

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL  
CAMPUS PORTO ALEGRE

Géssica do Nascimento

**USO DA REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA PESQUISA  
BIBLIOGRÁFICA**

Porto Alegre

2016

Géssica do Nascimento

**USO DA REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA PESQUISA  
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Porto Alegre para obtenção do grau de Licenciada em Ciências da Natureza.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Grunewald Nichele

Porto Alegre

2016

## RESUMO

Usualmente a Química tem sido trabalhada na escola na perspectiva da pesquisa científica, ou seja, desenvolvida a partir das descobertas científicas. Como consequência, é comum entre os estudantes a concepção de que a Química trata de um emaranhado de conceitos complexos e de difícil compreensão. Entretanto, tendo como princípio que ensinar química é colaborar para que o cidadão saiba fazer uso da ciência em seu benefício, compreendendo suas aplicações e possibilitando o entendimento da importância das descobertas que permeiam essa ciência, bem como percebendo o crescente acesso a informação por meio de tecnologias digitais (TD) como computadores, internet, telefones celulares e *tablets* e as oportunidades que essas TD trazem para o campo da educação, nessa pesquisa buscou-se compreender como essas TD podem contribuir para se “usar” a ciência ao invés de “fazer” ciência. No que se refere às TD, em especial, a Realidade Aumentada (RA) compôs o objeto de interesse da pesquisa, como uma ferramenta de apoio didático, mediada por *tablets* e *smartphones*. Nesse contexto, essa pesquisa teve como objetivo geral conhecer como as TD - em especial por meio da RA - estão sendo adotadas no ensino de química para a compreensão dessa no âmbito do universo microscópico. Os objetivos específicos dessa pesquisa foram: Conhecer os *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica; Conhecer estratégias de ensino e de aprendizagem que adotaram *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica. No que se refere à metodologia, essa pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, envolveu o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica foi efetuada por meio da busca de artigos nacionais e internacionais no Portal da Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), nas bases de dados Scopus e Scielo. As palavras-chave utilizadas foram “augmented reality”, “education” e

“chemistry”; o período investigado foi de 1997 a 2016. Todos os artigos tiveram seus resumos lidos e aqueles sem relação com a pesquisa foram excluídos. Quando o resumo não ofereceu subsídios suficientes para a avaliação o artigo foi lido na íntegra. Foram selecionados sete artigos para análise documental a partir da leitura dos resumos dos “achados” da pesquisa bibliográfica nas bases de dados citadas acima. Os artigos selecionados foram organizados e categorizados por meio de quadros e a partir de sua análise buscou-se responder as questões desta pesquisa.

Palavras-chave: Realidade aumentada. Química. Educação.

## ABSTRACT

Usually the chemistry has been crafted in school from the perspective of scientific research, or developed from scientific findings. As a result, it is common among students the conception that chemistry is a matted of complex concepts and difficult to understand. However, based on the principle that teaching chemistry is to collaborate so that citizens know how to make use of science to their advantage, including their applications and enabling the understanding of the importance of the discoveries that permeate this science as well as realizing the increased access to information through digital technologies (DT) such as computers, internet, mobile phones and tablets phones and the opportunities that these DT bring to the field of education, this research sought to understand how these DT can contribute to "use" science rather than "doing" Science. As regards DT, in particular, the Augmented Reality (AR) composed of interest of the object search, as a teaching tool support mediated tablets and smartphones. In this context, this research aimed to know how DT - in particular by AR - are being adopted in the teaching of chemistry to understand this in the microscopic universe. The specific objectives of this research were: - Know the software and applications for tablets and smartphones that provide experiences with augmented reality within the microscopic chemistry; Knowing teaching and learning strategies that have adopted software and applications for tablets and smartphones that provide experiences with the augmented reality with in the microscopic chemistry. As regards the methodology, this research, qualitative and exploratory, involved the development of a literature search. The literature search was conducted through the pursuit of national and international articles on the Portal of Coordination of Higher Education Personnel (CAPES) in Scopus and Scielo databases. The keywords used were "augmented reality", "education "and" chemistry "; the period of interest is 1997 to 2016. All items have had their summaries read and those unrelated to the study were excluded. When the summary did not

provide enough information to assess the article was read in its entirety. Seven articles were selected for analysis of documents from the reading of the summaries of the "findings" of literature in the databases mentioned above. The articles were organized and categorized by means of tables and from its analysis sought to answer the questions of this research.

Keywords: Augmented Reality. Chemistry. Education.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
1.1 JUSTIFICATIVA.....	8
1.3.1 Objetivo geral .....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	13
2.1 DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO .....	14
2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	15
2.3 TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO .....	16
2.4 REALIDADE AUMENTADA.....	18
3 METODOLOGIA.....	21
4 A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	24
5 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES .....	29
5.1 <i>SOFTWARES</i> E/OU APLICATIVOS DE ANIMAÇÃO EM RA RELACIONADOS A QUÍMICA MICROSCÓPICA .....	35
5.1.1 Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular. ....	35
5.1.2 Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica.....	40
5.1.3 Outras estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular. ....	42
5.2 <i>SOFTWARES</i> E/OU APLICATIVOS DE SIMULAÇÃO EM RA RELACIONADOS A QUÍMICA MICROSCÓPICA .....	46

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
7 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE A – QUADRO DE RESULTADOS DA PESQUISA BILIOGRÁFICA.....	56



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos tem-se observado um significativo aumento do acesso às tecnologias digitais (TD) como computadores, internet, telefones celulares e *tablets* pela população. Verifica-se ainda, que as tecnologias digitais móveis (*smartphones*, *tablets*) são quase uma extensão das pessoas, propiciando um maior acesso à informação, uma maior capacidade comunicacional com pessoas em diferentes lugares, em especial ao portarem um aparelho com acesso à internet.

Este aumento pode ser verificado na publicação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir das informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2014 por meio do qual foram divulgados os principais indicadores sobre a utilização da Internet, a posse de telefone móvel celular para uso pessoal e o acesso ao sinal digital de televisão aberta. Verificou-se o aumento dos domicílios brasileiros que possuíam *tablets* no ano de 2013 de 10,8% para 16,5% em 2014. E ainda, conforme na mesma pesquisa, o percentual de domicílios com utilização da Internet somente por meio de microcomputador são de 17,4% e somente por meio de telefone móvel celular ou *tablets* são de 23,1%.

Esse crescente acesso às TD traz oportunidades no campo da educação eo uso dessas tecnologias nas escolas vem sendo idealizado e estimulado a alguns anos. O governo federal brasileiro desde a década de 80 investe em programas para a formação de professores e a inserção das TD na escola (NICHELE, 2015).

Na atualidade, com o maior acesso dos estudantes a essas tecnologias, em especial aos *smartphones* e *tablets*, aumentam as possibilidades de adotá-las na escola. As TD podem ser ferramentas pedagógicas, que por meio dos recursos que lhe são próprios e característicos, podem estimular no aluno a percepção de outros aspectos relacionados a um determinado conteúdo, que trabalhado da forma convencional - sem a possibilidade de visualização, interação, simulação - não permitiria algumas abstrações e observações.

No que se refere ao ensino de Química, problemas como a impossibilidade de observação de alguns fenômenos e a dificuldade de abstração para compreensão

de conceitos durante o processo de aprendizado podem ser atribuídos a necessidade de articulação – e compreensão - entre as três dimensões que envolvem o conhecimento químico: dimensão submicroscópica, representacional e macroscópica.

Alguns *softwares* permitem interações com representações do mundo submicroscópico e representacional no âmbito da química, que não seriam proporcionadas sem o apoio das TD. Além de *softwares*, o uso de animações virtuais tem colaborado para o entendimento dos alunos dos fenômenos químicos nas dimensões macroscópicas e submicroscópicas, por meio de uma visualização dinâmica e tridimensional que essas propiciam (GIORDAN, 2008).

Além da função representacional do mundo submicroscópico, pode-se trabalhar a experimentação, que contribui para compreensão das teorias que envolvem os fenômenos químicos amparados pela atividade prática que, neste caso, não está sendo reproduzida em um ambiente de laboratório e sim, por meio de simuladores que além da visualização, possibilitam que o usuário controle, por exemplo, reações e verifique a influência nos resultados quando as variáveis são alteradas (GIORDAN, 2008).

Mesmo em escolas que possuam laboratórios de ciências, algumas experiências podem ser impraticáveis, seja pelo tipo de reagente químico necessário para realizá-la, o qual pode ser tóxico, ou pelo tipo de resíduo gerado após a prática, entre outros fatores. Além disso, algumas observações e “experimentações” somente são possíveis por meio de simulação, por envolverem dimensões químicas não observáveis em laboratório. Animações e simulações podem aproximar a construção teórica do fenômeno simulado, por esta razão são importantes na mediação entre os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos. Segundo Giordan,

A simulação é uma mediação distinta que serve para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições. É no ambiente de simulação que podem se formar cenários estimuladores para a criação de representações mentais por parte do sujeito, que passa a reconhecer nos modelos então simulados uma instância intermediária entre suas representações internas e as representações externas do fenômeno (GIORDAN, 2008, p.190).

As TD estão sendo usadas nas salas de aula, entretanto, o que usualmente tem se visto nas escolas é o uso de recursos digitais para substituir os antigos recursos utilizados na sala de aula, como por exemplo, o projetor de *slides* ao invés do quadro/lousa; as TD têm um potencial educacional maior, mas isso exige tempo para apropriação das ferramentas disponíveis.

Embora as TD tenham adentrado a escola, não têm encontrado espaço para seu aproveitamento nas práticas educacionais e um dos motivos é que “há muitas situações em que temos docentes desplugados, (...) que ensinam alunos que surfam na internet ou estão conectados a redes de TV a cabo (...), se o sentido era da Escola para comunidade, hoje é o mundo exterior que invade a escola” (CHASSOT, 2003 *Apud* CHASSOT, 2010, p.160-161), portanto temos alunos lidando com as tecnologias e professores, por vezes, sem recursos e formação adequada para utilizá-las.

Entretanto, as orientações para o planejamento curricular das escolas preveem o oferecimento nas instituições de ensino de subsídios para o aluno se constituir como cidadão crítico. Segundo o Parecer 05/2011 das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o Ensino Médio

Tendo em vista que a função precípua da educação, de um modo geral, e do Ensino Médio – última etapa da Educação Básica – em particular, vai além da formação profissional, e atinge a construção da cidadania, é preciso oferecer aos nossos jovens novas perspectivas culturais para que possam expandir seus horizontes e dotá-los de autonomia intelectual, assegurando-lhes o acesso ao conhecimento historicamente acumulado e à produção coletiva de novos conhecimentos, sem perder de vista que a educação também é, em grande medida, uma chave para o exercício dos demais direitos sociais (BRASIL, 2011, p. 145).

O Parecer 05/2011 relativo às DCN para o Ensino Médio, alerta para a elaboração de novas diretrizes para a educação tendo em vista a produção vertiginosa de conhecimentos, das formas de comunicação e a mudança dos interesses dos jovens. Este processo de mudanças e principalmente da evolução tecnológica deve ser acompanhada pelas instituições de ensino com o objetivo de promover a apropriação por parte dos sujeitos desta fase educativa. Ainda, conforme o Parecer 05/2011;

O impacto das novas tecnologias sobre as escolas afeta tanto os meios a serem utilizados nas instituições educativas, quanto os elementos do processo educativo, tais como a valorização da ideia da instituição escolar como centro do conhecimento; a transformação das infraestruturas; a modificação dos papéis do professor e do aluno; a influência sobre os modelos de organização e gestão; o surgimento de novas figuras e instituições no contexto educativo; e a influência sobre metodologias, estratégias e instrumentos de avaliação (BRASIL, 2011, p.163).

As TD influenciam todo ambiente escolar desde a forma de ensinar e aprender, como também as relações entre professor e aluno, que conforme Sancho (2008) - embora ainda possa persistir a mentalidade em torno da figura do professor como único a deter o saber, e por consequência o entendimento de que o aluno só aprende o que o professor sabe, resultando no entendimento equivocado de que o conhecimento tem fonte unidirecional - atualmente, tanto professor quanto o aluno tem uma relação próxima com o conhecimento. Um outro aspecto levantado pela autora é que o professor constrói uma crença que não pode ensinar nada de novo se antes não aprende e domina, o que pode ser um entrave para a apropriação e adesão por parte do docente às TD tecnologias e que demonstra que ainda existe a crença de que o professor não é um estudante.

O Ministério da Educação (MEC) antecipou o cenário e a influência das TD na educação na apresentação das Bases Legais do PCN,

A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias (BRASIL, 2000, p.5).

A reforma curricular proposta nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio não só chamava a atenção para as formas de ensino compartimentalizadas e sem conexão com o cotidiano, como para a evidente influência das TD na maneira de ensinar e aprender, assim “as propostas de reforma curricular para o Ensino Médio se pautam nas constatações sobre as mudanças no conhecimento e seus desdobramentos, no que se refere à produção e às relações sociais de modo geral” (BRASIL, 2000, p. 5).

O acesso a informação sem entendimento para interpretá-la faz com que o aluno se torne um reprodutor de informação. Para que a informação se transforme em conhecimento o indivíduo deve ser alfabetizado tanto na área das ciências como na das TD.

A alfabetização científica constitui-se em “um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer a leitura do mundo onde vivem” (CHASSOT, 2010, p.62). Com isso, pode incluir o preparo para lidar com as TD, assim como utilizar os recursos disponíveis em sala de aula em benefício do ensino-aprendizagem.

Entre as TD disponíveis para o professor adotar em sala de aula estão *softwares* educativos, aplicativos para dispositivos móveis (como *smartphones* e *tablets*), simuladores, animações, entre outros. Algumas delas utilizam a denominada realidade aumentada (RA). A RA permite a sobreposição de imagens com o ambiente físico real por meio de dispositivos tecnológicos, possibilitando a interação com objetos virtuais ou a imersão em um mundo virtual. A RA cria uma imagem tridimensional, similar a qualquer objeto – ou estrutura química – com o diferencial de poder-se “manipular” o objeto simulado.

## 1.2 PROBLEMA E QUESTÕES

Quando pensamos no ensino Química percebemos uma grande rejeição por parte dos jovens e um desconforto dos adultos ao lembrar das aulas dessa área da ciência, além disso, saem da escola sem nenhuma identificação dos temas abordados em Química com seu cotidiano. No que diz respeito ao dia-a-dia das pessoas, as representações do cotidiano estão ligadas ao universo macroscópico, no entanto o comportamento da matéria é o resultado de suas interações intermoleculares, do arranjo de átomos, de afinidades e repulsões, ou seja, o micro definindo o comportamento do macro.

Preocupados em contextualizar um assunto, professores minimizam a importância do universo microscópico, do comportamento da matéria e sua descontinuidade na tentativa de facilitar o entendimento, deixando de lado os fundamentos que explicam tais comportamentos, na tentativa de explicá-los somente

pelo viés macroscópico. O caráter abstrato exigido para o entendimento desses comportamentos a nível microscópico é um problema da educação em Química. Professores, na tentativa de criar mecanismos de ensino-aprendizagem descaracterizam os conceitos químicos, ou dão noções incompletas para os alunos, que por sua vez acumulam conhecimentos fragmentados.

Neste ponto é que surge o problema e questão deste trabalho: como a adoção das TD (como *smartphones* e *tablets*) e da realidade aumentada vem contribuindo na problematização e compreensão da química no âmbito do universo microscópico?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

A pesquisa tem como objetivo geral conhecer como as TD, em especial as relacionadas à RA, tem sido adotada no ensino de Química para a compreensão dessa no âmbito do universo microscópico.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Conhecer os *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a RA no âmbito da Química microscópica.
- Conhecer estratégias de ensino e de aprendizagem que adotaram *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a RA no âmbito da Química microscópica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO

A compreensão do conhecimento produzido na área da química envolve a interpretação de uma linguagem que representa interlocução entre o visível e o que se construiu baseado na teoria e na experimentação. No que diz respeito à sala de aula, os alunos tendem a permanecer nos aspectos palpáveis da ciência não concebendo que “o conhecimento químico é construído pela articulação de três dimensões da realidade: macroscópica, submicroscópica e representacional” (GIORDAN, 2008, p. 177).

A dimensão macroscópica envolve os sentidos (olfato, visão e paladar). Por exemplo, no processo de ensino ao demonstrar a diluição de soluções com sucos artificiais, acidez (vinagre) e basicidade (água) com indicadores alternativos como o extrato de repolho roxo, está se valendo do que é perceptível a olho nu de um comportamento submicroscópico desses materiais (GIORDAN, 2008). A transição do visual para o abstrato em termos conceituais nem sempre ocorre, ficando dissociada a prática do conceito. Além disso, nem sempre os conceitos são passíveis de experimentação tendo que se fazer o uso de recursos mais elaborados pois exige do aluno maior abstração, “por exemplo, a variação de concentração das substâncias que interpreta a mudança de cor do indicador no fenômeno macroscópico não tem um similar congênere na interpretação da transição entre estados eletrônicos das partículas” (GIORDAN, 2008, p. 178).

As TD ajudam na compreensão de fenômenos não perceptíveis visualmente de forma dinâmica e ainda, media uma construção teórica em sala de aula quando essa não possui suporte experimental.

Na Química a representação abrange o macroscópico e o submicroscópico. Utiliza-se, para tanto, de uma linguagem representacional característica que a diferencia das outras ciências por sua especificidade, “assim, os enunciados que produzimos para atribuir sentido e significado às realidades macroscópicas e submicroscópicas são constituídos por elementos semióticos específicos, de

natureza semiótica distinta da palavra, do gesto e da imagem” (GIORDAN, 2008, p. 179).

A simbologia desta área a torna complexa quando pensada para o público externo à academia, pois “as representações químicas são metáforas, modelos ou construtos teóricos da interpretação química da natureza e da realidade” (GIORDAN, 2008, p. 179).

A compreensão da Química para alguns autores está relacionada a “natureza particulada, abstrata e não observável da Química, e da necessidade de rápida transferência entre os três níveis de representação” (GIORDAN, 2008, p.180).

Nesta perspectiva, buscou-se propostas que façam a conexão entre essas dimensões do conhecimento químico buscando na RA estratégias que possam ajudar no entendimento da química e de suas especificidades contribuindo na formação cidadã, para que jovens e adultos consigam compreender as informações as quais estão sujeitos diariamente de forma crítica.

## **2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA**

Para colaborar com a formação indivíduos conscientes dos seus direitos e de no seu papel na sociedade é preciso construir um conhecimento que sirva de alicerce para embasar suas tomadas de decisões. De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN) (2013),

Para levar adiante todas as ideias preconizadas na LDB, a educação no Ensino Médio deve possibilitar aos adolescentes, jovens e adultos trabalhadores acesso a conhecimentos que permitam a compreensão das diferentes formas de explicar o mundo, seus fenômenos naturais, sua organização social e seus processos produtivos (DCN, 2013, p.147).

No que corresponde às Ciências Naturais, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de 1997 chamam a atenção do porquê ensinar ciências naturais e cidadania no ensino fundamental dizendo que “numa sociedade em que se convive com a supervalorização do conhecimento científico e com a crescente intervenção da tecnologia no dia-a-dia, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem do saber científico” (BRASIL, 1997, p. 21).

Nos PCN (1997), as ciências naturais e cidadania estão vinculadas, entendendo que realmente não há como dissociar a formação de um cidadão do conhecimento científico, uma vez que “a apropriação de seus conceitos e procedimentos pode contribuir para o questionamento do que se vê e ouve, (...) mostrar a Ciência como um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental” (BRASIL, 1997, p. 21).

No ensino fundamental é prezado o desenvolvimento do aluno sem adentrar conceitos tão abstratos, contudo não deixando de prepará-lo para as próximas aquisições do saber. No ensino médio busca-se “o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo” (BRASIL, 2000, p. 6).

Tanto os PCN Ciências para o ensino fundamental quanto os PCN para o ensino médio estão orientando a promoção da alfabetização científica dos alunos. Entender as formas de expressão da Ciência e fazer uso para empreender explicações e opiniões é alfabetizar cientificamente o aluno, pois “que a ciência seja uma linguagem; assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza” (CHASSOT, 2003, p. 91).

Alfabetizar jovens e adultos é contribuir para processo de apropriação do mundo em que estão inseridos, seja no mundo do trabalho ou nas residências. Todos estamos imersos e influenciados pelos conhecimentos produzidos pela ciência e suas tecnologias e a escola tem a responsabilidade de promover esta construção.

### **2.3 TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO**

Antes mesmo da evolução dos aparelhos celulares para atuais *smartphones* a internet causou uma transformação nas relações humanas; as distâncias foram reduzidas; jovens e adultos passaram a se comunicar com pessoas do mundo todo,

houve mudança na maneira de se comunicar, nas formas de estudar e buscar informações.

Com o advento das TD, a escola e o professor adquiriram mais um papel importante na vida de jovens e adultos: o de desenvolver habilidades e competências para que façam uso de todo aparato tecnológico disponível de forma crítica e aproveitando todas as potencialidades possíveis que elas dispõem.

Além disso, as relações com o conhecimento e as formas de aprender foram influenciadas pelas TD, por isso “qualquer reflexão sobre o futuro dos sistemas de educação e de formação na cibercultura<sup>1</sup> deve ser fundada em uma análise prévia da mutação contemporânea da relação com o saber” (LÉVY, 1999, p.157).

Pensar em educação contemporânea é considerar a influência das TD na vida de jovens, assim como as formas que essa geração aprende e busca o conhecimento ao mesmo tempo em que executa outras tarefas. Temos uma geração que estuda escutando música, responde mensagens nas redes sociais, baixa arquivos de jogos e imagens enquanto estuda para provas ou faz pesquisas para trabalhos (JORDÃO,2009).

As estratégias de ensino devem contemplar o uso das TD, pois os alunos da atualidade possuem agilidade na forma de interagir com a informação e permanecer com estratégias de ensino que eram usadas com as gerações que não tinham essa influência tendem a não funcionar com esses jovens. Contudo, segundo Jordão (2009) “esses alunos são muito ágeis no acesso à informação e em fazer diversas coisas ao mesmo tempo, por outro lado, corremos o risco de termos alunos muito superficiais, que não refletem e não se aprofundam em suas atividades e pesquisas” (JORDÃO,2009, p.11). Com essa afirmação deve-se ter o entendimento que apesar destes jovens possuírem essas habilidades os alunos estão suscetíveis a se tornarem “receptores” passivos de informação. Por isso, as TD devem contribuir para um aprendizado efetivo, para isso as estratégias de ensino devem ir além de sua inserção apenas para criar uma aula diferente e sim, que possam despertar o interesse do aluno na busca do conhecimento.

---

<sup>1</sup>Cibercultura segundo Pierre Lévy é o “conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento e de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do ciberespaço” (LÉVY, 1999, p.17)

Com as funcionalidades e popularização dos *smartphones* e *tablets*, os computadores estão sendo substituídos por esses dispositivos para acessar informações; atualmente, basta ter um aparelho celular e acesso à internet para que as pessoas estejam conectadas. Paralelamente ao desenvolvimento e evolução dos *smartphones* e *tablets* novos *softwares* e aplicativos para esses dispositivos proporcionam a eles diversos usos e funcionalidades.

As TD, em especial a RA, que é o objeto dessa pesquisa trazem na sua forma uma dinâmica em que ao mesmo tempo que o aluno visualizada as simulações ele constrói conexões com a teoria com fenômeno simulado proporcionando ao aluno a oportunidade de usar suas habilidades com a tecnologia em favor de seu desenvolvimento intelectual.

## **2.4 REALIDADE AUMENTADA**

A RA tem suas bases na realidade virtual (RV).A RV “é uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais” (KIRNER 2011 *Apud* KIRNER, 2011, p. 14), o usuário pode interagir com os cenários virtuais de forma não imersiva, quando o ambiente virtual é projetado na tela de um computador ou interagir de forma imersiva, por meio de capacetes HMD (*Head Mounted Display*) ou salas com multiprojeção. (KIRNER; 2011)

“A RA é uma variação da RV” (AZUMA, 1997, p. 2), enquanto que na RV o indivíduo está inserido em um ambiente virtual na RA o objeto virtual está inserido em um ambiente real, ou seja, “ a realidade aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação”. (KIRNER; TORI, 2006, p. 22)

O termo RA foi cunhado pelo professor e pesquisador Thomas Caudell em 1990 durante uma visita a empresa de aviação Boeing. Os operários da empresa usavam um capacete (HMD) que os auxiliava na montagem da parte eletrônica das aeronaves (KIRNER, 2011). A RA se consolidou na década de 80 quando o primeiro

projeto foi desenvolvido nos Estados Unidos, contudo as bases da RA estão nos anos 60, com o pesquisador Ivan Sutherland,

As bases da realidade aumentada surgiram na década de 1960, com o pesquisador Ivan Sutherland, que prestou duas contribuições principais: a) escreveu um artigo, vislumbrando a evolução da realidade virtual e seus reflexos no mundo real [Sutherland 1965]; b) desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualização de objetos 3D no ambiente real [Sutherland 1968] (KIRNER; KIRNER, 2011, p.16).

O primeiro projeto de RA foi elaborado pela Força Aérea Americana em 1981; o simulador *SuperCockpit* que permitia ao piloto visualizar informações do avião através de um capacete de visão óptica (KIRNER, 2008, p.18). Pode-se dizer que a RA é uma TD recente, pois somente em 2000 a RA ficou mais acessível e o que levou a essa acessibilidade foi a integração das técnicas de visão computacional, além de *softwares* e dispositivos com valores mais atrativos. (KIRNER; SISCOOTTO, 2007)

Outros fatores vêm contribuindo para evolução das TD, como a RV e a RA, conforme Kirner e Tori:

(...) o aumento da largura de banda das redes de computadores também vem influenciando positivamente na evolução da multimídia, permitindo a transferência de imagens e outros fluxos de informação com eficiência. A realidade aumentada, enriquecendo o ambiente físico com objetos virtuais, beneficiou-se desse progresso, tornando viáveis aplicações dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares (KIRNER; TORI, 2006, p. 22).

Segundo Azuma (1997) as características de um sistema de RA são: combinar o real com o virtual, interação em tempo real e apresentação (objetos) em três dimensões (3D). Além de características como interatividade e a possibilidade de visualizar uma simulação a qualquer momento e em qualquer lugar por meio do *software* e podendo revisitar a atividade feita em aula.

Para o ensino de química as animações e simulações podem auxiliar na compreensão de conceitos abstratos que exigem dos alunos construções mentais elaboradas, que muitas vezes, são fruto da reunião de mais de uma teoria. Por isso, segundo Lévy (1999),

Tais simulações podem servir para testar fenômenos ou situações em todas suas variações imagináveis, para pensar no conjunto de consequências e de implicações de uma hipótese, para conhecer melhor objetos ou sistemas

complexos ou ainda para explorar universos fictícios de forma lúdica (LÉVY, 1999, p.68).

A RA possui um importante potencial educativo, principalmente na área da química microscópica, por possibilitar a visualização de fenômenos, assim como a visualização de representações de modelos teóricos que exigem abstrações por vezes muito elaboradas e por isso, difíceis de serem compreendidas. A RA propicia a criação um ambiente de aprendizado dinâmico em que, ao mesmo tempo em que o professor explica as teorias, os alunos podem fazer visualizações e estabelecer ligações entre construção teórica e a representação visual em RA.

### 3 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos deste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica. As pesquisas bibliográficas procuram “explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos (...) buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema” (CERVO; BERVIAN, 2002, p. 65). O presente trabalho propôs-se a identificar, por meio da revisão de literatura, o uso das tecnologias digitais e da RA para o ensino de Química.

Esta pesquisa tem caráter exploratório uma vez que “tais estudos têm por objetivo familiarizar-se com o fenômeno ou obter nova percepção do mesmo e descobrir novas ideias”(CERVO; BERVIAN, 2002, p. 69). Em virtude da RA ter se consolidado entre as décadas de 80 e 90 (KIRNER; SISCOOTTO, 2007) pode-se considerá-la uma tecnologia atual e a sua aplicação na educação recente, em razão disso os materiais relacionados ao assunto ainda são escassos. Uma vez que não existe uma tradição de pesquisa sobre um tema, o estudo exploratório é recomendado, pois esse é adequado “quando há poucos conhecimentos sobre o tema a ser estudado” (CERVO; BERVIAN, 2002, p. 69).

Efetou-se uma pesquisa bibliográfica para conhecer como as TD, em especial a RA, têm sido adotadas no ensino de química, tendo em vista que “para encontrar o material que interessa a uma pesquisa é necessário saber como estão organizados os textos, as bibliotecas e os bancos de dados, bem como suas formas de melhor utilização” (CERVO; BERVIAN, 2002, p. 88).

Tendo em vista o caráter atual da RA e sua aplicação na educação, optou-se pela busca de artigos nacionais e internacionais no Portal da Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo selecionadas as bases de dados Scopus, Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Web of Science por possuírem ampla variedade e quantidades de artigos. Quando foram efetuadas as pesquisas na Web of Science verificou-se que os resultados obtidos coincidiram com os da Scopus, por isso não foram mencionados mais detalhadamente nesta pesquisa.

As palavras-chave utilizadas inicialmente foram: “augmented reality” e “chemistry”. Como a pesquisa teve como primeiro movimento uma busca exploratória optou-se por não usar outros filtros, tais como ano e área temática. Na sequência foi testada a combinação “augmented reality” e “education” e por último a combinação de palavras-chave “chemistry” e “augmented reality” e “education”, com o intuito de selecionar nas bases de dados trabalhos específicos na área da educação em Química. A base de dados da Scielo e a Scopus disponibilizam o período de 1960 até o presente ano, enquanto que na Web of Science o período disponível é de 1997 até o presente ano. Como objeto de interesse desta pesquisa foi a aplicação de *software* em RA e essa TD se consolidou entre as décadas de 80 e 90, não haveria necessidade de desconsiderar anos anteriores a década de 80. Contudo, por questões de organização estipulou-se o mesmo período de pesquisa -de 1997 a 2016 - as três bases de dados.

Na base de dados Scopus, além de delimitar o período da pesquisa, optou-se por limitar a seção em duas áreas temáticas: as de Ciências da Vida e Ciências Físicas, a primeira abrange as áreas do conhecimento como Biologia, Farmacologia, Neurociências; a segunda abrange áreas como a Química, Física e etc. Inicialmente efetuou-se buscas com as palavras-chaves “augmented reality” “and” “education”. Para bases de dados Scielo e Web of Science não foram utilizados filtros relacionados a áreas temáticas.

Como o objetivo do trabalho estava relacionado ao uso da RA no ensino de química, para refinar a pesquisa e chegar a resultados mais específicos, acrescentou-se mais uma palavra-chave à combinação usada anteriormente, em especial, a palavra “chemistry”, permanecendo o mesmo período e as duas áreas temáticas.

Os materiais obtidos no processo da pesquisa bibliográfica foram organizados em um quadro com os seguintes descritores: base de dados, palavras-chave, referência, título, autor (es), ano, resumo e tipo de documento.

A partir desses documentos procedeu-se a análise documental. Para tanto, foram lidos os resumos de todos os “achados” da pesquisa bibliográfica e, a partir dessa leitura foram excluídos os documentos (artigos) sem relação com os objetivos dessa pesquisa. Quando o resumo não oferecia subsídios suficientes para a

avaliação de sua contribuição para essa pesquisa, o artigo foi lido na íntegra. Os artigos que foram selecionados para compor a base de dados dessa pesquisa são aqueles que: a) utilizam os *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica; b) utilizam estratégias de ensino e de aprendizagem que adotaram *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionam vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica. Todos os artigos selecionados segundo esses critérios foram lidos na íntegra, e a partir da análise de seu conteúdo foram categorizados de forma a responder as questões dessa pesquisa.

#### **4 A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

A etapa básica desse trabalho foi a pesquisa bibliográfica. Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no portal CAPES, por meio das bases de dados Scielo e Scopus. Os resultados obtidos, ou seja, o conjunto de artigos oriundos dessa pesquisa bibliográfica foram organizados em um quadro (APÊNDICE A) com os seguintes descritores: base de dados, palavras-chave, referência, título, autor (es), ano.

O detalhamento de algumas etapas dessa pesquisa bibliográfica, que proporcionaram o acesso ao conjunto de artigos que compõem o Apêndice A é apresentado a seguir.

Primeiramente são apresentados os resultados obtidos com a base de dados Scielo, com as três diferentes combinações de palavras-chave utilizadas; e na sequência são apresentados os resultados obtidos com a base de dados Scopus, com as mesmas três diferentes combinações de palavras-chave.

Usando as palavras-chave “augmented reality” e “chemistry” com o operador booleano “and”, na base de dados na Scielo foi encontrado apenas um (01) resultado (Figura 1) relacionado para essa combinação.

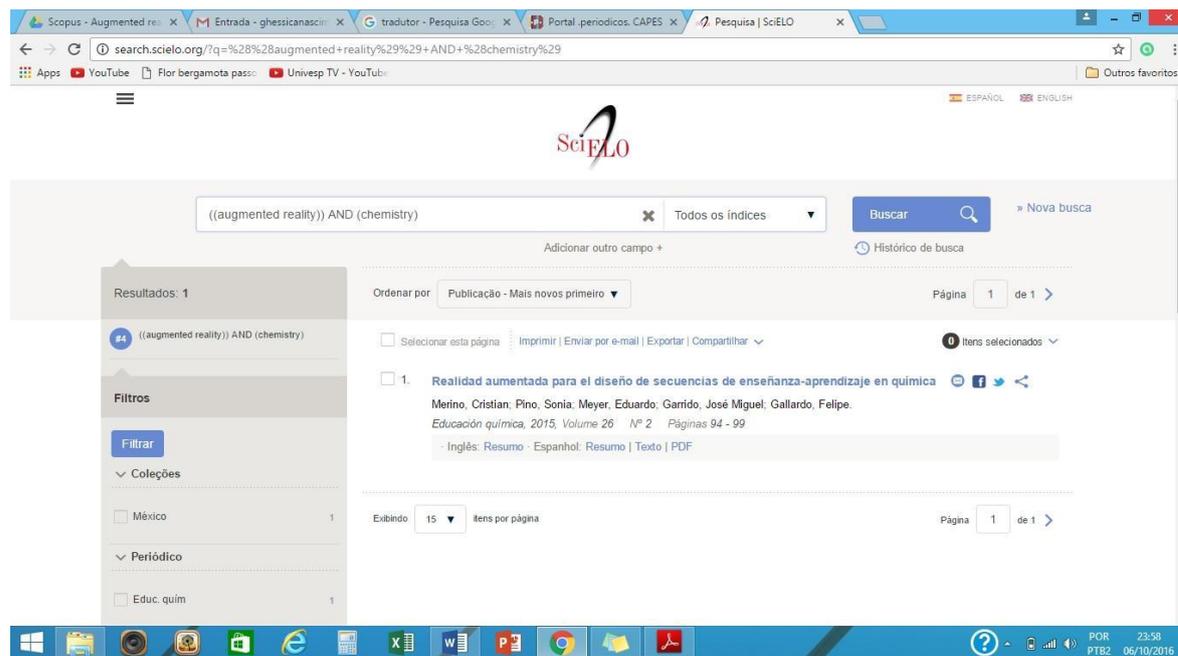


Figura 1 Imagem da tela da pesquisa na Scielo usando os palavras-chave “augmented reality” “and” “chemistry”

Fonte: A autora (2016)

Alterou-se as palavras-chave para “augmented reality” “and” “education”, na base de dados da Scielo, com intuito de conhecer trabalhos relacionados, não necessariamente ao ensino de Química, realizados com o amparo da RA.

Como resultado, obteve-se quatro (04) artigos sem relação com a Química (Figura 2). Entretanto, no artigo “Melhorar a atratividade da informação através do uso da realidade aumentada” os autores trouxeram contribuições ligadas à alfabetização científica e o papel das TD na formação crítica, tais como a que expressa que o “aprendente-cidadão deve ser orientado pela comunidade científica sobre como gerir e transformar a informação em conhecimento de uma forma autônoma” (LIAW; HATALA; HUANG, 2010 *Apud* FOMBONA CADAVLECO *et al*, 2014, p.38) e ainda, “o facto de se explicar um conceito apoiado no potencial e atractivo que tem este sistema pode motivar o utilizador a explorar determinadas informações e áreas do conhecimento” e principalmente pelo fator temporal e local não é mais um entrave para aprender. Além disso, trazem relatos de experiências educativas com a RA e definições sobre os tipos de tecnologias de RA. Os outros três (03) artigos, não serão mencionados por não terem relação com os interesses da investigação realizada.

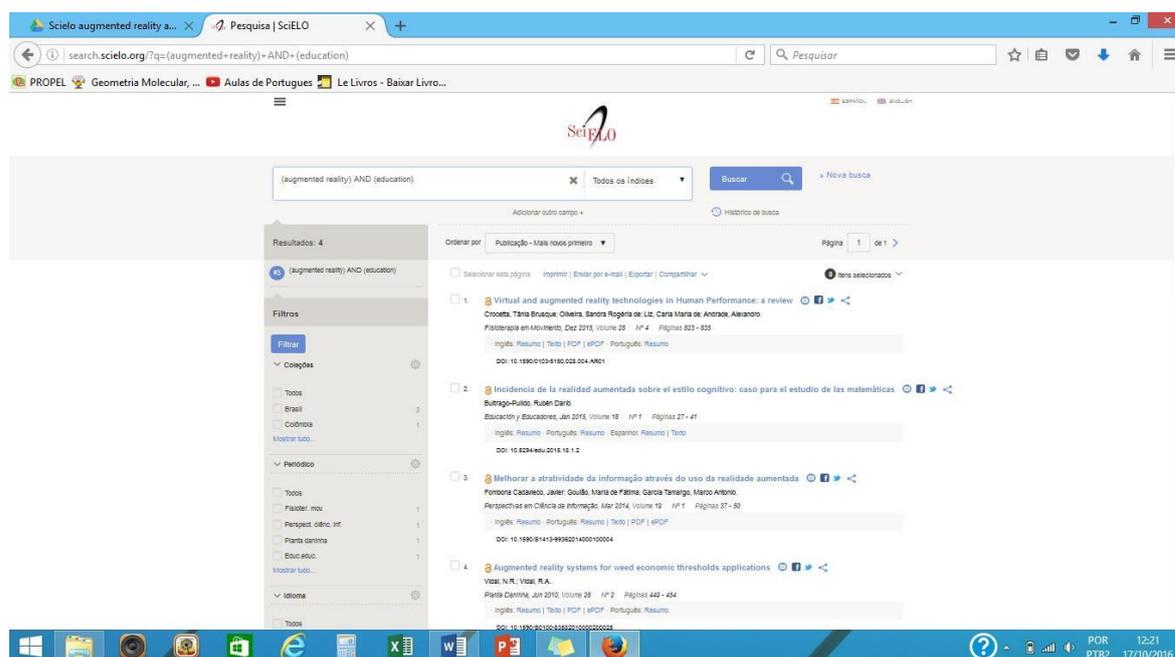


Figura 2. Imagem da tela da pesquisa na Scielo usando os palavras-chave “augmented reality” “and” “education”  
 Fonte: A autora (2016)

Para a combinação dos palavras-chave “augmented reality” “and” “education” and “chemistry” não foram encontrados documentos na base de dados da Scielo.

A seguir serão apresentados os resultados encontrados com a pesquisa bibliográfica utilizando-se a base de dados Scopus, que apresentou 1.198 resultados para as palavras-chave “augmented reality” “and” “education” (Figura 3).

The screenshot shows the Scopus search results page for the query: (TITLE-ABS-KEY (augmented reality) AND TITLE-ABS-KEY (education)) AND SUBJAREA (mult OR agr OR bloc OR immu OR neur OR phar OR mult OR ceng OR chem OR comp OR eart OR ener OR engi OR envi OR mate OR math OR ph) AND PUBYEAR > 1996. The search results are sorted by Date, showing 1,198 document results. The first few results are:

Rank	Title	Author	Year	Journal/Conference	Citations
1	Different effects of augmented reality technology and traditional methods on memorizing english words among young children	Yu, C.-Y., Pu, J.-N., Zheng, L.-T., Guan, Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University	2016		0
2	The experiential domain: developing a model for enhancing practice in D&T education	O'Connor, A., Seery, N., Carty, D.	2016	International Journal of Technology and Design Education	0
3	Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning	Chang, R.-C., Chung, L.-Y., Huang, Y.-M.	2016	Interactive Learning Environments	0
4	Teachers' and students' perceptions toward augmented reality materials	Hsieh, M.-C.	2016	2016 International Conference on Applied System Innovation, IEEE ICASI 2016	0
5	Development and evaluation of a mobile AR assisted learning system for English learning	Hsieh, M.-C.	2016	2016 International Conference on Applied System Innovation, IEEE ICASI 2016	0
6	Picture puzzle augmented reality system for infants creativity	Oh, Y.-J., Suh, Y.-S., Kim, E.-K.	2016	International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN	0
	DiedicAR: a mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry	de Ravé, E.G., Jiménez-Hornero, F.J.	2016	Multimedia Tools and Applications	0

Figura 3. Imagem da tela da pesquisa na Scopus usando os palavras-chave “augmented reality” “and” “education”  
Fonte: A autora (2016)

Aplicou-se na base de dados da Scopus a mesma combinação de palavras-chave usadas anteriormente na Scielo. Foram encontrados 105 resultados (Figura 4).

The screenshot shows the Scopus search results page for the query: (TITLE-ABS-KEY (augmented reality) AND TITLE-ABS-KEY (chemistry)) AND PUBYEAR > 1996. The search results are sorted by Date, showing 105 document results. The first few results are:

Rank	Title	Author	Year	Journal/Conference	Citations
1	An interactive SE learning cycle-based augmented reality system to improve students' learning achievement in a microcosmic chemistry molecule course	Cheng, S.-H., Chu, H.-C.	2016	Proceedings - 2016 5th IAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IAI-AA 2016	0
2	Measuring the perceived quality of an AR-based learning application: a multidimensional model	Pribeanu, C., Balog, A., Iordache, D.D.	2016	Interactive Learning Environments	1
3	Sensor-Augmented Visual Labs: Using Physical Interactions with Science Simulations to Promote Understanding of Gas Behavior	Chao, J., Chu, J.L., DeJaegher, C.J., Pan, E.A.	2016	Journal of Science Education and Technology	0
4	Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities	Yang, K.-J., Chu, H.-C., Yang, K.-H.	2016	Proceedings - 2016 5th IAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IAI-AA 2016	0

Figura 4. Imagem da tela da pesquisa na Scopus usando os palavras-chave “augmented reality” “and” “chemistry”  
Fonte: A autora (2016)

Para a combinação de palavras-chave “augmented reality” “and” “education” “and” “chemistry” foram encontrados 30 resultados. Nos “achados” um artigo coincidiu com o único resultado obtido para as palavras-chave “augmented reality” “and” “chemistry” que foram aplicadas na base de dados da Scielo (Figura 5).

Scopus - Document search results - Internet Explorer

Document search results

(TITLE-ABS-KEY (augmented reality) AND TITLE-ABS-KEY (education) AND TITLE-ABS-KEY (chemistry)) AND SUBAREA (mult OR agri OR bloc OR immu OR neur OR phar OR mult OR ceng OR chem OR comp OR eart OR ener OR engi OR med OR mate OR math OR phys) AND PUBYEAR > 1996

30 document results

Refine	Document	Author	Year	Journal	Cited by
Year	<input type="checkbox"/> An interactive SE learning cycle-based augmented reality system to improve students' learning achievement in a microcosmic chemistry molecule course	Cheng, S.-H., Chu, H.-C.	2016	Proceedings - 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2016	0
Author Name	<input type="checkbox"/> Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities	Yang, K.-J., Chu, H.-C., Yang, K.-H.	2016	Proceedings - 2015 IIAI 4th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2015	0
Subject Area	<input type="checkbox"/> Augmented reality laboratory for high school electrochemistry course	Chen, M.-P., Liao, B.-C.	2015	Proceedings - IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015	0
	<input type="checkbox"/> Studies in application of augmented reality in E-learning courses	Amrit, M., Bansal, H., Yammyavar, P.	2015	Smart Innovation, Systems and Technologies	0
	<input type="checkbox"/> Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry [Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química]	Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J.M., Gallardo, F.	2015	Educacion Quimica	0
	<input type="checkbox"/> Monitoring gender participation with augmented reality represented chemistry phenomena and promoting critical thinking	Boonteng, L., Srisawadi, N.	2015	Doctoral Student Consortium (DSC) - Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCIE 2014	0

Figura 5. Imagem da tela da pesquisa na Scopus usando os palavras-chave “augmented reality” “and” “education” “and” “chemistry”.

Fonte: A autora (2016)

Para análise de conteúdo dos materiais/artigos oriundos da etapa de pesquisa bibliográfica efetuou-se a leitura dos resumos e quando necessário os materiais foram lidos integralmente. Essa etapa proporcionou a seleção dos materiais que estavam relacionados aos objetivos desse trabalho. Os materiais selecionados foram categorizados e organizados em quadros e a partir da sua análise buscou-se responder as questões desta pesquisa.

## 5 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES

A partir do conjunto de dados gerados na etapa da pesquisa bibliográfica, procedeu-se a análise de conteúdo desse material.

No Apêndice A constam os 30 “achados” da pesquisa bibliográfica organizados em um quadro com os seguintes descritores: Base de Dados/ Palavras-chave/Referências; Título; Autores/Ano.

Para definição dos artigos que fariam parte da pesquisa bibliográfica, buscou-se identificar durante a leitura dos resumos – quando necessário na leitura dos artigos na íntegra – a presença de temas relacionados a química microscópica e se havia algum tipo de estratégia de ensino e aprendizagem envolvendo a RA. Os artigos selecionados apresentaram temas da química microscópica como: química molecular, ligações químicas, geometria molecular, funções orgânicas, todos envolvendo algum tipo de estratégias de ensino e aprendizagem e RA.

Sete (07) artigos atenderam aos objetivos deste trabalho. Neles puderam ser identificados *softwares* e aplicativos para *tablets* e *smartphones*, assim como estratégias de ensino e de aprendizagem que os adotaram, proporcionando vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica. Esses sete artigos são apresentados, com seus respectivos “abstracts” no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Relação dos artigos selecionados para compor a pesquisa bibliográfica.

Base de Dados/ Palavras-chave/ Referências	Título/ Autor(es)/Ano	Resumo
Scopus  Augmented reality; education; chemistry.  2016 5th IIAI International	An interactive 5E learning cycle-based augmented reality system to improve students' learning achievement in a microcosmic chemistry molecule course.	In this study, an interactive 5E learning cycle-based augmented reality system is proposed for conducting microcosmic Chemistry molecule learning activities. Augmented reality has been widely used for enhancing students' learning motivation. However, numerous studies have indicated that without effective learning strategies for helping students construct solid knowledge,

<p>Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2016 p. 357-360 Data da Conferência: 10-14 July 2016 DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2016.119</p>	<p>Cheng, Sz-Hau Chu, Hui-Chun.  2016</p>	<p>their learning performance might be disappointing. To cope with this problem, an interactive 5E learning cycle approach has been adopted to develop an augmented reality mobile learning system which reinforces students' understanding of the concepts of the microcosmic structure of Chemistry molecule learning unit. In order to evaluate students' learning achievement, self-efficacy and learning behavior patterns when using this approach, an experiment was conducted to examine the effectiveness of the proposed approach. The students' learning behaviors when using the interactive AR tools to learn about microcosmic Chemistry molecule structures and the ways in which they perform the interactive 5E learning cycle-based learning tasks will be recorded. Accordingly, the learning behavioral patterns will be analyzed via lag-sequential analysis and quantitative content analysis.</p>
<p>Scopus  Augmented reality; education; chemistry.  4th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2015 7373930, p. 354-357 Data da Conferência: 12-16 July 2015 DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2015.222</p>	<p>Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities.  Yang, Kai-jen; Chu, Hui-Chun; Yang, Kai-Hsiang  2016</p>	<p>Visualization Mind tools enable students to obtain experience of observing commonly invisible phenomena. Although we often approach gases in daily life, they are not observable with the naked eye. Thus, students may have numerous misperceptions when learning the properties and phenomena of gases. In this study, an augmented reality technique will be used to establish an interactive visualization Mind tools learning model that enables students to adjust the parameters of pressure and temperature, then they can observe the diversification inside the gases accordingly, thereby improving their learning performance. The experiment will be conducted in association with the teaching unit progress of gases in the 11th grade chemistry course. Two classes of students will be randomly assigned to the experimental and the control group. After conducting the experiment, an in-depth exploration of whether the learning model can effectively improve students' problem solving abilities and learning achievement will be measured.</p>
<p>Scopus Augmented reality; education; chemistry  Scielo Augmented reality; chemistry. Educación Química Volume 26 N.2, p. 94-99</p>	<p>Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry [Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje en química]  Merino, Cristian; Pino, Sonia; Meyer, Eduardo; Garrido, José Miguel;</p>	<p>El presente trabajo aborda la simplicancias del diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) en ciencias, con el uso de realidad aumentada (RA). Las SEA hacen referencia a la planificación de situaciones de enseñanza y aprendizaje centrada em un tema o contenido disciplinario específico. Por RA se entiende una combinación de ambientes reales e información en formato digital que amplía la comprensión sobre la realidad que captan nuestros sentidos. Enel caso ilustrado en este artículo, la secuencia de enseñanza y aprendizaje</p>

	Gallardo; Felipe.  2015	enriquecida con RA propone la manipulación, interacción e integración de formatos de información tridimensional que permite una mejor conexión entre los aspectos teóricos y la experiencia práctica que guía un proceso de transformación de fenómenos científicos. En este artículo presentamos una actividad prototipo diseñada para la enseñanza de la química.
Scopus Augmented reality; education; chemistry.  IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2010 p. 83-90 Data da Conferência: 20-21 Mar 2010 DOI: 10.1109/3DUI.2010. 5444716	What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules  Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun; Raith, Alexander; Drees, Markus; Kühn, Fritz  2010	For molecular modeling, chemical structures have to be understood and imagined both in their three-dimensional spatial extent and in their dynamic behavior. We have developed an AR-based system for tangible interaction with molecules using optical markers. When users bring several molecules close to one another, potential bonds are shown and the molecules dynamically change their 3D structure according to potential chemical reactions. A problem arises when users also need to select one such bond from a multitude of potential bonds while already using both hands to manipulate the molecules. We present two gesture-based techniques, shake-based and proximity-based to solve this problem. We report on user tests evaluating these techniques with respect to speed, precision and user acceptance
Scopus  Augmented reality; education; chemistry.  World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 57, Setembro 2009 p. 80-86	Dynamics in Tangible chemical reactions.  Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun.  2009	Spatial understanding and the understanding of dynamic change in the spatial structure of molecules during a reaction is essential for designing new molecules. Knowing the physical processes in the reactions helps to speed up the designing process. To support the designer with the correct representation of the designed molecule as well as showing the dynamic behavior of the whole reacting system is the goal of our application. Our system shows the spatial deformation of the molecules at every time interval by minimizing the energy level of the molecules. The position and orientation of the molecules can be intuitively controlled by manipulating objects of the real world using Augmented Reality techniques. Our approach has the potential to speed up the design of new molecules and help students to understand the chemical processes better.
Scopus  Augmented reality; education; chemistry  Conference on Human Factors in Computing Systems	Tangible user interface for chemistry education: Comparative evaluation and re-design  Fjeld, M., Fredriksson, J., Ejdestig, M., (...), Voegtli, B.,	Augmented Chemistry (AC) is an application that utilizes a tangible user interface (TUI) for organic chemistry education. The empirical evaluation described in this paper compares learning effectiveness and user acceptance of AC versus the more traditional ball-and-stick model (BSM). Learning effectiveness results were almost the same for both learning environments. User

<p>p.805-808 DOI: 10.1145/1240624.1240745</p>	<p>Juchli, P.  2007</p>	<p>preference and rankings, using NASA-TLX and SUMI, showed more differences and it was therefore decided to focus mainly on improving these aspects in a re-design of the AC system. For enhanced interaction, keyboard-free system configuration, and internal/external database (DB) access, a graphical user interface (GUI) has been incorporated into the TUI. Three-dimensional (3D) rendering has also been improved using shadows and related effects, thereby enhancing depth perception. The re-designed AC system was then compared to the old system by means of a small qualitative user study. This user study showed an improvement in subjective opinions about the system's ease of use and ease of learning. Copyright 2007 ACM</p>
<p>Scopus  Augmented reality; education; chemistry.  VRCIA 2006: ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications p.369-372 DOI:10.1145/1128923.1128990</p>	<p>A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education.  Chen, Y.-C.  2006</p>	<p>Augmented reality (AR) is an emerging technology, which renders three-dimensional (3-D) virtual objects and allows people to interact with virtual and real objects at the same time. The purpose of this study is to investigate how students interact with AR and physical models and evaluate their perceptions regarding these two representations in learning about amino acids. The results show that some students liked to manipulate AR by rotating the markers to see different orientations of the virtual objects. However, some students preferred to interact with physical models in order to get a feeling of physical contact. Their interactions with AR demonstrated that they tended to treat AR as real objects. Based on the findings, some AR design issues are elicited and the possibility to use AR in the chemistry classroom is discussed.</p>

Todos os sete trabalhos analisados trouxeram a preocupação de “explicitar” a contribuição da RA para a compreensão do comportamento do universo microscópico como um importante elemento para o entendimento de conceitos que exigem abstração, bem como o entendimento de representações e modelos da Química, os quais podem ter sua compreensão limitada quando observados em materiais didáticos como livros e modelos físicos (bola e bastão). Esses trabalhos relatam o uso dos benefícios que a interatividade proporciona, como a impressão ao usuário de que objeto virtual está realmente presente em suas mãos; da possibilidade de agregar às simulações informações diversas para que a ferramenta proporcione aos usuários autonomia durante o aprendizado. A manipulação das simulações com a RA levava a uma ação intuitiva, fez com que os estudos aplicados

focassem mais em questões relacionadas a melhora na apresentação do conteúdo e forma das representações. Os trabalhos *“What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules”* e *“Dynamics in Tangible chemical reactions”* destacaram-se por se tratarem de softwares de simulação que tinham como o objetivo principal auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos como catalisadores. No entanto, previam seu uso também a nível didático.

Para análise documental os artigos foram categorizados em:

- (1) Softwares e/ou aplicativos de animação em RA relacionados a química microscópica;
- (2) Softwares e/ou aplicativos de simulação em RA relacionados a química microscópica.

A categoria 1 foi dividida em três subcategorias: (1a) Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular; (1b) Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica e (1c) Outras Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular. Para a categoria 2 não foram criadas subcategorias. No Quadro 2 estão organizados os títulos dos artigos de acordo com suas categorias e subcategorias (somente os artigos pertencentes a categoria 1 foram subcategorizados).

Quadro 2. Enquadramento dos artigos em categorias e subcategorias

Categorias	Subcategorias	Título do artigo/ Autor (es)/ Ano
	Estratégias de Ensino de Química utilizando a	An interactive 5E learning cycle-based augmented reality system to improve students' learning achievement in a microcosmic chemistry molecule course.  Cheng,Sz-Hau;Chu, Hui-Chun.

Softwares e/ou aplicativos de animação em RA relacionados a química microscópica	Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular	2016
		Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry. [Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje en química].  Merino, Cristian; Pino, Sonia; Meyer, Eduardo; Garrido, José Miguel; Gallardo, Felipe.  2015
	Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica.	Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities.  Yang, Kai-jen; Chu, Hui-Chun; Yang, Kai-Hsiang  2015
Outras estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular.	Tangible user interface for chemistry education: Comparative evaluation and re-design  Fjeld, M., Fredriksson, J., Ejdestig, M., (...), Voegtli, B., Juchli, P.  2007	
	A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education.  Chen, Y.-C. 2006	

Softwares e/ou aplicativos de simulação em RA relacionados a química microscópica	Sem subcategorias	What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules.  Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun; Raith, Alexander; Drees, Markus; Kühn, Fritz  2010
		Dynamics in Tangible chemical reactions.  Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun.  2009

A seguir, a análise dos artigos a partir das categorias e subcategorias – quando pertencentes a categoria 1 – descritas acima nas quais foram enquadrados os documentos pertencentes a pesquisa.

### **5.1 SOFTWARES E/OU APLICATIVOS DE ANIMAÇÃO EM RA RELACIONADOS A QUÍMICA MICROSCÓPICA**

Identificou-se algumas diferenças entre artigos selecionados em relação as formas de representação da química microscópica, por isso foram criadas três subcategorias para esta seção:(5.1.1)Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica; (5.1.2) Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica e (5.1.3) Outras estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular .

#### **5.1.1 Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular.**

A química devido às suas características próprias, à necessidade de abstração, assim como à necessidade de transição do macroscópico para o

microscópico e vice-versa para a compreensão de conceitos relacionados ao comportamento da matéria, exige que o aluno construa mentalmente modelos que representem fenômenos que são amparados por modelos. Essa é uma das grandes dificuldades de ensinar química, por ser uma ciência com linguagem própria e muito específica para comunicação entre cientistas. A partir da pesquisa bibliográfica, encontramos artigos que relatam o uso de *softwares* que exploram as representações da química a partir de suas estruturas moleculares contribuindo para o entendimento de conceitos como geometria molecular, ligações químicas e forças de atração. Os artigos que se enquadraram nesta categoria foram lidos na íntegra e, nesta seção, foram trazidos os pontos principais de cada trabalho, os tipos de *softwares* e/ou aplicativos para *tablets* e *smartphones*, quando estes foram mencionados - na ausência de referência no texto do tipo de *softwares* e/ou aplicativos foram colocadas imagens dos próprios artigos - para conhecer que tipo de sistema os participantes das pesquisas tiveram contato. Além disso, foram relatadas as estratégias de ensino adotadas. A seguir são apresentados os artigos relacionados com a RA no ensino de Química.

Cheng e Chu (2016) realizaram um estudo com 80 alunos (separados em dois grupos de 40 alunos, um grupo de controle e outro experimental) entre 16 e 17 anos do último ano do ensino médio em Taiwan. O grupo de controle fez uso da RA convencional enquanto que o grupo experimental fez uso de RA baseado no Ciclo 5E de Aprendizagem<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>O Ciclo 5E de Aprendizagem consiste em uma modelo instrucional composto pelas etapas de: Envolvimento (*engage*), momento em que o aluno é estimulado a se expressar explicitando seu conhecimentos prévios e ao mesmo tempo que seu interesse pelo assunto é despertado; Exploração (*exploration*) o aluno compartilha suas percepção individual dos conceitos atuais através da experiência de exploração com os demais alunos; Explicação (*explanation*), momento em que o professor desenvolverá a ressignificação dos conceitos apresentados pelos alunos obtidos nos processos anteriores; Elaboração (*elaboration*) é a fase de aprofundar e atribuir novos e amplos significados aos conhecimentos já adquiridos, a partir da vivência de novas experiências (explicações) e por fim, a etapa da Avaliação (*evaluation*) onde verifica-se a evolução dos alunos e se os objetivos da proposta foram alcançados. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/365-4.pdf>>

Os pesquisadores organizaram os ciclos da seguinte forma: na fase Envolvimento (E1) – momento em que ocorre o primeiro contato com sistema e ferramentas da RA – os alunos aprendem os conceitos da regra do octeto, da covalência, dos compostos orgânicos e da classificação dos hidrocarbonetos. Na fase Exploração (E2) (Figura 6), os alunos do grupo experimental aprendem a estrutura molecular dos hidrocarbonetos utilizando os cartões com marcadores, na atividade foi solicitado que organizassem os cartões em seus lugares correspondentes, para que o modelo molecular emergisse com informação adicional para os estudantes. Na fase Explicação (E3), foram dadas explicações para os alunos sobre os conceitos e aplicações das duas fases anteriores. Na fase Elaboração (E4), os alunos do grupo experimental usaram os cartões com marcadores relacionados a estruturas de isômeros. E na fase Avaliação (E5), onde sistema transferiu os resultados das aprendizagens para o professor e pesquisadores.

Segundo os autores para que a RA consiga auxiliar no processo de aprendizagem ela deve estar amparada por um procedimento didático que dê conta de organizar a proposta didática, por isso optaram por um sistema de RA baseado no Ciclo 5E de Aprendizagem, fazendo posteriormente um comparativo entre os grupos e como impactou abordagem com e sem esse sistema. Chamaram a atenção sobre a complexidade do mundo microscópico das moléculas e como a dinâmica visual e interativa da RA contribui para tornar “palpável” esse micromundo.

Não foi possível identificar qual o *software* utilizado neste trabalho, se ele foi desenvolvido pelos próprios pesquisadores ou utilizada ferramentas disponíveis. Contudo no artigo estão disponíveis imagens da interface do usuário, possibilitando verificar qual a forma que se apresenta a ferramenta ao usuário.

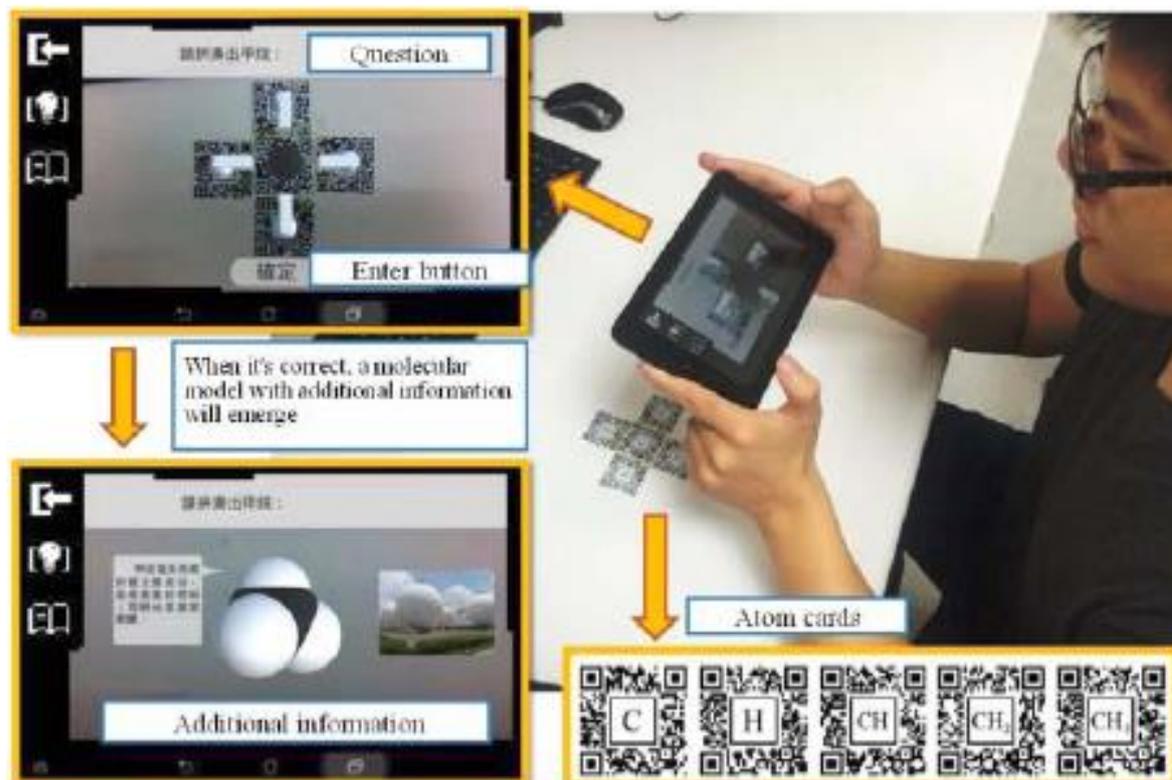


Figura 6. Interface do usuário na Fase de Exploração do sistema interativo de aprendizagem baseada em ciclo 5E RA  
 Fonte: Cheng e Chu (2016)

Merino et al. (2014) identificaram como vantagens de operar sequências didáticas de aprendizagem utilizando RA o potencial de ensino quando se trata de conceitos abstratos, bem como fenômenos e objetos que não são perceptíveis a olho nu estabelecendo uma ligação entre teoria e experiência. Além disso o potencial para reprodução de “situações potencialmente perigosas, ou seja, situações no mundo real que os estudantes não podiam executar de forma autônoma” (MERINO et al., 2015, p.96). O exemplo de intervenção didática apresentado no artigo pelos autores é de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem (SEA) para alunos do segundo ano do ensino médio do currículo da educação chilena. No exemplo o tema abordado é a “Reatividade em Química Orgânica” e seus principais conceitos. O design instrucional se baseia no Ciclo de Aprendizagem Construtivista, que considera quatro fases: “a) as atividades de exploração; b) As atividades de introdução de novas variáveis; c) sistematização e d) atividades de implementação” (MERINO et al., 2015, p.96). Dentro desta sequência didática são

distribuídas (entre as quatro fases mencionadas anteriormente) sete atividades, cada uma com uma seção complementar com RA (Figura 7).

Ao passo que os alunos necessitam voltar sua atenção, capacidade de interpretação e por fim criar imagens mentais para o aprendizado de conceitos abstratos da química – e esse percurso mental tem seu ritmo e forma diferente para cada indivíduo – a partir de algo não observável tendem a criar barreiras em relação a química. Esse tipo de intervenção, conforme os próprios autores averiguaram, faz as vezes das representações mentais necessárias para a aprendizagem de química, tornando-as familiares e visual e espacialmente concretas.

AA2. ¿Qué sustancias ácidas y básicas conocemos?

En nuestras vidas utilizamos diversos elementos para asearnos, cocinar y alimentarnos, entre otros, pero, a pesar de que están presentes, no nos detenemos a analizar de qué están compuestos o qué característica de cada uno de ellos les propicia su olor, su sabor, etc. A partir de las siguientes imágenes, clasificalas según sean ácidas, básicas o neutras. Explica por qué lo clasificaste en ese grupo y no en otro. Acá se ofrecen 8 imágenes para escoger: limón, pasta de dientes, bebida cola, vinagre, agua, leche, café y una barra de jabón.

Tomemos el ejemplo de la bebida cola:

1. El estudiante trabaja con tres marcas (tarjetas impresas) para esta actividad
2. En pantalla aparece la visualización de la bebida:
3. Luego se pide al estudiante que use la marca relacionada con zoom +
4. Al acercar el zoom + a la bebida, se visualiza la molécula de ácido fosfórico, cuya representación química también es posible ver en la sección de información de la interfaz
5. Luego el estudiante trabaja con la tarjeta que representa el zoom - (quitar la vista molecular)
6. Acá podemos ver lo que ocurre al acercar el zoom -, aparece nuevamente la boleta de bebida en su vista tradicional

Figura 7. Exemplo de atividade da SEA com o uso da RA  
Fonte: Merino et al. (2014)

Os *softwares* identificados neste artigo foram o Visual Studio 2010 somado ao SDK de Metaio para as aplicações de RA e a biblioteca QT para o desenvolvimento da interface.

Nos trabalhos desta categoria foram usados softwares que demonstravam estruturas das moléculas relacionadas ao conteúdo da química orgânica. Cada trabalho desta categoria apresentou estratégias de ensino diferentes, mas que se pareciam no aspecto de obedecerem uma sequência de atividades.

### **5.1.2 Estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: outras possibilidades para compreensão da química microscópica.**

Na seção anterior, os trabalhos apresentados tinham como essência procurar manter uma associação entre as representações e símbolos da química. Esta seção é destinada a estratégias de ensino que fizeram uso da RA demonstrando o comportamento da matéria em animações que combinaram características do universo microscópico com o macroscópico. Tendo a simulação uma representação mais característica do mundo macroscópico. A seguir são relatados os artigos que apresentam experiências com essas características.

Yang, Yang e Chu (2016) problematizam a questão das dificuldades de compreensão dos mundos microscópicos e macroscópicos por estarem situados nos extremos, ou “muito grande” ou “muito pequeno”. Nesta proposta, 70 alunos do 11º ano foram divididos em dois grupos de 35 alunos (grupo controle e experimental), alunos do grupo controle foram convidados a observar a variedade de partículas de gás depois de ajustar os parâmetros de pressão e temperatura na ferramenta de visualização *Mindtools*. O *Mindtools* (Figura 8) “que foram reconhecidos como ferramentas baseadas em computador e ambientes de aprendizagem que servem como extensões da mente” (JONASSEN; 1999 *Apud* YANG; YANG; CHU; 2006) estabelece cenários utilizando as funções de feedback interativo e imediato de realidade aumentada combinada com a estratégia de Aprendizagem Baseado na Investigação, o que implica nas atitudes e habilidades dos alunos resolverem os problemas propostos, ao mesmo tempo que questionam e buscam a resolução do problema adquirem informações (Figura 9) e reorganizam suas concepções.



Figura 8. Interface do usuário do sistema de visualização Mindtools  
Fonte: Yang, Yang e Chu (2016)

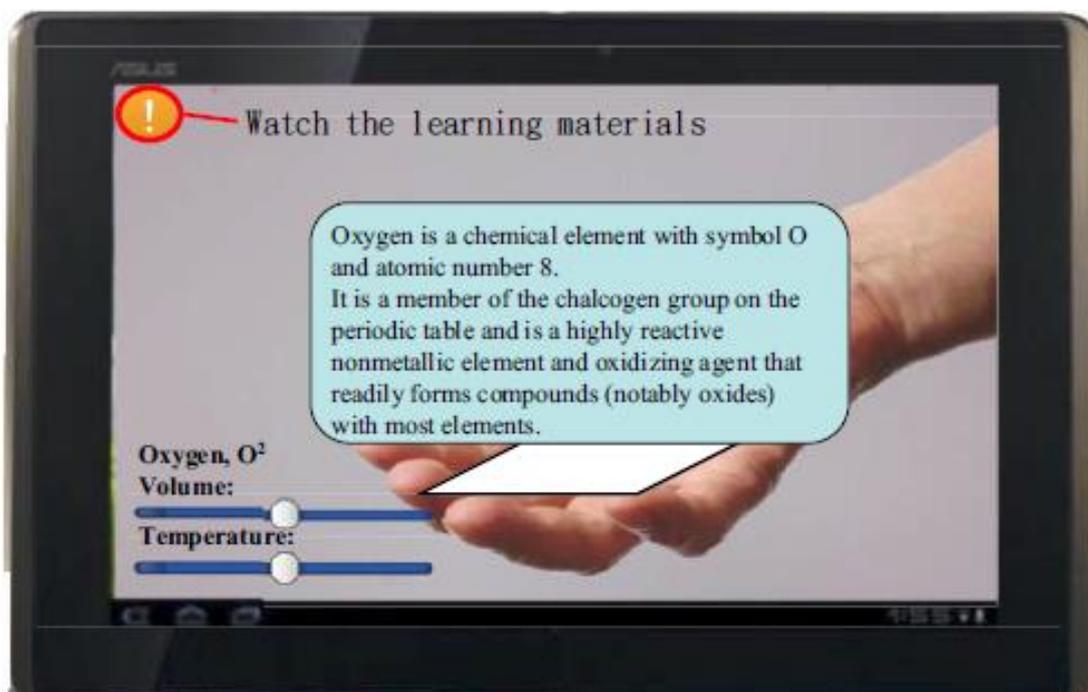


Figura 9. Informações sobre os gases  
Fonte: Yang, Yang e Chu (2016)

A atividade, que teve como objetivo o aprendizado das propriedades dos gases e leis relevantes de gases, seguiu uma sequência de quatro níveis: de 0 ao 3, o que,

segundo os autores, é útil para identificar e classificar as dificuldades de cada nível. No estudo relatado os autores fizeram uso somente dos três primeiros níveis. O nível 0 é o de "Confirmação da Investigação", quando um princípio é averiguado por meio de uma tarefa e os resultados já são conhecidos, nesse nível os alunos conheceram as propriedades do gás. O nível 1 é o de "Investigação Estruturada", o professor apresenta uma pergunta e os alunos procedem uma investigação seguindo um procedimento preestabelecido, este nível trabalhava a teoria dos gases. O Nível 2 é a "Investigação Orientada", neste nível o professor apresenta uma pergunta e os alunos decidem qual o procedimento investigatório. Este nível garantia a necessidade do uso das propriedades e teorias dos gases para que os alunos resolvessem a questão apresentada pelo professor. Por fim, o Nível 3 é da "Investigação Aberta", neste nível os alunos investigam questões formuladas por outros alunos por meio de procedimentos selecionados. Este nível, não foi aplicado pelos pesquisadores. Segundo os autores o modelo de aprendizagem pode melhorar as habilidades de resolução de problemas dos alunos. Neste estudo, as ferramentas de medição incluíram um pré-teste, um pós-teste, e questionários sobre habilidades de resolução de problemas, motivação aprendizagem, auto eficácia, e aceitação da tecnologia.

### **5.1.3 Outras estratégias de Ensino de Química utilizando a Realidade Aumentada: estudos envolvendo a química microscópica e a estrutura molecular.**

Esta subcategoria foi criada para dois (02) artigos que apresentaram *softwares* e/ou aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcionaram vivências com a RA no âmbito da Química microscópica, contudo sem estratégias de ensino e aprendizagem bem estabelecidas. Nos trabalhos foram usados métodos comparativos entre modelos físicos e de RA, e por isso, classificados como “sem estratégias claras de Ensino de Química utilizando a RA”.

Fjeld et al. (2007) trabalharam com vinte seis alunos do primeiro ano do ensino médio com idade média de 17 anos divididos em dois grupos de igual tamanho. Os grupos trabalharam individualmente com química aumentada (QA) –

termo utilizado por estes autores para uso de RA no ensino de química – e modelo de bola e bastão (MBB). Em ordens diferentes, um grupo usou QA durante uma semana e, em seguida, o MBB em uma segunda semana enquanto o outro grupo usou os sistemas na ordem inversa. O objetivo foi comparar a aceitação e verificar se houve diferença na aprendizagem de conceitos de química orgânica abstrata, tais como formas moleculares, a regra de octeto, e de ligação utilizando o sistema de QA em relação ao MBB.

O trabalho não relata a estratégia didática empregada durante o processo de aplicação da pesquisa. O *software* utilizado foi o ARToolKit, que a partir da captura dos marcadores – que são vinculados a um modelo 3D – promove a visualização de uma imagem (Figura 10) em que o cubo é operado com a mão direita enquanto a molécula construída fica no centro da plataforma. A avaliação mostrou que a versão testada de QA não fornece um ambiente de aprendizagem superior ao do MBB. A partir dos dados obtidos o sistema de QA foi redesenhado (Figura 11), contudo, os autores não trazem neste trabalho o processo de aplicação na escola do sistema redesenhado.

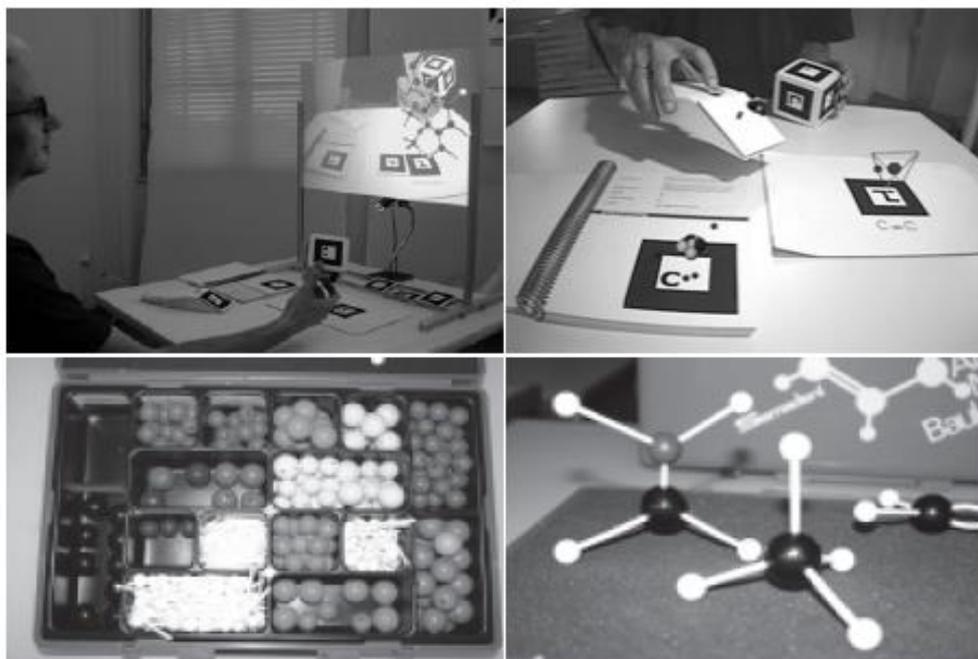


Figura 10. Sistema de QA com tela de retroprojeção (superior). O Kit de MBB e molécula que serviu para comparação (parte inferior)

Fonte: Fjeld et al. (2007)

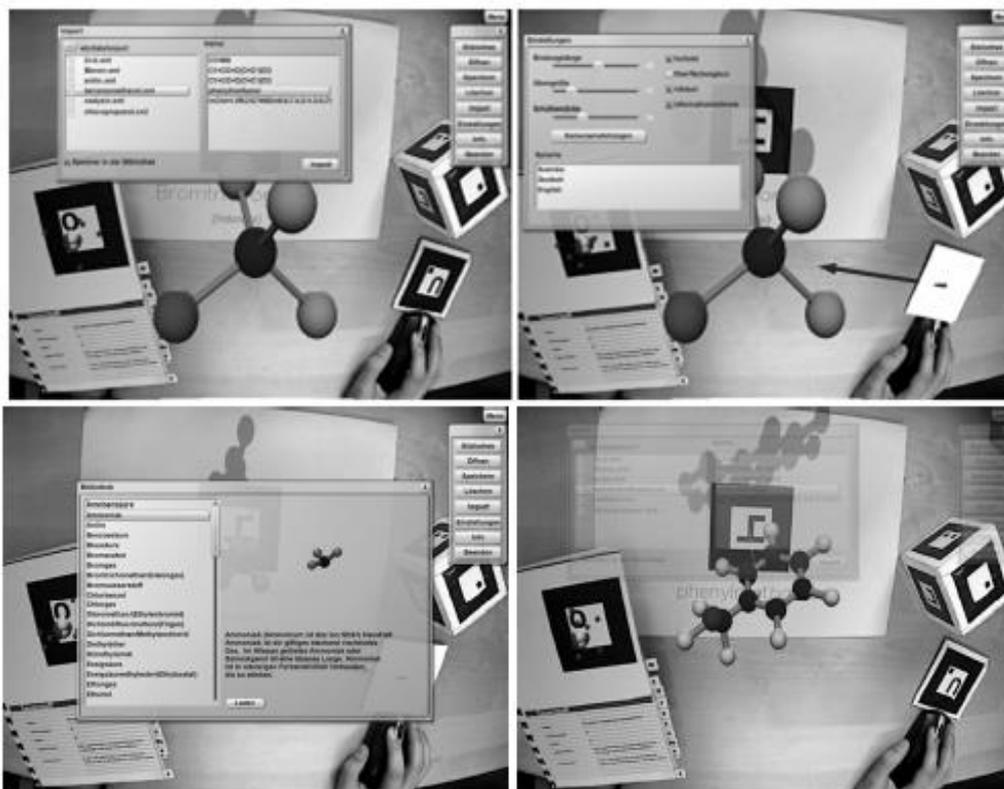


Figura 11. Sistema redesenhado a partir dos dados obtidos da avaliação dos usuários  
Fonte: Fjeld et al. (2007)

Segundo Chen (2006) a RA oferece recursos visuais para que estudantes possam, de forma autônoma, compreender conceitos químicos por meio da interação com o sistema, permitindo a criação de um ambiente construtivista de aprendizagem, pela possibilidade de serem adicionadas ao sistema informações que são obtidas enquanto o usuário está manipulando o sistema. O estudo realizado buscou descobrir os significados construídos pelos sujeitos da pesquisa, comparando o uso de modelos físicos (bola e bastão) e marcadores RA (Figura 12) de cinco aminoácidos: Alanina, Valina, Leucina, Isoleucina e Metionina, os dois tipos de modelos foram disponibilizados para serem manipulados de acordo com o interesse dos participantes da pesquisa. Foram selecionados quatro estudantes que fizeram a turma de "Química orgânica" na Universidade de Washington para realizar esse estudo. O estudo foi realizado em quatro etapas: breve entrevista sobre as experiências em química; em seguida participaram de uma atividade de aprendizagem sobre os cinco aminoácidos, por quinze minutos; depois completaram três tarefas curtas para avaliar a aprendizagem e por fim, uma entrevista pós-

atividade para levantar as percepções dos participantes sobre a atividade aprendizagem e como RA pode ser usada em sala de aula. Os participantes da pesquisa demonstraram preferência pelos modelos físicos, os autores do estudo perceberam que esta preferência está relacionada a algumas imperfeições do sistema utilizado e no próprio artigo propuseram algumas modificações, como por exemplo, substituir os cartões com marcadores por cubos, em razão de que o cartão não pode ser virado em qualquer ângulo. O autor concluiu que a RA é uma ferramenta de apoio tanto para sala de aula quanto para o estudo individual, sem a pretensão de substituir os modelos físicos e sim com a intenção de propiciar uma alternativa visual para compreensão de conceitos abstratos. O *software* utilizado para criação dos das moléculas virtuais foi o Python Molecule Viewer (PMV) e a biblioteca ARToolKit.

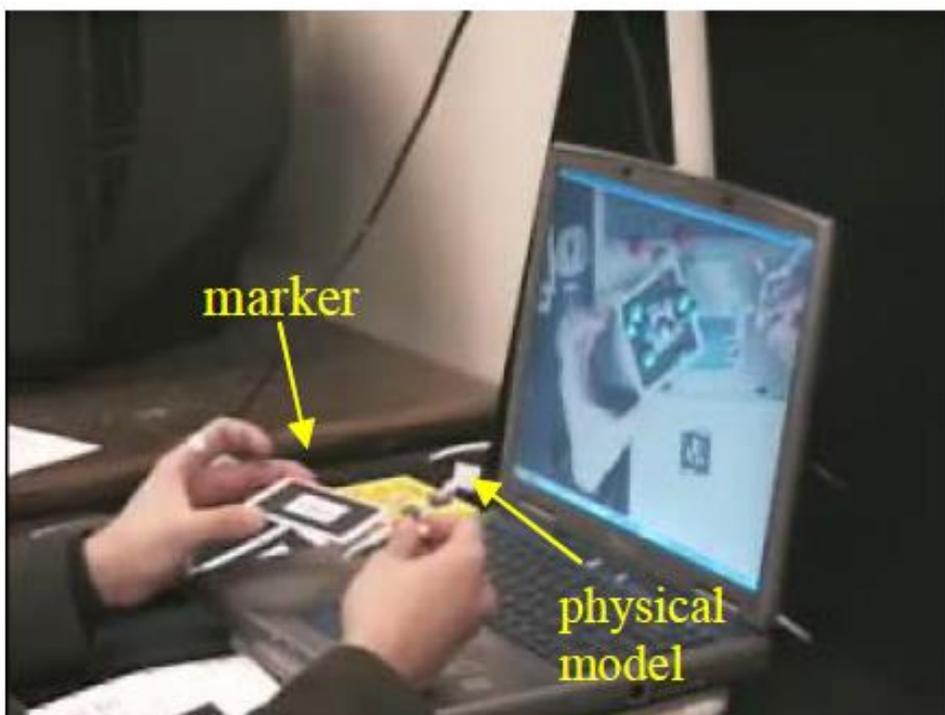


Figura 12. Sistema de RA e modelo físico  
Fonte: Segundo Chen (2006)

Os dois trabalhos enquadrados nessa categoria fizeram atividades comparativas entre modelos físicos e virtuais para identificar qual dos modelos têm mais aceitação. Embora os estudos tenham identificado que não uma superioridade de um modelo sobre o outro foi possível verificar pontos a serem melhorados nos

modelos em RA de acordo com os apontamentos feitos pelos participantes das pesquisas.

## **5.2 SOFTWARES E/OU APLICATIVOS DE SIMULAÇÃO EM RA RELACIONADOS A QUÍMICA MICROSCÓPICA**

Esta categoria é composta por dois (02) artigos pertencentes aos mesmos autores que são relacionados ao desenvolvimento de moléculas em simuladores.

Maier et al. em *“What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules”* (2010) e *“Dynamics in Tangible chemical reactions”* (2009) trouxeram uma leitura mais elaborada para uso da RA em química. A RA pode trazer representações do mundo microscópico da química (átomos, moléculas) sem obrigatoriamente obedecer totalmente às regras que embasam o conceito que está representando na visualização de uma animação. Quando se mantém uma relação direta com dados experimentais já comprovados que embasam uma teoria e a manipulação da TD obedece esses preceitos estaremos lidando com um simulador. No entanto, mesmo que a animação em RA não esteja respaldada por todas as leis que regem o fenômeno que está sendo visualizado, se vinculada a uma proposta didática bem estruturada, continua sendo uma boa ferramenta didática.

Os dois artigos tratam do desenvolvimento de simulações para atender as necessidades de pesquisa no desenvolvimento de novas moléculas prevendo alterações da sua estrutura durante a sua manipulação permitindo projetar a estrutura ideal para a molécula desejada por meio de visualização baseada em RA de reações químicas, além da aplicabilidade das simulações na educação em química.

A importância do simulador para o ensino de química pode ser vista da seguinte maneira: pode-se iniciar o processo de ensino com animações e trazer um entendimento sobre um fenômeno, de acordo com a evolução da atividade é interessante integrar ao processo ensino com TD opções que tragam mais profundidade e fidelidade conceitual. Neste trabalho foram abordados aspectos importantes na construção de um simulador de reações químicas como por exemplo

a geometria das moléculas, as forças de atração e a influência que cada átomo presente na molécula.

No trabalho “*Dynamics in Tangible chemical reactions*” o simulador demonstrou a formação de uma molécula “quando a distância de um átomo em uma molécula a um átomo em outra molécula for menor que um dado valor (aqui  $5\text{Å}$ ) e os átomos têm a capacidade de se ligar, uma ligação possível é desenhada e representada por um cilindro transparente que liga esses dois átomos (Figura 13(a))” (MAIER *et al.*, 2009). A Figura 13 (b) mostra quando existem mais ligações potenciais, que podem ser observadas na imagem pelo aparecimento de cilindros transparentes adicionais desenhados entre as moléculas.

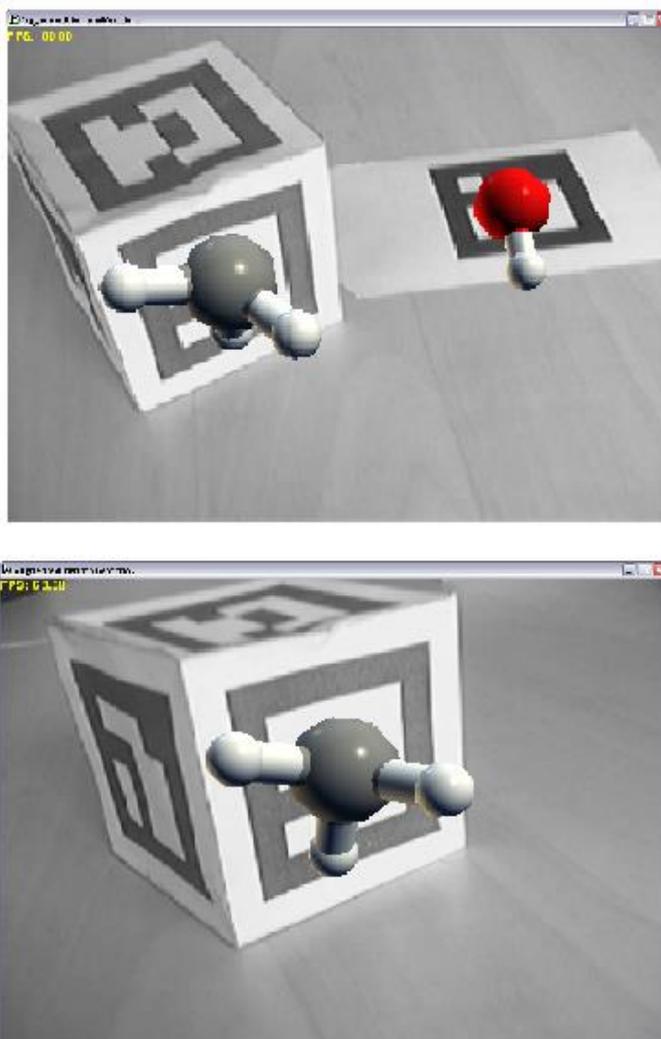


Figura 13. Uma ligação possível entre dois átomos (imagem superior) e mais ligações possíveis (imagem inferior) (2009)  
Fonte: Patrick *et al.* (2009)

Em “*What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules*” os autores o simulador permite que os usuários explorem interativamente e visualizem a influência de diferentes propriedades moleculares sobre a representação espacial (Figura 14) enquanto conectam as moléculas formando ligações entre átomos específicos de ambas as moléculas.

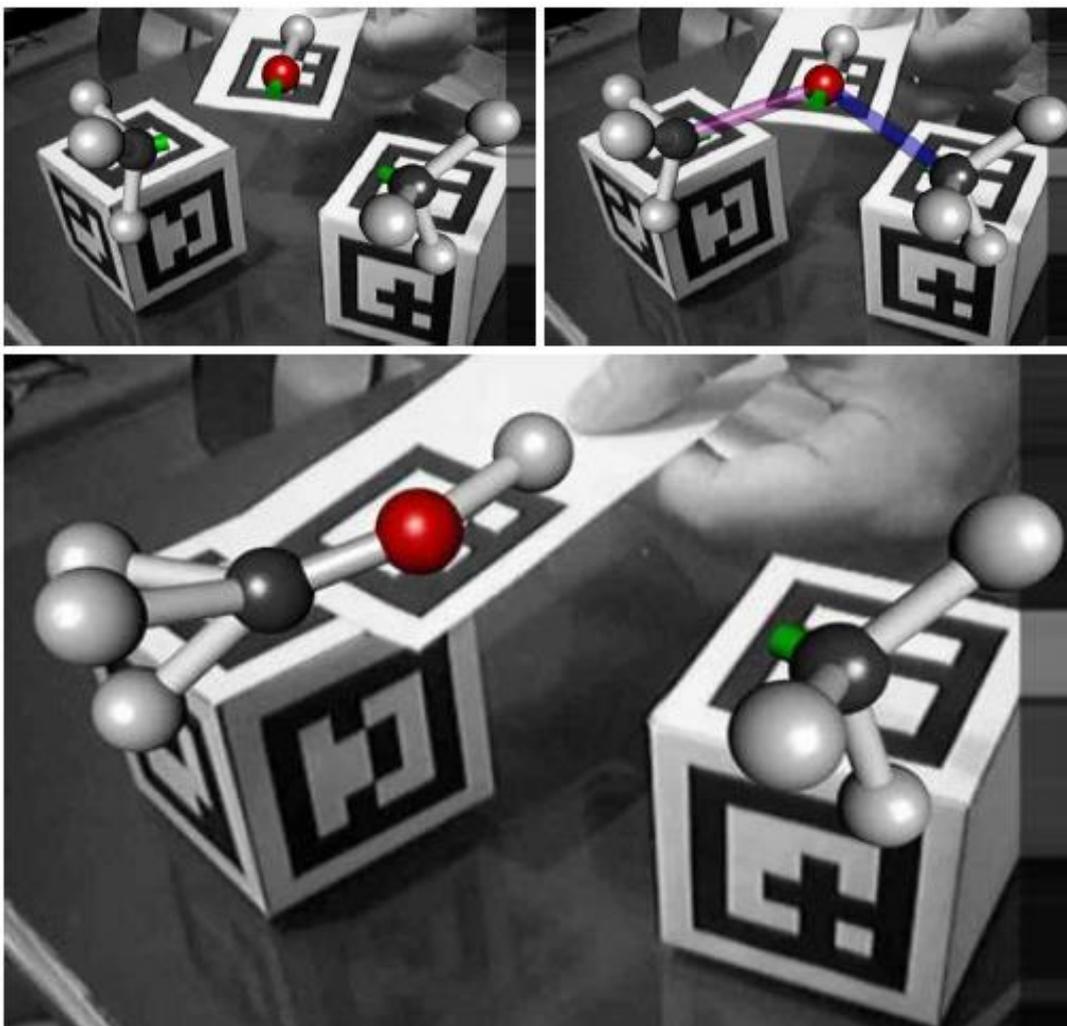


Figura 14. Visualização baseada em AR de uma adaptação dinâmica das forças de um átomo de uma molécula sobre outras moléculas (2010)  
Fonte: Patrick *et al.*(2010)

A contribuição dos simuladores comparada a modelos estáticos está justamente na reunião de conceitos dos processos dinâmicos que determinam se uma reação química é possível, mostrando que química a nível molecular possui

movimento, o que não acontece quando manipulamos, por exemplo, um modelo de moléculas de bola e bastão que comporta apenas uma geometria estática.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram encontradas estratégias de ensino que estimulavam o aluno a buscar as respostas para problemas elaborados em sala de aula por meio da manipulação das simulações, que por sua vez, além de ilustrar de forma dinâmica conceitos da química microscópica fornecia informações adicionais aos alunos. Notou-se que nessas atividades o papel do professor era de mediador e que os *softwares* utilizados não ofereciam dificuldades de manipulação, os alunos conseguiam operá-los intuitivamente. Esse fator importante, no sentido de que não houve necessidade de treinamentos mais aprofundados para o uso dos *softwares* e/ou aplicativos. Os “achados” dessa pesquisa apresentaram estratégias de ensino que trabalham temas da química microscópica de forma participativa, onde os alunos aprendiam conceitos enquanto operavam o *software* e/ou aplicativo.

Os *softwares* e/ou aplicativos utilizados pelos pesquisadores como o Mindtools, ARToolKit, Visual Studio 2010, SDK de Metaio simulavam/projetavam animações referentes a geometria das moléculas, interações e reações químicas, funções orgânicas, conforme os objetivos dessa pesquisa, são temas da química microscópica complexos de ensinar e aprender pela necessidade de criar imagens mentais que exemplifiquem as construções teóricas que regem seus comportamentos. O uso dessas tecnologias auxilia nesse processo pois oferece imagens que representam os conceitos que necessitam de abstração e por isso complexos. Apenas um trabalho não foi possível identificar o *software* e/ou aplicativo utilizado.

Como perspectivas futuras a esse trabalho destaca-se: ampliar a busca de softwares e aplicativos que utilizem a RA em lojas virtuais de diferentes sistemas operacionais (tais como iOS e Android) e outras bases de dados, com intuito de ampliar as possibilidades didáticas que adotem a RA para o ensino e a aprendizagem de Química e conceber uma proposta de ensino e de aprendizagem que utilize *softwares*

e/ou aplicativos para *tablets* e *smartphones* que proporcione vivências com a realidade aumentada no âmbito da química microscópica.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho me proporcionou a oportunidade de conhecer outras formas de trabalhar os conteúdos da Química submicroscópica de maneira que haja uma melhor compreensão dos conceitos, além de tornar aprendizagem atrativa. É comum ouvirmos – e com muita apreensão – que a Química não reflete o cotidiano e tão pouco tem utilidade prática. É preocupante, na minha opinião, quando tanto alunos quanto pessoas que já saíram do ambiente escolar não fazem uma ligação da Química com suas vidas já que ela permeia nosso cotidiano. Percebe-se que durante sua estada na escola jovens e adultos não conseguiram fazer uma conexão entre a teoria e a sua aplicação por estarem, pelo menos durante o processo de ensino e aprendizagem, dissociados e ainda, pelo caráter abstrato que muitos conceitos possuem não foi possível associá-los com o mundo visível.

Entendendo que a Química é uma área do conhecimento com linguagem e representação que lhe são características, se faz necessário um certo “desdobramento” por parte dos professores para ensinar os conhecimentos a ela relacionados.

Esses desdobramentos podem ocorrer na forma de atividades práticas, leituras de artigos, contudo temas como ligações químicas, interações moleculares entre outras são temas difíceis de se trabalhar em sala de aula e exigem alternativas que permitam aos alunos interagir e visualizar, mesmo que sejam representações, os conceitos que estão sendo explicados.

Vejo nas TD, em especial na RA, um recurso que proporciona a interação e visualização tão necessárias quando estamos falando da Química submicroscópica, além de ser possível elaborar estratégias de ensino que permitem que os alunos, no seu próprio ritmo, construam um conhecimento sólido e que faça sentido para suas vidas.

## REFERÊNCIAS

AZUMA, Ronald T. A. Survey of augmented reality. *Teleoperators and virtual environments*, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997. Disponível em: <<http://www.ronaldazuma.com/papers/ARpresence.pdf>> Acesso em 12 out 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais* (Secretaria Ensino Fundamental). Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>> Acesso em 10 dez 2016.

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

BRASIL. DCN Parecer CNE/CEB 5/2011  
[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192)> Acesso em 25 set 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica / Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192)> Acesso em: 10 dez 2016.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Alcino. *Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHASSOT, Attico. *Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social*. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, 22: 89-100, 2003.

CHASSOT, Attico. *Alfabetização científica: questões e desafios para educação*. 5.ed. rev. Ijuí: Unijuí, 2010 (Coleção Educação em Química).

FOMBONA CADAVIECO, Javier; GOULÃO, Maria de Fátima; GARCIA TAMARGO, Marco Antonio. Melhorar a atratividade da informação através do uso da realidade aumentada. *Perspectivas em Ciência da Informação*, jan./mar. 2014. vol.19, n.1, p.37-50. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pci/v19n1/04.pdf>> Acesso em: 13 dez 2016.

GIORDAN, Marcelo. *Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

JORDÃO, Teresa Cristina. Salto para o futuro. Tecnologias digitais na educação. *A formação do professor para a educação em um mundo digita*. TV escola. Ano XIX boletim 19 - Novembro-Dezembro, 2009. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012178.pdf>> Acesso em: 07 nov 2016.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: Ribeiro, M.W.S.; Zorzal, E.R.. (Org.). *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality. Uberlândia: SBC, 2011, p. 8-24.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. In: Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2007.

KIRNER, Cláudio TORI, Romero, SISCOOTTO, Robson Augusto. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual aumentada*. Fundamentos de Realidade Aumentada. Belém-PA: Sociedade Brasileira de Computação, ISBN:857-669-068-3, 2006.

LÉVY, Pierre. Tradução Carlos Irineu da Costa. *Cibercultura*. São Paulo: Ed. 34, 1999, 264 p.

MAIER, Patrick; TÖNNIS, Marcus; KLINKER, Gudrun. "Dynamics in Tangible Chemical Reactions". *World Academy of Science Engineering and Technology*, 2009, 80-87. Disponível em: <<http://waset.org/publications/15493/dynamics-in-tangible-chemical-reactions>> Acesso em 13 dez 2016.

MERINO, Cristian et al. Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*. Vol. 26, n. 2.. Mexico: abr 2015, p. 94-99. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v26n2/v26n2a4.pdf>> Acesso em: 12 dez 2016.

NICHELE, Aline Grunewald. *Tecnologias móveis e sem fio nos processos de ensino e de aprendizagem em química: uma experiência no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul*. 2015. 257 f.. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Educação, São Leopoldo, RS.

SANCHO, Juana Maria. De TIC a TAC, El difícil tránsito de una vocal. *Revista Investigación en La Escuela*, n. 64, pp. 19-30, 2008.

YANG, Kai-jen; CHU, Hui-Chun; YANG, Kai-Hsiang. Using the augmented reality technique to develop visualization mindtools for chemical inquiry-based activities. In *Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, 2015 IIAI 4th International Congress on, p. 354–357. IEEE.

## APÊNDICE A – QUADRO DE RESULTADOS DA PESQUISA BILIOGRÁFICA

Quadro. Resultados da pesquisa bibliográfica

Base de Dados/ Palavras-chave/Referências	Título	Autor (es) / Ano
Scopus Augmented reality; education; chemistry 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2016, p. 357-360 Data da Conferência: 10-14 July 2016 DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2016.119	An interactive 5E learning cycle-based augmented reality system to improve students' learning achievement in a microcosmic chemistry molecule course	Cheng, Sz-Hau; Chu, Hui-Chun. 2016
Scopus Augmented reality; education; chemistry 4th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2015 7373930, p. 354-357 Data da Conferência: 12-16 July 2015 DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2015.222	Using the Augmented Reality Technique to Develop Visualization Mindtools for Chemical Inquiry-Based Activities	Yang, Kai-jen; Chu, Hui-Chun; Yang, Kai-Hsiang  2016
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015 7265286, p. 132-136 Data da Conferência: 6-9 July 2015 DOI: 10.1109/ICALT.2015.105	Augmented Reality Laboratory for High School Electrochemistry Course	Chen; Ming-Puu, Liao; Ban-Chieh.  2015
Scopus Augmented reality; education; chemistry Título da Série: Smart Innovation, Systems and Technologies Título do Livro: ICoRD'15 – Research into Design Across Boundaries Volume 2, 2015 p.375-384	Studies in application of augmented reality in E-learning courses	Amrit, Mannu; Bansal, Himanshu; Yammiyavar, Pradeep  2015

DOI: 10.1007/978-81-322-2229-3_32 Editora:Springer India		
Scopus Augmented reality; education; chemistry Scielo Augmented reality; chemistry. EducaciónQuímica Volume 26 N.2, p. 94-99	Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry [Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje en química]	Merino, Cristian; Pino, Sonia; Meyer, Eduardo; Garrido, José Miguel; Gallardo; Felipe.  2015
Scopus Augmented reality; chemistry. 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015; Hangzhou; China; Data da Conferência: 30 Nov 2015 a 4 Dez. 2015; Code 122192 p.283-288	Monitoring gender participation with augmented reality represented chemistry phenomena and promoting critical thinking	Boonerng, L., Srisawasdi, N.  2015
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015; Hangzhou; China; Data da Conferência: 30 Nov 2015 a 4 Dez 2015; Code 122192 p.519-528	Using mobile augmented reality for chemistry learning of acid-base titration: Correlation between motivation and perception	Nachairit, A., Srisawasdi, N. 2015
Scopus Augmented reality; education; chemistry 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015; Hangzhou; China; Data da Conferência: 30 Nov 2015 a 4 Dez 2015; Code 122192 p.747-755	Investigating Correlation between Students' Attitude toward Chemistry and Perception toward Augmented Reality, and Gender Effect	Kumta, I., Srisawasdi, N. 2015
Scopus Augmented reality; education; chemistry. Journal of Food Science Education Volume 14, N. 1, Janeiro2015, p.8–23 DOI: 10.1111/1541-4329.12048	Development of an augmented reality game to teach abstract concepts in food chemistry	Crandall, P.G., Engler, R.K., Beck, .E.,(...), Jarvis, N., Clausen, E.

		2015
Scopus Augmented reality; education; chemistry. Biochemistry and Molecular Biology Education Volume 42 (5) p. 446-449 DOI: 10.1002/bmb.20805	A Protein in the palm of your hand through augmented reality	Berry, C., Board, J.  2014
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education p. 402-405 DOI: 10.1016/j.procs.2013.11.050	PBL Methodologies with Embedded Augmented Reality in Higher Maritime Education: Augmented Project Definitions for Chemistry Practices	Luis, Carlos Efrén Mora; Mellado, Reyes Carrau; Díaz, Beatriz Añorbe.  2013
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education p. 364-369 DOI: 10.1016/j.procs.2013.11.044	Adding Physical Properties to 3D Models in Augmented Reality for Realistic Interactions Experiments	Imbert, Nicolas; Vignata, Frederic ; Kaewrat, Charlee; Boonbrahm, Poonpong.  2013
Scopus Augmented reality; education; chemistry. Título do Livro: Serious Games Development and Applications Subtítulo: 4th International Conference, SGDA 2013, Trondheim, Norway Data da Conferência: 25-27 Set, 2013. p. 86-95 DOI: 10.1007/978-3-642-40790-1_9	The table mystery: An augmented reality collaborative game for chemistry education	Boletsis, C., McCallum, S.  2013
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 4th International Conference, SGDA 2013, Trondheim, Norway Data da Conferência: 25-27 Set, 2013.	Serious Games Development and Applications	Nenhum autor disponível  2013

<p>Scopus Augmented reality; education; chemistry. 12th International Conference on Interaction Design and Children Data da Conferência: 24-27 jun 2013 p.547-549 DOI:10.1145/2485760.2485862</p>	<p>AR-based chemistry learning with mobile molecules</p>	<p>Ducao, Arlene; Milne, Catherine; Koen; Ilias.  2013</p>
<p>Scopus Augmented reality; educativo; chemistry. International Working Conference on Advanced Visual Interfaces p.308-311, DOI: 10.1145/2254556.2254615</p>	<p>Nondirective information presentation for on-site safety training in chemistry experiments</p>	<p>Fujinami, K.; Sokan, A.  2012</p>
<p>Scopus Augmented reality; education; chemistry.  Actualite Chimique</p>	<p>Soon in your lecture halls, chemistry will go to Hollywood. On the appropriate use of computational resources for teaching: Molecular visualization, illustrating chemical processes and physical models   [Bientôt dans votre amphithéâtre, la chimie fera son cinéma ! De la bonne utilisation des ressources informatiques pour l'enseignement: Visualisation moléculaire, illustration de processus chimiques et de Modèles physiques]</p>	<p>Chavent, M., Baaden, M.,Hénon, E., Antonczak, S  2012</p>
<p>Scopus Augmented reality; education; chemistry. International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management: Exploring the Invisible World, CAMP'10 Shah Alam; Malaysia, p. 184-187 Data da Conferência: 17-18 Mar 2010 DOI: 10.1109/INFRKM.2010.5466920</p>	<p>From boards to augmented reality learning</p>	<p>Maqableh, W.F.; Sidhu, M.S.  2010</p>
<p>Scopus Augmented reality; education; chemistry. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2010 p. 83-90 Data da Conferência: 20-21 Mar 2010 DOI: 10.1109/3DUI.2010.5444716</p>	<p>What do you do when two hands are not enough? Interactive selection of bonds between pairs of tangible molecules</p>	<p>Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun; Raith, Alexander; Drees, Markus;</p>

		Kühn, Fritz. 2010
Scopus Augmented reality; education; chemistry. World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 57, Set 2009 p. 80-86	Dynamics in Tangible chemical reactions	Maier, Patrick; Tönnis, Marcus; Klinker, Gudrun.  2009
Scopus Augmented reality; education; chemistry. 3rd Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, World Haptics 2009	Improved feature detection over large force ranges using history dependent transfer functions	Persson, P.B., Höst, G.E., Ynnerman, A., Cooper, M.D., Tibell, L.A.E  2009
Scopus Augmented reality; education; chemistry. International Journal of Technology and Human Interaction	Internet-enabled user interfaces for distance learning	Liu, W., Teh, K.S., Peiris, R., (...), Cong Thien Qui, T., Vasilakos, A.V.  2009
Scopus Augmented reality; education; chemistry  Notas de Aula em Ciência da Computação (incluindo subsérie Notas de Aula em Inteligência Artificial e Notas de Aula em Bioinformática)	HCI and Usability for Education and Work - 4th Symposium of the Workgroup Human- Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Proceedings	Nenhum autor disponível  2008
Scopus Augmented reality; education; chemistry  Notas de Aula em Ciência da Computação (incluindo subsérie Notas de Aula em Inteligência Artificial e Notas de Aula em Bioinformática)	TransactionsonEdutainment I	Nenhum autor disponível  2008
Scopus	Evaluating the motivational value of an	Pribeanu, C.,

Augmented reality; education; chemistry Notas de Aula em Ciência da Computação (incluindo subsérie Notas de Aula em Inteligência Artificial e Notas de Aula em Bioinformática)	augmented reality system for learning chemistry	lordache, D.D. 2008
Scopus Augmented reality; education; chemistry Conference on Human Factors in Computing Systems p.805-808 DOI: 10.1145/1240624.1240745	Tangible user interface for chemistry education: Comparative evaluation andre-design	Fjeld, M., Fredriksson, J.,Ejdestig, M., (...), Voegtli, B., Juchli, P. 2007
Scopus Augmented reality; education; chemistry. VRCIA 2006: ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications p.369-372 DOI:10.1145/1128923.1128990	A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education	Chen, Y.-C. 2006
Scopus Augmented reality; educacion; chemistry. 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, HAPTICS 2003	A tangible interface for hands-on learning	Yonemoto, S., Yotsumoto, T., Taniguchi, R.-I. 2006
Scopus Augmented reality; educacion; chemistry. 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, HAPTICS 2003 Data da Conferência: 22-23 Mar 2003 DOI: 10.1109/HAPTIC.2003.1191312	Role of haptics in teaching structural molecular biology	Sankaranarayan an, G., Weghorst, S., Sanner, M., Gillet, A., Olson, A. 2003
Scopus Augmented reality; educacion; chemistry International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2002 Data da Conferência: 1-1 Out 2002	Augmented Chemistry: An interactive educational workbench	Fjeld, M., Voegtli, B.M. 2002

DOI: 10.1109/ISMAR.2002.1115100		
---------------------------------	--	--