



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

PAULO ROBERTO SANTOS DE LIMA

**TIME BOMB GAME: DESIGN, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
APLICATIVO PARA PLATAFORMAS MÓVEIS, NO FORMATO DE UM JOGO,
PARA AUXILIAR ESTUDANTES NA REVISÃO DOS CONCEITOS
RELACIONADOS À TEORIA ESTRUTURAL DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS**

FORTALEZA

2020

PAULO ROBERTO SANTOS DE LIMA

TIME BOMB GAME: DESIGN, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
APLICATIVO PARA PLATAFORMAS MÓVEIS, NO FORMATO DE UM JOGO, PARA
AUXILIAR ESTUDANTES NA REVISÃO DOS CONCEITOS RELACIONADOS À
TEORIA ESTRUTURAL DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Química. Área de concentração: Química Orgânica.

Orientador: Prof. Dr. José Nunes da Silva Júnior.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L71t Lima, Paulo Roberto Santos de.
Time Bomb Game: design, implementação e avaliação de um aplicativo para plataformas móveis, no formato de um jogo, para auxiliar estudantes na revisão dos conceitos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos / Paulo Roberto Santos de Lima. – 2020.
134 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Química, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. José Nunes da Silva Júnior.
1. Plataforma móvel. 2. Aplicativo. 3. Jogos. 4. Teoria estrutural. 5. Química orgânica. I. Título.
CDD 540
-

PAULO ROBERTO SANTOS DE LIMA

TIME BOMB GAME: DESIGN, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM
APLICATIVO PARA PLATAFORMAS MÓVEIS, NO FORMATO DE UM JOGO, PARA
AUXILIAR ESTUDANTES NA REVISÃO DOS CONCEITOS RELACIONADOS À
TEORIA ESTRUTURAL DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Química. Área de concentração: Química Orgânica.

Aprovada em: 11/03/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Nunes da Silva Júnior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Carlos de Mattos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001(BRASIL, 2018).

À minha mãe, Raimunda, por seu amor incondicional em todos estes anos, por acreditar em mim quando nem eu mesmo acreditava.

Aos meus irmãos, pois sem eles eu não chegaria onde estou. Obrigado a todos pela paciência e pelo apoio dedicado a mim nesta jornada. Serei sempre grato a todos vocês.

À minha linda e amada noiva Ravenna Farias, por toda paciência e amor a mim dedicados.

Aos colegas Ulisses e Álvaro, designer e programadores do jogo, cuja contribuição foi essencial na concretização das ideias durante o desenvolvimento do software.

Aos professores Antonio José Melo Leite Júnior, Alysson Diniz dos Santos e Francisco Serra Oliveira Alexandre, docentes que fazem parte do grupo de pesquisa do LDSE, essenciais não só para a produção deste trabalho, mas também para o aprimoramento da minha formação básica.

Ao professor André Jalles, que nos ajudou com as análises estatísticas.

Ao professor José Nunes da Silva Júnior, orientador desta pesquisa, pela paciência, crédito e apoio concedidos a mim nesta caminhada.

Ao corpo docente e ao quadro de funcionários do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, pelas aulas ministradas e por todo o apoio necessário ao desenvolvimento das minhas habilidades para a pesquisa.

Aos meus queridos amigos: Breno, Dalila, Fernanda, Glemilson, Halisson, Hortência, Joaquim, Kimberly, Marília, Nayanna, Rouse, Sávia, Tatiana Régis, Tatiana Sainara e Vitor (está em ordem alfabética para não ter discussão sobre qual é o preferido).

À Escola Adauto Bezerra e ao professor Davi Janô, pela aceitação e parceria no desenvolvimento do projeto.

RESUMO

O domínio da estrutura dos compostos orgânicos é crucial para entender como as moléculas orgânicas interagem e reagem umas às outras. Por esse motivo, geralmente, os cursos introdutórios de Química orgânica ensinam a teoria estrutural dos compostos orgânicos como um capítulo inicial. Porém, esse assunto é considerado por muitos estudantes como um dos mais desafiadores, possuindo conceitos abstratos que podem ser difíceis de entender e, muitas vezes, envolve atividades de aprendizado que exigem engenhosidade e conhecimentos mais específicos para a resolução de problemas. A dificuldade de aprendizagem está relacionada com faltas de interesse e motivação, somadas, muitas vezes, às metodologias de ensino inadequadas. Este cenário propiciou o desenvolvimento de um aplicativo para plataformas móveis, no formato de um jogo educacional, para auxiliar os estudantes na revisão de conceitos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos, porém de uma forma lúdica, desafiando os estudantes a desarmarem, com seus conhecimentos, uma bomba relógio. A ferramenta desenvolvida foi avaliada por professores e estudantes que analisaram o design, conteúdo, jogabilidade e utilidade do aplicativo como ferramenta educacional, e concordaram que o jogo é uma ferramenta inovadora que pode auxiliar os estudantes em seus estudos. A análise dos resultados dos estudantes do ensino médio comprovou que aqueles que utilizaram o jogo para estudar tiveram melhores performances que outros estudantes que não o utilizaram. Conclui-se, portanto, que a utilização do jogo desenvolvido contribuiu para a revisão e melhoria do aprendizado dos conceitos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos e pode ser uma excelente opção de utilização das TICs no processo de ensino e aprendizagem, trazendo em sua proposta pedagógica uma alternativa divertida, envolvente e eficaz para que os estudantes melhorem os seus desempenhos nos estudos relacionados à Química.

Palavras-chave: Plataforma móvel. Aplicativo. Jogos. Teoria estrutural. Química orgânica.

ABSTRACT

Mastery of the structure of organic compounds is crucial to understanding how organic molecules interact and react to each other. For this reason, introductory courses in organic chemistry generally teach the structural theory of organic compounds as an initial chapter. Unfortunately, this subject is considered by many students to be one of the most challenging subjects, having abstract concepts that can be difficult to understand and often involves learning activities that require ingenuity and higher problem-solving skills. Learning difficulties are related to a lack of interest and motivation, often coupled with inadequate teaching methodologies. This scenario led to the development of an educational platform mobile application to assist students in reviewing concepts related to the structural theory of organic compounds, but in a playful way, challenging students to disarm with their knowledge, a time bomb. The results of the developed tool assessments were made by teachers and students who analyzed the app's design, content, gameplay, and utility as an educational tool, and agreed that the game is an innovative tool that can assist students in their studies. Analysis of the results of high school students showed that those who used the game to study performed better than other students who did not use it. It is concluded, therefore, that the use of the developed game contributed to the revision and improvement of the learning of the concepts related to the structural theory of organic compounds and can be an excellent option of using ICTs in the teaching and learning process, bringing in its proposal a fun, engaging and effective alternative for students to improve their performance in chemistry studies.

Keywords: Mobile platform. App. Games. Structural theory. Organic chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).....	21
Figura 2 – Software “Forças Intermoleculares”.....	36
Figura 3 – Tela do software “Curso H&J Datilografia” do tipo exercício e prática.....	37
Figura 4 – Tela do “Duelo de Química” software baseado em multimídia.....	38
Figura 5 – Software “Laboratório Virtual de Química”.....	38
Figura 6 – Exemplos de softwares de jogos educacionais disponibilizados pelo LDSE.....	39
Figura 7 – Diferentes tipos de aplicativos para smartphones e tablets.....	42
Figura 8 – <i>Say My Name</i> , software no formato de um jogo educacional para computador.....	44
Figura 9 – Etapas da pesquisa.....	47
Figura 10 – Levantamento bibliográfico sobre jogos educacionais na área de Química orgânica e teoria estrutural dos compostos orgânicos.....	49
Figura 11 – Exemplo da tela de criação, visualização, edição e delação de questões.....	51
Figura 12 – Exemplos de questões dos níveis: a) Fácil; b) Médio e c) Difícil.....	52
Figura 13 – Modos do jogo.....	54
Figura 14 – a) Tela principal do jogo; b) Selecionando grupos de tópicos e c) Selecionando o modo de jogo.....	56
Figura 15 – a) Exemplo de questão; b) Respondendo corretamente e c) Respondendo incorretamente.....	57
Figura 16 – a) Tela de parabenização; b) Registrando-se na galeria e c) Tela do gabarito.....	58
Figura 17 – a) Tela de fim de jogo; b) Tela do comentário e c) Tela da galeria de heróis.....	59

Figura 18 – Diferentes versões (a, b, c e d) desenvolvidas da aplicação com cores e <i>layouts</i> diferentes.....	61
Figura 19 – a) Grupo Controle (GC); b) Grupo Experimental 1 (GE-1) e c) Grupo Experimental 2 (GE-2) realizando o pré-teste.....	64
Figura 20 – Fórmula para calcular o coeficiente Alpha (α) de Cronbach.....	66
Figura 21 – Distribuições percentual das opiniões dos estudantes do ensino médio (E.M, N = 76), estudantes de graduação (G, N = 203) e professores (P, N = 35) na escala Likert.....	67
Figura 22 – Percentuais do total de comentários por tipo de comentário e avaliador.....	74
Figura 23 – Exemplo da gamificação de uma disciplina.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conteúdos de Química disponíveis nas lojas de aplicações.....	48
Tabela 2 – Forma como os conteúdos são trabalhados nos apps disponibilizados nas lojas App Store e Play Store.....	49
Tabela 3 – Divisão dos assuntos por grupos relacionados à teoria estrutural.....	52
Tabela 4 – Parâmetros para cada modo de jogo.....	56
Tabela 5 – Resultados do teste estatístico de concordância de proporções (p).....	70
Tabela 6 – Comparação do desempenho do aluno em relação ao uso do aplicativo.....	75
Tabela 7 – ANOVA unidirecional de aprendizado entre grupos experimental e controle.....	75
Tabela 8 – Teste para amostras independentes para comparar as diferenças do número de respostas corretas entre os grupos.....	76
Tabela 9 – Pontuação para cada posição da “Galeria de Heróis” nos três níveis de dificuldade.....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Considerações Iniciais	13
1.2	Justificativa da Pesquisa	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	As teorias da aprendizagem	15
2.2	O ensino de Química e as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem	22
2.3	A teoria estrutural de Química orgânica	25
2.4	As tecnologias da informação e comunicação (TICs) como estratégias didáticas	29
2.5	Objetos de aprendizagem	31
2.6	Softwares/aplicativos educacionais	35
2.7	Smartphones, tablets, aplicativos	39
2.7.1	<i>Smartphones e tablets</i>	40
2.7.2	<i>Aplicativos</i>	41
2.8	Jogos didático-computacionais	42
3	OBJETIVOS	46
3.1	Geral	46
3.2	Específicos	46
4	METODOLOGIA	47
4.1	Processo de pesquisa	47
4.2	A construção do jogo “Time Bomb Game”	50
4.2.1	<i>A construção do banco de dados/questões</i>	50
4.2.2	<i>Arquitetura de programação do app</i>	55
4.2.3	<i>O jogo</i>	55
4.2.4	<i>Implementação do software</i>	59
4.2.5	<i>Análise da opinião dos alunos/jogadores</i>	62
4.2.6	<i>Avaliação do papel instrucional do jogo</i>	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1	Avaliação do jogo baseado na opinião dos usuários	66
5.2	Estudo comparativo das opiniões de professores e estudantes	70

5.3	O papel instrucional do jogo “Time Bomb Game”.....	74
6	ESTRATÉGIAS PARA A UTILIZAÇÃO DO “TIME BOMB GAME”.....	77
7	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – LISTA DE JOGOS/SOFTWARES RELACIONADOS A QUÍMICA ORGÂNICA NAS PRINCIPAIS LOJAS DE APLICAÇÕES (App Store e Play Store).....	100
	APÊNDICE B – LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE JOGOS/SOFTWARES E SIMILARES NA ÁREA DE QUÍMICA ORGÂNICA (QO) E TEORIA ESTRUTURAL (TE).....	109
	APÊNDICE C – FORMULÁRIO UTILIZADO NA PRÉ-AVALIAÇÃO....	116
	APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO.....	117
	APÊNDICE E – PRINCIPAIS COMENTÁRIOS DA QUESTÃO ABERTA DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO.....	118
	APÊNDICE F – PRÉ-TESTE.....	121
	APÊNDICE G – PÓS-TESTE.....	129

1 INTRODUÇÃO

O domínio da estrutura dos compostos orgânicos é crucial para entender como as moléculas orgânicas interagem e reagem umas às outras. Por esse motivo, geralmente, os cursos introdutórios de Química orgânica ensinam a teoria estrutural dos compostos orgânicos como um capítulo inicial.

1.1 Considerações Iniciais

No final do século XIX e início do século XX, grandes descobertas sobre a natureza dos átomos colocaram as teorias de estrutura molecular e de ligação em uma base conceitual mais segura para a teoria estrutural da matéria, sugerindo que as substâncias seriam definidas por um arranjo específico de átomos (LARDER; KLUGE, 1971; PAULING, 1984; TIERNAN, 1985; KIKUCHI, 1997).

Embora seja um assunto de extrema relevância, os alunos o consideram como um tema desafiador e de difícil entendimento (GABUNILAS *et al.*, 2018), cuja dificuldade de aprendizagem é, muitas vezes, agravada por um sistema de ensino tradicionalista, o qual se baseia em atividades que levam à simples memorização de informações, nomes e fórmulas, tornando esses conhecimentos e conceitos distantes do dia a dia do educando (RASTEGARPOUR; MARASHI, 2012).

Diante de uma prática de ensino que vem deixando a educação fadigada, faz-se necessária a descoberta e utilização de metodologias mais coerentes com a realidade social onde o estudante está inserido. A utilização de diferentes metodologias possibilita aos estudantes recursos viáveis e relevantes para o estudo individual, melhorando suas experiências de aprendizagem em sala de aula (SRISAWASDI; PANJABUREE, 2019). A inclusão de tecnologias da informação e comunicação (TICs) às tradicionais metodologias de ensino tem sido visto como uma importante inovação no processo de ensino e aprendizagem (ARANGO-LÓPEZ *et al.*, 2018), visto que essas tecnologias são uma das principais impulsionadoras da nossa sociedade atual, e exercem grande atração sobre os jovens.

Uma proposta de estratégia promissora que se utiliza da tecnologia e que tem sido adotada obtendo resultados significativos, é a utilização de jogos didático-computacionais em plataformas móveis. Tais jogos didáticos têm se mostrado um excelente recurso educacional, conquistando cada vez mais espaço como um instrumento inovador, capaz de motivar os estudantes em seus estudos, e tornando-se consenso entre os educadores que os consideram

um meio de aprendizagem muito influente (ROYLE, 2008; CLARCK; TANNER-SMITH; KILLINGSWORTH, 2016; SILVA *et al.*, 2019).

Alinhada às características atrativas de um jogo computacional, encontra-se uma atual geração de estudantes que utilizam seus smartphones para as mais diferentes finalidades. Portanto, cabe aos educadores a tarefa de desenvolver aplicativos educacionais com conteúdo que seja suficientemente interessante para ser incorporado na rotina dos estudantes de uma forma prazerosa, contribuindo para o aprendizado de diferentes temas. É dentro deste contexto que se enquadra o presente trabalho.

1.2 Justificativa da Pesquisa

A utilização dos recursos tecnológicos é inerente aos nossos estudantes, e explorar este fato pode ser uma grande vantagem na tarefa educacional. A oferta de novas ferramentas utilizando as TICs no ensino tem crescido e os resultados das pesquisas afirmam sua alta potencialidade no processo de aprendizagem (SHAFFER *et al.*, 2004; RASTEGARPOUR; MARASHI, 2012).

Nos últimos anos, a equipe do LDSE (Laboratório de Design de Softwares Educacionais) tem focado suas pesquisas no design de jogos computacionais que envolvam os estudantes na revisão de diferentes conceitos químicos (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2017, 2018a, 2018b) e, mais recentemente, no desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2019). A satisfação dos estudantes na utilização desses recursos tecnológicos, aliados aos bons resultados das avaliações de aprendizagem, nos motivou a projetar um novo jogo didático-computacional para plataformas móveis que pudesse auxiliar os estudantes a revisar e reforçar, de uma maneira desafiadora e divertida, os conteúdos relacionados à teoria estrutural de compostos orgânicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 As teorias da aprendizagem

A aprendizagem é uma capacidade natural inerente à vida do ser humano. Isto pode ser observado analisando-se o seu desenvolvimento intelectual desde o nascimento (PIAGET, 2006). Há diversas teorias psicológicas sobre a aprendizagem e o comportamento humano que procuram investigar, sistematizar e propor soluções relacionadas ao campo do aprendizado humano. Essas teorias resultam das tentativas feitas pela psicologia de organizar observações, hipóteses, palpites, leis, princípios e conjecturas feitas acerca do comportamento humano, considerando que os diversos modelos visam explicar o processo de aprendizagem pelos indivíduos (LEITE, 2018).

Segundo Leite (2018), o principal fator que diferencia uma teoria da outra é o ponto de vista sob o qual cada uma trabalha. Existem as teorias que abordam a aprendizagem a partir do comportamento, enquanto outras abordam a aprendizagem a partir da capacidade cognitiva de cada um ou, ainda, aquelas que consideram apenas o aspecto humano.

a) Behaviorismo

O Behaviorismo, ou teoria comportamental, foi desenvolvido nos Estados Unidos da América por John Watson (1878-1958) e entrou na psicologia como um protesto contra o estruturalismo dominante da época. Porém, o Behaviorismo clássico se limitava a uma investigação relacionada a estímulos e respostas, insistindo no empirismo e determinismo como marcas científicas (KIMBLE, 2001).

A grande efervescência dessa teoria se deu pelo fato de ter caracterizado o comportamento como um objeto de análise que apresentava a consistência que a psicologia científica exigia na época – caráter observável e mensurável – em função da predominância científicista do Positivismo, desenvolvendo-se num contexto em que a Psicologia buscava sua identidade como ciência, enfatizando o comportamento em sua relação com o meio (WATSON; MACDOUGALL, 1976).

Embora as bases desta teoria tenham sido desenvolvidas por Watson, foi Burrhus Frederic Skinner (1904-1990) que a popularizou com o seu Behaviorismo radical. Em seus experimentos, os indivíduos eram condicionados a determinadas ações com recompensas boas ou ruins pelos seus atos. Assim, se moldava o comportamento destes a partir de um sistema de

estímulo, resposta e recompensa. Ele aplicou o Behaviorismo à educação, ao comportamento verbal e à psicoterapia (ZILIO, 2010).

Nesta teoria, o comportamento deve ser estudado e sistematizado para que se possa modificá-lo. A maneira como o indivíduo aprende é uma grandeza possível de ser mensurada, tal e qual como um fenômeno físico. A aprendizagem passa a ser entendida como uma mudança no comportamento de um aluno a partir da entrega de estímulos externos (modelo estímulo-resposta), e a sua complementaridade (com prêmios, punições, feedback e reforço) vai influenciar a mudança do comportamento esperado que evidencia a aprendizagem (MELLO, 2015).

Segundo Mello (2015), na visão de Skinner, a aprendizagem pode ser dividida em três partes, independentemente da pessoa e de seu comportamento: (i) o estímulo discriminativo (o tipo de situação em que o aluno se encontra); (ii) a resposta operante (uma resposta que pode ser modificada em função de sua consequência); e (iii) outro estímulo: o reforçador ou punidor - um evento que aumenta (reforço) ou diminui (penalidade) a probabilidade de que o indivíduo produza a resposta operante na presença do estímulo discriminativo.

A teoria behaviorista de Skinner teve uma grande aplicabilidade na educação, sendo consolidada pela “tendência tecnicista” que caracterizava os métodos de ensino programados e da tecnologia de ensino na época. No Brasil, principalmente na década de 1970, a tendência tecnicista influenciou as abordagens do processo de ensino e aprendizagem a partir da inserção do conceito de uma aprendizagem por condicionamento, sendo ratificada pelos novos modelos de currículo, pelas políticas educacionais que valorizavam a formação técnica do educador, e pela inserção de recursos didáticos que estimulassem a aprendizagem nas escolas (SANTOS, 2006).

b) Cognitivismo

No final dos anos 1950, as pesquisas sobre a aprendizagem começaram a se afastar das explicações behavioristas, voltando-se para os processos mentais da mente humana. Tanto os psicólogos quanto os educadores deixaram de enfatizar o comportamento observável para considerar questões mais complexas, as quais estão relacionadas à mente e ao pensamento, às resoluções de problemas, à formação de conceitos, e ao processamento de novas informações (FILATRO, 2018).

Como resposta ao Behaviorismo, o Cognitivismo foi uma resposta aos seus defensores que negligenciavam a cognição – processos da mente relacionados com o

conhecimento. Essa corrente aparece como uma evolução da psicologia comportamentalista, uma vez que procura explicar a conduta a partir dos processos mentais, enfatizando o processo de cognição, através do qual o aluno atribui significados à realidade em que se encontra. O Cognitivismo preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, procurando regularidades nesse processo mental (LÓPEZ-NEIRA, 2017).

Segundo Jean Piaget (1896-1980), psicólogo e epistemólogo suíço, o crescimento cognitivo se dá através da assimilação e acomodação. O indivíduo constrói esquemas de assimilação mentais para entender a realidade. Só há aprendizagem quando o esquema de assimilação sofre acomodação. Para Piaget, a mente, sendo uma estrutura, tende a funcionar em equilíbrio. No entanto, quando este equilíbrio é rompido por experiências não assimiláveis, ela sofre acomodação a fim de construir novos esquemas de assimilação, e atingir um novo equilíbrio (STOLTZ, 2018).

Ensinar é provocar o desequilíbrio, mas este não pode ser tão grande a ponto de não permitir novas reequilíbrios e, conseqüentemente, a aprendizagem. Desta forma, para que o aluno assimile e aprenda um novo conhecimento, antes ele deve ser apresentado a uma nova situação que o leve ao desequilíbrio. O professor será o responsável por introduzir passos intermediários a fim de passar de um estado de equilíbrio para outro através de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos (VALENTINE; BISOL, 2018).

Apesar de Piaget já propor estas ideias na década de 1930 e também ser um precursor da linha construtivista, sua teoria só conquistou um maior espaço na área educacional na década de 1980, quando se iniciou o declínio do comportamentalismo. Desde então, suas ideias têm influenciado muito os educadores, inclusive no ensino das ciências (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

O norte-americano David Paul Ausubel (1908-2008) foi outro importante nome do Cognitivismo. O conceito central de sua teoria é o da aprendizagem significativa, a qual se propõe a construir algo novo a partir do conhecimento prévio dos alunos. Nesse processo, ocorre a interação da nova informação com a estrutura específica do conhecimento já existente (KÄRKI *et al.*, 2018).

Segundo Ausubel (2000), esse tipo de aprendizagem significativa poderia ser melhor entendida como aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva, e não-arbitrária, com aquilo que o aluno já sabia. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé-da-letra; e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer

ideia prévia, mas sim com algum conhecimento, especificamente relevante, o qual já é existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Por esse motivo, o termo aprendizagem significativa foi escolhido, uma vez que se baseia no fato da aprendizagem se dar a partir de um conhecimento prévio, dando assim, significado ao processo (TSAI *et al.*, 2019). Portanto, se não significar algo, a aprendizagem se torna mecânica ou repetitiva, que é o caso da memorização. Um aprendizado mecânico é aquele que foi decorado e logo será esquecido, enquanto o significativo se incorpora ao sujeito, pois nele ocorre um processo de modificação do conhecimento (SANTOS, 2016).

O processo de aprendizagem significativa necessita de duas condições para que possa ocorrer: (i) o aluno precisa querer aprender e (ii) o conteúdo a ser ensinado precisa ter características significativas, ou seja, tem que ser psicologicamente lógico e significativo. O significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, enquanto o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem (PELIZZARI *et al.*, 2002).

Ausubel (2000) considera a aprendizagem significativa como sendo um mecanismo humano para adquirir e reter a vasta quantidade de informações de um corpo de conhecimentos. Já o armazenamento de informações na mente humana é considerado, por Ausubel, como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual na qual os elementos mais específicos de conhecimento estão ligados aos conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivas, sendo importante, portanto, o processo de aprendizagem significativa na aprendizagem do aluno.

Um exemplo ilustrativo de como essa teoria funciona pode ser visto no conceito químico de “substância”. Ao considerar que o aluno tem este conceito definido em sua estrutura cognitiva com certo grau de estabilidade, ele poderá utilizá-lo como ponto de partida para ancorar o conceito de substância inorgânica e orgânica. O produto desta interação será um conceito de substância mais elaborado e refinado, o qual comportará o entendimento de que as substâncias podem ser classificadas como inorgânicas e orgânicas (BEBER; PINO, 2017).

c) Construtivismo

Com a evolução do modelo de aprendizagem behaviorista para o modelo cognitivo, avançamos para uma proposta teórica com base em um papel mais ativo do aluno no processo de aprendizagem (LÓPEZ-NEIRA, 2017). Neste contexto, surgiu a teoria construtivista, uma nova perspectiva de análise de aprendizagem. Esta teoria se baseia no processo de construção da aprendizagem significativa dos alunos e de suas ligações com

conhecimentos e experiências prévias, e tornou-se popular no Brasil a partir da década de 1980 (COELHO; DUTRA, 2018).

As origens do Construtivismo remontam à teoria da epistemologia genética, elaborada por Jean Piaget. Neste modelo de aprendizagem, a interação é mútua, pois o indivíduo aprende a partir da interação entre ele e o meio em que ele vive. Logo, um aluno não é um mero armazenamento passivo de informações, mas participa ativamente desse processo (ANTLOVÁ *et al.*, 2015). Essa participação acontece mediante a experimentação, a pesquisa em grupo, o estímulo a dúvida e o desenvolvimento do raciocínio.

Na prática construtivista, os alunos são levados a engajarem-se na sua própria construção de conhecimentos por meio da integração da nova informação ao seu esquema mental, fazendo associações e conexões de uma maneira significativa (FERNANDES *et al.*, 2018). Por exemplo, noções como proporção, quantidade, causalidade, volume, reatividade entre outras, surgem da própria interação do aprendiz com o meio em que vive. Esquemas vão sendo formados que permitem ao aluno agir sobre a realidade de um modo muito mais complexo do que podia fazer com seus reflexos iniciais, e sua conduta vai enriquecendo-se constantemente (CHAKUR, 2015).

O método construtivista enfatiza a importância do erro, não como um tropeço, mas como um trampolim na rota da aprendizagem. A teoria é contra: (i) a rigidez nos procedimentos de ensino, (ii) as avaliações padronizadas, e (iii) a utilização de material didático demasiadamente estranho ao universo pessoal do aluno (LÓPEZ-NEIRA, 2017).

Geralmente as disciplinas estão voltadas para a reflexão e auto avaliação, portanto, o ambiente escolar é considerado flexível. A figura do educador é tida como um agente mediador, responsável por provocar o desequilíbrio cognitivo dos alunos, auxiliando-os para que consigam sistematizar e organizar os novos conhecimentos, envolvendo-os em todo processo cognitivo, e colocando-os no centro do processo de aprendizagem (WEISZ; SANCHEZ, 2018).

O Construtivismo se opõe às concepções inatistas e comportamentalistas sobre os processos de aquisição do conhecimento à medida que pressupõe que a aprendizagem só tem significação se potencializar o desenvolvimento da inteligência como resultado das combinações entre a bagagem hereditária e as experiências adquiridas através das circunstâncias oferecidas pelo meio (SANCHIS; MAHFOUND, 2007).

Nesse sentido, a discussão proposta a partir da obra de Piaget é bastante atual, ao passo em que afirma que uma educação de qualidade é aquela que promove o desenvolvimento global do indivíduo em seus aspectos cognitivos, sociais e afetivos. Em

função disso, a prática construtivista também demanda uma metodologia de trabalho e uma organização curricular previamente planejada, uma vez que os alunos não se encontram no mesmo ponto de partida e nem aprendem ao mesmo tempo e da mesma maneira (CHAKUR, 2015). Mais do que uma linha pedagógica, o Construtivismo é uma teoria psicológica que busca explicar como se modificam as estratégias de conhecimento do indivíduo no decorrer de sua vida (BEZERRA; CUNHA, 2016).

d) Interacionismo

A teoria interacionista também se apoia na ideia de interação entre o organismo e o meio. A aquisição do conhecimento é entendida como um processo de construção contínua do ser humano em sua relação com o meio, exercendo ação recíproca (MORAN, 2011).

A principal diferença entre o Interacionismo e o Construtivismo é que o Interacionismo considera que os elementos biológicos e sociais não podem ser dissociados, exercendo influência mútua, enquanto o Construtivismo refere-se mais aos aspectos lógicos da aprendizagem, em constante interação com questões que mobilizam o pensar (CASTAÑON, 2015).

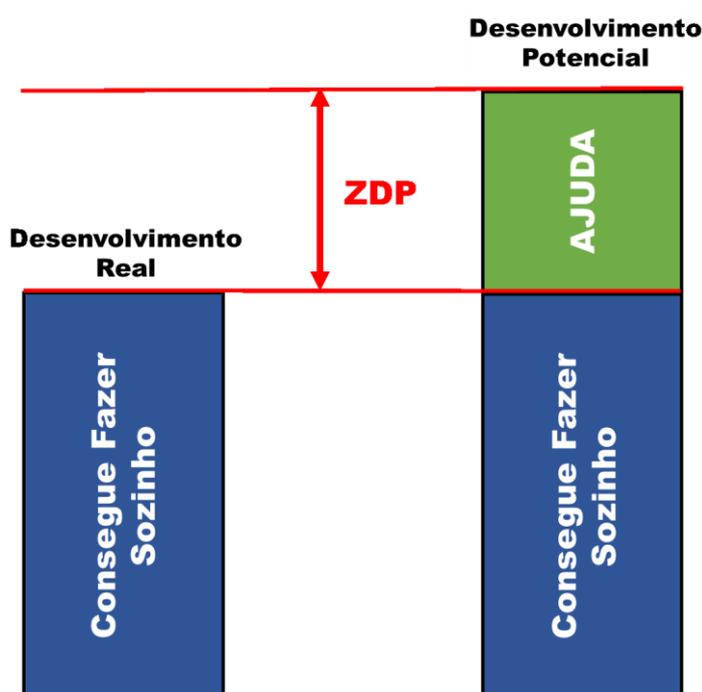
Um dos principais representantes do Interacionismo foi Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934), cujo conceito central de sua teoria é o de atividade, a qual é a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência, e considera que a interação entre o indivíduo e o meio em que ele está inserido são essenciais ao processo de aprendizagem. Desta forma, o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem as referências ao contexto social e cultural no qual está inserido (VYGOTSKY, 2015).

Entretanto, para Vygotsky, é o próprio movimento de aprender e buscar conhecimento que irá gerar a aprendizagem efetiva e este processo deve ocorrer de fora para dentro, ou seja, do meio social para o indivíduo. Ele não nega que exista diferença entre os indivíduos, isto é, que existam indivíduos mais predispostos a algumas atividades do que outros, em razão do fator físico ou genético. Contudo, não entende que essa diferença seja determinante para a aprendizagem (DERRY, 2013).

Embora seja considerada complexa e abrangente, o Interacionismo trouxe inúmeras contribuições para a educação, abordando desde o papel central da linguagem ao aprendizado propriamente dito, o qual, para Vygotsky, ocorreria dentro do que ele chamava de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), onde esses fatores coexistiam no espaço no qual as relações de ensino e aprendizagem aconteciam (PEDROSO, 2019).

Tecnicamente, a ZDP (Figura 1) é a distância entre o nível de desenvolvimento real, o qual é determinado por aquilo que o aluno é capaz de fazer sozinho com o conhecimento já consolidado, e o nível de desenvolvimento potencial, o qual é determinado por aquilo que o aluno ainda não domina, mas é capaz de realizar com auxílio de alguém mais experiente. O nível de desenvolvimento potencial é atingido através da solução de problemas sob a orientação de um mediador ou em colaboração com companheiros mais capazes (SMAGORINSKY, 2018).

Figura 1 – Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)



Fonte: Próprio Autor (2020).

No Interacionismo, o professor também é um mediador, pois o ser humano está em constante desenvolvimento mental, e todas as suas relações são conquistadas pela mediação. Sendo assim, o professor tem o papel de mediar a aprendizagem utilizando estratégias que levem o aluno a tornar-se independente e que estimulem o desenvolvimento potencial. Diante das dúvidas dos alunos, o professor deve sempre tentar responder “com provocações” que conduzam os estudantes a descobrirem a resposta sozinhos, agindo como um provocador de ideias (ALVES, 2019).

Nessa concepção de Vygotsky, o papel do docente é aumentado sobremaneira, indo muito além da visão tradicional do professor como o único detentor do conhecimento ou um depositante de conhecimentos nos seus alunos de modo unilateral. De fato, quando o

docente se dá conta da sua capacidade de influenciar os estudantes através das situações de aprendizagem e da organização do ambiente social, ele é capaz de mobilizar e impulsionar processos internos de mediação em cada aluno, uma forma muito mais efetiva de desenvolver a aprendizagem, criando ambientes e situações que geram conhecimento (TOASSA, 2013).

Toassa (2013) afirma que o processo de ensino e aprendizagem e o desenvolvimento do aluno se dão em uma situação extremamente dinâmica, onde avanços e recuos são perfeitamente naturais. Professor, aluno e ambiente interagem de múltiplas formas, em uma complexidade de relações e heterogeneidade de cada processo.

Dessa maneira, chega-se à conclusão de que as práticas pedagógicas que se fundamentam na concepção interacionista de aprendizagem devem se apoiar em duas verdades fundamentais: (i) a de que todo conhecimento provém da prática social e a ela retorna, e (ii) a de que o conhecimento é um empreendimento coletivo, não podendo ser produzido na solidão do sujeito, mesmo porque essa solidão é impossível (NEVES; DAMIANI, 2006).

Todas estas teorias exerceram (e ainda exercem) profundas influências na maneira como organizamos os processos educacionais em todo o mundo. Ao longo dos anos, cada teoria e seus desdobramentos foi mais adequada para as necessidades “do seu tempo”, visto que a sala de aula e o mundo do qual fazem parte também sofre mudanças significativas constantemente (COELHO; DUTRA, 2018).

2.2 O ensino de Química e as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem

O conhecimento da Química propicia um melhor entendimento do mundo e, conseqüentemente, nos ajuda a ter uma melhor qualidade de vida. Apesar de sua grande importância na vida cotidiana, a Química é uma disciplina relativamente jovem no Brasil. Ela foi inserida como disciplina regular somente a partir de 1931, quando passou a ser um componente curricular obrigatório no ensino médio brasileiro (LIMA, 2013).

Somente quatro décadas depois, a reforma da educação promovida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB nº 5.692 de 1971) impôs ao ensino dessa disciplina um caráter quase que exclusivamente técnico-científico (BRASIL, 1971). Assim até o início dos anos de 1980 haviam duas modalidades que regiam o ensino médio brasileiro: (i) a modalidade humanístico-científica, que se constituía numa fase de transição para a universidade e preparava jovens para ter acesso a uma formação superior, e (ii) a modalidade

técnica, da qual o ensino de Química fazia parte, que visava principalmente uma qualificação profissional do estudante (MACEDO; LOPES, 2002; MOREIRA, 2016).

Nos anos de 1990, uma nova proposta de reforma foi realizada por meio da LDB nº 9.394 de 1996. Nesta proposta, o MEC (Ministério da Educação) revogou a Lei anterior e lançou as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Esses documentos atendiam a exigência de uma integração brasileira ao movimento mundial de reforma dos sistemas de ensino que demandavam transformações culturais, sociais e econômicas exigidas pelo processo de globalização (BRASIL, 1996).

Em se tratando de ensino de Química e dos conhecimentos neles envolvidos, a proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) previa que fossem explicitados a multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico de seus conteúdos. Desta forma, tentou-se realizar modificações no currículo dos livros didáticos e nas diretrizes metodológicas a fim de romper com o tradicionalismo que se impunha, até então, no sistema de ensino (PORTO, 2013).

Apesar desses esforços, a abordagem da Química no ensino brasileiro pouco mudou no decorrer dos anos. Sua essência permanece basicamente a mesma desde a última proposta de reformulação, priorizando-se informações que não estão conectadas com a realidade vivida pelos alunos e professores (BRASIL, 2006). Qualquer que seja o status cognitivo do sujeito, não lhe é permitido o aproveitamento de suas potencialidades, resultando em dificuldade de aprendizagem por parte dos estudantes, as quais representam todas as perturbações que impedem a normalidade do processo de aprender. Este fato pode advir de diferentes fatores, sejam eles orgânicos, sociais ou mesmo emocionais (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

Na escola, de modo geral, o indivíduo interage com um conhecimento essencialmente acadêmico. Sabe-se, entretanto, que os alunos demonstram dificuldades em aprender Química nos diversos níveis de ensino porque, muitas vezes, eles não percebem o significado ou a importância do que estudam. Isto decorre, principalmente, do rápido crescimento do conjunto de conhecimentos que envolvem a disciplina e do fato destes conhecimentos serem complexos e abstratos. Conteúdos não contextualizados corretamente e a sua excessiva fragmentação também dificultam a assimilação das informações e acabam por não despertar o interesse e a motivação em aprender nos estudantes (BRASIL, 1999; GERHARD; FILHO, 2012).

Muitas das dificuldades que os alunos enfrentam são de natureza conceitual (OSMAN; SUKOR, 2013). Por exemplo, eles não conseguem identificar corretamente as interações intermoleculares existentes entre diferentes espécies. Alguns, inclusive, apresentam dificuldades em habilidades básicas como a de desenhar estruturas de Lewis e atribuir suas cargas formais quando necessário (RODRIGUES; SILVA; QUADROS, 2011). Dificuldades com a aprendizagem de conceitos relacionados com a hibridização, geometria molecular, ressonância e aromaticidade também têm sido reportadas (CARAMORI; OLIVEIRA, 2009; MENEZES *et al.*, 2012; CHANG, 2013).

Além das dificuldades mencionadas, também são identificados problemas de proficiência em matemática que afetam significativamente a compreensão, uma vez que, esses conceitos são importantes ferramentas auxiliadoras na compreensão e solução de problemas práticos relacionados à Química. Por outro lado, um ensino centrado no uso de fórmulas, cálculos e memorização excessiva contribuem para o agravamento das dificuldades de aprendizagem dos estudantes (MARZABAL *et al.*, 2018).

Em alguns casos, o déficit na capacidade de leitura e interpretação são fatores que também merecem ser considerados, dada sua importância para a obtenção de novas aprendizagens (SANTOS *et al.*, 2013). A dificuldade na habilidade de ler e interpretar dificulta sobremaneira o entendimento e compreensão da linguagem Química encontrada em fórmulas estruturais e moleculares, modelos conectivos, jargões químicos e declarações que operam como mediadores nos processos de ensino e aprendizagem, auxiliando na comunicação, representação e pensamento (MORENO *et al.*, 2018).

Na maioria das vezes, dentro da sala de aula, tem-se dado maior ênfase à transmissão de conteúdos e a memorização de fatos, informações, símbolos, nomes, fórmulas do que a vinculação do conhecimento químico com o cotidiano do aluno, assim como sua construção do conhecimento científico. Essa prática tem influenciado negativamente na aprendizagem dos estudantes, uma vez que não conseguem perceber a relação entre aquilo que estudam em sala de aula, a natureza e a sua própria vida (ARAÚJO; FADIGAS; WATANABE, 2016).

Essa realidade contraria as perspectivas para o ensino da disciplina contidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), fato que é preocupante e serve de alerta para a necessidade de revisar novamente as formas como esses saberes estão sendo transmitidos. Por isso, é de suma importância analisar e discutir as metodologias e abordagens que estão sendo utilizadas pelos professores nas salas de aula, buscando identificar as maiores dificuldades dos alunos no que concerne à aprendizagem (LIMA, 2012).

Este mesmo cenário também é verificado no ensino superior e comprovado pelo baixo rendimento acadêmico dos estudantes que os leva a trancamentos constantes das disciplinas na universidade, ou até mesmo o abandono do curso. Há uma necessidade de uma ação docente efetiva que busque construir os conhecimentos junto com o aluno, se organizando para o enriquecimento da estrutura cognitiva dos educandos e, dessa forma, tornar possível a construção desses conhecimentos (CUNHA; TUNES; DA SILVA, 2001; DEMIZU *et al.*, 2015).

2.3 A teoria estrutural de Química orgânica

August Kekulé, Archibald Scott Couper e Alexander M. Butlerov, trabalhando independentemente entre 1858 a 1861, implantaram a base de uma das teorias mais fundamentais na Química: a teoria estrutural que é essencial para a compreensão das ligações químicas, principalmente realizadas pelo átomo de carbono (SOLOMONS; FRYHLE, 2000; ROCKE, 2015). Devido a sua importância, na década de 1970, o subcomitê de Química orgânica da American Chemical Society definiu os tópicos que deveriam ser estudados, preferencialmente no início, nos cursos de Química orgânica de dois semestres. Dentre estes tópicos, está a teoria estrutural (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 1972, 1976), os quais são apresentados aos estudantes como o capítulo introdutório nas disciplinas de Química orgânica I na Universidade Federal do Ceará (UFC).

A teoria estrutural expressa que os átomos podem formar números fixos de ligações, cujo número depende de seus números de elétrons de valência. Por exemplo, se um átomo possui quatro elétrons na valência, então fará quatro ligações. O número de valência, por sua vez, define o poder de combinação dos átomos, ou seja, corresponde ao número de orbitais incompletos que o átomo possui, os quais determinam o número máximo de átomos ligantes aos quais poderá se ligar (NOGUEIRA; PORTO, 2018).

As definições de número de valência e de outros conceitos importantes dentro da Química, assim como a teoria estrutural, evoluíram ao longo do tempo sob as influências de novas teorias atômicas e da mecânica quântica. Muitos conceitos e teorias químicas receberam contribuições de nomes importantes da História, sendo uma prova clara de que ciência evolui por cooperação e interdependência (ORNA, 2015). Um exemplo disto são as ideias do químico americano Gilbert Newton Lewis (1875-1946), que sugeriu a utilização de diagramas para demonstrar a ligação entre os átomos de uma molécula.

As estruturas de Lewis, como passaram a ser chamadas, são consequências da regra do octeto. Elas utilizam os elétrons de valência de cada átomo para formar a estrutura, mostrando sua posição no arranjo da molécula, e distribuindo os elétrons entre os átomos de forma a mostrar a conexão entre eles. São, por sua vez, essenciais para a definição de carga formal, a qual pode ser definida como a carga que mais se aproxima das cargas reais dos átomos de uma molécula ou íon (LEWIS, 1916).

Uma carga formal está associada a qualquer átomo que não exiba o número apropriado de elétrons de valência. Quando um átomo nessas condições está presente em uma estrutura de Lewis, a sua carga formal deve ser determinada através de um cálculo que é baseado na própria estrutura de Lewis. Para o cálculo, supõe-se que o par de elétrons compartilhado em uma ligação é igualmente dividido entre os átomos que a formam, portanto, o cálculo é feito comparando-se o número de elétrons de valência do átomo neutro com o número de elétrons que podem ser atribuídos exclusivamente ao átomo na estrutura de Lewis da molécula, ou íon (DEWIT, 1994).

Lewis também conseguiu antecipar a influência exercida pelos pares de elétrons não-ligantes na geometria das moléculas (LEWIS, 1923). Para se determinar a geometria de uma molécula, é preciso analisar a repulsão dos pares eletrônicos ligantes e livres (ou não-ligantes), considerando que a molécula vai adotar uma geometria que considera o ângulo máximo de afastamento possível entre os pares eletrônicos na estrutura. Portanto, conclui-se que os estudantes devem dominar as representações das estruturas moleculares, pois elas são de importância central para o desenvolvimento de uma compreensão sólida em Química, e auxilia na previsão das propriedades macroscópicas das substâncias.

Além disso, a geometria molecular é um parâmetro crucial para a previsão da polaridade de uma molécula, contribuindo para a definição do tipo e intensidade das interações intermoleculares que podem ser estabelecidas entre espécies químicas (moléculas neutras ou íons) (SILVA; FONSECA; FREITAS, 2018). As forças intermoleculares são responsáveis pelo entendimento de uma gama de fenômenos, técnicas e propriedades, tais como: ponto de fusão, viscosidade, cromatografia, densidade, forma 3D do DNA, dentre muitas outras (COOPER; WILLIAMS; UNDERWOOD, 2015).

A partir do modelo atômico de Rutherford-Böhr, o qual mostra que o átomo possui um núcleo circundado por uma eletrosfera formada por várias camadas eletrônicas com valores de energia específicos, pode-se fazer a correta distribuição eletrônica (BELMONTE, 2005). Por outro lado, foi a introdução do conceito de hibridização que, baseada na distribuição eletrônica, veio auxiliar na solução de algumas incógnitas existentes até então,

como, por exemplo, explicar como um carbono fazia quatro ligações se ele só possuía dois elétrons desemparelhados (AGUIAR; CORREIA, 2015). Sabia-se que as ligações covalentes ocorriam pela superposição de orbitais semipreenchidos com apenas um elétron. No entanto, algumas ligações de compostos que conhecemos seriam impossíveis de ocorrer. Através da teoria da hibridização, foi possível explicar como ocorre a formação e a disposição geométrica de algumas moléculas, tal como o metano, CH₄ (SANTOS; MÓL, 2013).

No final do século XIX, surgiram os conceitos de ressonância e aromaticidade que vieram complementar a teoria estrutural vigente e são essenciais para a compreensão da estrutura de muitos compostos, bem como de suas estabilidades e reatividades (RUEDENBERG; SCHWARZ, 2013). Por exemplo, a ressonância explica o fato do benzeno ter uma reatividade bem distinta do cicloexeno, e o porquê a piridina ser mais básica que a anilina (KLEIN, 2013).

Embora átomos e moléculas tenham estruturas reais, essas não podem ser percebidas através dos sentidos, nem muito menos suas rotações, formas geométricas ou a força existente entre elas. São todos conceitos abstratos que fazem com que os estudantes tenham dificuldades para entendê-los. Independentemente de como os estudantes veem a abstração do assunto e das habilidades requeridas para o seu aprendizado, eles são obrigados a entendê-los e a aprender a teoria estrutural dos compostos orgânicos, uma vez que este assunto é parte do currículo e considerado um pré-requisito fundamental para o aprendizado de outros temas que serão abordados futuramente, tal como as reações orgânicas (GABUNILAS *et al.*, 2018).

Por outro lado, como educadores, temos que ter ciência de que o aprendizado de conceitos abstratos requer que o estudante desenvolva habilidades de resolução de problemas que vão muito além de um vocabulário diferente daquele utilizado por eles em sua comunicação cotidiana (MOORING; MITCHELL; BURROWS, 2016; NAIK, 2017), e que a atual geração de estudantes quer aprender de uma forma “diferente” e rápida, e tende a ter menos paciência.

O resultado deste cenário tem sido a observação de baixos níveis de aprendizagem, os quais podem ser facilmente constatados por meio dos vários tipos possíveis de avaliações no âmbito escolar (KYLE *et al.*, 2011). Nota-se que entender e aplicar esses conceitos de difícil compreensão exige um esforço muito maior tanto dentro como fora da sala de aula (NAIK, 2017). Fazer com que os estudantes sejam capazes de correlacionar o comportamento dessas estruturas, ao mesmo tempo que assimilam os termos técnicos que

representam esses conceitos dentro de uma sala de aula, é particularmente difícil, e continua sendo um grande desafio para os professores (GABUNILAS *et al.*, 2018).

Como educadores de Química, é importante que além de reconhecermos este difícil cenário educacional passemos a desenvolver e/ou utilizar diferentes estratégias de ensino e recursos didáticos diferenciados, sempre buscando encontrar a maneira mais adequada para o desenvolvimento das habilidades de aprendizado dos estudantes em sala de aula, ou fora dela. Além disso, sempre devemos estar cientes que as estratégias de ensino e/ou recursos didáticos serão exitosas apenas se estudantes estiverem dispostos a aceitá-los. Daí, destacamos a grande importância do desenvolvimento de ações que motivem o aluno a estudar (VALENTINE; BISOL, 2018).

Nesse sentido, a escolha de metodologias de ensino adequadas podem ser uma alternativa promissora para o enfrentamento das dificuldades de aprendizagem dos estudantes. A teoria comportamental, por exemplo, foi a base para o desenvolvimento de instruções assistidas por computador, bem como o desenvolvimento extensivo de aplicativos de software de exercício e prática que são usados hoje para melhorar o desempenho de certas habilidades ou conhecimentos básicos em assuntos diferentes. De fato, atualmente esse modelo teórico de aprendizado continua sendo um dos pilares do desenvolvimento de tecnologias digitais para apoiar o aprendizado (LÓPEZ-NEIRA, 2017).

As novas tecnologias da informação e comunicação (TICs) podem ser integradas às mais diversas atividades de aprendizagem a serem utilizadas pelos professores para motivar os alunos em seus estudos, uma vez que as TICs são parte integrante e importante da vida dos estudantes (VALENTINE; BISOL, 2018). Tais inovações tecnológicas podem ser agentes de mudança, uma vez que proporcionam novas formas de acesso à informação, enriquecendo a prática pedagógica, aumentando a qualidade do ensino, facilitando as interações tanto entre os alunos, e entre os alunos e o corpo docente, além de facilitar a interação do aluno com o conteúdo (GONZÁLEZ *et al.*, 2014).

Da mesma forma a abordagem construtivista, e suas variações mais atuais, tem se mostrado bastante eficientes nesse aspecto, sobretudo no que se refere a aprendizagem significativa dos alunos, que é uma aprendizagem construída pelo estudante e orientada pelo professor, sendo o produto da interação ativa e interativa entre os conhecimentos prévios que o estudante possui e o que lhe está sendo apresentado para que, desta forma, dê sentido ao novo, e conseqüentemente aprenda (SILVA, 2018).

Felizmente, atualmente podemos encontrar várias ferramentas digitais ou ambientes operacionais interativos baseadas nas TICs que permitem a implementação de

atividades de aprendizagem sob um modelo construtivista, no qual os alunos podem construir seu próprio conhecimento através da elaboração e utilização de produtos digitais (softwares, vídeos, animações, modelos, etc.) ou a geração de estratégias para contornar desafios ou problemas através de ambientes lúdicos como é o caso dos jogos (LÓPEZ-NEIRA, 2017).

2.4 As tecnologias da informação e comunicação (TICs) como estratégias didáticas

Atualmente, quando se fala em tecnologia no âmbito educacional, tem-se o que é denominado por tecnologias da informação e comunicação (TICs), as quais podem ser definidas como um conjunto de recursos tecnológicos que propiciam agilidade no processo de comunicação, transmissão e distribuição de informações, notícias e conhecimentos, permitindo agrupar, disseminar e compartilhá-las (LOCATELLI; ZOCH; TRENTIN, 2015; COELHO; DUTRA, 2018).

O acesso à tecnologia está relacionado com os direitos básicos de liberdade e de expressão, portanto, os recursos tecnológicos são ferramentas contributivas ao desenvolvimento social, econômico, cultural e intelectual. A LDB nº 9.394/ de 1996, que regulamenta o sistema educacional tanto público quanto privado, propõe uma prática educacional adequada à realidade do mundo, ao mercado de trabalho e à integração do conhecimento (BRASIL, 1996).

Atendendo a Lei nº. 10.172 de 2001 (BRASIL, 2001), decretou-se em seu art.1º que o Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), executado no âmbito do Ministério da Educação, promoverá e fomentará a melhoria do processo de ensino e aprendizagem com o uso das tecnologias de informação e comunicação. Dessa forma, a utilização efetiva das TICs em sala de aula é uma condição essencial para a inserção mais completa do cidadão nesta sociedade de base tecnológica (COSTA; SOUZA, 2017).

Hoje as TICs, por estarem presentes em todos os aspectos de nossas vidas, podem auxiliar significativamente na interação aluno-professor e aluno-aluno. A utilização das TICs no âmbito educacional favorece a equidade de acesso ao ensino com o aumento da eficiência e personalização dos processos de aprendizagem. Além disso, promove a aquisição e transmissão do conhecimento, a análise e resolução de problemas, o compartilhamento de ideias e informações. Desta forma, o conhecimento é promovido a níveis não alcançados até então, consolidando as TICs, cada vez mais, dentro do cenário educacional (HENDERSON; SELWYN; ASTON, 2017; MEENA, 2019).

Dentro desse cenário, a utilização de estratégias pedagógicas inovadoras baseadas nas TICs podem contribuir significativamente para a aprendizagem dos estudantes, pois possibilita a participação efetiva na construção dos saberes que se dá através de estímulos internos e externos (LEÃO; DULTRA, 2018). O sucesso do processo de ensino está relacionado diretamente com as escolhas corretas das estratégias pedagógicas, dos recursos didáticos e da maneira de abordar os conceitos científicos (MAZZIONI, 2013).

A interatividade, flexibilidade e conveniência, marcas registradas das TICs, quando integradas às estratégias de ensino, possibilitam aos alunos acessar, ampliar, transformar e compartilhar ideias e informações, compartilhando recursos e espaços de aprendizagem, promovendo princípios de aprendizagem colaborativa centrada no aluno, aprimorando habilidades de pensamento, criatividade e resolução de problemas (MAJUMDAR, 2015).

As TICs não chegaram como substituição a outros recursos já existentes, mas sim para serem incorporadas aos processos de ensino e aprendizagem. Elas servem como um recurso que permitem adicionar novos formatos à informação, a qual pode ser convertida em conhecimento pelo estudante (LAWRIE, 2016). Desta forma, surge e tende a se consolidar uma nova possibilidade de transmissão de saberes, conhecimentos, bem como um novo modelo de aprendizagem centrado nos estudantes (nativos digitais) e em sua realidade, a qual aprecia a interação com diferentes tipos de tecnologias digitais, permitindo dessa forma que eles possam assumir o protagonismo de seu aprendizado (SILVA; ALVES; LEAL, 2017).

Modelos de estratégias voltadas para o um ensino e aprendizagem mais atraentes e motivadores estão sendo desenvolvidos, como por exemplo, a utilização de jogos computacionais, dispositivos móveis e aplicativos. Modelos de avaliações dinâmicos, que possibilitam a obtenção de resultados em tempo real e feedbacks sobre os pontos que não foram suficientemente claros entre os alunos, estão sendo incorporados para motivar os estudantes a aprender (LUCKE; DUNN; CHRISTIE, 2017; LIMA; VICENTE, 2019).

Os jogos computacionais têm o poder de fascinar, de submeter os jogadores a um estado de envolvimento e de imersão, e, portanto, são estratégias didáticas eficientes para divertir enquanto motivam, facilitando o aprendizado, aumentando a capacidade de retenção do que foi ensinado, além de poderem ser trabalhados de maneira interdisciplinar (TAROUCO *et al.*, 2004; SHAFFER *et al.*, 2004; RASTEGARPOUR; MARASHI, 2012; BARBOSA; MURAROLLI, 2015).

Os recursos *e-learning* (que utilizam computadores ou a internet) e *m-learning* (smartphones, tabletes, comunicação móvel e seus aplicativos) são estratégias que têm um

grande potencial para melhorar a prática docente e a pesquisa. Portanto, cabe aos professores se apropriarem e utilizarem essas novas formas de ensinar visando a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem em diferentes contextos (FORBELONI, 2014). Embora possa parecer difícil para muitos professores, é preciso que eles, como agentes do saber, estejam preparados para ensinar em ambientes com os mais diversos recursos didáticos, inclusive aqueles com os quais os estudantes já estão bem familiarizados, pois as estratégias de ensino adotadas pelos professores estão diretamente relacionadas às suas concepções pedagógicas, científicas e de entendimento do processo educativo (MARTINEZ; TORREGROSA, 2015).

Ao incorporar essas ferramentas em sua prática docente, o professor desenvolve a habilidade técnica relacionada ao domínio dessa tecnologia, sobretudo, quando articula esse domínio com a prática pedagógica associada com as teorias educacionais, auxiliando-o a refletir sobre suas tomadas de decisões e a transformá-las, visando explorar as potencialidades pedagógicas dessas novas ferramentas em relação à aprendizagem e à consequente construção de redes de conhecimentos (ALMEIDA, 2015).

Obviamente que aumentar a qualidade dos processos de ensino e aprendizagem não consiste em apenas incorporar as TICs às aulas. Deve-se tomar o cuidado de evitar que as TICs não sejam vistas ou usadas como meros dispositivos de ensino, mas sim como facilitadoras na criação de condições apropriadas para o aprendizado através da articulação de ferramentas culturais e tecnológicas nos propósitos da educação. Em outras palavras, elas precisam ser corretamente integradas às estratégias pedagógicas que permitam aos alunos construir seu próprio conhecimento (GIORDAN; GOIS, 2009; VRASIDAS, 2015).

Diante dessa realidade, o aumento do número de objetos de aprendizagem advindo das TICs possibilita a utilização de vários tipos de tecnologias no currículo dos cursos de Química e no ensino em sala de aula, sendo bastante eficazes na otimização do processo de ensino e aprendizagem. A utilização desses recursos permite a associação de conteúdos ministrados em aula com o dia a dia dos estudantes, tornando os assuntos mais interessantes, e a aprendizagem mais atrativa (WILEY, 2002).

2.5 Objetos de aprendizagem

O termo “objeto de aprendizagem” (OA) surgiu na década de 1990, quando a rápida expansão das ferramentas tecnológicas e de comunicação tornaram disponíveis para professores e estudantes vários recursos didáticos de fácil acesso (BRAGA, 2014). No Brasil, os objetos de aprendizagem (OAs) começaram a ser utilizados no início 1999 por meio da

parceria entre a Secretaria de Ensino Médio e Tecnológica (hoje SEB) e a Secretaria de Educação a Distância (SEED). Em 2004, a SEED transferiu o processo de produção de OAs para as Universidades, cuja ação recebeu o nome de Fábrica Virtual (BALBINO, 2007).

Os OAs podem ser definidos como uma entidade digital, ou não, que pode ser usada, reutilizada ou referenciada durante um processo de suporte tecnológico ao ensino e aprendizagem. A partir das definições técnicas vinculadas ao seu uso na área educacional, pode-se dizer que os OAs são unidades formadas por um conteúdo didático no formato de vídeos, animações, textos, gravações, imagens, etc. Podem ainda ser formados por uma unidade que agregada vários conteúdos, formando um novo objeto, ou seja, qualquer material digital (ou não) com fins educacionais pode ser considerado um objeto de aprendizagem (LIMA; FALKEMBACH; TAROUCO, 2012).

Segundo alguns autores, as características específicas aos OAs estão, geralmente, divididas em seis grupos principais:

1. Reusabilidade: o objeto deverá ser reutilizável quantas vezes forem possíveis, e nos mais diferentes contextos de aprendizagem. Este processo está ligado diretamente ao grau de fragmentação de um objeto. É senso comum que quanto maior a fragmentação maior a reusabilidade. Em função disto, objetos de aprendizagem de menor tamanho e com menos conteúdos teriam maior possibilidade de reuso do que outros com conteúdo mais extensos, ou com pouca possibilidade de decomposição (TAROUCO; DA SILVA; GRANDO, 2011).

2. Adaptabilidade: possibilidade de continuar a ser usado mesmo diante das constantes atualizações tecnológicas aos mais diversos ambientes de ensino, plataformas, sistemas operacionais e navegadores Web, não necessitando para isso, sofrerem recodificação, ou seja, significa a não obsolescência do OA quando a base tecnológica muda (BARBOSA, 2014).

3. Acessibilidade: a acessibilidade digital se refere à permissão ao acesso por todos, independentemente do tipo de usuário, situação ou ferramenta via Internet para ser usado nos mais diversos dispositivos e locais. Trata-se da criação de ferramentas e páginas acessíveis para todos os tipos de pessoas, beneficiando usuários de navegadores alternativos, de tecnologia assistiva e de acesso móvel, havendo páginas e ferramentas acessíveis que atendem a necessidade de todos, portanto, universalizando o acesso aos mais variados conteúdos instrucionais (BEHAR *et al.*, 2008).

4. Durabilidade: indica se o OA se mantém intacto quando o repositório em que ele está armazenado muda ou sofre problemas técnicos. Está diretamente relacionado à robustez do objeto e a sua capacidade de reuso (BRAGA, 2014).

5. Interoperabilidade: capacidade de operar através de uma variedade de hardwares (computador, celular, tablets, entre outros), sistemas operacionais (Linux, Windows, Mac OS X, entre outros) e navegadores (Internet Explorer, Firefox, Opera, entre outros), com intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas (TAROUCO, 2014).

6. Metadados: consistem em arquivos que descrevem os conteúdos educacionais em aspectos técnicos. São formados por um conjunto de informações para descrever um recurso com estrutura padronizada, facilitando a recuperação e acesso aos OAs em um repositório, ou em outras palavras, dados sobre dados (BEZ *et al.*, 2010).

Em se tratando do uso de um OA, ele pode ser associado à uma aprendizagem significativa dos alunos quando novas ideias e novos conceitos são “ancorados” por um processo de interação a um conceito, uma ideia ou uma proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo (TAROUCO, 2014). Estes recursos permitem inovações pedagógicas que possibilitam melhores condições para o processo de ensino e aprendizagem da geração do século XXI. A ideia principal em sua utilização gira em torno da possibilidade de fragmentar o conteúdo educacional em pedaços que possam ser reutilizados em diferentes plataformas de ensino como material de apoio (WILEY, 2000).

Estes recursos podem ser criados em vários tipos de mídia ou formato, podendo ser construídos utilizando-se de ferramentas como applets Java (JavaWorld, 2004); aplicativos, documentos VRML (realidade virtual), arquivos de texto ou hipertexto, dentre outros. Não há um limite de tamanho para um OA, entretanto, existe o consenso de que ele deve ter um propósito educacional definido, um elemento que estimule a reflexão do estudante, e que sua aplicação não se restrinja a um único contexto (BETTIO; MARTINS, 2004).

Segundo afirma Tarouco (2014), é imprescindível que o professor conheça a definição, as formas de uso, o tamanho, a classificação e os tipos de OA para que possa selecioná-lo da forma mais adequada aos seus objetivos. Ainda para o autor, os OAs devem ser estruturados e divididos em três partes fundamentais bem definidas, que são:

- **Objetivos:** os objetivos pedagógicos norteiam e direcionam o uso do objeto, tendo que ser claros. Além disso, devem ser apresentados os pré-requisitos, ou uma lista dos conhecimentos prévios necessários para maximizar o aproveitamento do conteúdo.

- **Conteúdo instrucional:** é a apresentação do material didático necessário para que o estudante possa atingir os objetivos propostos. São considerados instrumentos mediadores da aprendizagem que devem ser construídos de modo reflexivo e provocativo, assegurando aprendizagens múltiplas.

• **Prática e *feedback*:** permite ao aluno utilizar o material e receber retorno sobre o atendimento dos objetivos propostos nos OAs. Na área educacional, o retorno ou *feedback* refere-se à informação, dada ao aluno, que descreve e/ou discute seu desempenho em determinada situação ou atividade, propiciando ao educando uma orientação clara e objetiva de como melhorar sua aprendizagem e desempenho, alcançando os objetivos propostos.

A metodologia na qual o OA é desenvolvido deve ter sincronia entre as bases técnicas e as bases pedagógicas para que, dessa forma consigam alcançar os objetivos a que foram pensados, pois isso será um dos fatores-chave para se determinar se a sua adoção poderá (ou não) levar o estudante ao desenvolvimento do pensamento crítico. A escolha do que será utilizado em aula apresenta a intencionalidade do professor com relação ao envolvimento do aluno na atividade pedagógica previamente determinada, e o sucesso de seu uso evidencia-se quando ocorre uma aprendizagem significativa, o que mostra a importância do papel do professor na seleção deste recurso (GAMA, 2007; VALENTINE; BISOL, 2018).

Os OAs tecnológicos abrem possibilidades de uso em diversos momentos, onde seus usos em tempo real são relativamente simples, bastando apenas que todos os dados relativos a esse objeto estejam em um mesmo banco de informações (BETTIO; MARTINS, 2004). É o que acontece, por exemplo, quando se atualiza um aplicativo fazendo seu upload nas lojas para posterior atualização nos smartphones.

Uma das principais vantagens em utilizar os OAs tecnológicos no ambiente educacional nos dias atuais é que eles estimulam a curiosidade dos estudantes para resolver problemas, despertam seus interesses e ampliam seus conhecimentos. Existem OAs muito bons para motivar ou contextualizar um novo assunto a ser tratado, outros ótimos para visualizar conceitos complexos, alguns que induzem o aluno a certos pensamentos, outros ideais para uma aplicação inteligente do que estão aprendendo (SCOLARI; BERNARDI; CORDENONSI, 2010).

Um OA traz, em sua concepção e uso, objetivos que transcendem a simples comunicação, mas que permitem uma reflexão, desequilibrando os conhecimentos já construídos e levando à formação de novos conceitos, sendo sua essência sobretudo educativa, voltada para à construção e disseminação do conhecimento (MACEDO, 2010). Assim, quando bem escolhidas, estas ferramentas podem auxiliar significativamente na otimização dos resultados desejados, ou seja, no aprendizado do estudante.

É nesse contexto que o professor, de posse dessas novas tecnologias, deve ser o responsável por planejar as aulas e decidir o momento exato para a utilização dos OA na complementação ou revisão do conteúdo, compreendendo que o processo de ensino e

aprendizagem é uma forma de representar o conhecimento, redimensionando conceitos conhecidos numa busca constante pela inovação das práticas pedagógicas, inserindo novos modelos e ideias (FIALHO; MATOS, 2010; VIEIRA; MEIRELLES; RODRIGUES, 2013).

Em meio a essas possibilidades, a utilização de softwares educacionais desenvolvidos para plataformas móveis multifuncionais tem crescido exponencialmente nos últimos anos dentro do ambiente de ensino (DIXIT *et al.*, 2011). Muitos desses dispositivos, nos quais essa tecnologia está sendo usada, também possibilitam acesso à internet e auxiliam os alunos a manter, aumentar e automatizar habilidades, obtendo um feedback mais rápido, e os auxiliando a melhorarem seus desempenhos. Estas poderosas ferramentas têm se mostrado como valiosos instrumentos potencializadores da aprendizagem no trabalho docente, favorecendo a interação entre professor e estudante (AL-EMRAN; ELSHERIF; SHAALAN, 2016; ANSHARI *et al.*, 2017).

2.6 Softwares/aplicativos educacionais

Software é uma palavra universalmente adotada para designar as linguagens que o computador é capaz de entender. Ele produz, gerencia, adquire, modifica, exhibe e/ou transmite informações. Em sua essência, consiste em instruções que, quando executadas, fornecem características, funções e desempenhos desejados (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

Devido a esta complexidade, pode-se dizer que há uma significativa diferença entre software utilizado na educação e software educacional. O primeiro é desenvolvido com os mais diversos objetivos, variando de editor de textos e planilhas eletrônicas a própria Internet, não podendo ser enquadrados na categoria de educacionais, apesar de poderem colaborar com o processo de ensino e aprendizagem em alguns casos. Já os softwares educacionais, por sua vez, possuem fins estritamente pedagógicos, visando à aprendizagem de um conteúdo específico (GEBRAN, 2009).

O desenvolvimento de softwares educacionais é baseado principalmente em duas concepções educativas. A primeira delas é o paradigma comportamentalista onde ocorre à ênfase na transmissão de conhecimento do sujeito que sabe para o sujeito que aprende. A segunda é a concepção construtivista caracterizado por uma compreensão do aprender como construção, com envolvimento ativo e reflexivo do aluno (BERTOLETTI *et al.*, 2003).

Estas ferramentas contribuem para a construção do conhecimento dependendo dos objetivos, do planejamento e do momento em que forem aplicados pelo educador, devendo ser utilizados com criatividade. O crescimento da produção de softwares na área do ensino mostra

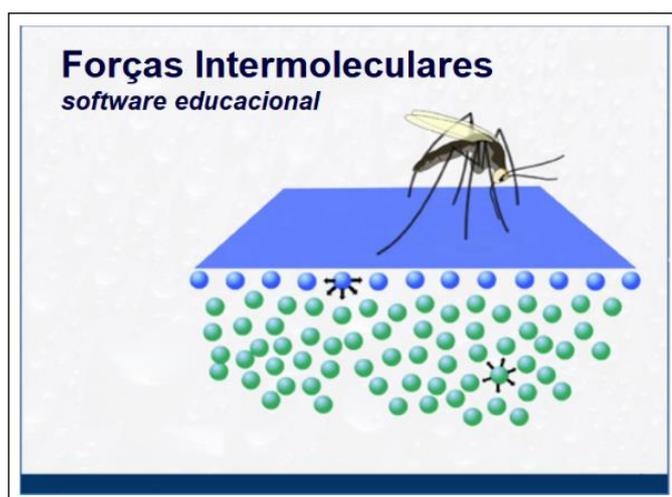
que há interesse dos educadores em utilizar ferramentas interativas e lúdicas. Dessa maneira, percebe-se que esse crescimento abrange uma boa parte das disciplinas regulares, aperfeiçoando cada vez mais a relação de ensino e aprendizagem (VIALI *et al.*, 2014).

Os diversos tipos de softwares usados na educação podem ser classificados em algumas categorias de acordo com seus objetivos pedagógicos: tutoriais, exercício e prática, multimídia, simulação e jogos. Cada um deles apresenta uma contribuição educacional, seja pelo surgimento de situações problemas e seus desafios ou pelo levantamento e refutação de hipóteses na resolução dessas situações apresentadas, estimulando a autonomia e proatividade dos alunos, auxiliada pela mediação docente (MACHADO, 2016).

a) Tutoriais

Neste tipo de software, a informação é organizada de acordo com uma sequência pedagógica particular que é apresentada ao estudante, o qual pode optar por seguir a sequência proposta ou, então, escolher um tópico de sua preferência e ir direto à informação que deseja, uma vez que estará organizada de uma forma lógica. A informação é organizada de uma forma de fácil compreensão, mas que atende exatamente o objetivo que o professor deseja alcançar (GIRAFFA, 2009; TAVARES; ECHALAR, 2017). Um exemplo é o software “Forças Intermoleculares” como apresentado na Figura 2 (LDSE, 2019a).

Figura 2 – Software “Forças Intermoleculares”



Fonte: <http://www.ldse.ufc.br/fim>. Acesso em: 19/01/2020.

b) Exercício e prática

Esse tipo de software apresenta exercícios de uma determinada área que devem ser resolvidos pelo aluno por meio de atividades interativas, tais como perguntas e respostas,

os chamados exercícios de instrução programada. Sua principal característica é ensinar através da repetição de exercícios propostos, fazendo com que o aluno aprenda praticando e visualizando seu desempenho no término de cada exercício. Esses softwares geralmente corrigem e detectam erros, podendo ainda dar exemplos de ajuda, além de manter registros de respostas corretas e incorretas (JUCÁ, 2006; PEREIRA, 2014). Um exemplo é o software “Curso H&J Datilografia” mostrado na Figura 3 (NOBRE, 2018), que é produzido para ensinar a datilografia no computador.

Figura 3 – Tela do software “Curso H&J Datilografia” do tipo exercício e prática



Fonte: Nobre (2018).

c) Multimídia

As multimídias proporcionam facilidades na combinação de textos, imagens, animações e sons, facilitando a expressão da ideia com o objetivo de melhorar e tornar a informação mais atraente (CARVALHO, 2009; TAVARES; ECHALAR, 2017). O “Duelo de Química” representado na Figura 4 (LDSE, 2019b) é um bom exemplo desse tipo de software educacional. O referido software proporciona aos estudantes a possibilidade de aprender conceitos de Química de uma forma divertida através de um desafio de conhecimento entre dois estudantes.

Figura 4 – Tela do “Duelo de Química” software baseado em multimídia



Fonte: <http://www.ldse.ufc.br/duelodequimica>. Acesso em: 24/02/2020.

d) Simulação

Este tipo de software educacional proporciona aos alunos uma visualização virtual de situações reais, na qual é possível manipular variáveis que envolvem tempo, velocidade, forças, reações, simulando eventos que são difíceis ou impossíveis de serem executados devido à restrição orçamentária, de laboratório, e/ou periculosidade do experimento. Todavia, os resultados visuais e/ou experimentais são suficientemente satisfatórios para poderem substituir o experimento real. Os simuladores oferecem um ambiente exploratório que permite ao estudante observar o fenômeno reproduzido, tomar decisões e analisar os resultados (FIALHO; MATOS, 2010; PEREIRA, 2014). Um exemplo desse tipo de software é o “Laboratório Virtual de Química” mostrado na Figura 5 (NOBRE, 2018).

Figura 5 – Software “Laboratório Virtual de Química”

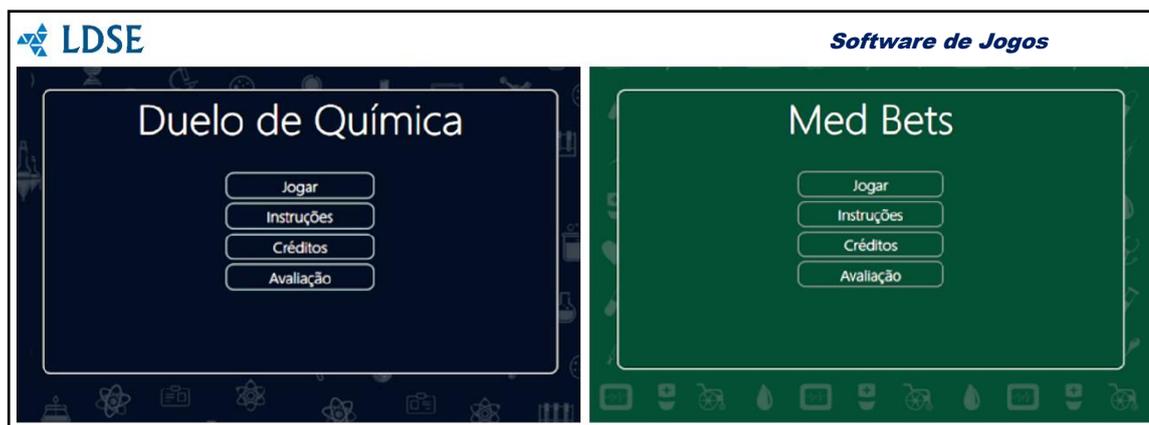


Fonte: Nobre (2018).

e) Jogos

Esses softwares geralmente são desenvolvidos com a finalidade de desafiar e motivar o aprendiz, envolvendo-o em uma competição com o computador e/ou os colegas, permitindo-o colocar em prática os conceitos e estratégias aprendidos. Os jogos educacionais possuem o objetivo de ensinar um determinado assunto ou conceito de uma forma lúdica, sendo possível aprender certo conteúdo de forma prazerosa e dinâmica, tendo em vista que, a presença de desafios motiva o usuário, permitindo interessantes usos educacionais, principalmente se integrados com outras atividades (TAVARES; ECHALAR, 2017). Vários exemplos dessas ferramentas podem ser encontrados gratuitamente no acervo do LDSE abordando tópicos específicos como na Figura 6 (LDSE, 2019a).

Figura 6 – Exemplos de softwares de jogos educacionais disponibilizados pelo LDSE



Fonte: <http://www.ldse.ufc.br>. Acesso em: 24/02/2020.

2.7 Smartphones, tabletes, aplicativos

Os smartphones e tabletes são pequenos aparelhos eletrônicos móveis (geralmente de baixo custo, controlados por pessoas e não por instituições) que permitem a instalação de uma infinidade de softwares denominados aplicativos, os quais facilitam sobremaneira a vida do usuário, e trazem praticamente tudo o que um notebook ou um desktop de mesa oferecem, acessando informações e conhecimentos em qualquer lugar e a qualquer momento (CLARK; LUCKIN, 2013; GIKAS; GRANT, 2013; GHIMIRE, 2019).

2.7.1 Smartphones e tabletes

Atualmente, a grande popularidade dos smartphones tem estimulado a fusão dos softwares de jogos com os softwares para aplicativos móveis que em alguns casos, disponibilizam mais informações e recursos que seus antecessores softwares educacionais e objetos de aprendizagem, promovendo uma inovação no ensino da Química. A geração emergente das tecnologias digitais com potencial para ser utilizado na educação surge cada vez mais associada às Tecnologias Móveis e Sem Fio (TMSF), principalmente na forma de aplicativos para tabletes e smartphones, sendo a educação móvel considerada como uma das principais tendências de aplicações das novas tecnologias no contexto educacional (NICHELE; SCHLEMMER, 2013; ANDRADE; ARAÚJO JR.; SILVEIRA, 2017).

Como era de se esperar, os smartphones e tabletes estão cada vez mais baratos, potentes e acessíveis aos estudantes e, em razão disso, por vezes, eles têm sido considerados objetos cujo uso "burla" e "transgride" as leis da instituição de ensino. Porém, se essa tecnologia baseada na Web for devidamente integrada ao currículo dos cursos, ela poderá auxiliar tanto estudantes como educadores a atingirem os objetivos do curso, e a aprendizagem ocorrerá naturalmente.

Portanto, os smartphones e tabletes são uma importante ferramenta de inserção das tecnologias digitais na sala de aula, assumindo um papel de instrumento facilitador das atividades pedagógicas devido aos diversos recursos disponíveis (O'BANNON; THOMAS, 2015; NAIK, 2017; SIEVERTSEN; CARREIRA, 2018). Estes dispositivos promovem a colaboração e a comunicação, melhorando o acesso aos recursos de aprendizagem (GASKELL; MILLS, 2010; TWUM, 2017). A interação com esses dispositivos onipresentes e seu uso para fins de aprendizado ampliou o paradigma tradicional de aprendizado para um novo fenômeno, o chamado aprendizado móvel (*m-learning*) (SU; CHENG, 2015).

Os smartphones e tabletes oferecem aos alunos a oportunidade de coletar, acessar e processar informações fora da sala de aula, além de apoiar o aprendizado em um contexto do mundo real. Os estudantes, portanto, tornar-se-ão aprendizes mais independentes, pensadores críticos e colaboradores, com habilidades para resolver problemas e buscar informações, tendo novas possibilidades para construir o seu conhecimento, diferentes e cada vez mais eficientes (BHARATHY, 2015).

Já os professores, com o auxílio destas ferramentas tecnológicas, poderão assumir para si o papel de agente organizador, problematizador e orientador da construção do

conhecimento através do auxílio crítico e da mediação das formas como essa ferramenta será inserida nos processos de ensino e aprendizagem.

Keegan (2002), já no começo dos anos 2000 afirmava que a aprendizagem móvel seria o tipo de aprendizagem do futuro, e que enquanto os estudantes se movessem, eles também carregariam o ambiente de aprendizagem fisicamente, pois esses seriam dispositivos eletrônicos portáteis dotados de ferramentas poderosas para resolver problemas com uma carga reduzida de mídia convencional, livros pesados e computadores volumosos.

2.7.2 Aplicativos

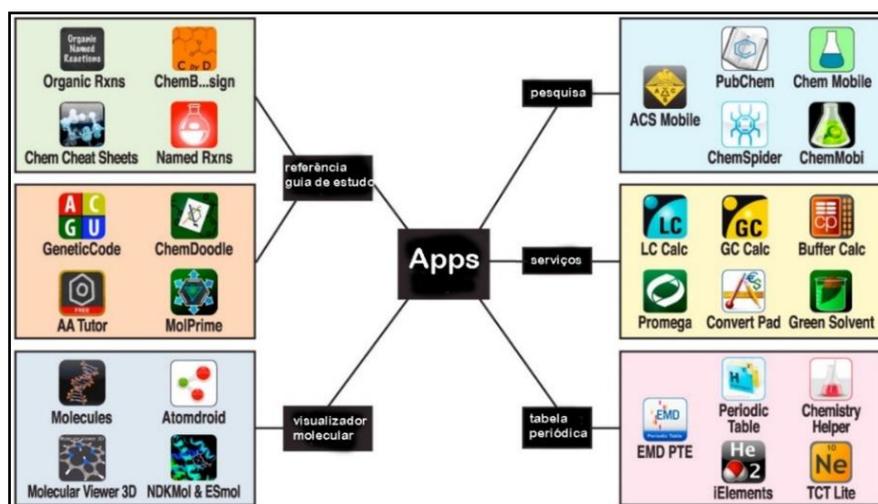
Um aplicativo móvel é um software desenvolvido para ser instalado em um dispositivo eletrônico móvel. O termo app (do inglês *application*) é uma forma abreviada para aplicação de software. Atualmente, existem plataformas de apps para smartphones e tablets, como por exemplo, a IOS, Android ou a Windows Mobile e em cada uma delas há milhões de softwares disponíveis. Em 2014, as duas plataformas que mais tinham apps disponíveis eram a Android, que na Play Store contava com 1,43 milhão de apps, e a IOS, que na App Store hospedava 1,21 milhão de apps (CARVALHO *et al.*, 2019).

Hoje, os aplicativos instalados nos smartphones e tablets podem ajudar os alunos a aprenderem muitos conteúdos de maneira fácil e dinâmica, além da oportunidade de interagir com outras pessoas de forma colaborativa a qualquer momento e em qualquer lugar. Em Química, os aplicativos de referência disponibilizados para esses dispositivos inteligentes ajudam os alunos a aprender sobre reações, fórmulas químicas, nomenclatura, acessar tabelas de dados com informações detalhadas, notícias científicas e feeds atualizados das publicações mais recentes, os resumos ou o texto completo, para revisão imediata ou para salvamento local para leitura posterior, etc. (HUANG; HWANG; CHANG, 2010; WILLIAMS; PENCE, 2011).

As plataformas citadas anteriormente disponibilizam uma infinidade de apps que podem ser baixados gratuitamente ou comprados por uma pequena fração do custo do software de um desktop. Estes apps possuem uma vasta gama de funcionalidades, e podem abranger um grande número de disciplinas: Química geral e inorgânica, analítica, físico-química, bioquímica e orgânica (BENEDICT; PENCE, 2012; BONIFÁCIO, 2012; SILVERBERG, 2013; WONG; LIU; YU, 2014; MONTANGERO, 2015; GRASSE; TORCASIO; SMITH, 2016; BANDYOPADHYAY; RATHOD, 2017; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2019).

Na área da Química orgânica, os apps podem ser encontrados abordando diversos assuntos e contextos (Figura 7). Com relação aos conteúdos, encontram-se desde conteúdos simples como uma tabela periódica, calculadora química, e guia de estudos, até outros conteúdos mais complexos que oferecem suporte de dados analíticos para equipamentos de laboratórios como o de ressonância magnética nuclear (LIBMAN; HUANG, 2013).

Figura 7 – Diferentes tipos de aplicativos para smartphones e tablets



Fonte: Adaptado de Libman; Huang, (2013).

A maioria deles é de caráter funcional, oferecendo ao usuário conteúdos na forma de tutoriais, banco de dados e simuladores (WILLIAMS; PENCE, 2011; LIBMAN; HUANG, 2013; SIEVERTSEN; CARREIRA, 2018), entre outras funções que auxiliam nos estudos dos estudantes, representando uma alternativa didática e digital ao processo de ensino e aprendizagem (GRESCZYSCYN; FILHO; MONTEIRO, 2016).

2.8 Jogos didático-computacionais

Os apps educacionais são muito eficientes tanto dentro como fora da sala de aula por se tratar de aplicações interativas que engajam os estudantes, despertando neles o interesse em aprender. Isto é especialmente observado quando os apps são usados numa abordagem de aprendizagem que integra a parte teórica com sessões práticas, propiciando oportunidades que não seriam possíveis em salas de aulas convencionais e/ou com pouca estrutura tecnológica (JAIN; CHAKRABORTY; CHAKRAVERTY, 2018; JONES; SPICHKOVA; SPENCER, 2018).

Alguns apps desenvolvidos para smartphones e tablets podem ser utilizados pelo professor para executar tarefas comuns como vincular fotos, registrar dados observados, capturar anotações de um quadro branco por meio de vídeo, imagem, digitalizar documentos ou até mesmo realizar sondagens por meio de questionários de múltipla escolha com correção automática (YOUNG, 2011; CARVALHO, 2015).

No entanto, segundo Naik (2017), mesmo com a atual contribuição positiva dos muitos apps disponíveis, deve-se salientar que grande parte deles ainda apresentam as informações em um padrão baseado em texto e que esse formato oferece ao estudante uma interação limitada, sendo considerado como uma forma estática de apresentar as informações que não difere muito dos livros didáticos tradicionais, havendo uma necessidade real de buscar novos formatos que sejam mais dinâmicos e que despertem o interesse do estudante.

Uma das alternativas promissoras de mudar essa dinâmica, e que vem se consolidando, são os aplicativos educacionais no formato de jogos, desenvolvidos com a finalidade de desafiar e motivar o aprendiz, envolvendo-o em uma competição com a máquina e/ou com os colegas.

Os jogos educacionais possuem o objetivo de ensinar um determinado assunto ou conceito de uma forma lúdica, sendo possível aprender certo conteúdo de forma prazerosa e dinâmica, tendo em vista que, a presença de desafios motiva o usuário, permitindo interessantes usos educacionais, principalmente se integrados com outras atividades (TAVARES; ECHALAR, 2017). Eles são muito eficazes para atingir o público jovem estudantil e, conseqüentemente, promovem uma melhoria dos resultados acadêmicos (CLARCK; TANNER-SMITH; KILLINGSWORTH, 2016). Além disso, os jogos contribuem para a criação de um cenário ficcional que oferece novas formas de entender e agir sobre o real, podendo ser reconhecidos como facilitadores da aprendizagem de assuntos complexos e por estimular o desenvolvimento de importantes habilidades cognitivas, como a resolução de problemas, a percepção, a criatividade e o raciocínio rápido (SANTOS; LEITE, 2019).

Shaffer *et al.* (2004) afirma que os jogos educacionais são bons para aprender, mas esta é uma declaração geral que pode ser contestada por alguns educadores. Todavia, os efeitos benéficos dos jogos sobre a aprendizagem não podem ser negados (KIM; PARK; BAEK, 2009; RASTEGARPOUR; MARASHI, 2012). Atualmente, existe um consenso entre os educadores de que os jogos são um meio de aprendizagem muito influente, e estão ganhando cada vez mais espaço como instrumento motivador, uma vez que a ideia do “ensino despertado pelo interesse do estudante” passou a ser o novo foco do processo de ensino (ROYLE, 2008).

Estudos indicam que os jogos melhoram significativamente a motivação dos alunos e os resultados da aprendizagem, tendo efeitos positivos na resolução de problemas relacionados ao interesse e engajamento de tarefas, e por serem envolventes e vantajosos, os estudantes provavelmente terão uma recordação maior do que aprenderam, influenciando positivamente na aprendizagem de conceitos difíceis e permitindo que os estudantes se beneficiem da experiência de outros colegas (KIM; PARK; BAEK, 2009; STRINGFIELD; KRAMER, 2014).

O termo "jogos sérios" também tem sido utilizado para definir os jogos que têm a difícil missão de equilibrar a tarefa do ensinar com o prazer da atividade lúdica no processo de ensino e aprendizagem (KISHIMOTO, 2011). Para Kishimoto (2011), o aspecto lúdico dessas ferramentas está intimamente relacionado ao caráter da diversão e do prazer que um jogo pode proporcionar, enquanto a função educacional está relacionada à aquisição de conhecimentos, habilidades e saberes, sendo uma atividade intencional guiada pelo professor a partir dos objetivos estipulados no seu planejamento.

Atualmente, dentro do universo dos jogos educacionais, existem aqueles que se enquadram na categoria de softwares, utilizando a integração com o computador e com a Internet. São os chamados jogos didático-computacionais, que facilitam tanto o processo de ensino como da aprendizagem de conteúdos de Química sem perda da função lúdica e educativa. Um exemplo desta possibilidade pode ser visto no jogo *Say My Name* (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2018b), apresentado na Figura 8, desenvolvido com o propósito de potencializar o aprendizado da nomenclatura dos compostos orgânicos.

Figura 8 – *Say My Name*, software no formato de um jogo educacional para computador



Fonte: Silva Júnior *et al.*, (2018b).

Os jogos didático-computacionais costumam atrair o interesse sobretudo dos jovens, pois este recurso faz parte do seu dia a dia e se configuram numa ferramenta complementar na construção do conhecimento, além de ser um valioso recurso no processo de ensino e aprendizagem capaz de proporcionar a motivação, tanto para o aluno como para o professor (CHACON; ROBAINA, 2014).

Uma estratégia de evolução que tem sido ainda mais eficiente consiste na criação de aplicativos (apps) no formato de jogos didático-computacionais para aparelhos móveis (smartphones e tablets). Segundo um documento da UNESCO (2013), as tecnologias móveis estão presentes até mesmo em áreas em que as escolas, os livros e os computadores são escassos. Portanto, os dispositivos móveis e os softwares educacionais desenvolvidos para esses dispositivos serão ferramentas potentes para contribuir com a melhoria e ampliação da aprendizagem, principalmente, para estudantes que tradicionalmente não tinham acesso à educação de alta qualidade, por questões geográficas, econômicas e sociais.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Especificar, desenvolver, testar e avaliar um aplicativo para plataformas móveis (smartphones e tablets), no formato de um jogo educacional para auxiliar os estudantes na revisão dos conteúdos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos de uma forma lúdica.

3.2 Específicos

- Criar um banco de questões, disponível em três idiomas (português, inglês e espanhol).
- Desenvolver o aplicativo, interligando o banco de questões à plataforma do jogo.
- Testar o jogo “Time Bomb Game” como uma ferramenta de aprendizagem com turmas de estudantes de graduação e do ensino médio.
- Incentivar, por meio da disponibilização da ferramenta desenvolvida, a utilização das TICs no contexto de ensino da Área da Química orgânica.
- Avaliar o jogo desenvolvido a partir das opiniões dos professores e estudantes.
- Avaliar o papel instrucional do jogo a partir da comparação do desempenho dos estudantes de turmas que utilizaram (grupos experimentais) e os que não utilizaram o software (grupos controle) em seus estudos.
- Propor estratégias de utilização do “Time Bomb Game” na disciplina Química orgânica I.

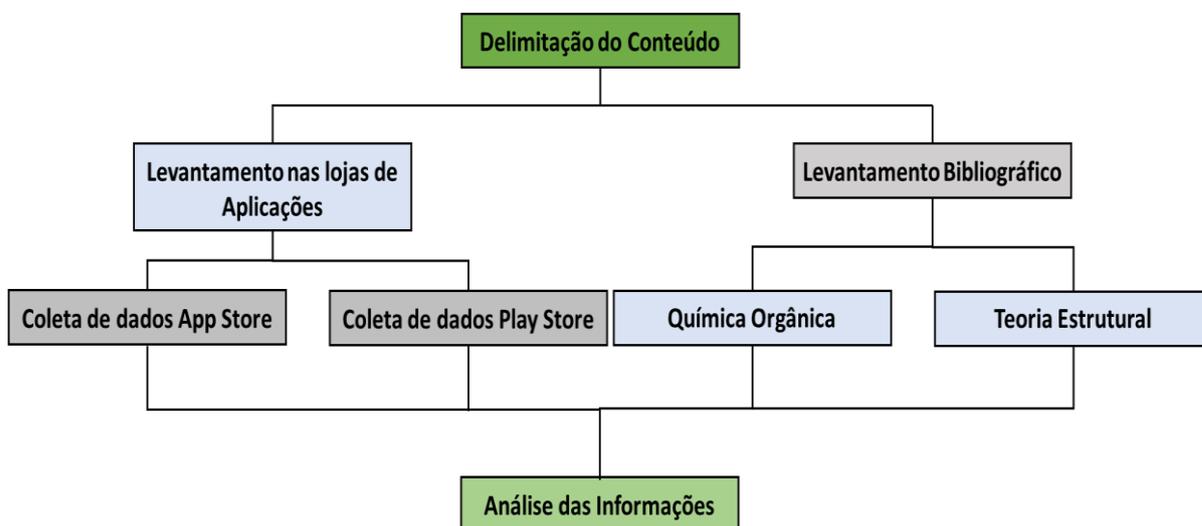
4 METODOLOGIA

Devido a carência em materiais que abordem os tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos de uma forma mais ampla, surgiu a ideia do desenvolvimento do “Time Bomb Game”, que é um aplicativo para plataformas móveis, no formato de um jogo de perguntas e respostas, que cobre os principais tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos (aromaticidade, distribuição eletrônica, estruturas de pontos de Lewis e cargas formais, forças intermoleculares, hibridização, geometria molecular e ressonância) normalmente encontramos nos livros textos adotados nas Universidades. O jogo funcionaria como uma ferramenta auxiliar para a revisão e reforço desses conteúdos, porém, de uma forma desafiadora e divertida.

4.1 Processo de pesquisa

O processo de pesquisa consistiu de duas etapas ou levantamentos distintos, ambos realizados num período de 18 meses, retratados na Figura 9.

Figura 9 – Etapas da pesquisa



Fonte: Próprio Autor (2019).

Diante das dificuldades encontradas pelos professores no processo de ensino, assim como a tarefa dos estudantes de assimilação dos conceitos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos, realizamos um levantamento nas lojas de aplicações (App Store e Play Store) para verificar a disponibilidade de aplicativos relacionados a esta área de

interesse (Tabela 1 e Apêndice A) e que pudessem ajuda-los na compreensão desses conteúdos. Os descritores utilizados nessa pesquisa foram “química orgânica”, “jogos educacionais”, e “teoria estrutural”.

Tabela 1 – Conteúdos de Química disponíveis nas lojas de aplicações

Assuntos	Em 123 App na Play Store	Em 80 App na App Store
Cargas Formais	01	01
Distribuição Eletrônica	01	-
Forças Intermoleculares	01	02
Aromaticidade	02	-
Hibridização	02	01
Estruturas de Lewis	03	01
Ressonância	03	03
Geometria Molecular	05	01
Reações Orgânicas	53	37
Fórmulas Químicas	71	26
Nomenclatura	87	43
Funções Orgânicas	101	62

Fonte: Próprio Autor (2019).

OBS: Um único App pode abordar mais de um assunto.

O que se observou no levantamento realizado foi uma escassez de aplicativos que abordem os tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos. Apenas 27 cobriam esses assuntos, sendo a maioria deles no formato de tutorial e apresentados aos usuários em conjunto com outros assuntos. A grande maioria dos softwares relacionados à Química orgânica nas lojas de aplicativos abordam nomenclatura (130), fórmulas químicas (97), funções orgânicas (90) e reações orgânicas (90) (LIBMAN; HUANG, 2013; DAVENPORT, 2017; JONES; SPICHKOVA; SPENCER, 2018; WINTER *et al.*, 2019).

Nesse levantamento também identificamos os principais formatos dos aplicativos disponíveis. Muitos deles apresentam as informações num padrão baseado em texto com restrição de interação do usuário. Porém, também foi observado uma tentativa de melhoria e mudança dessa dinâmica, como por exemplo, a utilização de aplicações baseadas em jogos, como mostrado na Tabela 2.

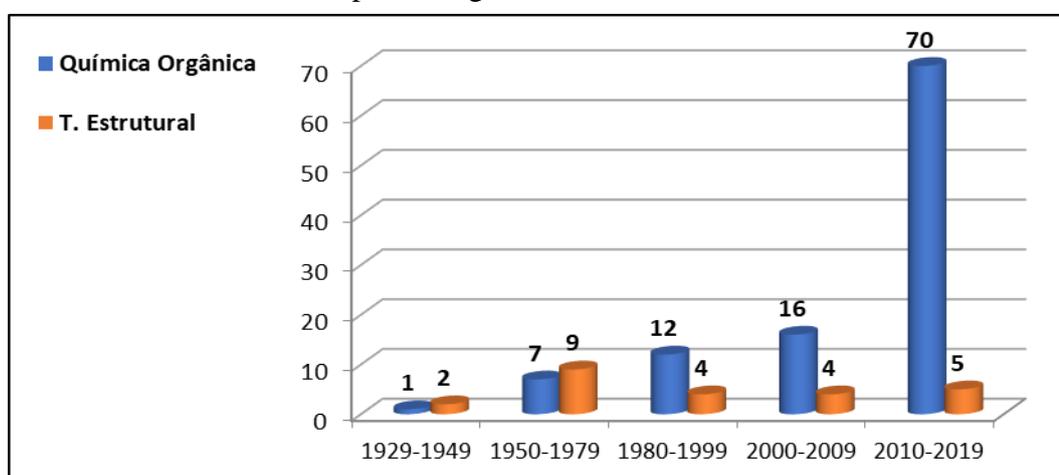
Tabela 2 – Forma como os conteúdos são trabalhados nos apps disponibilizados nas lojas App Store e Play Store

Formato	Android	IOS
Desenho	03	-
E-book	08	02
Informação	4	09
Jogo	34	23
Pesquisa	01	-
Banco de Questões	01	-
Simulação	09	5
Tutorial	46	28
Tutorial/Quiz	13	07
Tutorial/Vídeo	01	-
Vídeo	01	-
Visualização	04	04
Total	123	80

Fonte: Próprio Autor (2019).

Por conseguinte, um outro levantamento foi realizado, agora bibliográfico sobre utilização de jogos educacionais na área de Química orgânica e a cobertura dos mesmos em relação à teoria estrutural de compostos orgânicos (Figura 10 e Apêndice B). Essa fase incluiu a transcrições de trechos, hipóteses e ideias significativas defendidas pelos autores.

Figura 10 – Levantamento bibliográfico sobre jogos educacionais na área de Química orgânica e teoria estrutural dos compostos orgânicos



Fonte: Próprio Autor (2019).

A busca das informações científicas foi feita nas bases eletrônicas Google Acadêmico, Scielo, sites de jornais e revistas especializadas no ensino de Química (Computers & Chemical Engineering, Journal of Chemical Education, Journal of Chemical Information, Computer Sciences, Journal of Physical Chemistry Letters, Ciências & Cognição, Química Nova, RENOTE, Tecnologias na Educação). Os descritores utilizados (química orgânica, jogos educacionais e teoria estrutural) foram os mesmos do levantamento feito nas lojas de aplicações.

4.2 A construção do jogo “Time Bomb Game”

Nesta seção, será descrito o processo de criação do jogo “Time Bomb Game” e o detalhamento de seu funcionamento.

4.2.1 A construção do banco de dados/questões

O banco de dados é um sistema computadorizado cuja finalidade geral é armazenar uma coleção de informações e permitir que os usuários busquem e atualizem essas informações quando necessário (DATE, 2004; ROUSE *et al.*, 2006). O banco criado está disponibilizado em três idiomas (Português, Inglês e Espanhol) no padrão-MySQL (sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto) e utiliza uma interface que foi criada com HTML, CSS e JavaScript.

De uma maneira geral o HTML (*Hyper Text Markup Language*) é um recurso que utiliza uma linguagem de marcação muito simples e acessível voltada para a produção e compartilhamento de documentos, imagens, vídeos e áudio via streaming. Através dessas marcações o recurso informa ao navegador como exibir o documento (BROOKS, 2017).

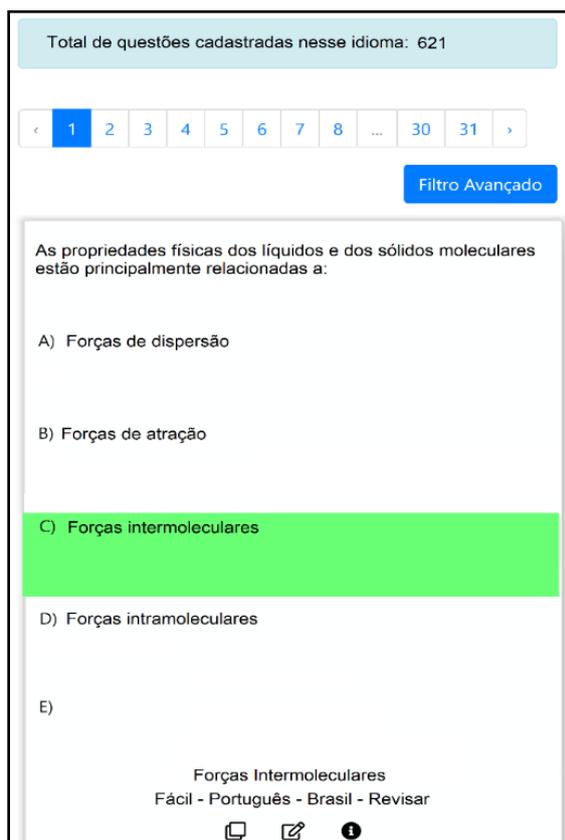
Já o CSS (*Cascading Style Sheets*) é utilizado para especificar a aparência (layout, cor e fonte) dos vários elementos de um documento que foi definido por uma linguagem de marcação (como o HTML). Tem por objetivo separar a estrutura do documento de sua aparência, controlando as variáveis que definem o estilo visual (GRANNELL, 2007).

O JavaScript é uma linguagem de programação criada para permitir o acesso de scripts a todos os elementos de um documento HTML. Em outras palavras, ele fornece um meio de interação dinâmica com o usuário por meio de uma série de recursos de interface gráfica tais como botões, campos de entradas e seletores, permitindo modificar e integrar o conteúdo e a aparência dos vários elementos que compõem o documento (NIXON, 2014).

Todas essas tecnologias integram o novo banco de dados do LDSE que armazena as questões criadas e foi desenvolvido com o objetivo de melhorar o gerenciamento das informações usadas na construção das aplicações desenvolvidas pelo laboratório.

A criação de questões bem como a deleção das mesmas usando esses recursos podem ser feitas de modos rápido e fácil (Figura 11).

Figura 11 – Exemplo da tela de criação, visualização, edição e deleção de questões



Fonte: Adaptado de LDSE (2019c).

Foram elaboradas 621 questões objetivas de múltipla-escolha, com quatro possibilidades de respostas, abordando sete tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos que, normalmente, são encontrados no capítulo introdutório de livros de Química orgânica (Tabela 3).

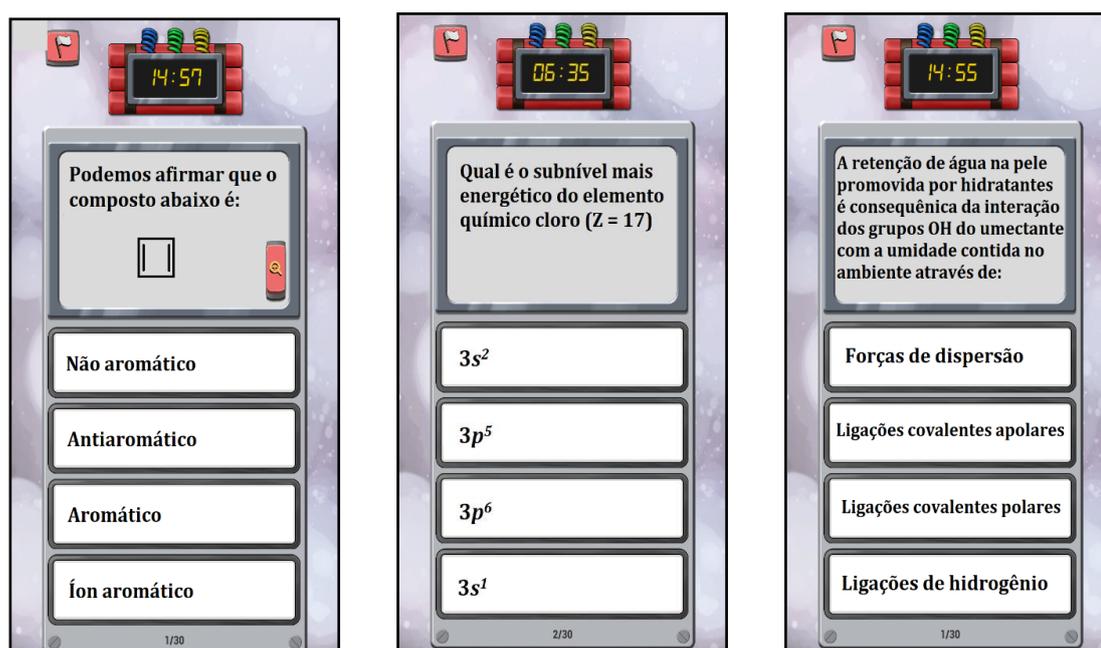
Tabela 3 – Divisão dos assuntos por grupos relacionados à teoria estrutural

Tópicos	Níveis de Dificuldade			Total
	Fácil	Médio	Difícil	
Aromaticidade	27	28	26	81
Distribuição Eletrônica	29	29	25	83
Estruturas de Lewis e Cargas Formais	30	29	27	86
Forças Intermoleculares	38	42	41	121
Geometria Molecular	27	27	26	80
Hibridização	29	27	25	81
Ressonância	27	32	30	89
Total	207	214	200	621

Fonte: Próprio Autor (2019).

As questões, distribuídas em três níveis de dificuldade (fácil, médio e difícil), abordam temas importantes que servirão de fundamentos para conhecimentos mais complexos que serão apresentados em disciplinas futuras. Quanto aos critérios utilizados para sua classificação destaca-se a complexidade dos conhecimentos exigidos em cada grupo. Questões que exigem conhecimentos básicos como definições de conceitos, características dos compostos e estruturas foram consideradas pertencentes ao nível fácil (Figura 12a).

Figura 12 – Exemplos de questões dos níveis: a) Fácil; b) Médio e c) Difícil



Fonte: Próprio Autor (2020).

Por exemplo, para conseguir responder corretamente à questão mostrada na Figura 12a, o aluno precisa conhecer a definição de aromaticidade, que é uma propriedade química associada à estabilidade em certos sistemas π de algumas estruturas. Para que um composto seja considerado aromático ele precisa satisfizer determinados critérios (KLEIN, 2013):

1. O composto deve ser cíclico, planar e conter um anel formado de orbitais p continuamente sobrepostos.

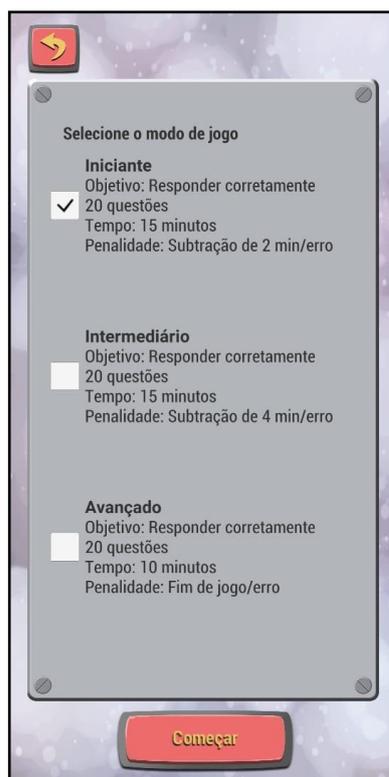
2. O número de elétrons π no anel deve ser um número Hückel (o número de elétrons π no anel deve ser 2, 6, 10, 14, etc. Essa série de números pode ser expressa matematicamente como $4n + 2$ elétrons, onde “n” é um número inteiro). Os compostos que falham no primeiro critério são denominados não aromáticos e os que falham no segundo critério, antiaromáticos.

Contudo, à medida que se apresentam novas informações e que se exijam do estudante maior embasamento dos assuntos abordados, a dificuldade das questões aumenta, dessa forma elas passaram a ser classificadas como pertencentes ao nível médio (Figura 12b). Por exemplo, para a resolução da questão mostrada na Figura 12b, o aluno precisa ter bem fundamentado o conceito de distribuição eletrônica e, além de saber fazer a correta distribuição dos elétrons em seus níveis e subníveis de energia, também deve ser capaz de diferenciar o subnível mais externo do subnível mais energético, pois nem sempre o subnível mais energético é o mais afastado do núcleo.

Por último, questões com abordagens mais complexas que exijam do estudante um certo “domínio” do assunto e interpretação correta de informações técnicas apresentam um nível de dificuldade mais elevado para sua resolução, sendo por esse motivo, consideradas como difíceis. Por exemplo, para a correta resolução da questão mostrada na Figura 12c, o aluno deve saber diferenciar forças intramoleculares de forças intermoleculares, além de conhecer os vários tipos possíveis de interações entre as moléculas.

Embora as questões estejam divididas em 3 níveis de dificuldades (fácil, médio e difícil), o jogo pode ser jogado em modos distintos de dificuldade (Figura 13), que podem ser escolhidos pelo estudante, e não se relacionam com os níveis de dificuldade das questões.

Figura 13 – Modos do jogo



Fonte: Próprio Autor (2020).

A dificuldade para desarmar a bomba-relógio é determinada por um conjunto de dois fatores: (i) a penalidade aplicada por erro; e (ii) a quantidade de questões exigidas, a serem respondidas corretamente, em cada modo de jogo.

Para o desenho das estruturas dos compostos presentes nas questões, foi utilizado o software *ChemBioDraw Ultra 12.0* (© 1998-2014 *CambridgeSoft Corporation*), usando as seguintes configurações dos objetos (*object settings*):

- Fonte dos elementos: **Arial**
- Tamanho da fonte dos elementos: **14**
- Fonte dos textos: **Arial**
- Tamanho da fonte dos textos: **14**
- Cor da fonte: **Preto**
- Espessura da linha: **0,05 cm**

As estruturas desenhadas foram salvas inicialmente com extensão .cdx (editável) e, a seguir, com a extensão PNG para serem tratadas e padronizadas com as dimensões 10,24 cm x 5,12 cm. A resolução das imagens foi de 72 dpi.

4.2.2 Arquitetura de programação do app

O *game engine* (motor de jogo) utilizado foi a plataforma *Unity*. Essa plataforma possui várias funcionalidades que permitem ao programador desenvolver desde jogos simples até jogos mais elaborados em ambientes 3D. Trata-se de um motor de desenvolvimento integrado que disponibiliza ferramentas para montar a interface que mais se adequa à aplicação que está sendo desenvolvida, assim como para editar e testar simultaneamente o software. Além disso, a plataforma *Unity* permite publicar o aplicativo desenvolvido nas plataformas de maior preferência do desenvolvedor (IOS, Android, PS3, Xbox 360, etc.) (HU; ZHANG; QU, 2012).

Uma das características mais notórias da *Unity* é a possibilidade de projetar o software para várias plataformas (IOS e Android, por exemplo) de uma só vez, com a necessidade de pouco trabalho adicional, sendo por esse motivo uma das principais plataformas de desenvolvimento de jogos, atualmente.

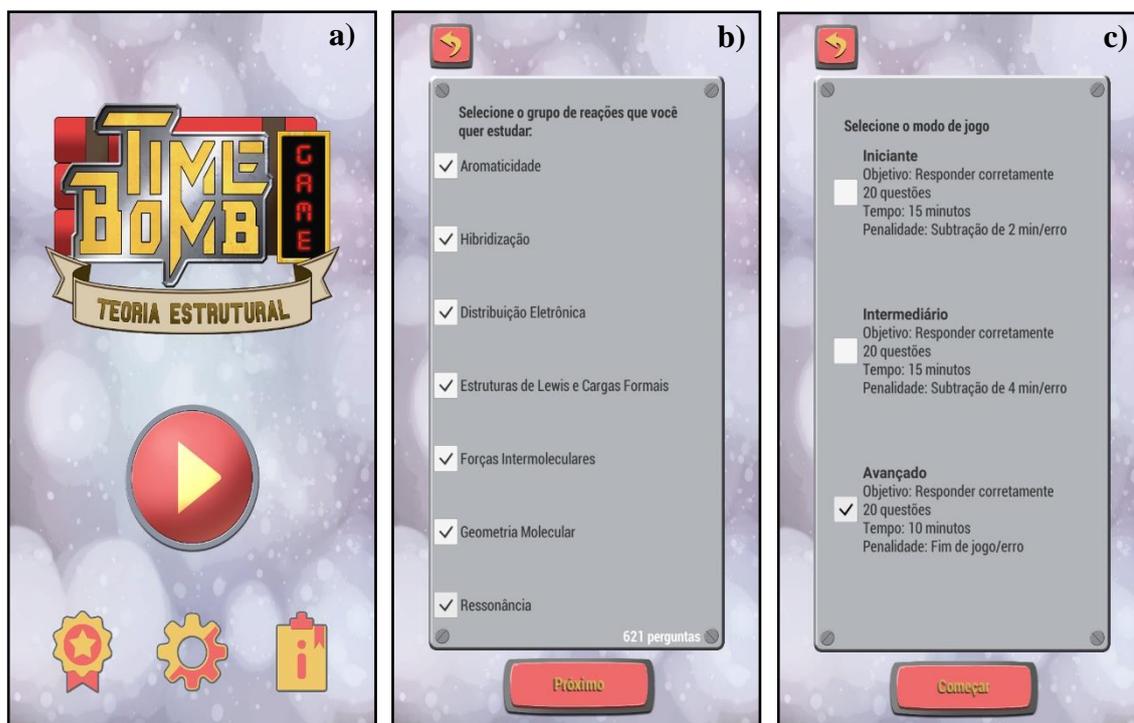
A comunicação entre o banco de dados e a plataforma *Unity* foi feita por meio de arquivos no formato SQL (*Structured Query Language*), o qual é uma linguagem de pesquisa padrão para banco de dados relacional de código, e, por esse motivo, permite muita agilidade no processo de atualização das plataformas.

4.2.3 O Jogo

O *layout* do jogo, a sequência de ações, as mudanças de interfaces relacionadas com essas sequências, as regras que devem ser seguidas, o método de classificação do jogador e a forma com que essas características se encaixam para o software funcionar são partes fundamentais no entendimento da montagem do mesmo.

A partir da tela inicial do jogo, o estudante pode (i) selecionar o idioma preferencial, (ii) iniciar o jogo, (iii) checar a galeria de heróis que lista os 10 estudantes que desativaram a bomba mais rapidamente, (iv) ler as regras, e (v) ter informações sobre a equipe de desenvolvimento (Figura 14a).

Figura 14 – a) Tela principal do jogo; b) Selecionando grupos de tópicos e c) Selecionando o modo de jogo



Fonte: Próprio Autor (2020).

Quando o usuário clica no botão “jogar”, duas telas aparecem sequencialmente para configurar os parâmetros do jogo. A seleção dos tópicos que deseja estudar irá determinar os assuntos das questões que aparecerão durante o jogo (Figura 14b), enquanto a seleção de um entre três modos de jogo, determinará o nível de dificuldade para se desarmar a bomba-relógio (Figura 14c). Nos três modos, o jogador deverá responder 20 questões corretamente para desarmar a bomba. Todavia, o tempo que terá para desarmar a bomba e as penalidades que sofrerá ao errar uma questão são bem distintos. Os parâmetros que definem cada modo de jogo são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros para cada modo do jogo

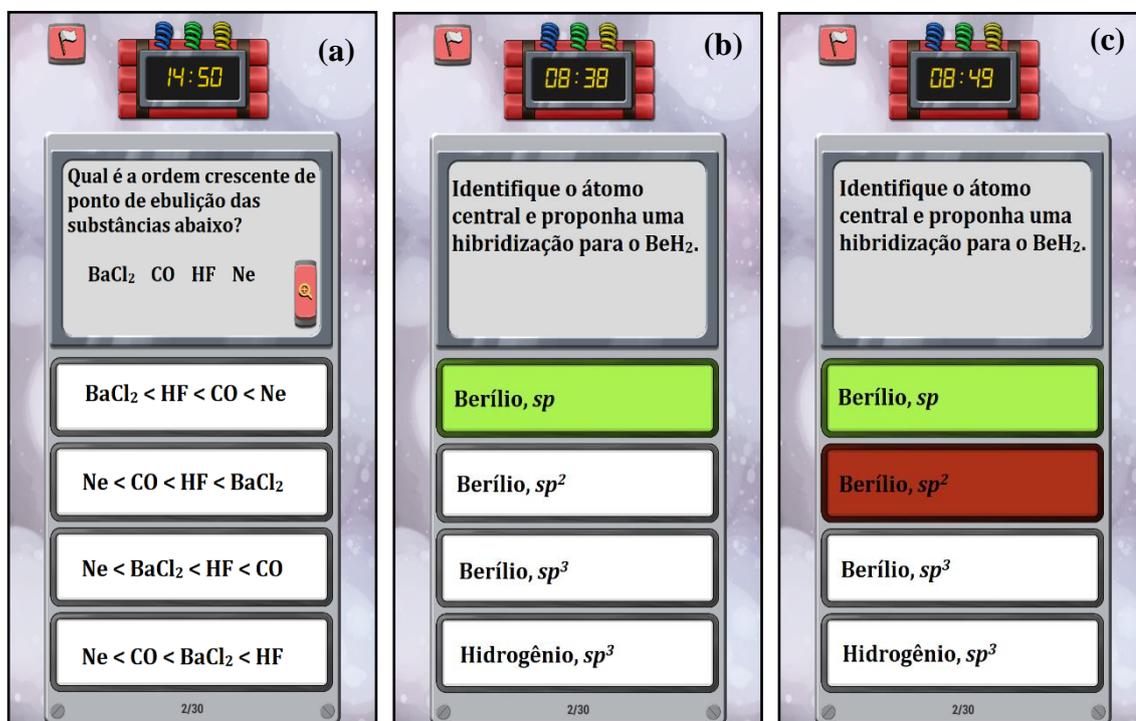
Modos	Parâmetros		
	Nº de Questões	Tempo Disponível	Penalidade por erro
Iniciante	20	15 min	- 2 mim
Intermediário	20	15 mim	- 4 mim
Avançado	20	10 mim	Fim de jogo

Fonte: Próprio Autor (2019).

A especificação do tempo de jogo em cada um dos modos de dificuldade, assim como, a penalidade aplicada por erro foi feita mediante a realização de testes da equipe de desenvolvimento, no período de 6 (seis) meses e o *feedback* de estudantes de graduação do curso de Farmácia (semestre 2019.1) da Universidade Federal do Ceará (UFC), os quais cursavam a disciplina de Química orgânica I que fizeram uma avaliação preliminar do jogo.

Após especificar os parâmetros do jogo, o usuário deve clicar no botão “começar”, localizado na parte inferior da tela (Figura 14c), para que a partida seja iniciada com o concomitante acionamento da contagem regressiva (Figura 15a). Ao passo que o jogador responde corretamente uma pergunta (Figura 15b), uma nova pergunta surge na tela, e o número de respostas corretas é totalizado na parte inferior da tela. Por outro lado, se uma alternativa de resposta incorreta for selecionada, o aplicativo indicará que aquela resposta é incorreta, destacando-a em vermelho (Figura 15c), e aplicará a penalidade prevista para o erro. Por outro lado, o aplicativo, cumprindo sua missão educativa, indicará a alternativa correta, destacando-a em verde.

Figura 15 – a) Exemplo de questão; b) Respondendo corretamente e c) Respondendo incorretamente



Fonte: Próprio Autor (2020).

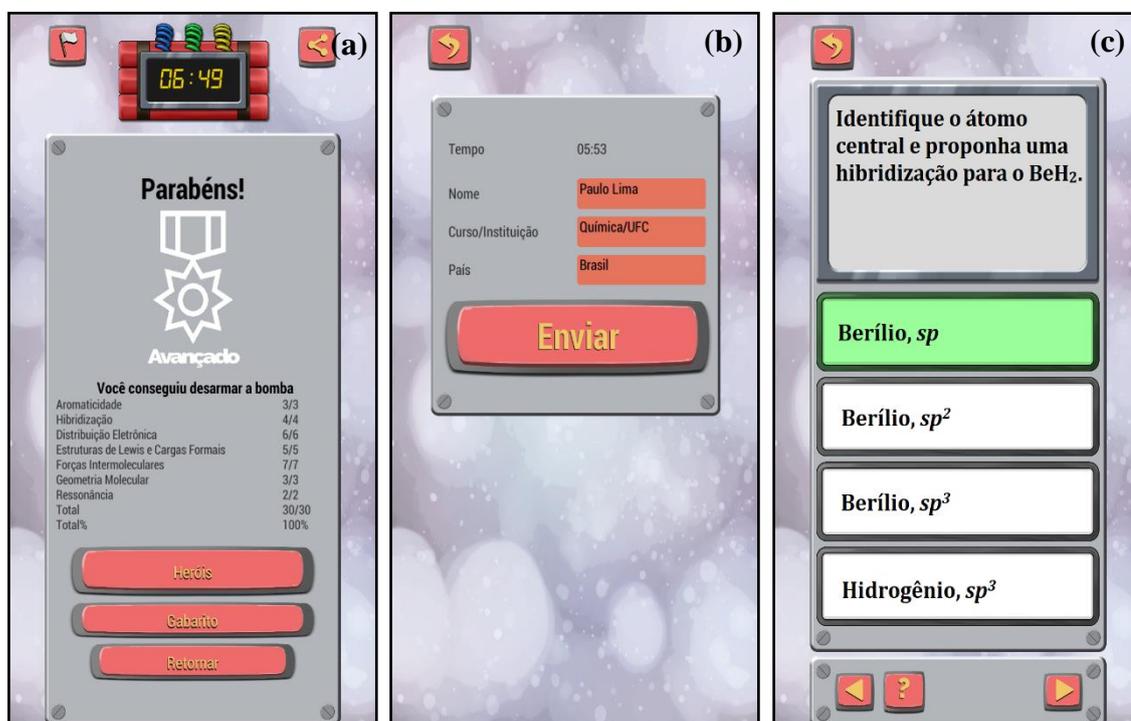
O jogo foi concebido para que os estudantes, utilizando os seus conhecimentos, e não por uma questão de sorte, consigam desarmar uma bomba-relógio. Uma vez que a missão

é completada, o jogador é parabenizado pelo aplicativo através de uma tela (Figura 16a) que lhe possibilita a visualização do número total de perguntas respondidas, o total de acertos obtidos em cada tópico, além do percentual total de acertos. Ressalta-se que esta tela pode ser compartilhada com as redes sociais do usuário, clicando-se no botão de compartilhamento localizado no canto superior direito da tela.

Ainda a partir desta tela (Figura 16a), clicando-se no botão “Heróis”, o jogador tem a opção de passar para uma outra tela (Figura 16b), onde poderá registrar seu nome em uma galeria de heróis. A galeria de heróis foi criada com o objetivo de motivar os estudantes a continuarem jogando e, conseqüentemente, aprendendo. Para isso, foi criado um banco que armazena os dados (o nome, a instituição onde estuda/trabalha, país de origem e o tempo) dos jogadores que conseguiram desarmar a bomba no formato de um ranking (Figura 17c).

Ainda a partir da tela de parabenização (Figura 16a), clicando-se no botão “Gabarito” é possível a visualização de todas as questões respondidas durante a partida, com as respectivas alternativas corretas indicadas em verde (Figura 16c). Além disso, em cada uma das questões há um botão (?) (Figura 16c) que, quando clicado, revela um curto comentário explicativo do porquê de a alternativa ser indicada como correta é correta (Figura 17b).

Figura 16 – a) Tela de parabenização; b) Registrando-se na galeria e c) Tela do gabarito



Fonte: Próprio Autor (2020).

Por outro lado, se o estudante não foi capaz de desarmar a bomba-relógio, ela “explode” – fim de jogo. Neste caso, o jogador vê a “tela quebrada” (Figura 17a) depois de ouvir o som de uma explosão. A partir da tela “quebrada”, o usuário poderá visualizar o número total de perguntas respondidas e acertos obtidos em cada tópico, além do percentual total de acertos, obtendo um feedback do seu desempenho.

Nessa tela, da mesma forma que descrito anteriormente para o jogador que conseguiu desarmar a bomba-relógio, o jogador que falhou na missão também poderá verificar o gabarito de todas as perguntas, clicando-se no botão “Gabarito” (Figura 17a). Nesta última opção, o aplicativo novamente revela a alternativa correta, destacando-a em verde, e também apresenta um curto comentário explicativo do porquê de a alternativa ser indicada como correta é correta (Figura 17b).

Figura 17 – a) Tela de fim de jogo; b) Tela do comentário e c) Tela da galeria de heróis



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.2.4 Implementação do software

Depois da criação do aplicativo, que inclui várias etapas como: programação, criação de interfaces, escolha de cores, delimitação dos conteúdos, determinação da dinâmica do software e a calibragem do jogo, obtivemos uma versão executável para testes. Todavia, antes da disponibilização de uma ferramenta tão complexa para o público alvo é fundamental

que o app passe por testes, os quais foram executados com a intenção de descobrir bugs e erros de inicialização, interfaces, leitura de dados, desempenho e conteúdo, maximizando a experiência dos alunos/jogadores.

Um total de 16 versões do app foram instaladas em tablets e smartphones de integrantes do LDSE para que fossem testadas. Devido às diversidades de aparelhos disponíveis no mercado não é raro que um aplicativo funcione bem em alguns tipos de dispositivos e apresente falhas em outros. Isso é uma realidade para todo desenvolvedor e, por essa razão, o jogo foi testado no maior número possível de dispositivos de diferentes marcas e modelos.

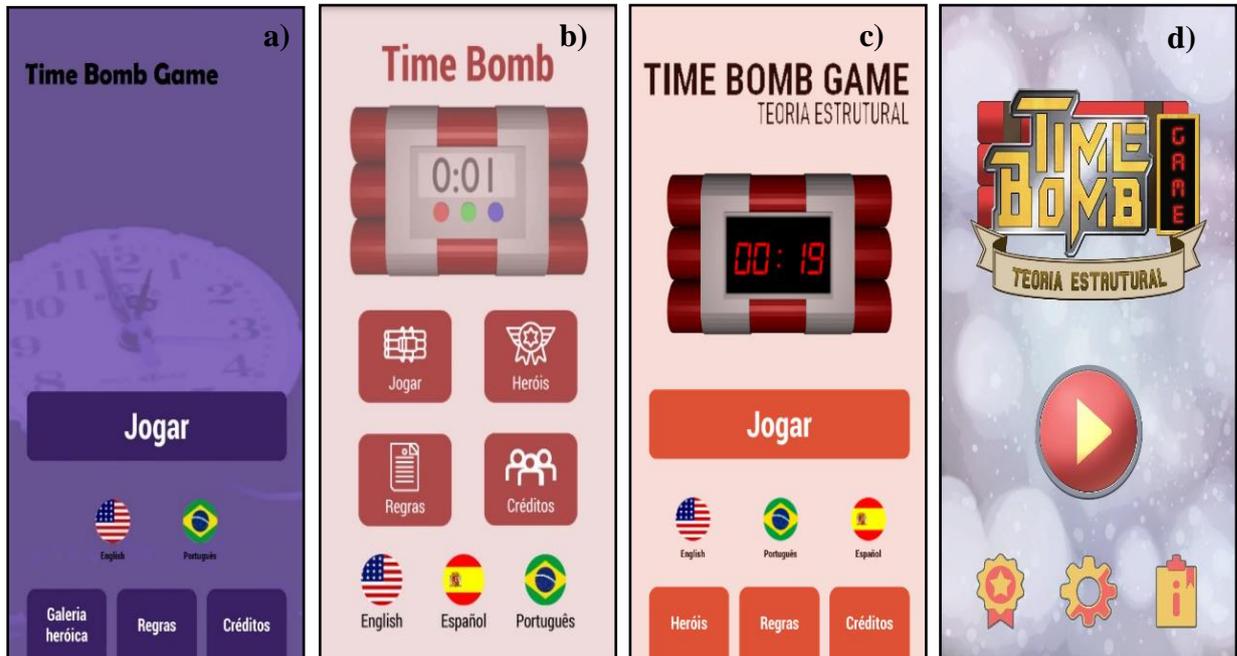
Apesar de uma avaliação de aspectos da interface e conteúdos poderem ser feitos pela própria equipe de desenvolvedores, uma avaliação final só pode ser feita em uma versão jogável. Por esse motivo, antes que o app fosse disponibilizado para o público em geral nas lojas de aplicativos, um teste com usuários foi realizado com estudantes de graduação do curso de Farmácia (mencionados na página 55).

O questionário utilizado (Apêndice C) era constituído de uma parte qualitativa e outra quantitativa e tinha como foco, partindo de perguntas simples, verificar qual o tipo de interação o jogo deve abordar para oferecer bem-estar e facilidade de uso baseados numa Interação Humano-Computador (IHC) (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007)

A partir das respostas dos estudantes foi possível melhorar e apresentar um design que estivesse mais alinhado com as preferências dos futuros usuários do jogo, além de outras mudanças importantes, tais como tempo de jogo e as penalidades por erro, objetivando aumentar a satisfação dos usuários.

O design gráfico do app, que já havia sido reformulado algumas vezes (Figura 18a-c), teve seu design final (Figura 18d) definido somente após a realização da pesquisa junto aos estudantes do curso de Farmácia citado anteriormente, uma vez que, a maioria das sugestões estavam relacionados ao design.

Figura 18 – Diferentes versões (a, b, c e d) desenvolvidas da aplicação com cores e layouts diferentes



Fonte: Próprio Autor (2020).

Na versão final (Figura 18d) foi feita a escolha de uma fonte de texto (Roboto-condensed) com um formato mais atraente ao público jovem. Também foram feitas as inclusões de novos “botões” e funcionalidades permitindo que o aplicativo fosse o mais agradável e interessante possível para o estudante. Uma dessas inclusões foi a possibilidade do jogador poder compartilhar a tela de sucesso, após finalizar a partida, em suas redes sociais (Instagram, WhatsApp, etc.).

Outros aprimoramentos foram as correções e alterações na paleta de cores, no layout das telas, além de uma remodelagem do design do temporizador da bomba-relógio que aparece junto com as questões, tomando como base as sugestões dos alunos que fizeram a avaliação preliminar, sempre com o objetivo de tornar a experiência de utilização do app atraente ao público jovem.

As mudanças mais relevantes entre as quatro versões são listadas na Quadro 1.

Quadro 1 – Principais diferenças entre as versões do jogo

Versão	Fonte	Idiomas disponíveis	<i>Feedback</i> das questões	Quantidade de questões	Conectividade às redes sociais
a	Arial Black	2	Não	560	Não
b	Arial	3	Não	600	Não
c	Arial	3	Sim	621	Não
d	Roboto-condensed	3	Sim	621	Sim

Fonte: Próprio Autor (2020).

Somente depois da implementação das sugestões, dos testes e correções de erros encontrados é que a versão final foi produzida para as plataformas Android e IOS e disponibilizadas para as duas principais lojas de distribuição de aplicativos. O software teve sua primeira versão oficial publicada nas lojas de aplicação App Store e Play Store no dia 11 de março de 2019.

4.2.5 Análise da opinião dos alunos/jogadores

A análise das opiniões dos jogadores foi realizada por um total de 314 usuários, sendo 76 estudantes (3º ano) do ensino médio da escola Adauto Bezerra, na cidade de Fortaleza-CE, 203 estudantes de graduação de diferentes cursos da Universidade Federal do Ceará (UFC), matriculados na disciplina de Química orgânica I e por 35 professores de diferentes instituições de ensino brasileiras.

O estudo é baseado no nível de concordância com afirmativas que são apresentadas aos entrevistados, utilizando-se uma escala Likert de 5 pontos (LIKERT, 1932), que é o tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários e pesquisas de opinião. Desde que Rensis Likert introduziu seu método em 1932, pesquisadores de várias áreas como psicologia, educação e marketing têm se valido do uso de diferentes formatos de escalas tipo Likert. Nesse tipo de escala os respondentes escolhem somente um dos pontos fixos estipulados, em um sistema de categorias de pontos de resposta (gradações), partindo do “concordo totalmente” até o “discordo totalmente” além de um ponto neutro no meio da escala (DALMORO; VIEIRA, 2014).

A escala Likert é um dos meios mais usados nas pesquisas de satisfação. Ao contrário das perguntas sim/não, ela nos permite medir as atitudes e conhecer o grau de

conformidade do entrevistado com qualquer afirmação proposta. É útil para situações em que precisamos que o entrevistado expresse com mais intensidade a sua opinião. Neste sentido, as categorias de resposta servem para capturar o grau de satisfação dos respondentes.

Entre os pesquisadores a escala mais utilizada é a de nível 5, mas também são utilizadas escalas com outros valores de gradações (4, 7 ou 10) (LLAURADÓ, 2015; SCHERMANN, 2019), estas variações são conhecidas como escalas tipo Likert. Ressalta-se que uma escala de cinco pontos de gradação tem, em média, a mesma precisão das escalas com gradações maiores e possibilita uma mensuração qualitativa de eventos com a identificação de situações contrárias, gradientes e intermediária (ISOTANI; BITTENCOURT; ROCHA, 2015).

Na avaliação de jogos, a escala Likert é uma ferramenta ágil na coleta de avaliações sobre o jogo, seja durante seu processo de produção, coletando avaliações da equipe para identificar pontos a serem melhorados ou corrigidos, ou para a obtenção um feedback dos jogadores, analisando a receptividade do jogo após seu lançamento (AGUIAR; CORREIA; CAMPOS, 2011).

A escala Likert apresenta muitas vantagens, pois do ponto de vista do desenho do questionário, é uma escala fácil de ser construída e, do ponto de vista do entrevistado, é ofertada a possibilidade de demonstrar a intensidade da sua opinião em questões mais complexas. Na Internet funciona especialmente bem pelo fato de ser muito visual, permitindo ao entrevistado fazer comparações entre os itens, e responder com facilidade (COSTA, 2011; LLAURADÓ, 2015).

4.2.6 A avaliação do papel instrucional do jogo

A efetiva avaliação do efeito da utilização do aplicativo na performance/aprendizado dos estudantes também foi investigada. A seguinte hipótese foi testada:

Há uma diferença significativa entre a aprendizagem dos tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos entre os alunos que utilizaram o jogo “Time Bomb Game” como uma ferramenta educacional complementar em comparação aos alunos que não o utilizaram para a revisão dos conteúdos ministrados em sala de aula.

O estudo foi realizado com a participação de 110 alunos do 3º ano do ensino médio da escola Adauto Bezerra, em Fortaleza-CE. Três turmas foram escolhidas aleatoriamente e divididas em dois grupos experimentais (GE-1 e GE-2, com 38 alunos cada) e um grupo controle (GC, com 34 alunos).

O estudo experimental foi realizado por meio da utilização de um pré-teste (Apêndice F) e de um pós-teste (Apêndice G) controlados, com 20 questões de múltipla escolha. O pré-teste foi administrado ao grupo controle (Figura 19a) e aos dois grupos experimentais (Figuras 19b e 19c) antes de qualquer aula sobre a teoria estrutural dos compostos orgânicos, tendo como objetivo a verificação do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema.

Figura 19 – a) Grupo Controle (GC); b) Grupo Experimental 1 (GE-1) e c) Grupo Experimental 2 (GE-2) realizando o pré-teste



Fonte: Próprio Autor (2020).

O pós-teste foi administrado igualmente aos três grupos depois deles terem assistido à sete aulas no modelo tradicional de ensino (uso de quadro e projeção de slides), com 50 minutos de duração, cobrindo os assuntos: 1) aromaticidade; 2) hibridação; 3) distribuição eletrônica; 4) estruturas de Lewis e cargas formais; 5) forças intermoleculares; 6)

geometria molecular; e 7) ressonância. No entanto, houve uma diferença importante: os dois grupos experimentais (GE-1 e GE-2) tiveram acesso ao aplicativo desde a primeira aula, e puderam utilizá-lo quando desejassem durante o período compreendido entre os dois testes. Já o grupo controle (GC) não teve acesso ao jogo em nenhum momento entre os dois testes.

Para tratar os dados obtidos foi utilizado o teste **t de Student** (ou simplesmente **teste t**) que permite estabelecer uma comparação de duas médias, mostrando se as diferenças entre essas médias são estatisticamente significativas. Em outras palavras, esse teste permite que o pesquisador avalie se essas diferenças ocorreram por acaso ou não (ALVES, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação do jogo baseado na opinião dos usuários

Nesta etapa foram avaliadas as características psicométricas dos dados quantitativos coletados. Os estudantes testaram o aplicativo e o avaliaram respondendo um formulário impresso (Apêndice D), enquanto os professores, os quais foram convidados via e-mail para avaliarem o aplicativo, responderam o mesmo formulário, porém em uma versão eletrônica que podia ser acessado no endereço eletrônico: <https://bit.ly/2JEoEFP>.

O formulário usado foi construído de acordo com as especificidades e propósitos do projeto como ferramenta educacional para que, através dele, estudantes e professores manifestassem suas concordâncias diante de 13 afirmações relacionadas ao design, conteúdo, jogabilidade e utilidade do aplicativo “Time Bomb Game”. O resultado da análise dos avaliadores sobre o aplicativo desenvolvido, feita por meio da utilização de uma escala Likert, é mostrado na Figura 21.

Para garantir a confiabilidade dos resultados encontrados através da escala Likert foi utilizado o coeficiente Alpha (α) de Cronbach (CRONBACH, 1951), cuja fórmula é mostrada na Figura 20. Os valores de α variam de 0 a 1,0; quanto mais próximo de 1, maior a confiabilidade entre os indicadores. A utilização α é especialmente importante porque fornece uma medida razoável de confiabilidade em um único teste, de modo que repetições ou aplicações de formas paralelas de um teste não são necessárias (MATTHIENSEN, 2011).

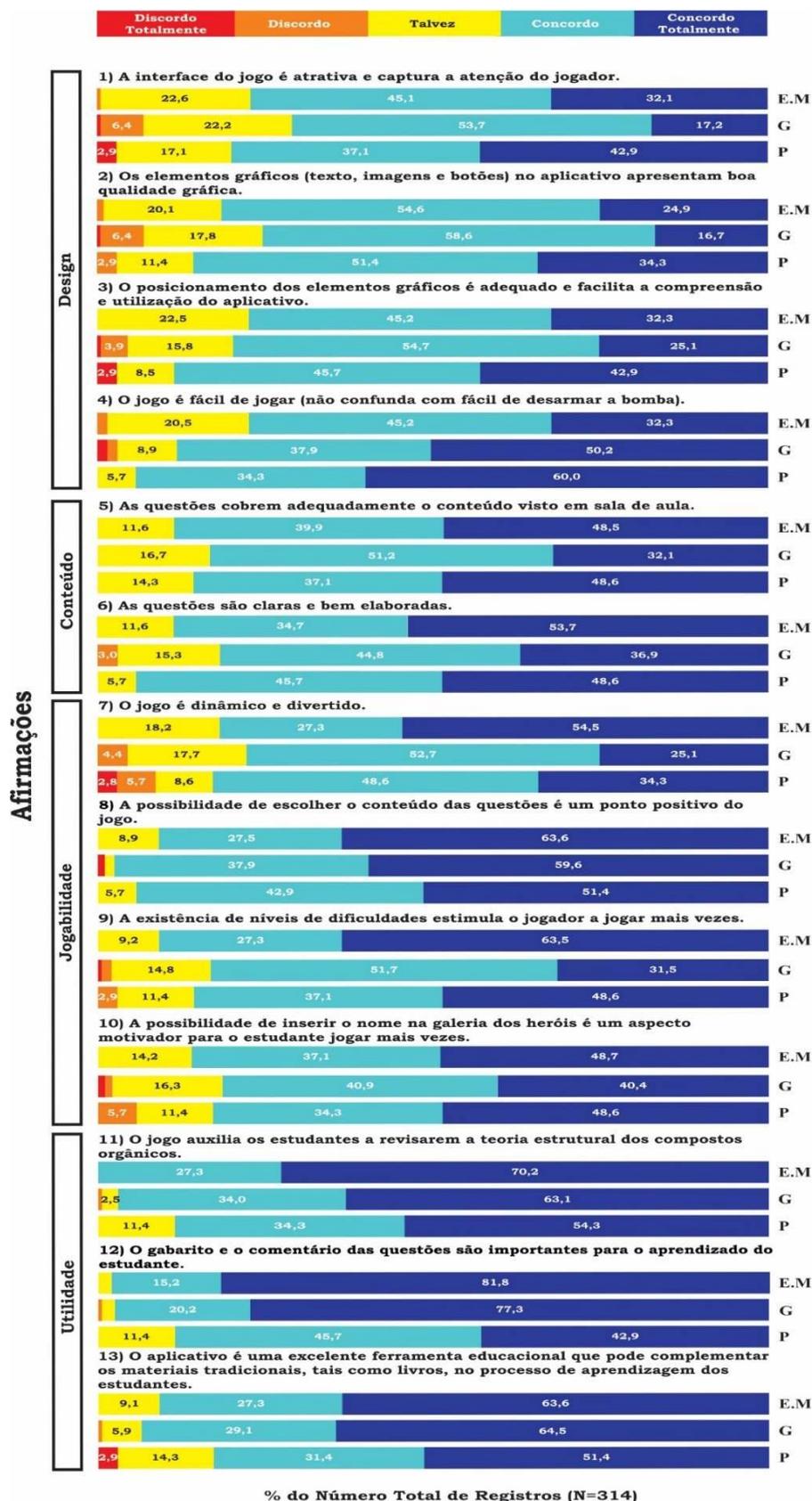
Figura 20 – Fórmula para calcular o coeficiente Alpha (α) de Cronbach

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Fonte: Cronbach (1951).

Onde: n corresponde ao número de itens (afirmativas) do formulário; S_i^2 corresponde à variância de cada item; S_t^2 corresponde à variância total do questionário (soma das variâncias dos avaliadores).

Figura 21 – Distribuições percentual das opiniões dos estudantes do ensino médio (E.M, N = 76), estudantes de graduação (G, N = 203) e professores (P, N = 35) na escala Likert



Fonte: Próprio Autor (2019).

A partir do cálculo do somatório das variâncias dos itens e a soma das variâncias dos avaliadores ($n = 13$; $\sum S2i = 0,448$; $S2t = 1,440$), parâmetros utilizados para o cálculo do α , obtivemos o valor de 0,746. Ressalta-se que o valor de α é considerado bom quando é igual ou superior a 0,7 (DALMORO; VIEIRA, 2014).

Segundo Shell (2011), o design de um jogo vai além do contexto visual. O design é o primeiro contato do usuário com o jogo, e é responsável por decidir a mecânica que um jogo deve ter, determinando:

- as escolhas que o jogador terá;
- as ramificações que as escolhas do jogador vão ter no decorrer das partidas;
- como o jogador vai controlar o jogo;
- e as informações que deverá receber.

O percentual de concordância (concordo totalmente + concordo) dos avaliadores com as afirmações relacionadas ao **design** do jogo (afirmações 1-4) variou entre 77,2% e 79,5% entre os estudantes do ensino médio; de 70,9% e 88,1% entre os estudantes de graduação; e 80,0% a 94,3% entre os professores. Portanto, podemos afirmar, com boa exatidão, que o design do aplicativo cumpre sua função principal de manter a atenção do jogador através de uma interface que possui elementos gráficos (textos, imagens e botões) com boa qualidade e posicionamentos adequados, facilitando a compreensão e utilização do aplicativo, em outras palavras, tornando o jogo fácil de jogar.

A análise da concordância dos avaliadores com relação ao **conteúdo abordado** inserido no aplicativo (afirmações 5-6) foi de exatos 88,4% entre os estudantes do ensino médio; mas variou de 81,7% e 83,3% entre os estudantes de graduação; e 85,7% a 94,3% entre os professores. Tais resultados sugerem que o conteúdo das questões do jogo cobre adequadamente aqueles vistos em sala de aula, e que as questões foram elaboradas de forma clara, facilitando a revisão dos conteúdos e contribuindo para o aprendizado dos estudantes.

A jogabilidade é conceito crucial para a avaliação do software. Pode ser definido como um conjunto de características que descrevem a experiência do jogador ao utilizar o jogo, proporcionando diversão e entretenimento ao mesmo tempo que determina regras, define ações (possibilidades e restrições), possibilitando a imersão do usuário em algum tipo

de mundo imaginário ou real, ou seja, a jogabilidade pode ser vista como um requisito de qualidade que diz respeito ao entretenimento (SÁNCHEZ; ZEA; GUTIÉRREZ, 2009).

A avaliação da **jogabilidade** do aplicativo foi realizada através da análise da concordância com as afirmações 7-10. O percentual de concordância variou de 81,7% a 91,1% entre os estudantes do ensino médio; de 77,8% e 97,5% entre os estudantes de graduação; e 82,9% a 94,3% entre os professores, destacando-se uma maior concordância com a afirmação 8, o que nos faz acreditar que o desenvolvimento da função que oferece ao usuário a possibilidade de escolher os tópicos, que gostaria de revisar durante as partidas do jogo, foi uma ação assertiva que deverá se repetir no desenvolvimento de novos aplicativos pelo nosso grupo de pesquisa.

É consenso no universo dos jogos que a existência de níveis de dificuldades (iniciante, intermediário e avançado) estimula os jogadores a jogar mais vezes, buscando uma evolução dentro do jogo. Tal característica incentiva a evolução da aprendizagem dos estudantes, ao mesmo tempo que tenta evitar o tédio durante o jogo. Por esta razão, os estudantes e os professores concordaram que a existência de níveis de dificuldades estimula o jogador a jogar mais vezes (afirmação 9), com percentuais de concordância que variaram entre 83,2% e 90,8%, respectivamente.

A interface atraente aliada a uma dinâmica divertida da ferramenta desenvolvida contribui para a imersão e engajamento do estudante. Ao incorporar o desafio de desarmar uma bomba-relógio utilizando seus conhecimentos, o objetivo que norteou sua criação foi atingido, isto é, o jogo possibilita a revisão de conteúdos importantes, e conseqüente aquisição desses conhecimentos pelos estudantes, de uma forma divertida e prazerosa. A concordância com a afirmação 7 entre os estudantes do ensino médio de 81,8% e de 77,8% entre os alunos de graduação, e 82,9% entre os professores, ratificam estas observações.

A **utilidade** de um jogo educacional trata da percepção de aprendizagem entre seus usuários (ou seja, se os alunos têm a percepção de que aprendem com o jogo) guiada pelos princípios da taxonomia de Bloom (BLOOM, 1956), a qual foi criada dentro de um contexto acadêmico com o objetivo de apoiar os processos de projeto e avaliação educacional. Essa classificação dos objetivos de aprendizagem ajuda os educadores a encontrar meios e estratégias, de acordo com suas necessidades, de estimular o desempenho dos alunos (CHAPMAN, 2009; SAVI, 2011).

A avaliação da utilidade do aplicativo foi feita através da análise da concordância dos avaliadores com as afirmações 11-13. Os percentuais de concordância variaram de 90,9% a 97,5% entre estudantes do ensino médio; de 93,6% a 97,5% entre os estudantes de

graduação; e 82,8% a 88,6% entre os professores, deixando evidente a concordância dos avaliadores de que aplicativo desenvolvido é uma alternativa inovadora que pode ajudar os estudantes a revisarem e a aprenderem a teoria estrutural dos compostos orgânicos.

Todos esses fatores citados anteriormente, contribuíram diretamente para que 90,9% dos estudantes do ensino médio; 93,6% dos estudantes de graduação; e 82,9% dos professores concordasse com a afirmação 13, a qual define que o aplicativo desenvolvido é uma excelente ferramenta educacional e pode complementar os materiais tradicionais, tais como: livros, exercícios de fixação, bloco de notas e computadores volumosos.

Os resultados obtidos são evidências relevantes de que o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e a utilização de estratégias diferenciadas, assim como sugeridos pela Taxonomia de Bloom, e como foi no caso do “Time Bomb Game”, podem facilitar e estimular o desempenho dos alunos na aquisição de seus conhecimentos.

5.2 Estudo comparativo das opiniões de professores e estudantes

Uma análise estatística foi feita para verificar a existência de diferenças significativas entre as proporções de concordâncias dos professores e dos alunos para cada afirmação (Tabela 5). O teste foi feito calculando-se a inferência estatística entre as duas populações (alunos e professores).

Tabela 5 – Resultados do teste estatístico de concordância de proporções (p)

Área	Afirmação	Resultado	Valor
Design	01	Professores concordam mais que alunos	p = 0,0244
Design	02	Professores concordam mais que alunos	p = 0,0267
Design	03	Não há diferença significativa	p = 0,1942
Design	04	Não há diferença significativa	p = 0,1822
Conteúdo	05	Não há diferença significativa	p = 0,6183
Conteúdo	06	Professores concordam mais que alunos	p = 0,0058
Jogabilidade	07	Não há diferença significativa	p = 0,0858
Jogabilidade	08	Não há diferença significativa	p = 0,4564
Jogabilidade	09	Não há diferença significativa	p = 0,1421
Jogabilidade	10	Não há diferença significativa	p = 0,9607
Utilidade	11	Alunos concordam mais que professores	p = 0,0001
Utilidade	12	Alunos concordam mais que professores	p = 0,0000
Utilidade	13	Alunos concordam mais que professores	p = 0,0000

Fonte: Próprio Autor (2019).

Na inferência o estatístico tira conclusões acerca de uma população usando informações de uma amostra. Em termos gerais, um valor-p próximo de 1 (um) significa que existe uma concordância significativa entre as respostas dos grupos analisados. Valores em que o valor-p é menor que 0,05 é um indicador de que existe uma diferença entre as concordâncias, e que esta deve ser considerada.

Design: não houve diferenças entre as opiniões dos professores e estudantes relativas às afirmações 3 e 4. Por outro lado, observou-se que os professores concordaram mais com as afirmações 1 e 2 do que os estudantes. Por se relacionarem com atratividade da interface do jogo, enfatizando seus elementos gráficos, acreditamos que este é um resultado considerado compreensível, uma vez que um público mais jovem, no caso os estudantes, por terem uma maior vivência em ambientes virtuais, têm também mais referências para avaliarem o design de uma forma mais crítica.

Conteúdo: professores e estudantes concordaram que as questões cobrem adequadamente o conteúdo visto em sala de aula (afirmação 5, $p = 0,6183$). Todavia, professores concordaram mais que os estudantes que as questões são claras e bem elaboradas (afirmação 6, $p = 0,0058$). Trata-se de um feedback positivo, pois acreditamos que a experiência dos professores lhes atribui maior competência para avaliar este tópico relacionado ao conteúdo inserido no aplicativo.

Jogabilidade: não houve diferença estatisticamente significativa entre as opiniões dos professores e estudantes quanto as afirmações 7-10.

Utilidade: os estudantes concordaram mais que os professores com relação às afirmações 11-13. Também podemos presumir que esse foi um resultado compreensível, uma vez que tais afirmações estão relacionadas à funcionalidade do aplicativo como um recurso didático “alternativo” capaz de auxiliar os alunos em seus estudos. Acreditamos que os estudantes são mais receptivos às inovações tecnológicas no ensino do que os professores. Esta crença está alinhada com o professor e pesquisador Lagowski (1998), o qual já havia previsto esse cenário e relatado em seu artigo “*Chemical Education: Past, Present, and Future*”. Nele o pesquisador afirma que a aplicação efetiva da tecnologia digital mudaria o processo educacional mais da direção da aprendizagem dos alunos e mais longe do ensino dos professores.

A aceitação positiva do software, por parte dos estudantes, também pode ser evidenciada por alguns dos comentários positivos deixados nos formulários, em sua parte qualitativa, transcritos no Quadro 2:

Quadro 2 – Comentários deixados nos formulários pelos alunos

Entrevistado	Comentário
Aluno (graduação, curso Farmácia)	“É um ótimo jogo, que facilita bastante a aprendizagem e a revisão do conteúdo.”
Aluno (graduação, curso de Eng. de Alimentos)	“Parabéns aos desenvolvedores do jogo! Eu particularmente me senti muito ajudada.”
Aluno (3º ano, ensino médio)	“Ótima maneira de fixar o conteúdo, estimula o aprendizado e o interesse pela química.”
Aluno (3º ano, ensino médio)	“Excelente iniciativa. Outras disciplinas também deveriam adotar essas inovações.”
Aluno (graduação, curso de Agronomia)	“É um aplicativo que realmente auxilia na fixação do conteúdo aprendido na disciplina.”
Aluno (graduação, curso de Eng. Química)	“Algo muito bom é poder ver o gabarito e os comentários das questões, ajuda muito nos estudos.”
Aluno (graduação, curso de Eng. de Pesca)	“Concordo completamente com a utilização de jogos interativos para um melhor aprendizado.”

Fonte: Próprio Autor (2019).

A mesma tendência positiva também foi constatada por parte da maioria dos professores que avaliaram o jogo e deixaram os comentários listados no Quadro 3.

Quadro 3 – Comentários deixados nos formulários pelos alunos

Entrevistado	Comentário
Professor (Universidade Federal do Ceará)	“Excelente ferramenta para alunos que já fizeram a disciplina e que tem dificuldade no aprendizado. Funciona bem, uma excelente revisão antes de fazer orgânica 2.”
Professor (Universidade Estadual do Ceará)	“Gostei bastante da proposta é uma ótima forma de revisar os conteúdos.”
Professor (Universidade de Fortaleza)	“Uma excelente ferramenta para estimular o aprendizado.”
Professor (Instituto Federal do Ceará)	“Excelente ferramenta, colocar comentários para cada uma das questões certamente foi uma excelente ideia e com certeza é um fator muito importante.”

Fonte: Próprio Autor (2019).

Grande parte dos elogios registrados ressaltam a excelência do jogo como uma ferramenta valiosa para o aprendizado. Também se ressaltaram comentários que exaltam a interatividade e a diversão propiciadas aos usuários.

Além dos elogios também foram feitas sugestões, tanto pelos alunos como pelos professores (Quadro 3), assim como críticas (Quadro 4). Uma lista completa com os principais elogios, críticas e sugestões pode ser encontrado no Apêndice E.

Quadro 4 – Principais sugestões feitas por alunos e professores

Entrevistado	Comentário
Professor (Universidade Estadual do Ceará)	“Reduzir o número de questões e o tempo para finalização do jogo, no sentido de deixar o jogo mais rápido.”
Aluno (graduação, curso Farmácia)	“As questões poderiam ter bônus de tempo quando forem mais complicadas de responder.”
Professor (Universidade Federal do Ceará)	“Talvez o nível iniciante devesse ter uma penalidade menor para estimular os alunos a continuar jogando.”
Aluno (graduação, curso de Eng. Química)	“Não deveria ter penalidades por erro ou deveria ter bônus por acertos.”

Fonte: Próprio Autor (2019).

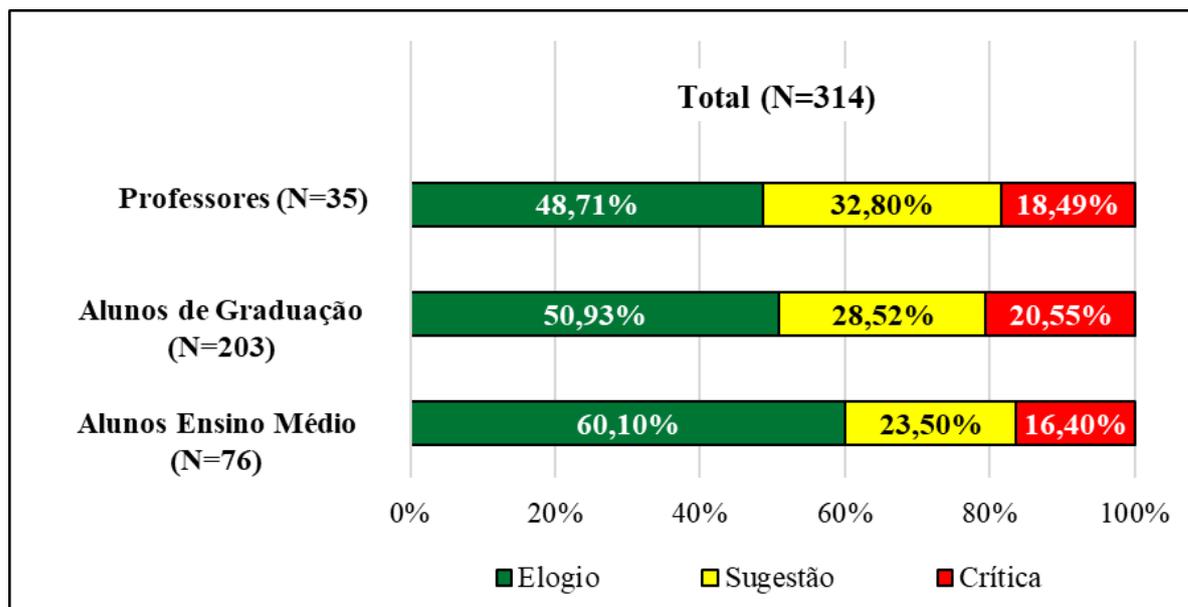
Quadro 5 – Principais críticas feitas por alunos e professores

Entrevistado	Comentário
Aluno (3º ano, ensino médio)	“As questões são difíceis!”
Professor (Universidade Federal Fluminense)	“O jogo poderia ter uma outra dinâmica que não a de perguntas e respostas.”
Aluno (graduação, curso Odontologia)	“O jogo não está disponível para Windows Phone”
Professor (Universidade do Estado de Santa Catarina)	“Colocar a resposta correta já na tela que aconteceu o erro, e não esperar a bomba explodir.”

Fonte: Próprio Autor (2019).

De uma maneira geral, estudantes e professores gostaram do jogo e foram estimulados pelo mesmo, deixando nos comentários elogios, sugestões e críticas que contribuíram para aprimoramento do app (Figura 22).

Figura 22 – Percentuais do total de comentários por tipos de comentário e avaliador



Fonte: Próprio Autor (2019).

Alguns estudantes de graduação ficaram tão empolgados com a proposta que chegaram a deixar como sugestão que a ferramenta fosse aplicada também a turmas de estudantes do ensino médio da rede pública, citando inclusive nomes de escolas que poderiam receber a iniciativa.

Os resultados obtidos são expressivos e relevantes para o trabalho, atestando que os estudantes e professores aprovam a utilização das TICs no processo de ensino e aprendizagem, pois são formas eficientes e inovadoras de abordar conteúdos que, muitas vezes, são desinteressantes para os estudantes.

5.3 O papel instrucional do jogo “Time Bomb Game”

O estudo experimental consiste na aplicação de um pré-teste e de um pós-teste que tem por objetivo verificar se houve uma diferença significativa na performance/aprendizado dos alunos dos grupos experimentais (GE-1 e GE-2) e controle (GC).

Para verificar se as notas médias dos pré-testes e dos pós-testes das turmas avaliadas era significativamente diferentes (nível de confiança de 95%), e para se determinar se houve um aumento estatístico no número de perguntas corretas de cada grupo, antes e depois do teste, foi aplicado o método estatístico teste *t de Student* (Tabela 6), que permite

realizar uma análise estatísticas a respeito de uma população de uma ou mais amostras, escolhidas aleatoriamente (MOREIRA; ROSA, 2008).

Tabela 6 – Comparação do desempenho do aluno em relação ao uso do aplicativo

Grupos (N=110)	Pontuações Médias dos Alunos		Diferenças de Pontuação
	Pré-teste	Pós-teste	
GC	6,5 ± 3,3	7,6 ± 4,0	1,1c
GE-1	7,8 ± 3,5	11,5 ± 4,9	3,7b
GE-2	7,9 ± 4,2	12,2 ± 5,0	4,3b

Fonte: Próprio Autor (2019).

*As pontuações têm um intervalo de 0 a 20. ^bp = 0,0000. ^cp = 0,0911.

GC = grupo controle GE = grupo experimental.

Observa-se que a média das notas dos testes de todos os grupos aumentaram, porém os grupos experimentais (GE-1 e GE-2) apresentaram variação das médias superior àquela observada no grupo controle (GC).

Para verificar se o conjunto de dados obtidos possuíam médias iguais ou não, foi realizado o teste ANOVA (Tabela 7), o qual leva em conta a variação dos números em torno da média. Este método, diferentemente do teste *t de Student* permite a comparação de médias de vários grupos diferentes ao mesmo tempo, ou seja, permite testes com um fator que tenha mais de 2 níveis (TRIOLA, 2005; BRANDT; BARROS, 2015).

Tabela 7 – ANOVA unidirecional de aprendizado entre grupos experimental e controle

Variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F Valor	p Valor
Entre grupos	205,5	2	102,8	6,498	0,0022
Erro	1692,4	107	15,8		
Total	1897,9	109	102,8		

Fonte: Próprio Autor (2019).

Através do teste ANOVA verificou-se que não houve diferença no grupo controle (GC), mas que houve um aumento estatístico significativo no número de perguntas corretas nos grupos experimentais (GE-1 e GE-2). Esse aumento tem diferentes magnitudes entre os dois grupos ($p = 0,0022$). As diferenças foram maiores entre o GE-1 do que no GC ($p =$

0,0067) e entre o GE-2 do que no GC ($p = 0,0009$), e não houve diferenças significativas entre o GE-1 e o GE-2 ($p = 0,5269$) (Tabelas 7 e 8).

Tabela 8 – Teste para amostras independentes para comparar as diferenças do número de respostas corretas entre os grupos

Diferenças entre Grupos	Diferença Média	Desvio Padrão	p Valor
GE-1 – GC	2,61	0,945	0,0067
GE-2 – GC	3,19	0,933	0,0009
GE-2 – GE-1	0,58	0,913	0,5269

Fonte: Próprio Autor (2019).

Todas as comparações das proporções de acertos entre os pré-teste e pós-teste, para cada grupo, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo que no pós-teste ocorreram as maiores proporções de acertos. Isso significa que em todos os grupos houve uma melhoria na proporção de acertos dos estudantes. Num comparativo entre os grupos experimentais (GE-1 e GE-2) não houve entre eles diferenças significativas no aumento do número médio de perguntas com respostas corretas entre o pós-teste e o pré-teste, porém ambos apresentaram uma diferença relevante quando comparados ao grupo controle (GC).

6 ESTRATÉGIAS PARA A UTILIZAÇÃO DO “TIME BOMB GAME”

O jogo desenvolvido foi pensado e construído utilizando-se de aspectos da teoria da aprendizagem construtivista, propondo desta forma, uma participação mais ativa do aluno no seu próprio aprendizado.

Para isso, utiliza como base um material didático tecnológico que é familiar ao cotidiano do aluno, aliado a uma aprendizagem que é feita por meio da interação mútua com o meio em que vive a partir conhecimentos e experiências previamente adquiridos pelo sujeito. Estas são características importantes do jogo que podem construir com o aluno uma experiência significativa e motivá-lo.

O “Time Bomb Game” pode ser utilizado de diferentes maneiras conforme a estratégia didática adotada pelo professor. A seguir, listamos algumas sugestões de utilização:

1) Exercícios em sala de aula: devido ao fato de possuir um banco de questões bastante extenso, o jogo pode ser utilizado como substituição de parte das listas de exercícios dos conteúdos, possuindo a vantagem de fornecer um feedback instantâneo do seu rendimento ao aluno, além de comentários adicionais que podem lhe auxiliar na compreensão das questões e respostas.

2) Exercícios fora da sala de aula: os estudantes podem continuar a revisão do conteúdo visto em sala de aula em suas casas ou onde desejarem, utilizando-se da característica de portabilidade dos smartphones e tablets, porém fazendo isso de uma forma diferente das tradicionais listas de exercícios, uma vez que, as informações serão apresentadas a ele num formato de jogo.

3) Competição entre os estudantes: por ser um jogo e possuir o aspecto da competição em sua essência, o professor pode estimular seus alunos a jogarem e premiar aqueles que conseguirem entrar na Galeria de Heróis com pontuação extras ou outros tipos de prêmios, como chocolates, por exemplo.

4) Gamificação da disciplina: essa estratégia compreende a aplicação da mecânica dos jogos em atividades de não jogos e tem o intuito de aumentar a motivação e o engajamento dos alunos, explorando aptidões atreladas a recompensas virtuais ou físicas ao se executar determinadas tarefas (KATIE; ZIMMERMAN, 2012; FADEL *et al.*, 2014).

Dentro de uma estratégia didática mais ampla que abrangeria toda a disciplina, o “Time Bomb Game” poderia ser um dos “elementos do jogo” (Figura 23), onde os alunos que entrassem no ranking obteriam pontuação de acordo com o modo de dificuldade e a posição no ranking (Tabela 9). Ressalta-se que os valores apresentados na tabela 9 foram sugeridos

pelos alunos do curso de Farmácia que cursaram a disciplina Química orgânica I em 2019.2 e vivenciaram a gamificação da disciplina no mesmo semestre.

Figura 23 – Exemplo da gamificação de uma disciplina



Fonte: Próprio Autor (2019).

Tabela 9 – Pontuação para cada posição da “Galeria de Heróis” nos três níveis de dificuldade

Posição	Nível de Dificuldade		
	Iniciante	Intermediário	Avançado
1	1500	2000	2500
2	1450	1950	2450
3	1400	1900	2400
4	1350	1850	2350
5	1300	1800	2300
6	1250	1750	2250
7	1200	1700	2200
8	1150	1650	2150
9	1100	1600	2100
10	1050	1550	2050

Fonte: Próprio Autor (2019).

A utilização do “Time Bomb Game” como elemento da gamificação da disciplina de Química orgânica I pode ajudar a: i) motivar os alunos a aprenderem os conteúdos; ii) influenciar positivamente o comportamento do aluno em sala de aula; iii) inovar na resolução

e revisão dos conteúdos propostos e iv) encorajar os alunos a terem mais autonomia para desenvolver competências e habilidades.

A versatilidade dessa ferramenta e sua aplicabilidade no contexto de ensino, tendo em vista as possibilidades de trabalhá-la como elemento dentro de uma disciplina gamificada ou como uma proposta de atividade extra, dentro ou fora da sala de aula, fazem dela uma excelente alternativa para motivar e incentivar os alunos a participarem mais ativamente na construção dos seus conhecimentos dentro do contexto de ensino.

Esse tipo de estratégia didática oferece uma nova abordagem no cenário educacional, podendo o uso dessas metodologias potencializar os níveis de desempenho dos alunos de forma eficaz em diferentes áreas da aprendizagem, porque quando bem planejadas orquestram múltiplos recursos em que os objetivos pedagógicos e os desejos do aluno são conciliados.

7 CONCLUSÃO

Um jogo didático-computacional no formato de aplicativo, nomeado de “Time Bomb Game” foi desenvolvido para aparelhos móveis (smartphones e tablets) e utilizado como uma atividade complementar dentro das disciplinas introdutórias de Química orgânica para auxiliar os estudantes na aprendizagem dos tópicos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos.

Os resultados das avaliações feitas por professores e estudantes nos permite afirmar que o jogo desenvolvido contribui significativamente para a revisão e consequente aprendizado, corroborando a tendência cada vez maior de inclusão das TICs no processo de ensino e aprendizagem.

A partir das opiniões de estudantes, podemos concluir que a ferramenta educacional desenvolvida vai ao encontro da realidade da grande maioria dos alunos, proporcionando um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento dos mesmos no processo de aprendizagem. O jogo estimula a participação dos estudantes na aquisição de informações e na construção da sua rede de conhecimentos. Desta forma, o “Time Bomb Game” contribui no processo de aprendizagem como uma ferramenta educacional complementar às tradicionais estratégias de revisão de conteúdos, tais como as listas de exercícios, porém com a adição dos atrativos componentes da tecnologia e dos jogos.

Os estudantes de hoje não só estão familiarizados, mas também apreciam os diferentes tipos de interação com as tecnologias digitais, indicando que esta ferramenta didática pode ser facilmente incorporada às disciplinas de Química como um elemento dentro de uma disciplina gamificada ou como uma proposta de atividade de revisão de conteúdos dentro da disciplina, visando auxiliar os estudantes na revisão dos conteúdos, ou até mesmo a inclusão do jogo desenvolvido em projetos pedagógicos de escolas, da rede pública de ensino, que necessitam de ferramentas inovadoras.

Devido à grande aceitação do “Time Bomb Game”, que traz em sua proposta pedagógica uma alternativa divertida, envolvente e eficaz para que os estudantes melhorem os seus desempenhos nos estudos relacionados à teoria estrutural dos compostos orgânicos, outros jogos podem ser desenvolvidos com a mesma dinâmica, mas abordando outros temas, dentro da Química, com o objetivo expandir o alcance dessa proposta pedagógica.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Bernardo; CORREIA, Walter; CAMPOS, Fábio. Uso da Escala Likert na Análise de Jogos. *In: PROCEEDINGS OF SBGAMES*, 2011, Salvador. **Anais [...]** Salvador: SBC, 2011. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/3oOnZmu>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- AGUIAR, Joana Guilares de; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Por que os fogos de artifícios têm cores? Um estudo sobre o uso de mapas conceituais para potencializar a aprendizagem de conceitos químicos. *In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]** Águas de Lindóia: SBC, 2015. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/3kTvqpW>. Acesso em: 25 out. 2019.
- AL-EMRAN, Mostafa; ELSHERIF, Hatem M.; SHAALAN, Khaled. Investigating Attitudes Towards the use of Mobile Learning in Higher Education. **Computers in Human Behavior**, v. 56, p. 93-102, 2016.
- ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini. **Tecnologias na Escola**. p. 69- 73. 2015. [online]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/2sf.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2019.
- ALVES, Marcelo Corrêa. **Teste t de Student**. [s.l.: s.n.]
- ALVES, Vanessa Takigami. Campos de Experiência Pela Teoria de Vygotsky. **Cadernos de Educação**, v. 18, n. 36, p. 73, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.15603/1679-8104/ce.v18n36p73-87>.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Report of the Organic Subcommittee of the Curriculum Committee. **Journal of Chemical Education**, v. 49, n. 1, p. 761-763, 1972. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed049p761>.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Report of the Organic Subcommittee of the Curriculum Committee, Part II. **Journal of Chemical Education**, v. 53, n. 1, p. 25-26, 1976. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed053p25>.
- ANDRADE, Marcos Vinícius Mendonça; ARAÚJO JR., Carlos Fernando; SILVEIRA, Ismar Frango. Estabelecimento de Critérios de Qualidade para Aplicativos Educacionais no Contexto dos Dispositivos Móveis (M-Learning). **EaD em Foco**, v. 7, n. 2, p. 544-549, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.18264/eadf.v7i2.466>.
- ANSHARI, Muhammad; ALMUNAWAR, Mohammad Nabil; SHAHRILL, Masitah; WICAKSONO, D. K.; HUDA, M. **Education and Information Technologies**, v. 22, n. 6, p. 3063-3079, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s10639-017-9572-7>
- ANTLOVÁ, Adéla; CHUDÝ, Stefan; BUCHTOVÁ, Tereza; LUCEROVÁ, Lucie. The Importance of Values in the Constructivist Theory of Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 203, p. 210-216, 2015. Disponível em: <http://cyberleninka.org/article/n/1263123/viewer>. Acesso em: 27 nov. 2019.

ARANGO-LÓPEZ, Jeferson.; COLLAZOS, Cesar A.; VELAS, Francisco Luis Gutiérrez; MOREIRA, F. Using pervasive games as learning tools in educational contexts: A systematic review. **International Journal of Learning Technology**, v. 13, n. 2, p. 93-114, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1504/IJLT.2018.092094>.

ARAÚJO, Floricéa Magalhães; FADIGAS, Joelma; WATANABE, Yuji Nascimento. **Professores de Química em Formação: Contribuições para um Ensino Significativo**. Cruz das Almas: UFRB, 2016.

AUSUBEL, David Paul. **The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View**. New York: Springer, 2000.

BALBINO, Jaime. **Objetos de Aprendizagem: Contribuições para sua Genealogia**. 2007. [online]. Disponível em: <http://bit.ly/36CCgIT>. Acesso em: 15 dez. 2019.

BANDYOPADHYAY, Subhajt; RATHOD, Balraj B. The Sound and Feel of Titrations: A Smartphone Aid for Color-Blind and Visually Impaired Students. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 7, p. 946-949, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00027>.

BARBOSA, Gisele. **Manual do Professor para Utilização de Objetos de Aprendizagem**. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). – Centro de Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

BARBOSA, Priscilla Alves; MURAROLLI, Priscila Ligabó. Jogos e Novas Tecnologias na Educação. **Perspectivas em Ciências Tecnológicas**, v. 2, n. 2, p. 39-48, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/3n8vX8o>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BEBER, Silvia Zamberlan Costa; PINO, José Claudio Del. Princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Saberes Populares: Referências para o ensino de Ciências. *In: XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 2017, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: ENPEC, 2017. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/382XGmt>. Acesso em: 10 set. 2019.

BEHAR, Patricia Alejandra; SOUZA, Eliane Kiss de; GÓES, Camila Guedes Guerra; LIMA, Edilma Machado de. A Importância da Acessibilidade Digital na Construção de Objetos de Aprendizagem. **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2008. Disponível em: <http://doi.org/10.22456/1679-1916.14459>.

BELMONTE, Eduardo dos Passos. **Espectrometria por Fluorescência de Raios X por Reflexão Total: Um Estudo Simulado Utilizando o Método de Monte Carlo**. 2005. Dissertação (Mestrado de Ciências em Engenharia Nuclear). – Centro de Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

BENEDICT, Lucille; PENCE, Harry E. Teaching Chemistry Using Student-Created Videos and Photo Blogs Accessed With Smartphones and Two-Dimensional Barcodes. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 4, p. 492-496, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed2005399>.

BENFEY, Theodor O. August Kekule and The Birth of The Structural Theory of Organic Chemistry in 1858. **Journal of Chemical Education**, v. 35, n. 1, p. 21-23, 1958. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed035p21>.

BERTOLETTI, Ana Carolina; MORAES, Márcia Cristina; MORAES, Roque; COSTA, Antônio Carlos da Rocha. Educar Pela Pesquisa – Uma Abordagem Para o Desenvolvimento e Utilização de Softwares Educacionais. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 1, p. 1-10, 2003. Disponível em: <http://doi.org/10.22456/1679-1916.14433>.

BETTIO, Raphãl Winckler de; MARTINS, Alejandro. **Objetos de Aprendizado: Um Novo Modelo Direcionado ao Ensino a Distância**. 2004. [online]. Disponível em: <http://bit.ly/2xwO3MU>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BEZ, Marta; VICARI, Rosa Maria; SILVA, Julia Marques Carvalho da; RIBEIRO, Alexandre; GUZ, João Carlos; PASSERINO, Liliana; SANTOS, Elder; PRIMO, Tiago; ROSSI, Luiz; BORDIGNON, Alexandro; BEHAR, Patricia; FILHO, Raymundo; ROESLER, Valter. Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 2, p. 1-10, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.22456/1679-1916.15257>.

BEZERRA, Maria José da Silva; CUNHA, Francisco Roberto Brito. Epistemologia Genética e Construtivismo: Contribuições para a Aprendizagem da Leitura. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 10, n. 31, p. 231, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.14295/idonline.v10i31.520>

BHARATHY, Jesuraja Bosco. Importance of Computer Assisted Teaching & Learning Methods for Chemistry. **Science Journal of Education**, v. 3, p. 11-16, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.11648/j.sjedu.s.2015030401.13>.

BLOOM, Benjamin. S. **Taxonomy of Education Objectives: The Classification of Education Goals**. Toronto: Longmans, 1956.

BONIFÁCIO, Vasco D. B. QR-Coded Audio Periodic Table of the Elements: A Mobile-Learning Tool. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 4, p. 552-554, 2012. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed200541e>.

BRAGA, J. **Objetos de Aprendizagem: Introdução e Fundamentos**. 1. ed. Santo André: UFABC, 2014.

BRANDT, Renata; BARROS, Fábio. **Teste t & ANOVA: Aplicações, Gráficos e Tabelas**. 2015. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/346dakj>. Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. Lei No 5.692, de 11 de agosto de 1971. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º grau, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 ago. 1971. Disponível em: <http://bit.ly/36KgMKX>. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRASIL. Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <http://bit.ly/2WPKxFl>. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRASIL. Lei No 10.172, de 9 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 2001. Disponível em: <http://bit.ly/2WDjago>. Acesso em: 10 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Portaria nº206, de 4 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 172, 5 set. 2018. Seção 1, p. 22. Disponível em: <http://bit.ly/2H6r9Rz>. Acesso em: 19 out. 2019.

BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Linguagens, códigos e suas tecnologias. Brasília: **Ministério da Educação**, Secretaria de Educação Básica, 2006. 239 p.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília: **Ministério da Educação/SEsu**, 1999. Disponível em: <http://bit.ly/2JXt4G4>. Acesso em: 7 nov. 2019.

BROOKS, David. R. **Introducing HTML: Programming in HTML and PHP**. London: Springer, 2017.

CARAMORI, Giovanni Finoto; OLIVEIRA, Kleber Thiago de. Aromaticidade - Evolução Histórica do Conceito e Critérios Quantitativos. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-40422009000700034>.

CARVALHO, Ana Amélia. **Apps Para Dispositivos Móveis: Manual Para Professores, Formadores e Bibliotecários**. Brasília: Ministério da Educação, 2015.

CARVALHO, Carlos Vitor de Alencar. Softwares Educativos com Tecnologias Multimídia: uma Ferramenta Para Apoio ao Ensino da Matemática. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 2, p. 26-37, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/2Jpmv1D>. Acesso em: 7 ago. 2020.

CARVALHO, Jackson Soares de; OLIVEIRA, Deyvison de Lima; SOUZA, José Arilson de; RAMOS, Elder Gomes. Efeitos do Uso de TI Móvel em Sala de Aula. **Revista Pensamento Contemporâneo em AD**, v. 13, n. 1, p. 169-185, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.12712/rpca.v13i1.27437>.

CASTAÑON, Gustavo Arja. O que é construtivismo? **Caderno de História, Filosofia e Ciências**, v. 1, n. 2, p. 209-242, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/32oaNeo>. Acesso em: 18 abr. 2019.

CHACON, E. P.; ROBAINA, N. F. O Corpo Humano e a Tabela Periódica: A Percepção dos Usuários Sobre um Jogo Computacional. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 7, n. 13, p. 145-160, 2014. Disponível em: <http://bit.ly/3eLav78>. Acesso em: 05 jun. 2019.

CHAKUR, Cilene Ribeiro de Sá Leite. **A Desconstrução do Construtivismo na Educação: Crenças e Equívocos de Professores, Autores e Críticos**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2015.

CHANG, Raymond. **Química**. 11. ed. Porto Alegre: AMGH Ltda., 2013.

CHAPMAN, Alan. **Bloom's Taxonomy-Learning Domains**. 2009. [online]. Disponível em: <http://bit.ly/31R991T>. Acesso em: 28 out. 2019.

CLARCK, Douglas; TANNER-SMITH, Emily; KILLINGSWORTH, Stephen. Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Review of Educational Research**, v. 86, p. 79-122, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.3102/0034654315582065>.

CLARK, Wilma; LUCKIN, Rosemary. **What The Research Says iPads in The Classroom**. London: Institute of Education University of London, 2013.

COELHO, Marco Antônio; DUTRA, Lenise Ribeiro. Behaviorismo, Cognitivismo e Construtivismo: Confronto Entre Teorias Remotas com a Teoria Conectivista. **Caderno de Educação**, v. 1, n. 49, p. 51-76, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3pfBDPU>. Acesso em: 18 set. 2019.

COOPER, Meline M.; WILLIAMS, Leah. C.; UNDERWOOD, Sonia M. Student Understanding of Intermolecular Forces: A Multimodal Study. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 8, p. 1288-1298, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00169>.

COSTA, Maiara Capucho; SOUZA, Maria Aparecida Silva de. O Uso das TICs no Processo Ensino e Aprendizagem na Escola Alternativa. **Revista Valore**, v. 2, n. 2, p. 220-235, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.22408/revva22201770220-235>.

COSTA, Francisco José da. **Mensuração e Desenvolvimento de Escalas: Aplicações em Administração**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

COSTA, Francisco José da; ORSINI, Ana Carolina Rodrigues; CARNEIRO, Jailson Santana. Variações de Mensuração por Tipos de Escalas de Verificação: Uma Análise do Construto de Satisfação Discente. **Revista Gestão**, v. 16, n. 2, p. 132-144, 2018. Disponível em: <http://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/69704>.

CRONBACH, Lee. J. Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297-334, 1951. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/BF02310555>.

CUNHA, Aparecida Miranda; TUNES, Elizabeth; DA SILVA, Roberto Ribeiro. Evasão do Curso de Química da Universidade de Brasília: A Interpretação do Aluno Evadido. **Química Nova**, v. 24, n. 2, p. 262-280, 2001. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-40422001000200019>.

CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. São Paulo: Novatec, 2007.

DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara Mendes. Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: O Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados? **Revista Gestão Organizacional**, v. 6, p. 161-174, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.22277/rgo.v6i3.1386>.

DATE, Christopher. J. **An Introduction to Database Systems**. 8. ed. Boston: Pearson/Addison Wesley, 2004.

DAVENPORT, Matt. Start-up Showcases Organic Chemistry Education App. **C&EN Global Enterprise**, v. 95, n. 15, p. 7, 2017. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/cen-09515-notw3>.

DEMIZU, Fabiana Silva Botta; MATARUCO, Sônia Maria Crivelli; ROYER, Marcia Regina; SANTOS, Diego Marlon dos. Reflexões Sobre Teorias da Aprendizagem Para o Ensino de Ciências: Piaget X Vygotsky. *In: XII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 2011, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: EDUCERE, 2011. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/2Ub6qPg>. Acesso em: 27 jan. 2019.

DERRY, Jan. **Vygotsky: Philosophy and Education**. Nova Jersey: Wiley-VCH, 2013.

DEWIT, David. Using Formal Charges in Teaching Descriptive Inorganic Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 9, p. 750-755, 1994. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed078p981>.

DIXIT, Daksha; KUBAVAT, Dharati; RATHOLD, Sureshbhai; PATELD, Mital; SINGEL, Tulsibhai. A Study of Variations in The Origin of Profunda Femoris Artery and Its Circumflex. **International Journal of Biological & Medical Research**, v. 2, n. 4, p. 1084-1089, 2011. Disponível em: <http://bit.ly/2UbJQ9c>. Acesso em: 08 dez. 2019.

FADEL, Luciane Maria; ULBRICHT, Vania Ribas; BATISTA, Claudia Regina; VANZIN, Tarcísio. **Gamificação na Aprendizagem**. 1. ed. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014.

FERNANDES, Arlete Modesto Macedo; MARINHO, Gisanne de Oliveira; BATISTA, Mirian Delmondes; OLIVEIRA, Gislene Farias de. O Construtivismo na Educação. **Id on Line Revista Multidisciplinar e Psicologia**, v. 12, n. 40, p. 138-150, 2018. Disponível em: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>. Acesso em: 11 out. 2019.

FIALHO, Neusa Nogueira; MATOS, Elizete Lucia Moreira. A Arte de Envolver o Aluno na Aprendizagem de Ciências Utilizando Softwares Educacionais. **Educar em Revista**, n. 2, p. 121-136, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0104-40602010000500007>.

FILATRO, Andrea. **Teorias e Abordagens Pedagógicas**. São Paulo: SENAC, 2018.

FLIPPERT, Vania de Fátima; SILVA, Denis.; DIAS, Raquel Rodrigues; BOSCARIOLI, Clodis. Usando Smartphones, QR Code e Games of Thrones para Gamificar o Ensino e Aprendizagem de Termometria. *In: XXIII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA*, 2017, Recife. **Anais [...]** Recife: CBIE, 2017. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/2JI311I>. Acesso em: 09 nov. 2019.

FORBELONI, Jacimara Villar. **Caderno de Práticas Pedagógicas e o Uso das TICs**. Mossoró: EDUFERSA, 2014.

GABUNILAS, Lowell; ADLAO, Evamae; BURNS, Kim; CHIU, Jiff; SANCHEZ, Stephen San. Utilizing Portale Virtual Reality in Teaching Chemistry. **Science International (Lahore)**, v. 30, n. 2, p. 263-266, 2018. Disponível em: <http://bit.ly/38pY7HL>. Acesso em: 16 ago. 2019.

GAMA, Carmen Lúcia Graboski da. **Método de Construção de Objetos de Aprendizagem com Aplicação em Métodos Numéricos**. 2007. Tese (Doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia). – Centro de Matemática, Universidade Federal do Paraná, 2007.

GASKELL, Anne; MILLS, Roger. **Can We Really Learn From Mobile Handheld Devices?** [s.l.: s.n.].

GEBRAN, Maurício Pessoa. **Tecnologias Educacionais**. 1. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

GERHARD, Ana Cristina; FILHO, João Bernardes da Rocha. A Fragmentação dos Saberes na Educação Científica Escolar na Percepção de Professores de uma Escola de Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 125-145, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/210>. Acesso em: 08 set. 2019.

GHIMIRE, Barsha. **The use of Smartphones and Mobile Applications in Higher Education: an Extended Literature Review**. Dissertação (Mestrado em Gestão). – Centro de Economia, Hasselt University, 2019.

GIKAS, Joanne; GRANT, Michael. Mobile Computing Devices in Higher Education: Student Perspectives on Learning With Cellphones, Smartphones & Social Media. **Internet and Higher Education**, v. 19, p. 18-26, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.iheduc.2013.06.002>.

GIORDAN, Marcelo; GOIS, Jackson. Entornos Virtuales de Aprendizaje en Química: una Revisión de la Literatura. **Educación Química**, v. 20, n. 3, p. 301-313, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/38njfyt>. Acesso em: 27 jun. 2019.

GIRAFFA, Lucia Maria Martins. Uma Odisseia no Ciberespaço: O Software Educacional dos Tutoriais aos Mundos Virtuais. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 17, n. 1, p. 20-29, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2009.17.01.20>.

GONZÁLEZ, Maritza Lau; HAZA, Ulises Jáuregui; GRAMAGTES, Aurora Pérez; LEÓN, Gloria Fariñas; BOLAY, Nadine Le. Supporting Students' Learning to Learn in General Chemistry Using Moodle. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 11, p. 1823-1829, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed3007605>.

GRANNELL, C. **The Essential Guide To CSS and HTML Web Design**. New York: APress Media LLC, 2007.

GRASSE, Elise K.; TORCASIO, Morgan; SMITH, Adam. Teaching UV-Vis Spectroscopy With a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 1, p. 146-151, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00654>.

GRESCZYSCYN, Marcella Cristyanne Comar; FILHO, Paulo Sérgio de Camargo; MONTEIRO, Eduardo Lemos. Aplicativos Educacionais para Smartphone e sua Integração Com o Ensino de Química. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 17, p. 398-403, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.17921/2447-8733.2016v17n5p398-403>.

HENDERSON, Michael; SELWYN, Neil; ASTON, Rachel. What Works and Why? Student Perceptions of “Useful” Digital Technology in University Teaching and Learning. **Studies in Higher Education**, v. 42, n. 8, p. 1567-1579, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1080/03075079.2015.1007946>.

HU, Wenfeng; ZHANG, Xiaoyuan; QU, Zhouqing. **A New Approach of Mechanics Simulation Based on Game Engine**. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2yfbV83>. Acesso em: 17 fev. 2020.

HUANG, Yueh-Min; HWANG, Wu-Yuin; CHANG, Kuo-En. Innovations in Designing Mobile Learning Applications. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 13, n. 3, p. 1-2, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3n46Y67>. Acesso em: 02 jan. 2020.

ISOTANI, Seiji; BITTENCOURT, Ig Ibert; ROCHA, Rafaela Vilela da. Avaliação de Jogos Sérios: Questionário para Autoavaliação e Avaliação da Reação do Aprendiz. *In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL*, 2015, Teresina. **Anais [...]** Teresina: SBC, 2015. [s.n.]. Disponível em: <http://bit.ly/3lfz9P1>. Acesso em: 12 jan. 2019.

JAIN, Dipika; CHAKRABORTY, Pinaki; CHAKRAVERTY, Shampa. Smartphone Apps for Teaching Engineering Courses: Experience and Scope. **Journal of Educational Technology Systems**, v. 47, n. 1, p. 4-16, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1177/0047239518785166>.

JONES, Oliver. A. H.; SPICHKOVA, Maria; SPENCER, Michelle J. S. Chirality-2: Development of a Multilevel Mobile Gaming App To Support the Teaching of Introductory Undergraduate-Level Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 95, p. 1216-1220, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00856>.

JUCÁ, Sandro César Silveira. A Relevância dos Softwares Educativos na Educação Profissional. **Revista Ciência & Cognição**, v. 8, p. 22-28, 2006. Disponível em: <http://bit.ly/36jaJhd>. Acesso em: 15 maio 2019.

KARIM, Sevari. The Role of Mobile Phones in Education and Instruction of Classroom Materials. **Advances in Education**, v. 1, n. 1, p. 19-22, 2012. Disponível em: <http://bit.ly/2IIL1jG>. Acesso em: 19 ago 2019.

KÄRKI, Tomi; KEINÄNEN, Heli; TUOMINEN, Anu; HOIKKALA, Marianna; MATIKAINEN, Eila; MAIJALA, Hanna. Meaningful learning with mobile devices: pre-service class teachers' experiences of mobile learning in the outdoors. **Technology, Pedagogy and Education**, v. 27, n. 2, p. 251-263, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1430061>.

KATIE, Salen; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do Jogo: Fundamentos do Design de Jogos**. 1a ed. São Paulo: Blucher, 2012.

KEEGAN, Desmond. **The Future of Learning: From e-Learning to m-Learning**. Hagen: Eric, 2002.

KIKUCHI, Shigeaki. A History of the Structural Theory of Benzene - The Aromatic Sextet Rule and Hückel's Rule. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 2, p. 194-201, 1997. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed074p194>.

KIM, Bokyeong; PARK, Hyungsung; BAEK, Youngkyun. Not Just Fun, But Serious Strategies: Using Meta-Cognitive Strategies in Game-Based Learning. **Computers & Education**, v. 52, n. 4, p. 800-810, 2009. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.12.004>.

KIMBLE, G. A. A História do Behaviorismo. **Enciclopédia Internacional das Ciências Sociais e Comportamentais**, p. 1128-1131, 2001. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01634-X>.

KIRRIEMUIR, Jonh; MCFARLANE, Angela. Literature Review in Games and Learning. **Futurelab Research Report**, p. 1-40, 2004. Disponível em: <http://bit.ly/35bFiGc>. Acesso em: 08 nov. 2019.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **Jogo, Brinquedo, Brincadeira e Educação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

KLEIN, David. R. **Organic Chemistry**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 2013.

KYLE, Yermesha; BACON, Stephen; PARK, Amber; GRIFFIN, Jameka; CUMMINS, Raicherylon; HOOKS, Raymond; QIAN, Bailu; FAN, Hua-Jun. **Teaching Chemistry Effectively With Engineering Majors: Teaching Beyond the Textbook**. New York: Springer, 2011.

LARDER, David; KLUGE, Frank. Alexander Mikhailovich Butlerov's Theory of Chemical Structure. **Journal of Chemical Education**, v. 48, n. 5, p. 287-289, 1971. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed048p287>.

LAWRIE, Gwendolyn. Using Web 2.0 Technology in Assessment of Learning in Chemistry: Drawing Threads between Teaching as Practice and Teaching as Research. **American Chemical Society**, v. 1235, p. 47-66, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/bk-2016-1235.ch003>.

LDSE. LDSE (Laboratório de Desenvolvimento de Softwares Educacionais). **Softwares**. 2019a. Disponível em: <http://www.ldse.ufc.br/>. Acesso em: 28 out. 2019.

LDSE. LDSE (Laboratório de Desenvolvimento de Softwares Educacionais). **Duelo de Química**. 2019b. Disponível em: <http://www.ldse.ufc.br/duelodequimica/>. Acesso em: 28 out. 2019.

LDSE. LDSE (Laboratório de Desenvolvimento de Softwares Educacionais). **Banco de Dados**. 2019c. Disponível em: <https://bit.ly/2BVLRgx>. Acesso em: 28 out. 2019.

LEÃO, Marcelo Franco.; DULTRA, Mara Maria. **Estratégias Didáticas Voltadas Para o Ensino de Ciências: Experiências Pedagógicas na Formação Inicial de Professores**. 1. ed. Uberlândia: EDIBRÁS, 2018.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no Ensino de Química: Teoria e Prática na Formação Docente**. Curitiba: Appris, 2018.

LEWIS, Gilbert N. Introductory Address: Valence and the Electron. **Transactions of the Faraday Society**, v. 19, p. 452-458, 1923. Disponível em: <https://rsc.li/3lqSrRi>. Acesso em: 20 mar. 2019.

LEWIS, Gilbert N. The Atom and the Molecule. **Journal of the American Chemical Society**, v. 1448, n. 1913, p. 762-785, 1916. Disponível em: <https://bit.ly/3eJlwox>. Acesso em: 23 mar. 2019.

LIBMAN, Diana; HUANG, Ling. Chemistry on the Go: Review of Chemistry Apps on Smartphones. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 3, p. 320-325, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed300329e>.

LIKERT, Rensis. A Technique For The Measurement of Attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 55, 1932. Disponível em: <http://bit.ly/3eIVUIC>. Acesso em: 11 nov. 2019.

LIMA, Jeverson de Sousa Barbosa; VICENTE, Kyldes Batista. As Vantagens do uso das TICs Como Apoio Complementar da Metodologia do Docente no Ambiente Acadêmico. **Revista Multidebates**, v. 3, n. 1, p. 36-46, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/38svgTc>. Acesso em: 03 out. 2019.

LIMA, José Ossian Gadelha de. Do Período Colonial aos Nossos Dias: uma Breve História do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 140, p. 71-79, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/3eGso6h>. Acesso em: 06 fev. 2019.

LIMA, José Ossian Gadelha de. Perspectivas de Novas Metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, p. 95-101, 2012. Disponível em: <http://bit.ly/3nbukqz>. Acesso em: 02 fev. 2019.

LIMA, Patricia Roseane Borges de; FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. **Objetos de Aprendizagem no Contexto de M-Learning**. [s.l.: s.n.].

LLAURADÓ, Oriol. **Escala de Likert: O que é e Como Utilizá-la**. 2015. Disponível em: <http://bit.ly/2PhXF4I>. Acesso em: 24 out. 2019.

LOCATELLI, Aline; ZOCH, Alana Neto; TRENTIN, Marco Antonio Sandini. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 12, p. 1-12, 2015. Disponível em: <http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/>. Acesso em: 15 ago. 2019.

LÓPEZ-NEIRA, Leonardo Rodrigo. Indagación en la relación aprendizaje-tecnologías digitales. **Educación y Educadores**, v. 20, n. 1, p. 91-105, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5294/edu.2017.20.1.5>.

LUCKE, Terry; DUNN, Peter K.; CHRISTIE, Michael. Activating learning in engineering education using ICT and the concept of “Flipping the classroom”. **European Journal of Engineering Education**, v. 42, n. 1, p. 45-57, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1201460>.

MACEDO, Elizabeth; LOPES, Alice Casimiro. **A Estabilidade do Currículo Disciplinar: O Caso das Ciências**. [s.l.: s.n.].

MACEDO, Claudia Mara Scudelari de. **Diretrizes Para a Criação de Objetos de Aprendizagem Acessíveis**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

MACHADO, Adriano Silveira. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 104-111, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.5935/0104-8899.20160014>.

MAJUMDAR, Shyamal. **Emerging Trends in ICT for Education & Training**. [s.l.: s.n.].

MARTÁNEZ, Javier Garcãa; TORREGROSA, Elena Serrano. **Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends**. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

MARZABAL, Ainoa; DELGADO, Virginia; MOREIRA, Patricia; BARRIENTOS, Lorena; MORENO, Jeannette. Pedagogical Content Knowledge of Chemical Kinetics: Experiment Selection Criteria to Address Students' Intuitive Conceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 8, p. 1245-1249, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00296>.

MATTHIENSEN, Alexandre. **Uso do Coeficiente Alfa de Cronbach em Avaliações por Questionários**. 1. ed. Boa Vista: EMBRAPA, 2011.

MAZZIONI, Sady. As Estratégias Utilizadas no Processo de Ensino-Aprendizagem: Concepções e Alunos e Professores de Ciências Contábeis. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo**, v. 2, n. 1, p. 93-109, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2IIM9Uq>. Acesso em: 11 out. 2019.

MEENA, Lakhpat. Assessment the use of Smartphone for teaching and learning process in Higher education special reference to science. **International Journal of Scientific Research and Review**, v. 7, n. 1, p. 182-189, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3ljG8GA>. Acesso em: 02 nov. 2019.

MELLO, Érik Luka de. **Ultradarwinismo em K. R. Popper & B. F. Skinner**. Brasília: Instituto Walden4, 2015.

MENEZES, José Wally Mendonça; OLIVEIRA, Katielle Dantas; SANTOS, Wesley Lavoisier dos; SOUZA, Ravi Cavedagne; MOURA, Renato Oliveira; SILVA, Jorge Fredericson de Macedo Costa da. Laboratório Virtual De Química: Blender 3D. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2012, Belém. **Anais [...]** Belém: COBENGE, 2012. [s.n.]. Disponível em: <https://bit.ly/3pdqKhu>. Acesso em: 06 jan. 2019.

MONTANGERO, Marc. Determining the Amount of Copper (II) Ions in a Solution Using a Smartphone. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 10, p. 1759-1762, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00167>.

MOORING, Suazette; MITCHELL, Chloe; BURROWS, Nikita. Evaluation of a Flipped, Large-Enrollment Organic Chemistry Course on Student Attitude and Achievement. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 12, p. 1972-1983, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00367>.

MORAN, José Manuel. **Educação a Distância: Pontos e Contrapontos**. São Paulo: Summus, 2011.

MOREIRA, João Victor Xerez. **Stereogame - Desenvolvimento, Implementação e Avaliação de um Jogo Didático-Computacional para o Ensino de Estereoquímica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Química). – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio; ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino**. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2008.

MORENO, Luis; ALZATE, Maria Victoria; MENESES, Jesus; MARÍN, Mario. Build Your Model! Chemical Language and Building Molecular Models Using Plastic Drinking Straws. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 5, p. 823-827, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00300>.

NAIK, Ganesh. Role of iOS and Android Mobile Apps in Teaching and Learning Chemistry. *In: Teaching and the Internet: The Application of Web Apps, Networking, and Online Tech for Chemistry Education*, p. 19-35, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/bk-2017-1270.ch002>.

NEVES, Rita de Araujo; DAMIANI, Magna Floriana. Vygotsky e as Teorias da Aprendizagem. **UNIREVISTA**, v. 1, p. 1-10, 2006. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/3453>. Acesso em: 27 maio 2019.

NICHELE, Aline Grunewald; SCHLEMMER, Eliane. Mobile Learning em Química: uma análise acerca dos aplicativos disponíveis para tablets. **Encontro de Debates Sobre o Ensino de Química**, v. 1, n. 33, p. 1-8, 2013. Disponível em: <http://bit.ly/2UxnFKY>. Acesso em: 15 maio 2019.

NIXON, Robin. **Learning PHP, MySQL & JavaScript With jQuery, CSS & HTML5**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2014.

NOBRE, Davi Janô. **Say My Name - Desenvolvimento, Implementação e Avaliação de um Software Educacional, no Formato de um Jogo, Visando a Melhoria do Aprendizado de Nomenclatura de Compostos Orgânicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Química). – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2018.

NOGUEIRA, Helena Alvares; PORTO, Paulo Alves. Entre Tipos E Radicais: a Construção Do Conceito De Valência. **Química Nova**, v. 42, n. 1, p. 117-127, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.21577/0100-4042.20170311>.

O'BANNON, Blanche; THOMAS, Kevin. Mobile Phones in the Classroom: Preservice Teachers Answer the Call. **Computers and Education**, v. 85, p. 110-122, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.010>.

ORNA, Mary Virginia. Introduction: The Evolution and Practice of Chemical Education. **ACS Symposium Series**, v. 1208, p. 1-24, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/bk-2015-1208.ch001>.

OSMAN, Kamisah; SUKOR, Nur Suhaidah. Conceptual Understanding in Secondary School Chemistry: A Discussion of the Difficulties Experienced by Students. **American Journal of Applied Sciences**, v. 10, n. 5, p. 433-441, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.3844/ajassp.2013.433.441>.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias da Aprendizagem**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2011.

PAULING, Linus. G. N. Lewis and The Chemical Bond. **Journal of Chemical Education**, v. 61, n. 3, p. 201-203, 1984. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed061p201>.

PEDROSO, Ana Paula Ferreira. A Teoria Sócio-Histórica de Vygotsky e o Papel da Cultura no Desenvolvimento Humano: Considerações a Respeito da Aprendizagem Escolar na Perspectiva dos Educandos Jovens e Adultos. **Revista Interdisciplinar SULEAR**, v. 1, n. 1, p. 72-80, 2019. Disponível em: <http://revista.uemg.br/index.php/sulear/article/view/3948>. Acesso em: 03 maio 2019.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Maria Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lub; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista Psicologia, Educação e Cultura**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002. Disponível em: <http://bit.ly/32LUKHG>. Acesso em: 09 dez. 2019.

PEREIRA, Deydeby Illan dos Santos. **Softwares Educacionais no Ensino de Química**. 2014. Monografia de Especialização (Especialização em Fundamentos da Educação). – Centro de Educação, Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. 10. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

PORTO, Edimilson Antonio Bravo. Breve Histórico Do Ensino De Química No Brasil. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 2013, Ijuí. **Anais [...] Ijuí: EDEQ**, 2013. [s.n.]. Disponível em: <https://bit.ly/3nqB6ss>. Acesso em: 16 nov. 2019.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais**. 1. ed. São Paulo: SENAC, 2012.

PRESSMAN, Roger; MAXIM, Bruce. **Software Engineering: A Practitioner's Approach**. 8. ed. New York: McGraw-Hill Global Education Holdigns, 2016.

RAMOS, Daniela Karine; MELO, Hiago Murilo de; MATTAR, João. Jogos Digitais na Escola e Inclusão Digital: Intervenções para o Aprimoramento da Atenção e das Condições de Aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, v. 18, n. 58, p. 670-692, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.7213/1981-416X.18.058.DS04>.

RASTEGARPOUR, Hassan; MARASHI, Poopak. The Effect of Card Games and Computer Games on Learning of Chemistry Concepts. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 31, n. 2011, p. 597-601, 2012. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.111>.

ROCHA, Joselayne Silva; VASCONCELOS, Tatiana Cristina. **Dificuldades de Aprendizagem no Ensino de Química: Algumas Reflexões**. [s.l.: s.n.].

ROCKE, Alan. It Began with a Daydream: The 150th Anniversary of the Kekulé Benzene Structure. **Angewandte Chemie**, v. 7107, p. 46-50, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/anie.201408034>.

RODRIGUES, Salomão Bento de Vasconcelos; SILVA, Deyse Carvalho da; QUADROS, Ana Luiza de. O Ensino Superior de Química: Reflexões a Partir de Conceitos Básicos para a Química Orgânica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1840-1845, 2011. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-40422011001000019>.

ROUSE, Margaret; FERGUSON, Kevin; LEAKE, Alan; HUGHES, Adam. **Database Management (DB)**. 2006. Disponível em: <http://bit.ly/2MgNrWt>. Acesso em: 23 out. 2019.

ROYLE, Karl. Game-Based Learning: A Different Perspective. **Journal of Online Education**, v. 4, n. 4, p. 10, 2008. Disponível em: <https://bit.ly/36HJSLU>. Acesso em: 03 jan. 2020.

RUEDENBERG, Klaus; SCHWARZ, Eugen. Three millennia of atoms and molecules. **ACS Symposium Series**, v. 122, p. 1-45, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/bk-2013-1122.ch001>.

SÁNCHEZ, José González.; ZEA, Natalia Padilla; VELA, Francisco Luis Gutiérrez. **Playability: How to Identify the Player Experience in a Video Game**. Uppsala, Suécia: Springer, 2009.

SANCHIS, Isabelle de Paiva; MAHFOUND, Miguel. Interação e Construção: o Sujeito e o Conhecimento no Construtivismo de Piaget. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 165-177, 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org>. Acesso em: 12 jan. 2020.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. 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, p. 1-6, 2013. Disponível em: <http://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1517>. Acesso em: 24 jan. 2020.

SANTOS, Cícero Ernandes de Melo; LEITE, Bruno Silva. Construção de um Jogo Educativo em uma Plataforma de Desenvolvimento de Jogos e Aplicativos de Baixo Grau de Complexidade: o Caso do Quizmica - Radioatividade. **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 1, p. 193-202, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.22456/1679-1916.95725>.

SANTOS, José Alex Soares. **Teorias da Aprendizagem: Comportamentalista, Cognitivista e Humanista**. 2006. Disponível em: <http://bit.ly/33QPKk2>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SANTOS, Wildson Luis Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza. **Química Cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, 2013.

SANTOS, Ronaldo Bezerra dos. Síntese das Contribuições de Alguns Teóricos da Educação Sobre o Processo Ensino-Aprendizagem. **Multidisciplinary Journal and Psychology**, v. 10, n. 31, p. 163-176, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.14295/online.v10i31.533>.

SAVI, Rafael. **Avaliação de Jogos Voltados Para a Disseminação do Conhecimento**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

SCHERMANN, D. **Escala de Likert: Como Usar a Pergunta de Escala no seu Questionário de Pesquisa**. 2019. Disponível em: <http://bit.ly/362gI93>. Acesso em: 24 out. 2019.

SCOLARI, Angélica Taschetto; BERNARDI, Giliane; CORDENONSI, Andre Zanki. O Desenvolvimento do Raciocínio Lógico através de Objetos de Aprendizagem. **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 2, p. 1–10, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.22456/1679-1916.14253>.

SHAFFER, David Williamson; SQUIRE, Kurt; HALVERSON, Richard; GEE, James. **Video Games and The Future of Learning**. [s.l.: s.n.].

SHELL, Jesse. **The art of design: A book of lenses**. 2. ed. New York: Elsevier, 2011.

SIEVERTSEN, Niels; CARREIRA, Erick. Apoc Social: A mobile Interactive and Social Learning Platform for Collaborative Solving of Advanced Problems in Organic Chemistry. **International Journal for Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 43-47, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.2533/chimia.2018.43>.

SILVA, Camilo; SOUSA Laila Paiva; ALVES, Juliana Martins Santos; LEAL, Regina Barbosa. **Linguagem dos Nativos Digitais e as Tecnologias Educacionais: Reconnectando-nos Com Nossos Alunos**. 2017. Disponível em: <http://bit.ly/3lP1M61>. Acesso em: 26 maio. 2019.

SILVA, Marcos; MARTINS, Pedro; MARIANO, Diego; SANTOS, Luciana Helena; PASTORINI, Isabela; PANTUZA, Naiara; NOBRE, Cristiane; MELO-MINARDI, Raquel Melo. Proteingo: Motivation, user experience, and learning of molecular interactions in biological complexes. **Entertainment Computing**, v. 29, p. 31–42, 1 mar. 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.entcom.2018.11.001>.

SILVA, Elisandra Alves da. **Aprendizagem Significativa no Ensino de Química: uma Proposta de Unidade de Ensino Sobre Número de Oxidação**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática). – Centro de Ciências, Universidade de Caxias do Sul, 2018.

SILVA, Kleyfton Soares da; FONSECA, Laerte Silva da; FREITAS, Johnnatán Duarte de. Uma Breve História da Geometria Molecular Sob a Perspectiva Didático-Epistemológica de Guy Brousseau. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 4, p. 626-647, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss4id3716>.

SILVA JÚNIOR, José Nunes da; LIMA, Mary Anne Sousa; MIRANDA, Fátima Nunes; JUNIOR, Antonio José Melo Leite; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira; ASSIS, Djheyson Carlos de Oliveira; NOBRE, Davi Janô. Nomenclature Bets: An Innovative Computer-Based Game To Aid Students in the Study of Nomenclature of Organic Compounds. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 11, p. 2055-2058, 2018a. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00298>.

SILVA JÚNIOR, José Nunes da; LIMA, Mary Anne Sousa; MOREIRA, João Victor Xerez; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira; ALMEIRA, Diego Macedo de; OLIVEIRA, Maria da Conceição Ferreira de; JUNIOR, Antonio José Melo Leite. Stereogame: An Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Stereochemistry Concepts. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 2, p. 248-250, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00475>.

SILVA JÚNIOR, José Nunes da; MONTEIRO, Álvaro Carvalho; JUNIOR, Antonio José Melo Leite; MATOS, Izac Sidarta de Andrade; NOBRE, Davi Janô; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira; MONTEIRO, André Jalles; LIMA, Mary Anne Sousa. Game-Based Application for Helping Students Review Chemical Nomenclature in a Fun Way. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 4, p. 801-805, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00540>.

SILVA JÚNIOR, José Nunes da; NOBRE, Davi Janô; NASCIMENTO, Rômulo Silva do; JUNIOR, Giancarlo Schaffer Torres; JUNIOR, Antonio José Melo Leite; MONTEIRO, André Jalles; ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira; ROJO, Maria Joseja; RODRÍGUEZ, Maria Teresa. Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Organic Compound Nomenclature. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 5, p. 899-902, 2018b. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00793>.

SILVERBERG, Lee. Use of Doceri Software for iPad in Polycom and Resident Instruction Chemistry Classes. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 8, p. 1087-1089, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed400093r>.

SMAGORINSKY, Peter. Deconflating the ZPD and Instructional Scaffolding: Retranslating and Reconceiving the Zone of Proximal Development as the Zone of Next Development. **Learning, Culture and Social Interaction**, v. 16, p. 70-75, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.lcsi.2017.10.009>.

SOLOMONS, Graham; FRYHLE, Craig. **Organic Chemistry**. 7. ed. EUA: LTC, 2000.

SRISAWASDI, Niwat; PANJABUREE, Patcharin. Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 28, n. 2, p. 152-164, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s10956-018-9754-0>.

STOLTZ, Tania. Consciousness in Piaget: possibilities of understanding. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 31, n. 1, p. 30, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1186/s41155-018-0110-3>.

STRINGFIELD, Thomas; KRAMER, Eugene. Benefits of a Game-Based Review Module in Chemistry Courses for Nonmajors. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 1, p. 56-58, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed300678f>.

SU, C. H.; CHENG, Ching-Hsue. A mobile gamification learning system for improving the learning motivation and achievements. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 3, p. 268-286, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1111/jcal.12088>.

TAROUCO, Liane Maria Rockenbach. **Objetos de Aprendizagem: Teoria e Prática**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2014.

TAROUCO, Liane Maria Rockenbach; DA SILVA, Claraluz Camargo Gris; GRANDO, Anita. Fatores que Afetam o Reuso de Objetos de Aprendizagem. **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.21931>.

TAROUCO, Liane Maria Rockenbach; ROLAND, Letícia Coelho; FABRE, Marie-Christine Julie Mascarenhas; KONRATH, Mary Lúcia Pedroso. Jogos Educacionais. **Renote - Novas Tecnologias na Educação**, v. 2, p. 1-7, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13719>.

TAVARES, Taizy Leda; ECHALAR, Jhonny David. O Ensino de Ciências Naturais nos Anos Finais do Ensino Fundamental: Uma Análise dos Softwares Educacionais Presentes no Portal do Professor. **Linguagens, Educação e Sociedade**, v. 1, n. 33, p. 150, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.26694/5868>.

TIERNAN, Natalie Foote. Gilbert Newton Lewis and The Amazing Electron Dots. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 7, p. 569-570, 1985. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed062p569>.

TOASSA, Gisele. The “Pedagogical Psychology” of Vygotsky – Preliminary Remarks. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 24, n. 11, p. 64-72, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.14572/nuances.v24i1.2155>.

TRIOLA, Mario. **Introdução à Estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

TSAI, Chia-Wen; SHEN, Pei-Di; CHIANG, I-Chun.; CHEN, Wen-Yu.; CHEN, Yi-Fen. Exploring the Effects of Web-Mediated Socially-Shared Regulation of Learning and Experience-Based Learning on Improving Students’ Learning. **Interactive Learning Environments**, v. 26, n. 6, p. 815-826, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1080/10494820.2017.1415940>.

TWUM, Rosemary. Utilization of Smartphones in Science Teaching and Learning in Selected Universities in Ghana. **Journal of Education and Practice**, v. 8, n. 7, p. 216-228, 2017. Disponível em: <http://bit.ly/3lOkkmw>. Acesso em: 28 set. 2019.

UNESCO. **Policy guidelines for mobile learning**. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2GuinZk>. Acesso em: 26 maio. 2019.

VALENTINE, C. B.; BISOL, C. A. Método Para Concepção de Objetos de Aprendizagem Conceituais e Atitudinais. **EmRede - Revista de Educação a Distância**, v. 5, n. 1, p. 63-72, 2018. Disponível em: <http://bit.ly/3f2xtGl>. Acesso em: 05 out. 2019

VERGARA, Luiza; VIALI, Lori; LAHM, Regis; LUZ, Renata da; PAULA, Adriana Chilante de. Softwares Educacionais Para O Ensino De Física, Química e Biologia. **Revista Ciências & Ideias**, v. 5, n. 1, p. 106-121, 2014. Disponível em: <http://bit.ly/36H1Vlp>. Acesso em: 08 out. 2019.

VIEIRA, Eloisa; MEIRELLES, Rosane; RODRIGUES, Denise. O Uso de Tecnologias no Ensino de Química: A Experiência do Laboratório Virtual Química Fácil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 2013, Campinas. **Anais [...]** Campinas: ABRAPEC, 2013. [s.n.]. Disponível em: <https://bit.ly/35B174F>. Acesso em: 11 jun. 2019.

VRASIDAS, Charalambos. The Rhetoric of Reform and Teachers' use of ICT. **British Journal of Educational Technology**, v. 46, n. 2, p. 370-380, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1111/bjet.12149>.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A Formação Social da Mente**. 7. ed. Curitiba: Martins Fontes, 2015.

WATSON, Jonh Broadus; DOUGALL, Mac. **El Conductismo**. Buenos Aires: Paidós, 1976.

WEISZ, Telma; SANCHEZ, Ana. **O Diálogo Entre o Ensino e a Aprendizagem**. Belo Horizonte: Áitca, 2018.

WILEY, David. **Learning Object Design and Sequencing Theory**. 2000. Tese (Doutorado em Psicologia). – Centro de Psicologia, Brigham Young University, EUA, 2000.

WILEY, David. **The Instructional Use of Learning Objects**. Bloomington: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications & Technology, 2002.

WILLIAMS, Antony John; PENCE, Harry. Smart Phones, a Powerful Tool in the Chemistry Classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 6, p. 683-686, 2011. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ed200029p>.

WINTER, Julia; WEGWERTH, Sarah; DEKORVER, Brittlund; MORSCH, Layne. The Mechanisms App and Platform: a New Game-Based Product for Learning Curved Arrow Notation. *In: Active Learning in Organic Chemistry: Implementation and Analysis*, v. 7, p. 99-115, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/bk-2019-1336.ch007>.

WONG, Jessica; LIU, Frank; YU, Hua-Zhong. Mobile App-Based quantitative scanometric analysis. **Analytical Chemistry**, v. 86, n. 24, p. 11966-11971, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1021/ac5035727>.

YOUNG, Jeffrey. **6 Top Smartphone Apps to Improve Teaching, Research, and Your Life** [s.l.: s.n.].

ZILIO, Diego. **A Natureza Comportamental da Mente: Behaviorismo Radical e Filosofia da Mente**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

APÊNDICE A – LISTA DE JOGOS/SOFTWARES RELACIONADOS A QUÍMICA ORGÂNICA NAS PRINCIPAIS LOJAS DE APLICAÇÕES (App Store e Play Store)

App Store	Categoria	Assunto
Awesome Organic Chemistry Flashcards	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reactions	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Funções Orgânicas em Química	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Química - Tabela Periódica e elementos químicos	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas, nomenclatura
Mechanisms: Organic Chemistry	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas
Organic Reactions the Game	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry, Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
As substâncias químicas - Quiz	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Organic Chemistry Essentials	EBOOK	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chem I Lite – SecondLook	TUTORIAL	Estruturas, ressonância
Organic Chemistry Test Bank Lite	EBOOK	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Asian Journal of Organic Chemistry	INFORMAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
apoc - Organic Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, análise conformacional
European Journal of Organic Chemistry	INFORMAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
ODYSSEY Functional Groups	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas
Chemistry video tutorials by Studystorm	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reaction Cards	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Basic Organic Chemistry Symbols Quiz	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Organic Chem I Lite – SecondLook	TUTORIAL	Estruturas, ressonância
Química em 1 Minuto - Funções Orgânicas	JOGO	Funções orgânicas
Organic Nomenclature	JOGO	Reações orgânicas, nomenclatura
Organic Pop	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry by Design: Target Synthesis Database	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reaction Flashcards	JOGO	Reações orgânicas, nomenclatura
Chirality	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, forças intermoleculares, isomeria
Chirality	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, forças intermoleculares, isomeria

MCAT Chemistry Flashcards Lite	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Organic Chemistry!*	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chain Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
Chem Tube3D	TUTORIAL	Reações orgânicas
Sparklab Chemistry	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry SMART Handbook	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, nomenclatura
Tap OChem Lite	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Fanatic	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Learn Organic Chemistry Nomenclature 1	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, nomenclatura
Chemistry Quiz Test	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Israel Journal of Chemistry	INFORMAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
Química Orgânica - Tópicos Avançados	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Chairs! Organic Chemistry Game	JOGO	Reações orgânicas
O=Chem	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Reaction Flash	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura
Molecule	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas
Organic Chemistry Review	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Hidrocarbonetos: as estruturas	JOGO	Funções orgânicas
Orange RMN	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas
Chemical Detectives	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
GS MCAT Organic Chemistry	TUTORIAL/VÍDEO	Reações orgânicas
Angewandte Chemie International Edition	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Organic Chemistry Flashcards	JOGO	Reações orgânicas, nomenclatura
Advanced Synthesis & Catalysis	INFORMAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Molecular Formula Generator	TUTORIAL	Reações orgânicas, síntese
JACS Image Challenge Mobile	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Chemistry Open	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Ácidos carboxílicos e ésteres	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas

Legenda: * nome igual, porém aplicação diferente de outra já mencionada.

Organic Chemistry Reference	TUTORIAL	Funções orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Molecular Viewer	VISUALIZAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Learn Organic Chemistry Reaction Cards 1	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Learn Organic Chemistry Reaction Cards 2	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chirality 2	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, forças intermoleculares, isomeria
Structure Mate	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
Name Reaction Master	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Keyboard	TUTORIAL	Reações orgânicas
Organic Chemistry*	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
Aminoácidos: flashcards e quiz	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
RMN Peak Splittings	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry Addition Reaction Reagents	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, estruturas
StudyOrgo	TUTORIAL	Estruturas de Lewis, ressonância, cargas formais, geometria, hibridação
Experimental Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
iMolecular Builder	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas
iSpartan	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas
ChemPlusChem	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas
KEM030 – Organic Chemistry Course Assistant	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
NMR Toolbox	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
Clutch Prep	VÍDEO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Reagents	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
RMN Solvent Peaks	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura
Backside Attack	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas, estruturas
IR Spec Check	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, estruturas
Organic Chemistry*	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, nomenclatura, estruturas, fórmulas
Name Reaction	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura
Reaction Mechanism	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, estruturas

Legenda: * nome igual, porém aplicação diferente de outra já mencionada.

Substâncias químicas: Química orgânica, inorgânica	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, compostos inorgânicos, sais, óxidos
Ácidos, íons e sais inorgânicos – Quiz de Química	JOGO	Nomenclatura, fórmulas químicas
Funções orgânicas em química orgânica – O teste	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Elementos químicos e tabela periódica: Nomes teste	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas, nomenclatura
Química jogos	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas
Química Questionário Jogo	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
BEAKER – Mix Chemicals	SIMULAÇÃO	Reações orgânicas, reações inorgânicas, nomenclatura
Ácidos carboxílicos e ésteres – Teste de química	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Hidrocarbonetos: As estruturas e fórmulas químicas	JOGO	Estruturas, fórmulas químicas
Funções Orgânicas	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Org Chem Adventure	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Quiz Química Y Jogo De Química – Quiz De Ciências	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, compostos inorgânicos, equilíbrio químico
Chem Tube3D	TUTORIAL	Reações orgânicas
Chiral Point Detector	SIMULAÇÃO	Estruturas químicas
Isomers AR	SIMULAÇÃO	Estruturas químicas, isomeria
Chemical Detectives	JOGO	Fórmulas químicas, espectrometria de massa, infravermelho, ressonância magnética
Chemistry By Design	JOGO	Funções orgânicas, síntese, fórmulas químicas
Organic Chemistry Flashcards	JOGO	Reações orgânicas, nomenclatura
Organic Chemistry Basics	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura
Quiz Estruturas Químicas	TUTORIAL	Estruturas químicas, nomenclatura
Organic Chemistry Formula Ebook Updated 2018	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura
apoc - Organic Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, análise conformacional
Organic chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, síntese, nomenclatura
Chemistry Lab	JOGO	Balanceamento de equações, reações, fórmulas, nomenclatura
Organic Chemistry: Practice Tests and Flashcards	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reactions	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura

Play Store - App	Categoria	Assunto
Substâncias químicas: Química orgânica, inorgânica	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, compostos inorgânicos, sais, óxidos
Ácidos, íons e sais inorgânicos – Quiz de Química	JOGO	Fórmulas, nomenclatura
Funções orgânicas em química orgânica – O teste	JOGO	Funções, nomenclatura, fórmulas químicas
Elementos químicos e tabela periódica: Nomes teste	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas, nomenclatura
Química jogos	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas
Química Questionário Jogo	JOGO	Tabela periódica, nomes químicos, símbolos, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
BEAKER – Mix Chemicals	SIMULAÇÃO	Reações orgânicas, reações inorgânicas, nomenclatura
Ácidos carboxílicos e ésteres – Teste de química	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Hidrocarbonetos: As estruturas e fórmulas químicas	JOGO	Estruturas, fórmulas químicas
Funções Orgânicas	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Org Chem Adventure	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Quiz Química Y Jogo De Química – Quiz De Ciências	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, compostos inorgânicos, equilíbrio químico
Chem Tube3D	TUTORIAL	Reações orgânicas
Chiral Point Detector	SIMULAÇÃO	Estruturas químicas
Isomers AR	SIMULAÇÃO	Estruturas químicas, isomeria
Chemical Detectives	JOGO	Fórmulas químicas, espectrometria de massa, infravermelho, ressonância magnética
Chemistry By Design	JOGO	Funções orgânicas, síntese, fórmulas químicas
Organic Chemistry Flashcards	JOGO	Reações orgânicas, nomenclatura
Organic Chemistry Basics	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura
Quiz Estruturas Químicas	TUTORIAL	Estruturas químicas, nomenclatura
Organic Chemistry Formula Ebook Updated 2018	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura
apoc - Organic Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, análise conformacional
Organic chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, síntese, nomenclatura
Chemistry Lab	JOGO	Balanceamento de equações, reações, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry: Practice Tests and Flashcards	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reactions	TUTORIAL	Reações orgânicas, nomenclatura

Organic Chemistry Quiz	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, aromaticidade
Organic Chemistry Courses	TUTORIAL	Reações orgânicas, estruturas de Lewis
Learn Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções Orgânicas, isomeria, geometria molecular
Op Tandon Organic Chemistry Textbook	EBOOK	Funções orgânicas, nomenclatura
Mechanisms by Alchemie – Organic Chemistry \$	SIMULAÇÃO	Reações orgânicas
Organic Chemistry in Sinhala	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry dictionary	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, síntese, nomenclatura
Organic Chemistry Today	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry Formula 2019	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
General Organic Reaction	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Basic General Organic Notes for class 11th 12th	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura
Nomenclature of Organic Compounds-NOC	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
HSC Organic Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Real Simple Edu	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, ressonância
Reagents and Their Functions Organic ChemistryFree	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Pré-U Organic Chemistry	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura
Química Orgânica	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry Help	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, estruturas de Lewis e carga formal
Experimental Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas
Famous Synthesis step by step	SIMULAÇÃO	Síntese, reações orgânicas
Organic Chemistry *	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
European Journal of Organic Chemistry	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic chemistry*	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry: A Very Short Introduction	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry Synthesis Toolbox	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry Info	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chemistry – Practice Questions, Notes	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas aromaticidade

Legenda: * nome igual, porém aplicação diferente de outra já mencionada.

Organic Chem 1 Quis – Addition	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas
Molecule Kit	JOGO	Funções orgânicas
Organic Chemistry Terms	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
KEM 030 – Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chirality 2	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, forças intermoleculares, isomeria
Organic Compound Identifier	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
Organic Compound Identifier Pro*	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
Organic Chem I Lite – SecondLook	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, ressonância
Organic Compound Designer Benzene Tree	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Alcohols Phenols and Ethers	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Advanced Synthesis & Catalysis	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
MS Chauhan Organic Chemistry TextBook	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Chem CoBa Органическая химия	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Reações orgânicas	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas
Organic Chem Ia – SecondLook*	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, ressonância
Organic Pop	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry MCQs with Answers and Explanations	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Mastering Spectroscopy	TUTORIAL	Funções orgânicas, fórmulas químicas, infravermelho, ressonância magnética
DAT Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Helper Química	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
MGames: Chemical Compounds	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Complete Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Interactive Textbook, MCQ & Test Bank	EBOOK	Estruturas químicas, geometria molecular
IUPAC Nomenclature for Class 12 Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Nomenclatura
ChemPubSoc Europe	INFORMAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
MolecularAR	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas

Legenda: * nome igual, porém aplicação diferente de outra já mencionada.

Advanced Level Chemistry	TUTORIAL	Funções orgânicas, estruturas e hibridação
Chemistry Notes	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
OAT Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, fórmulas químicas
MCAT Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Class 11 Notes Topper Science	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura
Asian J. Org. Chem.	INFORMAÇÃO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Full Course -Chemistry App	TUTORIAL	Funções orgânicas, fórmulas químicas
PCAT Organic Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Quiz App	JOGO	Funções orgânicas, fórmulas químicas
Class 11 Chemistry Notes	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
11th Chemistry Notes	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura
Chemistry Quiz	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Aldehydes and Ketones	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura
Quiz Estruturas Químicas	JOGO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
ReactionFlash	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Total Chemistry	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas, aromaticidade
Lewis Lite	DESENHO	Tabela periódica, nomes químicos, estruturas de Lewis
Grade 12 Chemistry Test Prep	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Fun Groups!	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemist	SIMULAÇÃO	Funções orgânicas, fórmulas químicas
3D VSEPR	VISUALIZAÇÃO	Estruturas químicas, geometria molecular
AR VR Molecules Editor Free	SIMULAÇÃO	Estruturas químicas, geometria molecular
Alkanes & Alkenes in Chemistry	TUTORIAL/QUIZ	Funções orgânicas, fórmulas químicas
ChemSpider Mobile	PESQUISA	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry MCQ - Neet Iit Jee MCQ AIIMS 2019	TUTORIAL	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Complete Chemistry App	TUTORIAL	Tabela periódica, reações químicas, funções orgânicas e distribuição eletrônica
JEE-Basic Concept of Chemistry	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Nomenclatura Química Orgânica	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas

Hydrocarbons	TUTORIAL	Funções orgânicas, fórmulas químicas
Reações Orgânicas	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
KingDraw Chemical Structure Editor	DESENHO	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemical Nomenclature	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Heterocyclic Compounds: Names of Heterocycles Quiz	JOGO	Funções orgânicas, fórmulas químicas
Chemistry Organics	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Organic Flashcards+	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Organic Reactions*	JOGO	Funções orgânicas, nomenclatura
Mol Chemistry	DESENHO	Funções orgânicas
ChemEd: Bonding & Structure	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas, hibridação e geometria molecular
Carboxylic Acids	TUTORIAL	Funções orgânicas, fórmulas químicas
IRspectrAR	VISUALIZAÇÃO	Funções orgânicas, nomenclatura
Cours Chimie Organique	EBOOK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Kimia Organik	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Os compostos químicos	TUTORIAL	Funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas
Chemistry Question Bank	QUESTION BANK	Reações orgânicas, funções orgânicas, nomenclatura, fórmulas químicas

Legenda: * nome igual, porém aplicação diferente de outra já mencionada.

**APÊNDICE B – LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE
JOGOS/SOFTWARES E SIMILARES NA ÁREA DE QUÍMICA ORGÂNICA
(QO) E TEORIA ESTRUTURAL (TE)**

Ano	Autores	Título	Tipo	Área de estudo
1929	JAMES HOWARD	Chemical bank	Jogo físico	QO
1935	JAMES K. SENIOR	An Evaluation of the Structural Theory of Organic Chemistry I	Outro (físico)	TE
1935	JAMES K. SENIOR	An Evaluation of the Structural Theory of Organic Chemistry II	Outro (físico)	TE
1952	D. N. KURSANOV et al.	The Present State of the Chemical Structural Theory	Outro (físico)	TE
1958	THEODOR BENPEY	August Kekule and the Birth of the Structural Theory of Organic Chemistry in 1858	Outro (físico)	TE
1959	HENRY M. LEICESTER	Contributions of Butlerov to the Development of Structural Theory	Outro (físico)	TE
1959	HERBERF C. BROWN	Foundations of the Structural Theory	Outro (físico)	TE
1964	ERNEST L. ELIEL	Teaching Organic Chemistry	Outro (físico)	QO
1966	HENRY M. LEICESTER	Kekulé, Butlerov, Markovnikov: Controversies on Chemical Structure from 1860 to 1870	Outro (físico)	TE
1971	GOLDSMITH, R. H.	The Game of the Name	Jogo físico	QO
1971	DAVID F. LARDER and FRANK F. KLUGE	Alexander Mikhailovich Butlerov's Theory of Chemical Structure	Outro (físico)	TE
1972	HOWARD D. PERLMUTTER and DAVID S. KRISTOL	A New Method for Learning Organic Reactions	Jogo físico	QO
1972	AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	Report of the Organic Subcommittee of the Curriculum Committee	Outro (físico)	TE
1973	ALAN S. DAY	Organic Mah-Jongg	Jogo físico	QO
1974	ZIEGLER, G. R.	Eloosis-A Card Game Which Demonstrates the Scientific Method	Jogo físico	QO
1975	WARREN J. HEHRE	MIND0/3. An Evaluation of Its Usefulness as a Structural Theory	Outro (físico)	TE
1976	AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	Report of the Organic Subcommittee of the Curriculum Committee, Part II	Outro (físico)	TE
1978	R. A. KLETSCH	Learning Organic by Playing Cards	Jogo físico	QO
1979	DESMOND M. S. WHEELER and MARGARET M. WHEELER	The Undergraduate Curriculum in Organic Chemistry	Outro (físico)	QO
1982	J. MEISENHEIMER, BENDALL and T. ROOD	Design-a-Drug. A Medicinal Chemistry Computer Game	Jogo virtual	QO

1982	J. L. MEISENHEIMER, VICTOR I. BENDALL, and GILBERT T. ROOD	Design-a-Drug. A Medicinal Chemistry Computer Game	Jogo virtual	QO
1984	MARY C. JOHNSON	The Place of Organic Chemistry in the High School Curriculum	Outro (físico)	TE
1991	ROBED BEAUVAIS and R. W. HOLMAN	An Internal Comparison of the Intermolecular Forces of Common Organic Functional Groups	Outro (físico)	TE
1991	DAVID SCARPETTI	Chemical Jeopardy	Jogo físico	QO
1992	SCHRECK, J. O.	Enhancing Interest in Organic Chemistry. Part II. Organic Chemistry Squares: A Game for Reviewing Organic Chemistry	Jogo físico	QO
1992	TERRILL D. SMITH	Enhancing Interest in Organic Chemistry	Jogo físico	QO
1993	ZANGER, M.; GENNARO, A. R.; MCKEE, J. R.	The Aromatic Substitution Game	Jogo físico	QO
1993	HUANG, T. T. S.	RAIN-Reaction and Intermediates Networks, Version 2.0.	Outro (virtual)	QO
1994	DAVID G. SHAW	Organic Nomenclature	Outro (físico)	QO
1995	CYNTHIA E COPOLO and PAUL B. HOUNSHELL	Using Three-Dimensional Models to Teach Molecular Structures in High School Chemistry	Outro (físico)	QO
1995	MARC W. HARROLD	Computer-Based Exercises to Supplement the Teaching of Stereochemical Aspects of Drug Action	Outro (virtual)	QO
1997	SHIGEAKI KIKUCHI	A History of the Structural Theory of Benzene -The Aromatic Sextet Rule and Hückel's Rule	Outro (físico)	TE
1999	DAVID FOLLOWS	A Versatile Puzzle for Use as a Teaching Aid in Organic Chemistry at Secondary School	Jogo físico	QO
1999	A. J. RUIZ-CHICA et al.	One Century After Fischer: Better Tools for Teaching the Stereochemistry of Carbohydrates	Outro (físico)	QO
1999	TODD P. SILVERSTEIN	The "Big Dog-Puppy Dog" Analogy for Resonance	Outro (físico)	TE
1999	GARY LESTER LYON	College Students' Understanding of Stereochemistry: Difficulties in Learning and Critical Junctures	Outro (físico)	QO
2000	PIERONI, O. I.; VUANO, B. M.; CIOLINO, A. E.	Classroom Innovation: Games to Make Chemistry More Interesting and Fun	Jogo físico	QO
2001	C. A. MANSOUR FRAGA	Razões da Atividade Biológica: Interações Micro e Macromoléculas	Outro (físico)	QO
2001	HSIN-KAI WU, J. S. KRAJCIK and E. SOLOWAY	Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom	Outro (virtual)	QO
2001	J. A. R. RODRIGUES	Recomendações da IUPAC para a Nomenclatura de Moléculas Orgânicas	Outro (físico)	QO

2001	S. VAN BRAMER	Teaching Chemistry in the New Century	Outro (físico)	QO
2003	J. J. GRABOWSKI and MICHELLE L. PRICE	Simple HTML Templates for Creating Science-Oriented Jeopardy! Games for Active Learning	Jogo virtual	QO
2003	MICHAEL J. WELSH	Organic Functional Group Playing Card Deck	Jogo físico	QO
2004	F. J. DINAN and GORDON T. YEE	“An Adventure in Stereochemistry: Alice in Mirror Image Land”	Outro (físico)	QO
2005	R. E. CASEY and FAITH A. PITTMAN	Intermolecular Forces as a Key to Understanding the Environmental Fate of Organic Xenobiotics	Outro (físico)	TE
2005	NOEMÍ TORRES et al.	Fuerzas Intermoleculares y Propiedades Físicas de Compuestos Orgánicos: una Estrategia Didáctica	Outro (físico)	TE
2006	PALACIOS, J.	Octaheme Model: Organic Chemistry Nomenclature Companion.	Jogo físico	QO
2006	EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C.	Carbópolis: Um Software para Educação Química	Outro (virtual)	QO
2006	ROBERT C. KERBER	If it's Resonance, what is Resonating?	Outro (físico)	TE
2006	WILLIAM B. JENSEN	More on the Nature of Resonance	Outro (físico)	TE
2006	S. SKONIECZNY	The IUPAC Rules for Naming Organic Molecules	Outro (físico)	QO
2007	M. J. COSTA	CARBOHYDECK: A Card Game to Teach the Stereochemistry of Carbohydrates	Jogo físico	QO
2007	A. L. PEREZ and G. LAMOUREUX	Sudoku Puzzles for First-Year Organic Chemistry Students	Jogo físico	QO
2008	V. ZANON, D. A.; DA SILVA GUERREIRO, M. A.; DE OLIVEIRA, R. C.	Jogo Didático Ludo Químico para o Ensino de Nomenclatura dos Compostos Orgânicos: Projeto, Produção, Aplicação e Avaliação	Jogo físico	QO
2008	WATANABE, M.; RECENA, M. C.P.	Memória Orgânica—um Jogo Didático Útil no Processo de Ensino e Aprendizagem	Jogo físico	QO
2010	LIAO Wei-ping	Applications of Computer Technology on Modern Chemistry Teaching and Research	Outro (virtual)	QO
2010	ANGELIN, M.; RAMSTRÖM, O.	Where's Ester? A Game That Seeks the Structures Hiding Behind the Trivial Names.	Jogo virtual	QO
2010	DAVID E. LEWIS	150 Years of Organic Structures	Outro (físico)	TE
2010	CHUN WU AND JORDAN FOOS	Making Chemistry Fun to Learn	Jogo físico	TE
2010	L. E. SLOCUM and E. K. JACOBSEN	Organic Chemistry in the High School Curriculum	Outro (físico)	QO
2010	B. SEVİNÇ, H. ÖZMEN, A. NASERIAZAR	The Effect Of Computer Based Instruction Enhanced With Concept Maps on Students' Understanding of Stereochemistry	Outro (virtual)	QO
2010	DAVID E. LEWIS	The Protocenter Concept: A Method for Teaching Stereochemistry	Outro (físico)	QO
2011	EVANS, M. J.; MOORE, J. S.	A Collaborative, Wiki-Based Organic Chemistry Project Incorporating Free	Jogo físico	QO

		Chemistry Software on the Web		
2011	JEF STRUYF	An Analytical Approach for Relating Boiling Points of Monofunctional Organic Compounds to Intermolecular Forces	Outro (físico)	TE
2012	A. M.; PACHECO, M. A. R.; M. GIOVANELA	Design and Implementation of an Educational Game for Teaching Chemistry in Higher Education.	Jogo virtual	QO
2012	SOUZA, H. Y. S.; SILVA, C. K.	Dados Orgânicos: Um jogo Didático no Ensino de Química	Jogo físico	QO
2012	DA SILVA JÚNIOR, J. N.; BARBOSA, F. G.; JUNIOR, A. J. M. L.	Polarímetro Virtual: Desenvolvimento, Utilização e Avaliação de um Software Educacional	Jogo físico	QO
2012	S. J.M. MDACHI	Giving Thought to Students' Alternative Conceptions in Stereochemistry: One Teacher's Basis for Pedagogical Content Knowledge Improvement	Outro (físico)	QO
2012	KEVIN M. BUCHOLTZ	Historical Examples Integrated into the Organic Chemistry Curriculum	Outro (físico)	QO
2012	JIMMY FRANCO	Online Gaming for Understanding Folding, Interactions, and Structure	Jogo virtual	QO
2012	M. D. MOSHER, MELVYN W. MOSHER, and MICHAEL P. GAROUTTE	Organic Mastery: An Activity for the Undergraduate Classroom	Jogo físico	QO
2012	WILLIAM B. JENSEN	The Origins of the Qualifiers Iso-, Neo-, Primary, Secondary, and Tertiary in Organic Nomenclature	Outro (físico)	QO
2013	MOREIRA, R. F.	A Game for the Early and rapid Assimilation of Organic Nomenclature.	Jogo físico	QO
2013	EASTWOOD, M. L.	Fastest Fingers: A Molecule-Building Game for Teaching Organic Chemistry	Jogo virtual	QO
2013	SILVA, L. O. P. et al.	Memória Orgânica: Software Criado Para o Ensino de Química Orgânica	Jogo virtual	QO
2013	LIBMAN, D; HUANG, L.	Chemistry on the go: Review of Chemistry apps on Smartphones	Jogo virtual	QO
2013	S. EKINS, A. M. CLARK, A. J. WILLIAMS	Incorporating Green Chemistry Concepts into Mobile Chemistry Applications and Their Potential Uses	Outro (virtual)	QO
2013	D. RAUPP, J. C. DEL PINO and A. SERRANO	A Conceptual Understanding of Higher Education Students on Stereochemistry	Outro (físico)	QO
2013	DIMEI CHEN, XIA CHEN, WENXIA GAO	The Application and Perspective of Multimedia Technology in Chemistry Experimental Instruction in China	Outro (virtual)	QO
2013	D. T. RAUPP and J. C. DEL PINO	O desafio do Ensino de Estereoquímica no Ensino Médio e o Papel da Visualização	Outro (físico)	QO
2013	N. OBUMNENYE and M. J. AHIKWO	Using Stereochemistry Models in Teaching Organic Compounds Nomenclature: Effect on Senior Secondary Students' Performance in Rivers State of Nigeria	Outro (físico)	QO
2014	COOK, D. H.	Conflicts in Chemistry: The Case of	Jogo virtual	QO

		Plastics, A Role-Playing Game for High School Chemistry Students		
2014	CARNEY, J. M.	Retrosynthetic Rummy: A Synthetic Organic Chemistry Card Game	Jogo físico	QO
2014	FLYNN, A. B. et al.	Nomenclature101.com: A Free, Student-Driven Organic Chemistry Nomenclature Learning Tool	Jogo físico	QO
2014	D. L. LAFARGE, LUDOVIC M. MORGE, and MARTINE M. MÉHEUT	A New Higher Education Curriculum in Organic Chemistry: What Questions Should Be Asked?	Outro (físico)	QO
2014	A. B. FLYNN, J. CARON, J. LAROCHE, M. DAVIAU-DUGUAY, C. MARCOUX, G. RICHARD	Nomenclature101.com: A Free, Student-Driven Organic Chemistry Nomenclature Learning Tool	Outro (virtual)	QO
2014	THOMAS W. STRINGFIELD and EUGENE F. KRAMER	Benefits of a Game-Based Review Module in Chemistry Courses for Nonmajors	Jogo físico	QO
2014	ENRIQUE ARCE-MEDINA and PATRICIA FLORES-ALLIER	Do Apps Really Help Students Learn Chemistry?	Jogo virtual	QO
2014	MICHAEL J. SAMIDE and ANNE M. WILSON	Games, Games, Games; Playing to Engage with Chemistry Concepts	Jogo virtual	QO
2014	ANNE O' DWYER and PETER CHILDS	Organic Chemistry in Action! Developing an Intervention Program for Introductory Organic Chemistry To Improve Learners' Understanding, Interest, and Attitudes	Outro (virtual)	QO
2014	J. A. LINTHORST, J. VAN DER WAL-VEUGER	Polarimetry and Stereochemistry: The Optical Rotation of Vitamin C as a Function of pH	Outro (físico)	QO
2014	N. I. KURBANOGLU, Y. TASKESENLIGIL and M. SOZBILIRB	Programmed Instruction Revisited: A Study on Teaching Stereochemistry	Outro (físico)	QO
2015	KNUDTSON, C. A.	ChemKarta: A Card Game for Teaching Functional Groups in Undergraduate Organic Chemistry.	Jogo físico	QO
2015	SILVA JÚNIOR, C. A. B.; BIZERRA, A. M. C.	Estruturas e Nomenclaturas dos Hidrocarbonetos: É Possível Aprender Jogando?	Jogo físico	QO
2015	MORSCH, L. A.; LEWIS, M.	Engaging Organic Chemistry Students Using ChemDraw for iPad	Jogo físico	QO
2015	ALEXEY LEONTYEV	Development of a Stereochemistry Concept Inventory	Outro (físico)	QO
2015	INGER EDFORS et al.	University Students' Reflections on Representations in Genetics and Stereochemistry Revealed by a Focus Group Approach	Outro (físico)	QO

2015	HUA-JUN FAN et al.	Teaching Chemistry with Computers	Outro (virtual)	QO
2015	J. B. BHARATHY	Importance of Computer Assisted Teaching & Learning Methods for Chemistry	Outro (virtual)	QO
2016	FARMER, S. C.; SCHUMAN, M. K.	A Simple Card Game to Teach Synthesis Inorganic Chemistry Courses	Jogo físico	QO
2016	WINTER, J.; WENTZEL, M.; AHLUWALIA, S.	Chairs!: A Mobile Game for Organic Chemistry Students to Learn the Ring Flip of Cyclohexane	Jogo virtual	QO
2016	KORICH, A. L.	Harnessing a Mobile Social Media App to Reinforce Course Content	Jogo virtual	QO
2016	JESSICA ORVIS et al.	A Mailman Analogy: Retaining Student Learning Gains in Alkane Nomenclature	Outro (físico)	QO
2016	MATTHEW O'BRIEN	Creating 3-dimensional Molecular Models to Help Students Visualize Stereoselective Reaction Pathways	Outro (físico)	QO
2016	JING WANG	Research on Application to College Study in Organic Chemistry Teaching based on Computer Software	Outro (virtual)	QO
2017	DA SILVA JÚNIOR, J. N. et al.	Stereogame: An Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Stereochemistry Concepts	Jogo virtual	QO
2017	MATT DAVENPORT	Start-up showcases organic chemistry education app	Outro (virtual)	QO
2017	GOGAL, K; HEUETT, W; JABER, D.	CHEMCompete: An Organic Chemistry Card Game to Differentiate between Substitution and Elimination Reactions of Alkyl Halides	Jogo virtual	QO
2017	CHA, J. et al.	Incorporation of Brainteaser Game in Basic Organic Chemistry Course to Enhance Students' Attitude and Academic Achievement	Jogo virtual	QO
2017	D. M. SILVA, C. M. R. RIBEIRO	Analogue Three-Dimensional Memory Game for Teaching Reflection, Symmetry, and Chirality to High School Students	Jogo físico	QO
2017	KEVIN P. O'HALLORAN	Teaching Classes of Organic Compounds with a Sticky Note on Forehead Game	Jogo físico	QO
2017	H. N. CHENG, BOB A. HOWELL	A Primer on Polymer Nomenclature: Structure-Based, Sourced-Based, and Trade Names	Outro (físico)	QO
2017	ALAN M. HYDE et al.	General Principles and Strategies for Salting-Out Informed by the Hofmeister Series	Outro (físico)	QO
2017	GANESH H. NAIK	Role of iOS and Android Mobile Apps in Teaching and Learning Chemistry	Jogo virtual	QO
2017	D. RAUPP, J. C. DEL PINO and T. R. PROCHNOW	Teaching of Stereochemistry in High School: Approach Based on Vergnaud's Conceptual Fields Theory	Outro (físico)	QO
2018	TRIBONI, E.; WEBER, G.	MOL: Developing a European-Style Board Game to Teach Organic Chemistry	Jogo físico	QO
2018	J. L. BAYLINE et	Chemistry of Candy: A Sweet Approach	Outro (físico)	QO

	al.	to Teaching Nonscience Majors		
2018	JONES, O. A. H.; SPICHKOVA, M.; SPENCER, M. J. S.	Chirality-2: Development of a Multilevel Mobile Gaming App to Support the Teaching of Introductory Undergraduate-Level Organic Chemistry	Jogo virtual	TE
2018	A. AGNELLO, C. CARRÉ, R. BILLEN, B. LEYH, E. DE PAUW, C. DAMBLON	ULg Spectra: An Interactive Software Tool to Improve Undergraduate Students' Structural Analysis Skills	Outro (virtual)	QO
2018	JOLANDA HERMANNNS, BERND SCHMIDT	Developing and Applying Stepped Supporting Tools in Organic Chemistry to Promote Students' Self- Regulated Learning	Outro (físico)	QO
2018	DA SILVA JÚNIOR, J. N. et al.	Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Organic Compound Nomenclature	Jogo virtual	QO
2018	DA SILVA JÚNIOR, J. N. et al.	Nomenclature Bets: An Innovative Computer-Based Game to Aid Students in the Study of Nomenclature of Organic Compounds	Jogo virtual	QO
2018	MEDEIROS, A. C. S.	Scratch: Da lógica de programação à química dos hidrocarbonetos	Jogo virtual	QO
2018	LIMA, R. C; S.	Uma Sequência Didática Contextualizada para o Estudo de Funções Orgânicas Oxigenadas	Jogo físico	QO
2018	MUSTAFA DURMAZ	Determination of Prospective Chemistry Teachers' Cognitive Structures and Misconceptions About Stereochemistry	Outro (físico)	QO
2018	PER-ARNE WAALER STENSHAGEN	VRChemist: Virtual Reality for High School Chemistry	Jogo virtual	QO
2018	K. L. N. SWAMY, S. P. CHAVAN, S. MURTHY	StereoChem: Augmented Reality 3D Molecular Model Visualization App for Teaching and Learning Stereochemistry	Outro (virtual)	QO
2019	M. A. S. LIMA et al.	Game-Based Application for Helping Students Review Chemical Nomenclature in a Fun Way	Jogo virtual	QO
2019	STACEY BRYDGES and HOLLY E. DEMBINSKI	Catalyze! Lowering the Activation Barriers to Undergraduate Students' Success in Chemistry: A Board Game for Teaching Assistants	Jogo físico	QO
2019	BRIAN J. ESSELMAN and STEPHEN B. BLOCK	VSEPR-Plus: Correct Molecular and Electronic Structures Can Lead to Better Student Conceptual Models	Outro (físico)	TE

APÊNDICE C – FORMULÁRIO UTILIZADO NA PRÉ-AVALIAÇÃO



TIME BOMB GAME

TEORIA ESTRUTURAL

1. Você jogou o jogo Time Bomb?

sim  não 

2. Quantas vezes você jogou?

_____.

3. O quão divertido você achou?

pouco divertido      muito divertido

4. O quão difícil você achou usar o aplicativo?

muito difícil      muito fácil

5. O quão organizado você achou o aplicativo?

pouco organizado      muito organizado

6. O quão convidativo você achou o design gráfico?

pouco convidativo      muito convidativo

7. Na sua opinião, o jogo cumpre sua função como jogo educativo?

sim  não 

8. Em poucas palavras, você teria alguma sugestão para a melhoria do jogo para que ele seja mais convidativo para você?

_____.

9. Qual seu jogo de celular favorito?

_____.

10. Qual seu filme de ficção favorito?

_____.

11. Qual seu personagem fictício favorito (quadrinhos, anime, livro, etc) ?

_____.



APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

Turma: _____

“Este formulário tem como objetivo avaliar o jogo educativo “*Time Bomb Game*”. Ao responder o questionário, você estará concordando que suas respostas serão usadas em uma futura dissertação de mestrado e/ou artigos científicos.”

Manifeste sua concordância com cada uma das seguintes afirmações, selecionando:

DT=Discordo Totalmente, D=Discordo, T=Talvez, C=Concordo, CT=Concordo Totalmente.

Afirmação	Concordância [#]
1) A interface do jogo é atrativa e captura a atenção do jogador.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
2) Os elementos gráficos (textos, imagens e botões) no aplicativo apresentam boa qualidade gráfica.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
3) O posicionamento dos elementos gráficos é adequado e facilita a compreensão e utilização do aplicativo.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
4) O jogo é fácil de jogar (não confunda com fácil de desarmar a bomba).	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
5) As questões cobrem adequadamente o conteúdo visto em sala de aula.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
6) As questões são claras e bem elaboradas.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
7) O jogo é dinâmico e divertido.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
8) A possibilidade de escolher o conteúdo das questões é um ponto positivo do jogo.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
9) A existência de níveis de dificuldades estimula o jogador a jogar mais vezes.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
10) A possibilidade de inserir o nome na galeria dos heróis é um aspecto motivador para o estudante jogar mais vezes.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
11) O jogo auxilia os estudantes a revisarem a teoria estrutural dos compostos orgânicos.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
12) O gabarito e o comentário das questões são importantes para o aprendizado do estudante.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○
13) O aplicativo é uma excelente ferramenta educacional que pode complementar os materiais tradicionais, tais como livros, no processo de aprendizagem dos estudantes.	DT D T C CT ○ ○ ○ ○ ○

Plataforma móvel: () Android () IOS “iPhone”

Por favor, deixe um comentário, elogio ou crítica sobre o aplicativo.

APÊNDICE E – PRINCIPAIS COMENTÁRIOS DA QUESTÃO ABERTA DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

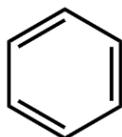
Avaliador	Curso/ instituição	Aceitação	Comentários
Professor	IFCE	Positiva	“Excelente ferramenta, colocar comentários para cada uma das questões foi uma excelente ideia e com certeza é um fator importante.”
Estudante de graduação	Eng. de Pesca	Positiva	“Concordo completamente com a utilização de jogos interativos para um melhor aprendizado”.
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Positiva	“Excelente iniciativa. Outras disciplinas também deveriam adotar essas inovações.”
Professor	UECE	Sugestão	“Reduzir o número de questões e o tempo para finalização do jogo, no sentido de deixar o jogo mais rápido.”
Estudante de graduação	Eng. Química	Crítica	“O jogo se tornaria mais interessante com o aumento do tempo de jogo”.
Estudante de graduação	Farmácia	Sugestão	“As questões poderiam ter bônus de tempo quando forem mais complicadas de responder.”
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Crítica	“As questões são difíceis!”
Professor	UFC	Sugestão	“Talvez o nível iniciante devesse ter uma penalidade menor para estimular os alunos a continuar jogando.”
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Positiva	“Ótima maneira de revisar o conteúdo no ônibus.”
Professor	UECE	Positiva	“Gostei bastante da proposta é uma ótima forma de revisar os conteúdos.”
Estudante de graduação	Eng. Química	Sugestão	“Não deveria ter penalidades por erro ou deveria ter bônus por acertos.”

Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Positiva	“Ótima maneira de fixar o conteúdo, estimula o aprendizado e o interesse pela química.”
Professor	UDESC	Crítica	“Colocar a resposta correta já na tela que aconteceu o erro, e não esperar a bomba explodir.”
Estudante de graduação	Agronomia	Positiva	“É um aplicativo que realmente auxilia na fixação do conteúdo aprendido nas disciplinas.”
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Sugestão	“No nível iniciante a penalidade por erro deveria ser menor.”
Professor	IFCE	Positiva	“Muito boa a proposta desse jogo. Revisa vários pontos da matéria. Parabéns!”
Estudante de graduação	Farmácia	Positiva	“É um ótimo jogo, que facilita bastante a aprendizagem e revisão do conteúdo.”
Professor	UFC	Positiva	“Excelente ferramenta para alunos que já fizeram a disciplina e tem dificuldade no aprendizado. Funciona bem, uma excelente revisão antes de fazer orgânica 2.”
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Positiva	“O jogo é bem divertido e me ajudou muito na revisão de alguns conteúdos.”
Professor	UFF	Crítica	“O jogo poderia ter uma outra dinâmica que não a de perguntas e respostas.”
Estudante de graduação	Agronomia	Positiva	“O aplicativo é ótimo e deveria ser expandido”.

Professor	UNIFOR	Positiva	“Uma excelente ferramenta para estimular o aprendizado.”
Estudante de graduação	Eng. Química	Positiva	“Algo muito bom é poder ver o gabarito e os comentários das questões, ajuda muito nos estudos.”
Professor	UECE	Sugestão	“O jogo é uma ótima iniciativa, bem elaborado e possui boas questões. Entretanto, penso que cabem algumas melhorias gráficas, apenas.”
Estudante de graduação	Eng. Química	Sugestão	“Cuidado com a matriz de cores usadas nas questões!”
Estudante de graduação	Eng. de Alimentos	Positiva	“Parabéns aos desenvolvedores do jogo! Eu particularmente me senti muito ajudada.”
Professor	UNIFOR	Crítica	“As imagens algumas vezes ficam fora de padrão no sistema IOS.”
Estudante de ensino médio	Adauto Bezerra	Positiva	“App bem dinâmico e prático. Ajuda bastante na compreensão dos conteúdos de forma divertida.”
Estudante de graduação	Farmácia	Sugestão	“Aumentar o tempo de cada modo de jogo”
Estudante de graduação	Odontologia	Crítica	“O jogo não está disponível para Windows Phone”
Professor	UCS	Positiva	“Parabéns pela iniciativa!”

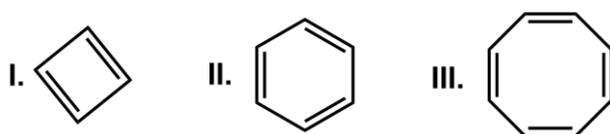
APÊNDICE F – PRÉ-TESTE

1) Podemos afirmar que o composto abaixo é:



- a) Aromático
- b) Antiaromático
- c) Não aromático
- d) Íon aromático
- e) Íon não aromático

2) Quais dos compostos abaixo são aromáticos?



- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) I e II
- e) I, II e III

3) Por que o composto ciclopenta-1,3-dieno é considerado um composto não aromático?



- a) Porque o composto não é planar.
- b) Porque não é um anel.
- c) Porque o número de elétrons π no anel é um número de Hückel.
- d) Porque não é um sistema contínuo de orbitais p .
- e) Porque o composto tem apenas 5 átomos de carbono.

4) Podemos afirmar que o composto abaixo é:



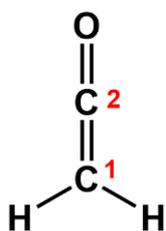
- a) Aromático
- b) Antiaromático
- c) Não aromático
- d) Íon aromático
- e) Íon não aromático

5) Qual a hibridização dos átomos de carbono no composto ciclopropano mostrado abaixo?



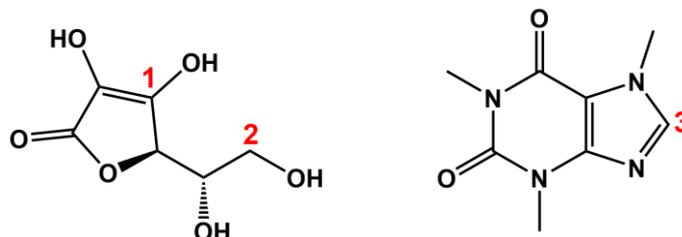
- a) sp
- b) sp^2
- c) sp^3
- d) sp^2d
- e) sp^3d

6) Determine o estado de hibridação de cada átomo de carbono no seguinte composto:



- a) C 1 - sp^2 , C 2 - sp^2
- b) C 1 - sp , C 2 - sp^2
- c) C 1 - sp^3 , C 2 - sp
- d) C 1 - sp^2 , C 2 - sp^3
- e) C 1 - sp^2 , C 2 - sp

7) Qual a hibridização dos átomos de carbono destacados nos compostos abaixo?



- a) 1 - sp^3 , 2 - sp^2 e 3 - sp^3
- b) 1 - sp^2 , 2 - sp^3 e 3 - sp
- c) 1 - sp^2 , 2 - sp^3 e 3 - sp^2
- d) 1 - sp^2 , 2 - sp e 3 - sp^2
- e) 1 - sp^3 , 2 - sp^2 e 3 - sp

8) Escolha a alternativa onde o átomo central em cada um dos compostos apresenta os estados hibridizados: sp^2 , sp , sp^3 , respectivamente:

- a) $SiCl_4$, NO_3^- , OCS
- b) OCS , $SiCl_4$, NO_3^-
- c) NO_3^- , $SiCl_4$, OCS
- d) NO_3^- , OCS , $SiCl_4$
- e) $SiCl_4$, OCS , NO_3^-

9) Sobre a configuração eletrônica mais estável de um átomo, podemos afirmar:

- a) É aquela em que os elétrons estão no estado mais alto de energia.
- b) É aquela em que os elétrons estão no menor estado possível de energia.
- c) É aquela em que todos os elétrons estão emparelhados.
- d) É aquela em que os elétrons estão no seu estado normal de energia.
- e) É aquela em que os elétrons estão no estado excitado de energia.

10) Qual é a configuração eletrônica característica do nível eletrônico externo dos elementos do grupo dos halogênios?

- a) ns^2, np^2
- b) ns^2, np^3
- c) ns^2, np^4
- d) ns^2, np^5
- e) ns^2, np^6

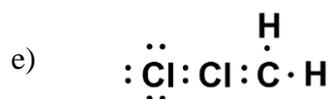
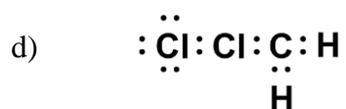
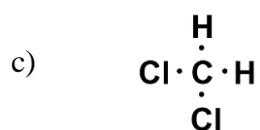
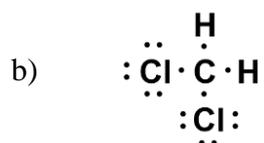
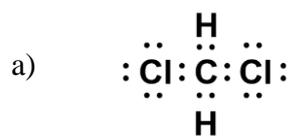
11) Qual é o subnível mais energético do íon Fe^{2+} (ferro $Z = 26$)?

- a) $3s^1$
- b) $3s^2$
- c) $4s^2$
- d) $3p^3$
- e) $3d^6$

12) Qual é o subnível mais externo do elemento químico nióbio ($Z = 41$)?

- a) $4p^6$
- b) $4d^3$
- c) $5s^2$
- d) $5p^1$
- e) $6s^2$

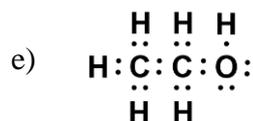
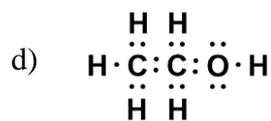
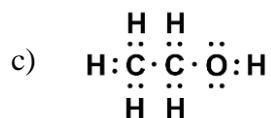
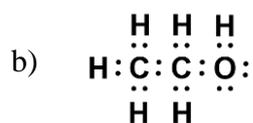
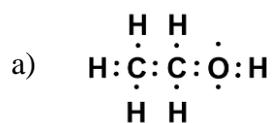
13) Escolha a estrutura de Lewis correta para o diclorometano (CH_2Cl_2):



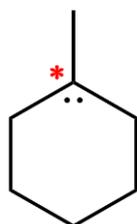
14) Escolha a estrutura de Lewis que melhor representa o cianeto de hidrogênio (HCN):



15) Escolha a estrutura de Lewis correta para o etanol.

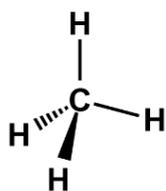


16) Considere o átomo de carbono do composto abaixo e determine sua carga formal:



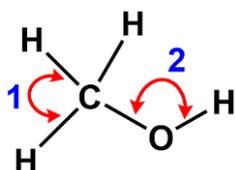
- a) Nenhuma carga formal.
- b) Carga formal positiva.
- c) Carga formal negativa.
- d) Carga formal nula.
- e) Todas as opções estão erradas.

17) Determine a geometria para o átomo central no metano (CH_4):



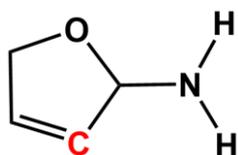
- a) Angular
- b) Tetraédrica
- c) Trigonal plana
- d) Pirâmide trigonal
- e) Bipirâmide trigonal

18) Quais são os valores para os ângulos de ligação indicados na molécula abaixo?



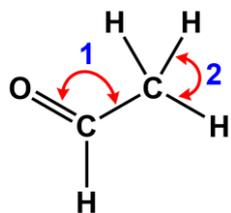
- a) 1 – 109° e 2 – 105°
- b) 1 – 120° e 2 – 109°
- c) 1 – 109° e 2 – 180°
- d) 1 – 120° e 2 – 180°
- e) 1 – 105° e 2 – 109°

19) Determine a geometria do átomo de carbono destacado no composto abaixo:



- a) Angular
- b) Tetraédrica
- c) Trigonal plana
- d) Pirâmide trigonal
- e) Bipirâmide trigonal

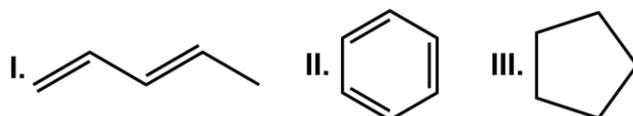
20) Quais são os valores para os ângulos de ligação indicados na molécula abaixo?



- a) 1 – 90° e 2 – 109°
- b) 1 – 90° e 2 – 120°
- c) 1 – 120° e 2 – 90°
- d) 1 – 120° e 2 – 109°
- e) 1 – 105° e 2 – 109°

APÊNDICE G – PÓS-TESTE

1) Quais dos compostos abaixo são aromáticos?



- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) I e II
- e) I, II e III

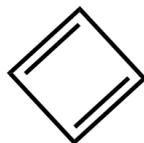
2) Sobre os compostos aromáticos, é correto afirmar:

- a) São hidrocarbonetos que não apresentam anéis benzênicos.
- b) Compostos formados por cadeias acíclicas.
- c) São moléculas pouco estáveis que se caracterizam pela alternância entre ligações simples e duplas.
- d) São compostos cíclicos instáveis e muito reativos.
- e) Os derivados do benzeno são todos considerados compostos aromáticos.

3) Muitos alunos confundem o ciclohexano com o benzeno. Identifique quais das seguintes propriedades se referem ao benzeno:

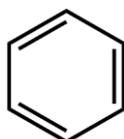
- a) Hibridação sp^2 , posição meta, ressonância, elétrons π .
- b) Hibridação sp^3 , ressonância, elétrons π .
- c) Posição sp^2 , forma de bote, ressonância.
- d) Hibridação sp , ressonância, forma de bote, elétrons π .
- e) Hibridização sp^3 , ressonância, posição *para*, elétrons π .

4) Podemos afirmar que o composto abaixo é:



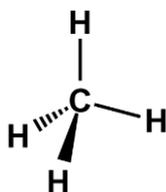
- a) Aromático
- b) Não aromático
- c) Íon aromático
- d) Antiaromático
- e) Íon não aromático

5) Qual a hibridização dos átomos de carbono no composto mostrado abaixo?



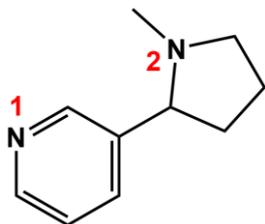
- a) sp
- b) sp^2
- c) sp^3
- d) sp^2d
- e) sp^3d

6) Determine o estado de hibridação do átomo de carbono na molécula do metano:



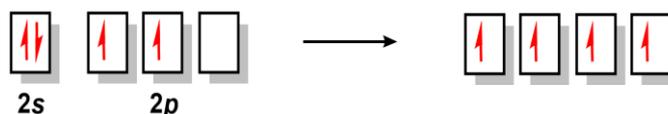
- a) Hibridação sp^3
- b) Hibridação sp^2
- c) Hibridação sp
- d) Hibridação sp^2d
- e) Hibridação sp^3d

7) Qual a hibridização dos átomos de nitrogênio destacados no composto abaixo?



- a) 1 - sp^3 , 2 - sp^3
- b) 1 - sp^2 , 2 - sp^2
- c) 1 - sp , 2 - sp^3
- d) 1 - sp^2 , 2 - sp
- e) 1 - sp^2 , 2 - sp^3

8) O diagrama de orbital abaixo apresenta o passo final na formação de orbitais híbridos de um átomo de carbono. Quanto a isso, podemos afirmar:



- a) Dois elétrons $2p$ tornaram-se desemparelhados.
- b) Dois elétrons $2s$ tornaram-se emparelhados.
- c) Um elétron foi promovido do orbital $2p$ ao orbital $2s$.
- d) Um elétron foi promovido do orbital $2s$ ao orbital $2p$.
- e) Todos os elétrons agora pertencem ao orbital $2p$.

9) Sobre a regra de Hund, é correto afirmar que:

- a) Os elétrons numa mesma subcamada tendem a permanecer emparelhados e com spins de mesmo sinal.
- b) Os elétrons em um mesmo orbital sempre terão spins de mesmo sinal.
- c) Os elétrons numa mesma subcamada tendem a permanecer desemparelhados, com spins paralelos e sinais contrários.
- d) Cada orbital será preenchido por completo antes de se começar a preencher o próximo.
- e) Cada orbital comportará no máximo três elétrons em seu interior.

10) Qual é a configuração eletrônica correta do átomo de oxigênio no estado fundamental? (Oxigênio $Z = 8$)

- a) $1s^2, 2s^2, 2p^4$
- b) $1s^1, 2s^2, 2p^5$
- c) $1s^2, 2s^2, 2p^2, 3s^2$
- d) $1s^2, 2s^2, 2p^3, 3s^1$
- e) $1s^1, 2s^2, 2p^4, 3s^1$

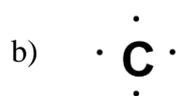
11) Qual é o subnível mais energético do elemento químico Fe ($Z = 26$)?

- a) $3s^1$
- b) $3s^2$
- c) $4s^2$
- d) $3p^3$
- e) $3d^6$

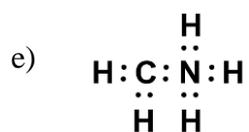
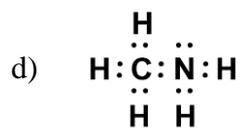
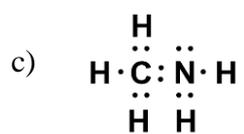
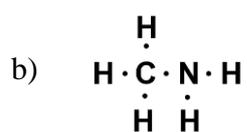
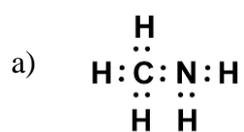
12) O boro tem $Z = 5$, ocorre na natureza como dois isótopos ^{10}B e ^{11}B , com uma abundância de 19,9% e 80,1%, respectivamente. Quanto ao isótopo ^{11}B , qual é a sua camada valência?

- a) $2s^2$
- b) $2p^1$
- c) $2s^2$ e $2p^1$
- d) $2s^2$ e $2p^2$
- e) $2s^2$ e $2p^3$

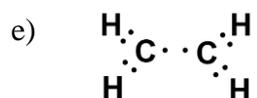
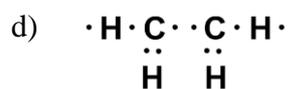
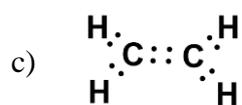
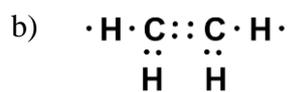
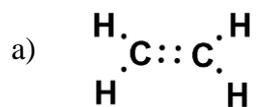
13) Escolha a estrutura de pontos de Lewis correta para o átomo de carbono:



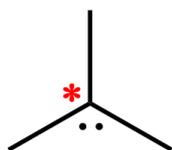
14) Escolha a estrutura de pontos de Lewis que melhor representa a metilamina (CH_5N):



15) Escolha a estrutura de pontos de Lewis correta para o eteno (C_2H_4).

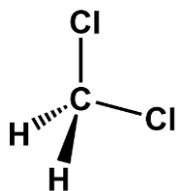


16) Considere o átomo de carbono do composto abaixo e determine sua carga formal:



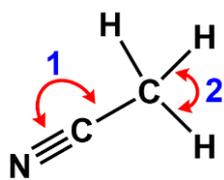
- a) Carga formal negativa
- b) Carga formal positiva
- c) Carga formal nula
- d) Carga formal de +2
- e) Todas as opções estão erradas

17) Determine a geometria para o átomo central no composto CH_2Cl_2 :



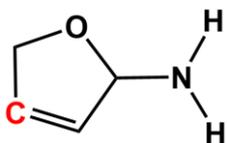
- a) Angular
- b) Trigonal plana
- c) Pirâmide trigonal
- d) Bipirâmide trigonal
- e) Tetraédrica

18) Quais são os valores para os ângulos de ligação indicados na molécula abaixo?



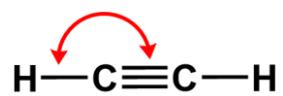
- a) 1 – 180° e 2 – 120°
- b) 1 – 120° e 2 – 109°
- c) 1 – 109° e 2 – 180°
- d) 1 – 180° e 2 – 109°
- e) 1 – 105° e 2 – 109°

19) Determine a geometria do átomo de carbono destacado no composto abaixo:



- a) Angular
- b) Tetraédrica
- c) Trigonal plana
- d) Pirâmide trigonal
- e) Bipirâmide trigonal

20) Quais são os valores para os ângulos de ligação indicados na molécula abaixo?



- a) 190°
- b) 180°
- c) 120°
- d) 109°
- e) 105°