativos a dissolução de sal em água? Dê uma breve justificativa para o seu desenho.



ANEXO A – MATÉRIAS DE REVISTAS UTILIZADAS



Fonte: Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/ciencia/niveis-de-co2-na-atmosfera-aumentaram-de-forma-nunca-vista-antes/> >. Acesso em 02 de nov. de 2019.



Fonte: Disponível em: < <https://super.abril.com.br/ideias/mar-morto/> >. Acesso em 02 de nov. de 2019.