

Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Cognição e Aprendizagem em Mundo Virtual Imersivo

ORGANIZADORES:

Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Patrícia Fernanda da Silva

Fabício Herpich

2ª edição


UFRGS
EDITORA

 **SEAD**
UFRGS
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias

Cognição e Aprendizagem em Mundo Virtual Imersivo

ORGANIZADORES:

Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Patrícia Fernanda da Silva

Fabrcio Herpich

2ª edição


UFRGS
EDITORA


SEAD
UFRGS
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

© dos autores

1.ª edição: 2019

Direitos reservados desta edição:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Coordenação da Série:

Laura Wunsch, Cíntia Kulpa, Tanara Forte Furtado e Marcello Ferreira

Coordenação da Editoração: Cíntia Kulpa e Ely Petry

Revisão: Equipe de Revisão da SEAD

Capa: Bruno Assis e Tábata Costa

Editoração eletrônica: Bruno Assis e Tábata Costa

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

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



C659 Cognição e aprendizagem em mundo virtual imersivo [recurso eletrônico] / organizadores Liane Margarida Rockenbach Tarouco, Patrícia Fernanda da Silva [e] Fabrício Herpich ; coordenado pela SEAD/UFRGS. – 2. ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020.
355 p. : pdf

(Série Ensino, Aprendizagem e Tecnologias)

Inclui índice remissivo.

1. Educação. 2. Ensino e aprendizagem. 3. Laboratórios virtuais. 4. Ambientes imersivos. 5. Cognição I. Tarouco, Liane Margarida Rockenbach. II. Silva, Patrícia Fernanda da. III. Herpich, Fabrício. IV. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Secretaria de Educação a Distância. V. Série.

CDU 37:681.3

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

ISBN 978-65-5725-001-3

1

Introdução aos Mundos Virtuais Imersivos

Fabiana Santiago Sgobbi - PPGIE - UFRGS
fabianasgobbi@gmail.com

Fabrício Herpich - PPGIE - UFRGS
fabricio_herpich@hotmail.com

Felipe Becker Nunes - AMF
nunesfb@gmail.com

Liane Margarida Rockenbach Tarouco
PPGIE - UFRGS - liane@penta.ufrgs.br

Patrícia Fernanda da Silva - PPGIE - UFRGS
patriciasilvaufrgs@gmail.com

1.1 MUNDOS VIRTUAIS IMERSIVOS

No decorrer dos últimos anos, uma expansão significativa pôde ser constatada acerca do uso das TICs no contexto educacional do país, assegurando novas possibilidades de aplicação dos recursos computacionais como elementos de apoio e motivação aos processos de ensino e aprendizagem. Ao oferecer aos professores novas alternativas a serem exploradas, o uso dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem, jogos educacionais, recursos de Realidade Aumentada e aplicativos para dispositivos móveis tem auxiliado a modificar a forma de ensino e aprendizagem. A implementação dos Mundos Virtuais pode ser considerada uma alternativa a ser empreendida nesse contexto, envolvendo a modalidade semipresencial, com a realização de atividades complementares no período inverso ao presencial ou em atividades extras nos laboratórios de informática da instituição de ensino. As características presentes nesse ambiente, como imersão, colaboração, comunicação e interação, podem criar novas possibilidades, em que os estudantes, no momento da realização das atividades educacionais, tornam-se mais ativos e exploram novas oportunidades de aprendizado no Mundo Virtual.

Tais constatações são corroboradas por Fernández-Gallego *et al.* (2013) e Rafalski *et al.* (2014), ao entenderem que os estudantes passam de meros espectadores para protagonistas do processo de aprendizagem de forma mais autônoma. Em complemento a essa asserção, Chow (2016) explica que, em um ambiente virtual 3D, os estudantes estão livres para explorá-lo, de modo que a aprendizagem se caracteriza por ser mais ativa e participativa, em vez de estar centralizada em ouvir e absorver informações. Nesse contexto, torna-se essencial destacar,

inicialmente, ao leitor desta obra que não existe consenso acerca da nomenclatura que se faz presente entre os pesquisadores sobre o uso desse tipo de ambiente. No meio acadêmico, podem ser encontradas diferentes maneiras de referir-se a esses ambientes, como pode ser visto em detalhes a seguir:

a) *3D Virtual Worlds (3DVW)* ou *Mundos Virtuais 3D* – Antonio (2016) e Xenos *et al.* (2017).

b) *Digital Virtual World 3D (DVW3D)* ou *Mundos Digitais Virtuais em 3D* – Moretti e Schlemmer (2012) e Reinhard (2012).

c) *Metaverse* ou *Metaverso* – Griol *et al.* (2014) e Amaral (2015).

d) *Multi-User Virtual Environment (MUVE)* ou *Ambientes Virtuais* – Reinhard (2012) e Khan e Safaan (2017).

e) *Persistent Online World* ou *Ambientes On-line Persistentes* – Ivory (2012).

f) *Three-dimensional Collaborative Virtual Environments (3D CVE)* ou *Ambientes Virtuais Tridimensionais Colaborativos* – Schmeil (2012) e Poppe *et al.* (2017).

Esses são alguns termos cunhados por diferentes pesquisadores que têm trabalhado com esse tipo de abordagem. Dessa forma, levando em consideração a expertise dos autores desta obra e com base nos experimentos realizados e em levantamentos de literatura conduzidos nos últimos anos, foi estabelecida a seguinte definição formal para este livro: *Mundos Virtuais Imersivos*. Essa dificuldade de unificação de um termo pode ser estendida ao processo de definição formal de um conceito referente aos *Mundos Virtuais*. Diferentes definições têm sido atribuídas a esses ambientes, conforme apresentado a seguir.

Soto (2013) fornece uma definição mais ampla, na qual os Mundos Virtuais são simulações computadorizadas que oferecem um espaço gráfico tridimensional. Esse representa um ambiente físico em que os usuários podem interagir entre si e manipular o ambiente com a criação e modificação de objetos. Griol *et al.* (2014) têm o entendimento de que os Mundos Virtuais podem ser considerados ambientes gráficos simulados por computador no qual os seres humanos convivem com outros usuários por meio de seus avatares.

Em uma definição complementar, Xenos *et al.* (2017) consideram os Mundos Virtuais ambientes *on-line* gráficos e Interativos Tridimensionais Imersivos, que podem ser uma réplica de um lugar físico existente ou um lugar imaginário, ou mesmo lugares que são impossíveis de visitar na vida real pelas restrições, como o alto custo e/ou questões de segurança. Descritas as definições gerais de Mundos Virtuais, uma análise dos recursos presentes nesse tipo de ambiente torna-se necessária para fornecer uma visão mais ampla da engenharia de funcionamento e dos elementos que o compõem.

Normalmente os usuários podem navegar em todo o cenário disposto no ambiente, interagir com objetos (tocar, guardar, empurrar itens etc.) ou conversar com outros usuários do Mundo Virtual (RICO *et al.*, 2017). Conforme descrito por Allison *et al.* (2010), os usuários criam suas representações virtuais por meio de avatares, que possuem um inventário pessoal associado a eles, no qual podem estar contidos objetos como vestimentas, carros, prédios, entre outros tipos de elementos.

O processo de comunicação nesse tipo de ambiente é constituído por um ou mais usuários conectados em um espaço virtual tridimensional, sendo possível trocar informações pelo canal de *chat* disponibilizado no ambiente (SCHETTINO, 2015). Os avatares podem se movimentar de diferentes formas, seja caminhando, correndo, voando ou se teletransportando de uma região para outra no Mundo Virtual.

Voss (2014) explica o significado do termo região, que pode ser criada, no formato de pequeno terreno (256m x 256m), e estar tanto interligada quanto separada geograficamente no Mundo Virtual. Dessa forma, a distribuição desses terrenos obedece a uma matriz bidimensional (X e Y), para que possam ser distribuídos sem que ocorram conflitos de posicionamento. Os Mundos Virtuais são baseados em um sistema de coordenadas cartesianas, contendo três eixos: Eixo X, Eixo Y e Eixo Z. Cada região no Mundo Virtual tem um conjunto único de coordenadas cartesianas.

Nelson e Erlandson (2012) esclarecem que cada objeto está localizado por meio desses três eixos de coordenadas, visto que nenhum objeto ou avatar pode ser inserido ou se movimentar para um local que não possua uma coordenada previamente especificada, por exemplo, em uma região inexistente no Mundo Virtual. Portanto, todos os objetos devem estar posicionados dentro das limitações de uma região e sempre irão conter uma posição geográfica definida pelos três eixos cartesianos.

Para a visualização e interação com o Mundo Virtual, é necessária a instalação de uma aplicação conhecida como *viewer*, na qual o usuário poderá interagir e realizar suas atividades. Nunes *et al.* (2013) expõem que esta aplicação fornece suporte para a visualização, importação e exportação de objetos e demais recursos relacionados aos Mundos Virtuais.

Segundo os autores, a escolha dessa ferramenta é um fator determinante, pois deve estar de acordo com aquilo que o usuário pretende exercer dentro do ambiente, visto que a escolha errada pode impedir, limitar ou dificultar a realização das atividades propostas. Como exemplos de *viewers*, temos o *Singularity*, *Firestorm* e *Imprudence*. Outros detalhes sobre os *viewers*, seus recursos e melhores opções para a escolha de utilização podem ser visualizados nas pesquisas executadas por Nunes *et al.* (2013), Voss *et al.* (2013) e Falcade *et al.* (2014).

1.1.1 Histórico e evolução dos Mundos Virtuais Imersivos

Bainbridge (2010) entende que os Mundos Virtuais são ambientes *on-line* persistentes (ou seja, continuam existindo mesmo depois que os usuários saem dele) e que as mudanças realizadas por eles são, de certa forma, permanentes. Neles, as pessoas podem interagir, seja para o trabalho ou lazer, de forma comparável ao mundo real (BAINBRIDGE, 2010, p. 1). Como exemplo de Mundos Virtuais que têm sido utilizados por diferentes pesquisadores estão *Active Worlds*, *Open Simulator (Open-Sim)*, *Second Life (SL)*, *Sansar* e *Open Wonderland*.

Active Worlds pode ser considerado um dos pioneiros na exploração dos Mundos Virtuais. Sua origem data de meados de 1995, mantendo uma estrutura robusta e com um grande número de usuários até hoje. Conforme Kotsilieris e Dimopoulou (2013), os usuários podem acessar o ambiente com um nome único para seu avatar, por meio de um navegador (*browser*), interagindo em mundos 3D que foram construídos pelos demais usuários. No contexto educacional, um exemplo de espaço virtual criado é o *Active Worlds Education Universe (AWEDU)*, cujo foco está no fortalecimento e desenvolvimento de atividades utilizando diferentes teorias educacionais (KOTSILIERIS; DIMOPOULOU, 2013). Apesar dos pontos positivos apresentados, a ausência de um controle maior pelo desenvolvedor, personalização dos recursos do ambiente e ausência de código aberto acabam por estreitar suas vantagens no que concerne à sua aplicação no âmbito educacional.

Já o *Second Life* é um Mundo Virtual 3D *on-line* de licença proprietária que conta com uma base extensa de usuários, tendo como características a escalabilidade de operação, troca de mensagens e manipulação das regiões e objetos. Esse ambiente teve o seu início, em 2007, com o objetivo de proporcionar uma plataforma flexível e modular a criação de ambientes virtuais personalizados (GOMES, 2016). Conforme Konstantinidis (2010), o *Second Life* pode ser considerado um ambiente ideal à aprendizagem experiencial, visto que, embora não tenha sido criado com propósitos educacionais, foi adotado por diversas instituições de ensino como ferramenta de suporte para a realização de atividades educacionais, principalmente a distância. Pelo fato de múlti-

plos recursos serem privados e pagos, a sua utilização no meio educacional perdeu intensidade e mercado para soluções gratuitas, como o *Open Wonderland* e *OpenSim*.

A mesma empresa criadora do *Second Life* (*Linden Research*) tem avançado significativamente na construção de uma nova plataforma geradora de Mundos Virtuais, conhecida como *Sansar*. Essa nova alternativa surge como uma evolução de todas as plataformas criadas anteriormente, com resolução gráfica em alta definição, maior suporte à criação de *scripts* na linguagem *C#* e ao uso de recursos de realidade aumentada com óculos especiais, em que o ambiente modelado é apresentado, e as ações do usuário, que está utilizando os óculos no espaço real, são replicadas para dentro do Mundo Virtual.

Com relação ao *Open Wonderland*, ele é constituído por um conjunto de ferramentas de código aberto, para a criação de Mundos Virtuais 3D colaborativos, em que os usuários podem se comunicar, utilizando o canal do *chat*, e interagir com aplicações compartilhadas e cooperativas em áreas como a educacional, social ou de negócios (KOTSILIERIS; DIMOPOULOU, 2013). É um *software* em desenvolvimento ativo que surgiu como uma alternativa aos Mundos Virtuais *OpenSim* e *Second Life*, que já estão plenamente estabelecidos no meio acadêmico.

Quanto ao *OpenSim*, ele é uma aplicação *open source*, multiplataforma e com acesso compartilhado dos usuários que permite aos indivíduos e empresas do mundo todo personalizarem os seus Mundos Virtuais baseados em suas preferências de tecnologia (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2013). Tal como o *Second Life*, o *OpenSim* possui diversas funcionalidades, como a comunicação entre usuários, modelagem

gráfica de objetos 3D e possibilidade de interação com o ambiente virtual (GOMES; FIGUEIREDO, 2014). Na Tabela 1.1, elaborada por Gomes (2016) em seu trabalho de Tese, especificam-se algumas das principais diferenças e similaridades existentes entre esses dois ambientes.

Tabela 1.1 - Comparativo de características entre *Second Life* e *OpenSim*.

Características	Mundos Virtuais	
	<i>Second Life</i>	<i>OpenSim</i>
Licença	Proprietária	Gratuita
Linguagem de Programação do Servidor	C#	C#
Linguagem de programação de <i>Scripts</i> Suportadas	LSL	LSL; OSSL; C#; Java Script e VB.NET
Criação de Objetos	Limitado	Livre
Ocupação de Terrenos	Limitado	Livre
<i>Chats</i> e Mensagens	Sim	Sim
Audioconferência	Sim	Sim

Fonte: Gomes (2016).

Apesar de existirem algumas características similares entre os ambientes, torna-se importante ressaltar as diferenças existentes entre eles. O *OpenSim* apresenta maior diversidade de opções e quantidade de recursos gratuitos, sendo possível destacar o fato de o código do ambiente ser aberto e passível a modificações, além da criação ilimitada de regiões, objetos 3D e suporte a um número maior de linguagens de programação na criação de *scripts*.

Quanto ao *Open Wonderland*, ele apresenta alguns diferenciais, como interação com planilhas e documentos dentro do ambiente, provendo maior grau de imersão aos usuários. Porém, o nível de detalhamento gráfico e robustez ainda necessita ser aprimorado, quando comparado com os ambientes *OpenSim* e *Second Life*.

Com relação ao *Sansar*, pelo fato de o ambiente estar em processo de desenvolvimento, não se torna adequado identificar vantagens e desvantagens de forma consistente no presente momento.

Banerjee *et al.* (2013) destacam que o *OpenSim* pode ser considerado uma ferramenta melhor para o desenvolvimento de conteúdos educacionais, uma vez que está disponível gratuitamente e todos os arquivos podem ser recuperados no formato “OAR”, podendo ser compartilhados e utilizados pelo usuário em qualquer espaço dentro deste escopo.

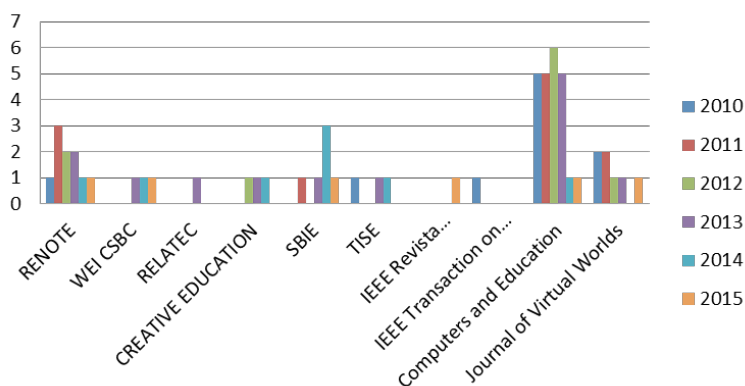
1.1.2 Mundos Virtuais Imersivos na educação

No que concerne à aplicação dos Mundos Virtuais no âmbito educacional, esses espaços tridimensionais são representações do mundo real, capazes de impulsionar experiências diversificadas aos usuários, pois fazem com que o estudante fique imerso no ambiente, estimulando os diferentes tipos de aquisição de conhecimento (NUNES *et al.*, 2016). Também se consideram tecnologias de baixo custo que podem representar salas de aulas, laboratórios, simuladores, jogos, permitindo um maior envolvimento do usuário com conteúdos que necessitam de reflexão por análise de uma representação visual para melhor compreensão (OLIVEIRA, 2015).

No cenário mundial, os Mundos Virtuais Imersivos também apresentam desenvolvimentos importantes na educação. Nessa perspectiva, ao longo desta seção, serão discutidos os resultados de uma revisão sistemática da literatura sobre o uso educacional de Mundos Virtuais Imersivos no Brasil e no exterior, realizada por Nunes *et al.* (2016), a fim de evidenciar as particularidades intrínsecas a essas ferramentas educacionais.

Foram encontrados 58 artigos científicos. Para demonstrar a difusão dos Mundos Virtuais Imersivos, a Figura 1.1 demonstra que a maior quantidade de artigos científicos sobre o uso de Mundos Virtuais Imersivos na educação concentrou-se no ano de 2013, representando 23% do total de artigos que foram descobertos.

Figura 1.1 - Distribuição das publicações por ano e fonte de busca.



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

O ano que obteve a menor quantidade foi 2015, representando apenas 10% dos artigos, e 60% deles foram socializados em bases de dados brasileiras. Observa-se que o número de publicações diminuiu nos últimos anos e teve seu pico entre os anos de 2010 e 2013, possível-

mente pela expansão do uso dos Mundos Virtuais por meio do *Second Life* e pelo surgimento de soluções para a construção de Mundos Virtuais gratuitos (e.g. *OpenSim*, *Open Wonderland*).

Na Figura 1.1, também se percebe que 40% dos artigos foram publicados na revista *Computers and Education*. Esse *journal* juntamente com a RENOTE obteve publicações durante todos os anos considerados nesta revisão sistemática, característica que não está presente nas demais opções existentes. O SBIE foi a única base de dados que ultrapassou o número de publicações do *Computers and Education*, fato ocorrido unicamente em 2014. O WEI manteve seu número durante os três últimos anos, e as seguintes bases de dados não obtiveram números durante o ano de 2015: *RELATEC*, *Creative Education*, *TISE* e *IEEE Transaction on Learning Technologies*.

No que diz respeito ao levantamento dos tipos de Mundos Virtuais que vêm sendo utilizados no decorrer dos últimos cinco anos, a análise dos resultados demonstrou um cenário logicamente esperado pelos autores deste trabalho. Tal asserção se explica pelo fato de o Mundo Virtual *Second Life* ter sido o mais utilizado (30 artigos dos 58), visto que, dentre as opções existentes atualmente, tal aplicação pode ser considerada a mais consolidada e difundida, tanto no meio acadêmico quanto no profissional e pessoal.

Os demais Mundos Virtuais foram o *OpenSim* (17), *Open Wonderland* (4) e um pequeno grupo de diferentes *softwares* (6) que somente foram utilizados em um artigo cada um. É importante ressaltar que, em um artigo, não foi citado o tipo de Mundo Virtual utilizado, visto que o

OpenSim se trata de uma aplicação ainda em desenvolvimento e oriunda do próprio *Second Life*. O menor número se justifica e, apesar dessas particularidades, ele não deixa de estar concorrendo fortemente com o SL.

Pensando a partir do ponto de vista temporal, a distribuição apresentada pela análise mostra uma predominância do uso do *Second Life* no intervalo dos anos de 2010 a 2013, dado que se trata de um período em que a aplicação estava em destaque no meio acadêmico. Após esse intervalo, a análise mostra que o número de usos começou a diminuir, de modo concomitante à expansão do *OpenSim*, assim como do *Open Wonderland*, que tomaram espaço no meio acadêmico. Atualmente, foi possível perceber uma distribuição mais equilibrada entre SL e *OpenSim* com o *Open Wonderland*, e demais aplicações menores tendo uma pequena parcela de utilização.

Nesse contexto, conforme explicitado na Seção 1 deste trabalho, os Mundos Virtuais são visualizados por meio de uma aplicação denominada *viewer*. O levantamento realizado demonstrou que 46 artigos dos 58 não apresentaram de forma explícita o nome do visualizador utilizado. Dentro desse escopo, a maioria dos artigos utilizou como Mundo Virtual o *Second Life*, que possui uma *viewer* oficial, o que pode ser considerado um dos motivos para não haver nenhuma menção à aplicação nesses artigos, visto que para os autores, possivelmente, não é necessário mencionar o tipo de *viewer* utilizado.

Quanto aos artigos que citaram o tipo de *viewer* empregado, o que obteve o maior número de menções foi o *Firestorm* (6), seguido por *Singularity* (2), *Imprudence* (2) e *ActiveWorlds 3D Browser* (1). Também foram citados em um artigo os visualizados para dispositivos móveis *Lumyia*

e *Pixie Viewer*. Tais percentuais demonstram uma predominância do *Firestorm*, visto que, conforme dados da pesquisa realizada por Voss et al. (2013), essa aplicação possui diversos recursos necessários à manipulação de objetos 3D no Mundo Virtual, como a possibilidade de importação de arquivos no formato XML e DAE, criação de objetos 3D, importação de arquivos multimídia e suporte à criação de *scripts*.

Com relação aos diferentes tipos de artefatos e recursos que podem ser empregados nos mundos virtuais, é importante citar os *scripts* de programação, na linguagem *OpenSim Script Language* (OSSL), nativa do ambiente, que podem ser utilizados em consonância com os objetos 3D. A análise efetuada mostrou que, em 54 artigos de um total de 58, usaram-se tais recursos. Efetuando uma interconexão com as características presentes nesse tipo de ambiente, a elevada utilização dos objetos 3D com *scripts* se justifica pelo fato de ser um ambiente interativo e imersivo, no qual a interatividade e a autoria dos usuários devem ser exploradas constantemente.

Dentre os demais recursos utilizados, 12 artigos também acrescentaram materiais multimídia, como vídeos, *slides*, ferramentas externas, textos e questões. Isso demonstra o foco educacional presente nas pesquisas realizadas, já que tais tipos de recursos foram inseridos como suporte para o processo de aprendizagem dos estudantes. Torna-se importante ressaltar que, embora o número não seja elevado em comparação com o total de artigos (56), ele pode ser considerado positivo, pois a inserção de tais recursos envolve conhecimentos mais avançados nesse tipo de ambiente, o que aumenta a complexidade de programação do ambiente para usuários que não estão ambientados.

Também foi observada a utilização do *software* Scratch em quatro artigos. Esse *software* é constituído por uma ferramenta para auxiliar na programação de *scripts* para os objetos 3D do Mundo Virtual. O foco do uso dessa ferramenta esteve voltado a experiências envolvendo programação com alunos, uma vez que ela pode ser considerada uma alternativa válida para auxiliar no processo de aprendizagem desse tópico.

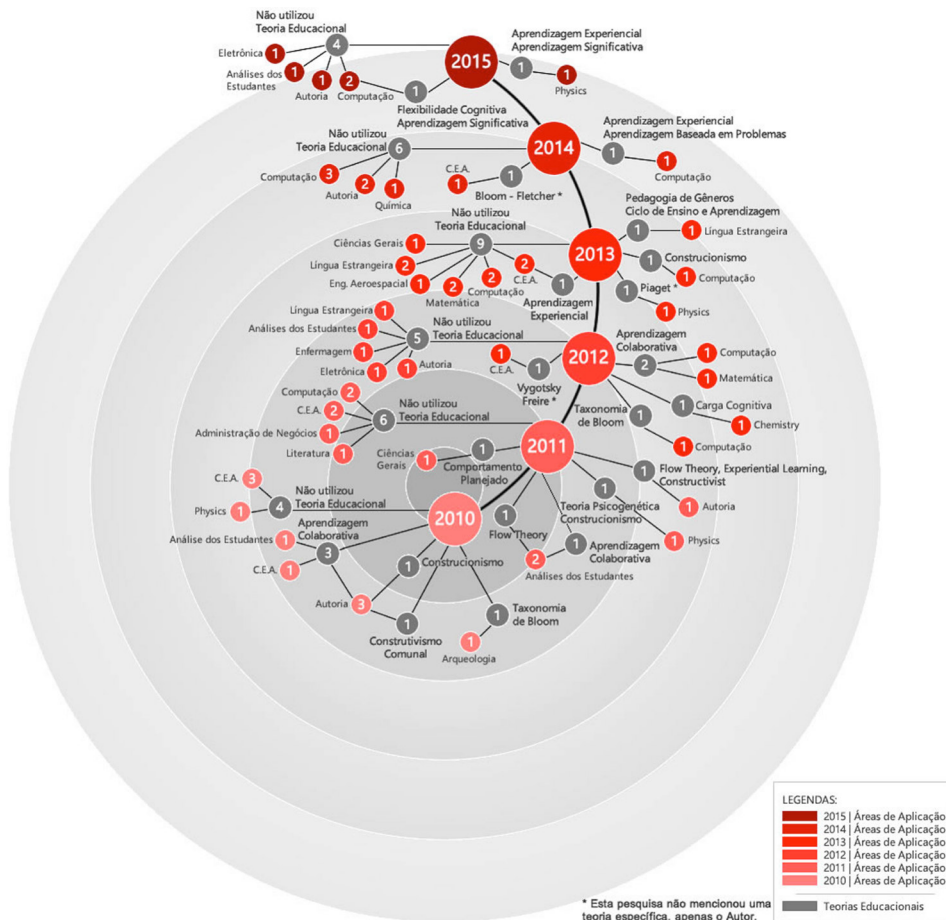
Os agentes *Non-Player Characters* (NPC), que são entidades programáveis por meio da linguagem OSSL para executar ações previamente definidas, foram referidos em cinco artigos. Seu objetivo do ponto de vista educacional esteve centrado no fato de agregar a esses agentes um maior nível de interação e conversação com os usuários, para que eles possam ser utilizados como agentes tutores, instruindo o estudante durante a realização das atividades educacionais no Mundo Virtual. O menor número de artigos que utilizou NPCs também se deve ao fato citado anteriormente, de que o trabalho de programação exige maior nível de conhecimento do desenvolvedor.

Nesse contexto, também está inserida a utilização da ferramenta *Sloodle*, que realiza a integração do Mundo Virtual (*Second Life* ou *Open-Sim*) com o ambiente *Moodle*. Seu objetivo está centrado em facilitar o processo de inserção de materiais educacionais nos Mundos Virtuais (*slides*, vídeos, textos e questões), além de registrar a presença e realização de atividades no Mundo Virtual, como questionários, diretamente no ambiente *Moodle*, para posterior verificação pelo professor. Um total de nove artigos utilizou esta ferramenta nas pesquisas realizadas, obtendo resultados positivos em relação à aplicação dessa ferramenta para auxiliar no processo de aprendizagem.

Descritos os aspectos voltados ao ponto de vista tecnológico, faz-se necessário esclarecer as particularidades relacionadas às teorias educacionais e linhas de pensamento desempenhadas nesses 58 artigos, a fim de evidenciar quais embasamentos os autores usaram para construir e/ou aplicar esses ambientes no âmbito educacional. Ao efetuar a análise das investigações selecionadas, constatou-se a utilização de diferentes fundamentos. Inclusive, alguns realizaram a associação de duas ou mais teorias no mesmo trabalho, seguindo os princípios de aprendizagem colaborativa (6), aprendizagem baseada em problemas (1), aprendizagem experiencial (4), aprendizagem significativa (2), construcionismo (4), construtivismo (1), carga cognitiva (1), flexibilidade cognitiva (1), comportamento planejado (1), teoria do *flow* (2), teoria psicogenética (1), pedagogia dos gêneros (1), ciclo de ensino e aprendizagem (1) e taxonomia de Bloom (2). Alguns autores não mencionaram uma teoria específica em que embasaram suas pesquisas. Por outro lado, em cada uma dessas investigações, foi citado um pesquisador reconhecido, entre eles: Vygotsky, Bloom, Piaget, Freire e Fletcher. Além disso, outros autores não empregaram nenhum fundamento educacional, perfazendo o total de 34 pesquisas.

Quanto às áreas de aplicação desses 58 artigos, foram identificados artigos desenvolvidos na área de Computação (13), Física (4), Língua Estrangeira (4), Matemática (3), Química (2), Eletrônica (2), Ciências Gerais (2), Enfermagem (1), Arqueologia (1), Literatura (1), Administração de Negócios (1), Engenharia Aeroespacial (1). Os demais artigos, que não apresentaram uma área específica, foram classificados como: Autoria (8), Centro de Ensino e/ou Administração (10) e Análises dos Estudantes (5).

Figura 1.2 - Análise Temporal dos Artigos, Teorias e Áreas de Aplicação.



Fonte: Nunes et al. (2016).

Com o intuito de melhor representar as informações derivadas da revisão sistemática, optou-se pela representação gráfica por meio de uma série temporal (Figura 1.2), em que foram demonstrados os dados obtidos no intervalo dos anos analisados, reproduzindo também quais foram as teorias educacionais empregadas e as áreas de aplicação dos Mundos Virtuais educacionais durante o período. Em vista disso, buscou-se a discussão das cinco teorias mais utilizadas, a fim de evidenciar suas características e apresentar os elementos do Mundo Virtual que foram explorados para a sua execução.

As pesquisas que utilizaram a teoria educacional que enseja uma aprendizagem colaborativa tinham como objetivo oportunizar a cooperação entre os estudantes para a realização de determinada atividade, aspecto que é ressaltado nos mundos virtuais pela disposição de um espaço compartilhado: quando o estudante efetua alguma mudança nele, os demais colegas conseguem verificar em tempo real. Aliado a isso, os alunos também possuem à sua disposição a ferramenta de *chat*, a qual possibilita a troca de mensagens instantâneas para a solução de dúvidas e discussão generalizada de uma problemática. Essa teoria foi abordada nas áreas de Computação, Matemática, análises dos estudantes e Centros de Ensino e/ou Administração. Essas áreas propiciam a oportunidade de uma aprendizagem baseada na colaboratividade, fator que foi constatado nesses artigos por meio dos experimentos realizados, que ensejam uma maior troca de conhecimentos e primam pelo uso do espaço de forma compartilhada.

Já os autores que conduziram investigações com base na taxonomia dos objetos educacionais, mais conhecida como Taxonomia de Bloom, buscaram viabilizar aos usuários do Mundo Virtual as três possibilidades de aprendizagem que Bloom defende, por meio da classificação do cognitivo, afetivo e psicomotor. Nas áreas de Arqueologia e Computação, abordadas por essa teoria, foram trabalhados conteúdos para o desenvolvimento intelectual, com objetos 3D e demais elementos disponíveis no ambiente, abrangendo aspectos afetivos entre os usuários, assim como realizando a execução prática de atividades quando imersos no ambiente, favorecendo o desenvolvimento de habilidades que envolvem o aparelho motor do aluno.

As atividades desenvolvidas com base em experimentação buscam oportunizar aos alunos criar seus conhecimentos a partir da transformação de uma experiência. Assim, a partir do desenvolvimento de uma “experiência concreta”, os alunos aproveitam para observar, refletir e buscar compreender acontecimentos decorrentes da transformação. A característica em comum dessa estratégia consiste em oportunizar aos estudantes envolvimento ativo nas quatro etapas do Ciclo de Kolb (1984): Experiência Concreta (CE), Conceituação Abstrata (AC), Observação Reflexiva (RO) e Experimentação Ativa (AE). A experiência concreta imediata é a base da observação e reflexão. Nesse processo, são envolvidos os quatro tipos diferentes de habilidades inerentes ao Ciclo de Kolb: capacidade de se envolver totalmente, abertamente e sem preconceitos em novas experiências (CE), capacidade de refletir e observar suas experiências a partir de muitas perspectivas (RO), capacidade de

criar conceitos que integrem suas observações em teorias lógicas (AC) e capacidade de usar essas teorias para tomar decisões e resolver problemas (AE).

Com relação aos Mundos Virtuais implementados e fundamentados na teoria construcionista (PAPERT, 2008), os autores empenharam-se no desenvolvimento de atividades que favorecessem a construção do conhecimento baseado na realização de alguma ação concreta, que poderia resultar em algo palpável e do interesse dos estudantes imersos no ambiente. Essa teoria foi aplicada nas áreas de Aúria, Computação e Física, o que facilita o desempenho de atividades pelos estudantes imersos no Mundo Virtual, visto que os autores desses estudos incentivaram os estudantes a interagirem com os objetos disponíveis e até mesmo construírem seus próprios objetos 3D, fazendo modificações ou complementações que resultaram em alguma ação, as quais foram desempenhadas por programação de *scripts* que compõem um determinado objeto, pela manipulação de objetos e pelo preenchimento de valores para a execução de um experimento de maneira correta.

Quanto aos autores que desempenharam a teoria da aprendizagem significativa no desenvolvimento e aplicação de Mundos Virtuais educacionais, estes propuseram a utilização dos princípios abordados por Ausubel (2000) para o emprego dos conceitos subsunçores. Dessa forma, promoveram a aprendizagem dos usuários imersos em conteúdos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Portanto, primeiramente, era oferecida uma base para que um tópico mais complexo pudesse ser trabalhado. Nessa perspectiva, concebeu-se ao estudante um crescimento pela modificação do conceito subsunçor, fazendo com

que ele conseguisse evoluir. Essa teoria foi associada à tese da aprendizagem experiencial e da flexibilidade cognitiva, sendo trabalhada nas áreas de Física e Computação.

Discorridas as particularidades presentes juntamente ao gráfico analisado, outro aspecto importante a ser verificado está relacionado à forma de avaliação do estudo realizado e ao público-alvo. Foi possível mensurar que, dos 58 artigos analisados, um total de 14 não continha nenhum tipo de avaliação com usuários: somente apresentava o ambiente desenvolvido. Tal constatação se deve ao fato de que, em grande parte desses artigos, foi efetuada uma apresentação geral do ambiente e dos objetivos a que visavam contemplar, geralmente associados a uma teoria educacional que serviu de embasamento para a construção do ambiente, postergando para trabalhos futuros a realização de avaliações com usuários.

Nos demais artigos analisados, realizou-se uma divisão por quatro tipos de níveis educacionais, em que o maior número de avaliações realizadas envolveu estudantes de graduação (23) de diferentes áreas de ensino, visto que se trata de uma fase que proporciona realizar testes em diferentes disciplinas de um curso com a mesma turma durante um período maior de tempo. Já nos cursos de pós-graduação (7), uma fase em que os estudantes estão mais focados em suas pesquisas e têm menor número de disciplinas, torna-se mais complicada a realização de testes. Por fim, os cursos de licenciatura também obtiveram diversas pesquisas realizadas (8), nas quais o escopo desses estudos esteve centralizado na avaliação por parte dos futuros docentes sobre os ambientes desenvolvidos para uma determinada área de ensino. Em menor número, estão

alunos do ensino fundamental (6), visto que se trata de estudantes menores de idade que necessitam da autorização de seus pais em testes realizados e também podem vir a ter mais dificuldades em entender o funcionamento do ambiente e seguir, restritamente, uma determinada metodologia aplicada.

1.1.3 Possibilidades e vantagens dos laboratórios virtuais imersivos para o ensino de Ciências

O avanço das tecnologias digitais vem sendo impulsionado diariamente, influenciando as pessoas no modo de agir, comunicar-se, relacionar-se, solucionar problemas e também de aprender.

A *Internet* móvel, os dispositivos móveis com tela sensível ao toque e as redes sem fio têm oportunizado o acesso cada vez mais rápido, fácil e intuitivo, levando crianças, jovens e adultos a estarem constantemente conectados, buscando por informações e conhecimento de forma autônoma.

A variedade de ferramentas que possibilita o acesso às informações torna-se mais ampla em quantidade de modelos e armazenamento, porém oferece dispositivos menores em tamanho e espessura, incentivando seu uso em qualquer momento e lugar, sem a necessidade de fios e cabos para conexão.

Ao mesmo tempo em que avanços das tecnologias facilitam as atividades diárias, experiências também são relatadas sobre o uso de *mobile learning* no contexto educacional, transformando os modos de aprender e ensinar (PRENSKY, 2001; WANKEL; BLESSINGER, 2012).

Atualmente, a tecnologia de informática e comunicação permite criar material educacional digital, usando multimídia com interatividade, que torna mais efetivos os ambientes de ensino-aprendizagem apoiados na Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC).

No entanto, a disponibilidade crescente de laboratórios de informática nas escolas contrasta com a carência de laboratórios para apoiar as atividades de ensino-aprendizagem em Ciências nas escolas.

Laboratórios virtuais usando ambientes imersivos e dispositivos móveis começam a surgir, bem como soluções prontas ou ferramentas de autoria para a criação de laboratórios virtuais, tanto de *software* comercial como de *software* livre disponíveis no mercado internacional e nacional.

No desenvolvimento de soluções em termos de laboratórios virtuais voltadas ao contexto da educação no país, é preciso aproveitar as estratégias já existentes, empregando-as como elemento alavancador para o delineamento e a construção de novas soluções, que permitam disponibilizar não apenas um novo elenco de soluções em termos de laboratórios virtuais, como também promover capacitação para o desenvolvimento de laboratórios virtuais voltados ao ensino de Ciências.

Os laboratórios reais são os laboratórios de Ciências, Biologia e Química que estão disponíveis na maioria das escolas. Compostos por bancadas, reagentes, vidrarias e diversos outros equipamentos, são utilizados para desenvolver atividades em que os professores ou os próprios alunos (quando há conjuntos de experimentação suficientes) exploram e manipulam os materiais.

Conhecidos também pelo termo *Hands-on* (KLAHR *et al.*, 2007), essa prática tem seu mérito defendido por diferentes autores (KLAHR *et al.*, 2007; SCALISE *et al.*, 2011), que consideram importante que os alunos possam tomar suas decisões baseadas no uso de materiais, na exploração de situações. Afirmam, ainda, que trabalhar com materiais palpáveis promove uma aprendizagem que vai ao encontro da teoria construtivista, pois disponibiliza fontes de ativação cerebral que proporcionam motivação e engajamento nos alunos (KLAHR *et al.*, 2007).

No entanto, os próprios autores apontam alguns aspectos que dificultam ou impedem o uso dos laboratórios reais, como a falta de espaço físico nas escolas, o perigo e a responsabilidade ao utilizar produtos químicos com os alunos, tempo de aulas disponíveis a fim de preparar os experimentos, coleta de dados, fazer os registros necessários, bem como os relatórios previstos e, subsequentemente, organizar e limpar os materiais dos laboratórios. Isso tudo deve ser considerado tendo em vista que os laboratórios das escolas públicas não possuem monitores e que o tempo de aula disponível para realizar os experimentos com os alunos é limitado.

Adicionalmente, ressalta-se que um grande fator impeditivo é relacionado com o custo para equipar, manter, fazer a manutenção e compra de materiais (insumos) para um laboratório real, considerando que atualmente as verbas para as escolas são cada vez menores.

Peffer *et al.* (2015) ressaltam que uma das barreiras para o trabalho com materiais reais é a viabilidade. As escolas estão limitadas por tempo, dinheiro, espaço, segurança e, também, pelo fato de que os experimentos são entregues para os alunos como “receitas de bolo”: eles

apenas seguem as instruções e, algumas vezes, sem sucesso, não conseguem chegar a uma conclusão efetiva sobre o resultado atingido durante a atividade.

Em contrapartida, os laboratórios virtuais podem ser uma opção mais atrativa para escolas que não possuem espaço físico e recursos financeiros para a implementação e uso de um laboratório real, mas que tenham condições de proporcionar aos seus alunos ambiente de aprendizagem baseado na tecnologia de informação e comunicação, incluindo tanto os laboratórios de informática existentes nas escolas como os dispositivos móveis de propriedade dos próprios alunos.

De acordo com os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (BRASIL, 2000), é relevante priorizar o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. O pensamento lógico é parte integral desse contexto. Além disso, os recursos atualmente disponíveis em tecnologia digital, em especial os recursos de *mobile learning* e laboratórios digitais, apresentam-se como uma estratégia com boa possibilidade de desenvolvimento dessas capacidades.

Os laboratórios virtuais permitem, por meio da realidade virtual, representar situações fidedignas da realidade concreta. Oportunizam aos alunos pensar e manusear uma situação que não seria possível no ambiente real, mas que *softwares*, aplicativos, simulações ou programações permitem experimentar, manipular e reproduzir quantas vezes forem necessárias. Além de viabilizar a experimentação em Ciências e Matemática, os laboratórios virtuais permitem ensinar a visualização de aspectos ou fenômenos difíceis, ou mesmo impossíveis de observar no

contexto e em tempo real, como, por exemplo: ondas, aceleração, velocidade, erosão, enfim, ocorrências que não são possíveis de observar a olho nu em um espaço de tempo limitado (SCALISE *et al.*, 2011).

Conseguir atingir o resultado científico esperado nem sempre é garantia de que o aluno conseguiu entender a atividade prática, pois, de acordo com alguns críticos, os *feedbacks* podem ser confusos e inconsistentes (KLAHR *et al.*, 2007), com características abstratas e difíceis de serem conceituadas (PEFFER *et al.*, 2015), levando a dúvidas em vez de oportunizar a construção de aprendizagens.

Situações que necessitam ser repetidas diversas vezes, também, podem ser melhor exploradas em laboratórios virtuais, uma vez que o recurso, além de oportunizar a repetição, permite que parâmetros do experimento sejam variados, o que seria difícil ou praticamente impossível de fazer em um laboratório real, como, por exemplo, a variação de massa, de velocidade, de gravidade.

Conforme destacado por Maraschin (2000), o laboratório virtual é um ambiente que permite o uso intencional da reversibilidade às situações de controle de instrumentos que simulem alterações nos objetos das experiências propostas, problematizando, desta maneira, as diferenças de cada usuário e/ou grupo com vista à compreensão dos conteúdos desenvolvidos.

Os alunos, ao trabalharem em laboratórios virtuais com a exploração de *softwares* e simuladores, necessitam tomar decisões e exercitar a crítica a todo instante. Ao executar esses recursos, é necessário que pensem por si mesmos, avaliem evidências, tenham calma e também opinião própria. Diversas hipóteses necessitam ser efetuadas. Além

disso, o aluno deve buscar meios de aprender e reconhecer dados científicos, a fim de utilizá-los diante das diferentes situações que encontrar (KLAHR *et al.*, 2007).

O controle de parâmetros pode ser manipulado pelo aluno, representando situações e possibilitando a aprendizagem por meio de tentativas e erros, sendo adaptável a qualquer disciplina e/ou faixa etária.

Trabalhar com simulações em laboratórios virtuais permite que os alunos façam descobertas, o que é imprescindível para a idade e também para a construção de conhecimentos, além de descobrir por si próprios, elaborar as suas hipóteses e reflexões com base no conhecimento científico estudado.

Mudanças de variáveis, repetições, parâmetros, pausas, coletas de dados, enfim, uma infinidade de possibilidades para usar em uma mesma situação ocasiona testar e tirar suas próprias conclusões, que, necessariamente, não precisam ser corretas, pois as ferramentas de um laboratório virtual oferecem ao aluno a vantagem de reproduzir a situação, refletir e reelaborar hipóteses e testá-las a qualquer momento.

As funções de um simulador podem ser ferramentas de cognição, visto que, diante das inquietações, os alunos sofrem perturbações, fazem validações, assimilam e acomodam as informações coletadas.

Além dos elementos multimídia, recursos de *mobile learning* e laboratórios virtuais permitem que experiências multimídia interativas, envolventes e interessantes possam ser compartilhadas, apoiando o processo de construção de aprendizagem e oportunizando um traba-

lho colaborativo e cooperativo, em que o sujeito constrói conhecimento baseado em suas vivências e experiências com o meio, conforme preconizado na teoria construtivista de Piaget (1993).

Ao criar situações virtuais, os alunos têm a oportunidade de trabalhar com materiais de forma muito mais rápida, pois, ao contrário dos laboratórios reais, a simulação permite montar, testar e realizar adequações de forma muito mais ágil.

Com alguns cliques e em segundos, é possível efetuar modificações que, em tempo real, levariam muito mais tempo e iriam requerer maior destreza dos alunos. Desse modo, no trabalho em laboratórios virtuais, o tempo consegue ser mais bem aproveitado e as atividades, desenvolvidas de acordo com a aula prevista.

O uso de laboratórios virtuais propicia às crianças e adolescentes novas maneiras de interagir, tendo em vista o potencial oferecido pelos computadores e a facilidade de utilizar *softwares*, simuladores, objetos digitais, dentre outros recursos que favorecem uma aprendizagem baseada em problemas que incentivam a exploração e teste de hipóteses, as quais constituem degraus na formação do raciocínio lógico sobre o qual deve ser construído o conhecimento em Ciências em especial.

Ao criar um ambiente de ensino inovador, aprimorado com o uso de tecnologias *mobile learning* e laboratórios digitais, novas estratégias pedagógicas e instruções poderão ser delineadas juntamente com os professores, apoiadas em estudos de referencial teórico relacionado à construção de aprendizagens e formação do pensamento lógico no adolescente para identificar ferramentas que contribuam diretamente com este desenvolvimento cognitivo.

Pela conectividade, os alunos conseguem promover a sua aprendizagem, por meio do acesso imediato a conteúdos, comunicação com demais colegas, pesquisas e diferentes fontes, o que permite que o conhecimento seja manipulado e também avaliado (GIKAS; GRANT, 2013). Dessa maneira, será possível incentivar o uso da tecnologia *mobile learning* e os laboratórios digitais como instrumentos de transformação pedagógica (DOMINGO; GARGANTÉ, 2016).

Conforme Scalise *et al.* (2011), ao escolher trabalhar com laboratórios virtuais ou reais, sempre existirão perdas e ganhos, sendo necessário considerar, em qualquer análise, aspectos referentes à realidade da escola, aos custos de materiais, à flexibilidade de espaço, às ferramentas disponíveis e ao tempo disponível para as atividades experimentais em sala de aula e como atividade extraclasse.

1.1.4 Diferenças entre real e virtual no processo de aprendizagem

Assim como alunos adeptos ao uso de laboratórios virtuais, verificam-se, também, aqueles que se sentem instigados a observar a manipulação de vidraria, cheiros, cores e possíveis resultados de uma experimentação, isto é, quando possuem materiais em número suficiente e os alunos podem realizar os experimentos e não apenas assistem a uma demonstração feita pelo professor.

Considerando a realidade da maior parte das escolas brasileiras, a presença de laboratórios para o ensino de Ciências é insuficiente. Laboratórios digitais oferecem uma alternativa para combinar a alfa-

betização digital, inerente aos estudantes do ensino médio, com as possibilidades que a tecnologia de realidade virtual, realidade aumentada e *mobile learning* combinadas viabilizam.

Adicionalmente, é importante lembrar que alunos estudantes de ensino médio, considerados “nativos digitais”, termo cunhado por Prensky (2001a), possuem muitas habilidades e competências *on-line*, sendo assim, em sua maioria, adeptos das tecnologias emergentes. Preferem trabalhar com sugestões, apontamentos de *feedbacks* imediatos, possibilidades de repetições, pausas, *zoom* e avanços que podem ser realizados rapidamente.

Scalise *et al.* (2011), ao se referirem ao uso de laboratórios virtuais, salientam que, para essa geração de estudantes, as aulas consideradas inesquecíveis ao aprendizado estão nos laboratórios de ciências, sendo que muitos alunos experimentam parte do seu estudo científico pelos laboratórios virtuais, experimentos de simulações e demonstrações de fenômenos via *software* de computador.

Silva (2017), em sua pesquisa de doutorado, explora a utilização de tecnologias digitais por crianças na primeira infância. É apontado como resultado que as crianças na primeira infância percebem as tecnologias digitais de modo diferente do que os materiais reais (concretos), conseguindo realizar as atividades que lhes foram oferecidas para exploração com uso de recursos digitais com maior desenvoltura.

De acordo com os aspectos relatados até então, ambas as experiências de laboratórios (reais e virtuais) possuem seus adeptos, defensores, vantagens e também limitações. No entanto, cabe ressaltar

algumas características desses laboratórios, no tocante à aprendizagem e à construção do conhecimento por parte dos alunos, bem como os objetivos a serem alcançados pela legislação vigente.

Conforme preconizado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000, p. 91), “a construção da Base Nacional Comum passa pela constituição dos saberes integrados à ciência e à tecnologia, criados pela inteligência humana”. Já o documento PCN, também, dispõe sobre a necessidade de investigar o uso do próprio estudo da tecnologia, ultrapassando, assim, o “discurso sobre as tecnologias”, identificando nas matemáticas, nas ciências naturais, nas ciências humanas, na comunicação e nas artes os elementos de tecnologia que lhes são essenciais e desenvolvê-los como conteúdos vivos, como objetivos da educação e, ao mesmo tempo, meio para tanto (MENEZES, 1998).

Zervas *et al.* (2014) comentam que soluções que facilitam o desenvolvimento de aplicações para os dispositivos móveis capazes de oferecer plataformas com simulações de laboratórios virtuais começam a se proliferar. No entanto, ainda cabe investigar de forma mais detalhada o impacto dos recursos digitais no processo de cognição e aprendizagem, tendo em vista que grande parte dos estudos disponíveis na base de dados Scopus (2018) apresenta relatos de atividades desenvolvidas em disciplinas no Ensino Médio, principalmente de Química e Física.

A aprendizagem usando dispositivos móveis (*mobile learning*) tornou-se um componente importante em tecnologia educacional, pois promove o aprender, colabora e compartilha ideias com a ajuda da *Internet* e também o desenvolvimento das tecnologias. O uso apropriado desse componente de aprendizagem precisa considerar o modo como

os alunos se comunicam, interagem e se comportam ao utilizá-lo, pensando que a aprendizagem poderá ocorrer em múltiplos contextos (AL-EMRAN *et al.*, 2016). Os laboratórios virtuais permitem a exploração tanto no laboratório de informática da escola como nos dispositivos móveis de propriedade dos próprios alunos, o que facilita o trabalho do professor e faz com que o tempo seja otimizado. De acordo com os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (BRASIL, 2000), é relevante priorizar o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. O pensamento lógico é parte integral desse contexto. Usar os recursos atualmente disponíveis da tecnologia digital, em especial, os recursos *mobile learning* e laboratórios digitais, apresenta-se como uma estratégia com boa possibilidade de desenvolvimento dessas capacidades.

Os laboratórios virtuais permitem, por meio da realidade virtual, representar situações fidedignas da realidade concreta, oportunizando aos alunos pensar e manusear uma situação que no ambiente real não seria possível, mas que *softwares*, aplicativos, simulações ou programações disponibilizam experimentar, manipular e reproduzir quantas vezes forem necessárias.

Além de viabilizar a experimentação em Ciências, os laboratórios virtuais ensinam a visualização de aspectos ou fenômenos difíceis ou mesmo impossíveis de observar no contexto real ou até em tempo real, como, por exemplo, ondas, aceleração, velocidade, erosão, enfim, ocorrências que não são possíveis de observar a olho nu em um espaço de tempo limitado (SCALISE *et al.*, 2011). Outro fato importante da experimentação em laboratórios virtuais é a possibilidade de repetição das

situações com modificações de variáveis, o que oportuniza aos alunos verificar o que aconteceria, em dado evento, caso valores de grandezas fossem aumentados ou diminuídos.

Al-Emran *et al.* (2016), em pesquisa realizada com alunos universitários e pós-graduandos, evidenciaram que eles percebem e utilizam seus dispositivos móveis para estudar e gerenciar suas aprendizagens. Também relatam que os alunos se motivam a utilizar as suas tecnologias para estudos, acarretando, assim, que sejam inseridas em qualquer nível de ensino.

Os mesmos autores ressaltam que as tecnologias *M-learning* facilitam o compartilhamento de conhecimento entre alunos e educadores, promovendo aprendizagem mediada por diferentes contextos e também o desenvolvimento do pensamento crítico, pois os alunos compartilham, colaboram e discutem as ideias entre si diante da resolução de uma situação.

No que tange ao processo de construção do conhecimento e desenvolvimento da aprendizagem, várias ideias de pensadores influentes na área da educação podem ser apontadas. Porém, neste Capítulo, serão enfatizadas as abordagens da teoria da Epistemologia Genética (PIAGET, 1976) e a Teoria Experiencial (KOLB, 2015), que têm por base as obras de Dewey, Lewin e também Jean Piaget. A escolha destes autores aconteceu por pertinência e por afinidade das ideias.

Durante o uso de laboratórios virtuais, evidencia-se o pressuposto de que os alunos, ao explorarem os recursos, estão em contato com um objeto (PIAGET, 1976) e ainda que necessitam experimentar e resolver uma situação-problema (KOLB, 2015).

Mediante trabalhos de grupo, discussões de ideias e questionamentos, permite-se que os alunos sofram desequilíbrios em seus sistemas conceituais (PIAGET, 1976), levando-os a buscar respostas para suas indagações.

As atividades desenvolvidas em laboratórios virtuais com os alunos oferecem a perspectiva de uma experiência, da resolução de um problema, ou seja, uma visão construtivista, em que é priorizada a experiência, o aprender por perguntas, por meio de informações, explicações, confirmações experimentais e por análises críticas, diferente de treinar e praticar para a reprodução de respostas. Juntamente com o fato de aprender por experimentação e perguntas, encontra-se a ocasião de realizar trabalhos coletivos e cooperativos, tendo em vista que as atividades podem ser desenvolvidas aos pares.

Diante das atividades a serem desenvolvidas em um laboratório virtual, o aluno, ao descobrir o que acontece com o objeto de experimentação e verificar as transformações ocorridas, sofre modificações em seu sistema cognitivo. As transformações fundamentais, que ocorrem em todo o sistema cognitivo, são definidas por Piaget (1976) como assimilação e acomodação.

A assimilação também é conhecida pela incorporação de um elemento exterior em um esquema sensório-motor ou conceitual, mesmo sendo ele um objeto ou até mesmo um acontecimento, e ocorre sempre que estes esquemas se relacionam. Quando se assimila algo, as características dos elementos assimilados são consideradas, chegando-se, assim, ao processo de acomodação, que acontece de forma diferente, pois são observadas as particularidades de cada objeto.

Conforme Piaget (1976), a acomodação é subordinada à assimilação, pois sempre é necessário acomodar um esquema da assimilação:

[...] esta subordinação é mais estreita e sobretudo mais previsível no caso destas acomodações recíprocas que no das adaptações aos objetos exteriores A', B', C', etc., quando novos dados observáveis surgem de maneira inesperada sob a pressão da experiência. (PIAGET, 1976, p. 14).

Para tanto, não basta apenas que o sujeito incorpore elementos externos, mas sim que ele exerça atividades, pois, caso contrário, poderia assimilar diferentes informações sobre tudo o que vê, sem ao menos compreendê-las. Em síntese, pode-se dizer que o sujeito realiza assimilações, as quais, posteriormente, são acomodadas e necessitam estar em equilíbrio. Durante o processo de equilíbrio, tateamentos sucessivos acontecem e são eliminados os resultados em que não se obteve êxito. Aqueles com êxito são retidos à medida que o sujeito busca por estabilidade (equilíbrio). Mas como fazer com que os sujeitos obtenham assimilações, acomodações e cheguem ao equilíbrio? Segundo Piaget (1976), uma das fontes para que o desenvolvimento do conhecimento progrida é o desequilíbrio, que faz com que o sujeito ultrapasse seu estado atual e busque por novas direções.

[...] os desequilíbrios não representam senão um papel de desencadeamento, pois que sua fecundidade se mede pela possibilidade de superá-los – quer dizer, sair deles. É pois evidente que a fonte real do progresso deve ser procurada na reequilibração, naturalmente, no sentido não de um retorno à forma anterior de equilíbrio, cuja insuficiência é responsá-

vel pelo conflito ao qual esta equilibração provisória chegou, mas de um melhoramento desta forma precedente. (PIAGET, 1976, p. 19).

A todo momento, o sujeito interage com o objeto, ocorrendo desequilíbrios, assimilações, acomodações e equilíbrios. Desses processos, Piaget (1976) ressalta a importância para a equilibração, que, de acordo com o autor, é “o fator fundamental do desenvolvimento cognitivo” (PIAGET, 1976, p. 23), não apenas um dos aspectos, vindo, sim, em segunda ordem das construções que são características de cada estágio.

É importante salientar que nos períodos iniciais existe um motivo ordenado de desequilíbrio, que se modifica de estágio em estágio, tendendo sempre para um sentido de melhor equilíbrio, o qual acontece de diferentes formas, e uma das formas do seu mecanismo são as regulações, as quais se mostram importantes pela possibilidade de *feedbacks*, sejam eles positivos ou negativos.

Fala-se de regulação, de modo geral, quando a retomada A' de uma ação A é modificada pelos resultados desta, logo quando de um efeito contrário dos resultados de A sobre seu novo desenvolvimento A' . A regulação pode, então manifestar-se por uma correção de A (*feedback* negativo) ou por seu reforçamento (*feedback* positivo), mas neste caso com possibilidade de um crescimento do erro [...] ou de sucesso (formação dos hábitos, etc.) [...]. (PIAGET, 1976, p. 24).

O sujeito, quando recebe um *feedback* negativo e se torna consciente dele, percebe a existência de uma lacuna e, por isso, tenta buscar alternativas para a sua resolução, pois percebe a necessidade de correção. Já ao receber um *feedback* positivo, o sujeito está recebendo um reforço, existe satisfação ao recebê-lo.

É importante salientar que o sujeito, ao receber um *feedback* positivo, tem um grande valor e este valor é atribuído por ele mesmo. Existe uma necessidade de satisfação ao recebê-lo.

Para Piaget (1976), essa necessidade pode ser considerada um desequilíbrio momentâneo, e a satisfação, uma reequilibração.

Ao se observar como acontece o processo de construção do conhecimento, percebe-se que o uso dos laboratórios virtuais apresenta elementos que são essenciais ao desenvolvimento do sistema cognitivo do sujeito, como, por exemplo, situações que geram desequilíbrios, possibilidade de testar, verificar como se desenvolve o processo, mudanças de variáveis, bem como a observação dos acontecimentos.

Como adicional, também se obtêm *feedbacks*, sejam eles positivos ou negativos, os quais são ressaltados por Piaget (1976) como elementos fundamentais para que ocorram os processos de desequilíbrio e reequilibração.

Durante o trabalho com os laboratórios virtuais, ressalta-se a importância do trabalho colaborativo e cooperativo. Os alunos possuem a oportunidade de trabalhar aos pares, favorecendo a discussão de ideias, levantar hipóteses e questionamentos, ações essas que possibilitam aos alunos sofrer desequilíbrios em seus sistemas conceituais (PIAGET, 1976), levando-os a buscar respostas para suas indagações.

O trabalho cooperativo se mostra importante no que tange à psicologia do pensamento, pois a criança não é passiva e, quando em contato com as demais crianças, vai elaborando a razão. Sendo assim, as atividades aos pares contribuem para a formação do pensamento racional.

À medida que grupos se formam e trabalham em um assunto comum, existe a colaboração e a troca de ideias, pois a tomada de consciência é estimulada pela cooperação (PIAGET, 1993).

Outro fato relevante no trabalho cooperativo é que ele contribui para a objetividade, pois o sujeito, quando trabalha sozinho, fica limitado somente à sua perspectiva. Contudo, ao trabalhar cooperativamente, observa também o ponto de vista do outro.

Vê-se, assim sendo, que a cooperação não age somente sobre a tomada de consciência do indivíduo e sobre o seu senso de objetividade, mas termina, afinal, por constituir toda uma estrutura normativa que remata sem dúvida o funcionamento da inteligência individual, mas completando-a no sentido da reciprocidade – essa norma fundamental que é a única a conduzir o pensamento racional. Pode-se, pois, dizer, parecidos que a cooperação é verdadeiramente criadora, ou, o que vem a ser o mesmo, constitui a condição indispensável para a completa formação da razão. (PIAGET, 1993, p. 8).

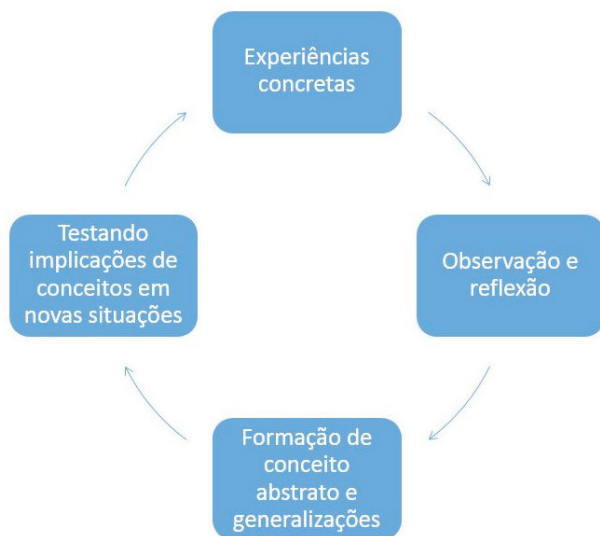
Adicionalmente, pode-se destacar também que a equipe contribui para o desenvolvimento da independência intelectual de seus membros e, ainda, que “[...] Os frutos específicos do método são, assim, o espírito experimental, de um lado, e de outro, a objetividade e o progresso do raciocínio” (PIAGET, 1993, p. 15).

Na visão de Kolb (2015), o papel central da aprendizagem é a experiência. Por meio dela o aluno pode explorar, manipular, observar, coletar dados e também analisar fatos que acontecem durante o processo. A partir da análise e reflexão sobre os dados, o aluno chega a conclusões e consegue estabelecer conceitos que integrem as conclusões em teorias lógicas, que podem servir como subsídio para que novas experiências sejam realizadas.

Esse processo é evidenciado no diagrama do Ciclo de Kolb, conforme apresentado na Figura 1.3.

Com base na experiência concreta, na conceituação abstrata, na observação reflexiva e na experimentação ativa, o autor caracteriza um ciclo, conforme apresentado na Figura 1.3.

Figura 1.3 - O modelo de aprendizagem experiencial.



Fonte: Adaptado de Kolb (1984, p. 21).

Nesse modelo, o autor explica que a aprendizagem se dá por meio de um ciclo que acontece em quatro etapas: “experiência concreta”, base para que o aluno possa realizar a experimentação; “observação reflexiva”, observações e reflexões que são assimiladas e analisadas; “conceituação abstrata”, tendo em vista as assimilações e reflexões que aconteceram, conceitos abstratos surgem, podendo ser utilizados para impulsionar novas ações e também para impulsionar e servir como guia para a criação de novas experiências levando à “experimentação ativa”.

Por meio dessas quatro etapas, o estudante tem uma participação ativa, podendo acionar também suas experiências pessoais para resolver problemas a partir da compreensão intelectual de uma situação, o que lhe irá exigir um maior nível de abstração, pois demandará uma abordagem lógica e sistemática dos conceitos envolvidos.

Ao exercer a experimentação ativa, terá a oportunidade de experimentar e mudar variáveis, podendo testá-las, levantar hipóteses e posteriormente realizar a verificação.

É importante salientar que as experiências concretas ou imediatas propiciam a base para a realização de observações e reflexões, que são assimiladas e organizadas em conceitos abstratos. Esses conceitos, por sua vez, produzem novas implicações, oportunizando que novas ações sejam delineadas e testadas, proporcionando novas experiências.

Em sua teoria, Kolb (2015) também faz referência a um conjunto de habilidades (estilos de aprendizagem) que são utilizadas pelo aluno para cada situação de aprendizagem, tendo em vista que para alguns

é necessário observar e para outros, abstrair ou ainda interagir com o concreto para posteriormente realizar suas reflexões sobre o que foi percebido.

Diante desse modelo de aprendizagem experimental, observa-se que, ao explorar experiências concretas, observar, refletir, formular novos conceitos e, posteriormente, testá-los em novas situações, o aluno/sujeito utiliza também as suas vivências, características hereditárias, experiências já vividas e as exigências do contexto em que vive, para, a partir daí, fazer as suas escolhas e utilizar um modelo específico para aprender. Esse modelo específico, que traz algumas características padronizadas, é utilizado no momento de aprender. Kolb (2015) definiu-os como “estilos de aprendizagem”. No entanto, por se tratar de características muito peculiares e individuais de cada aluno/sujeito, cada um irá fazer uso do estilo de aprendizagem que achar mais pertinente.

Com base nas ideias defendidas por Piaget (1976) e Kolb (2015), percebe-se que os laboratórios virtuais apresentam recursos que fazem com que o aluno/sujeito possa construir seus conhecimentos a partir de mudanças em seu sistema conceitual, passando por desequilíbrios, assimilações, acomodações e equilíbrios, baseados em situações em que necessita solucionar um problema a partir de uma experimentação. Para tanto, tem a possibilidade de testar hipóteses, testar experiências, observar, refletir e obter condições de criar novos conceitos que sejam utilizados em situações diversas, fazendo uso de ferramentas que são próprias do seu contexto e que facilitam a percepção de conceitos que podem ser muito abstratos ou de difícil compreensão.

1.1.5 Motivação e MVI

O ensino de Ciências é considerado difícil, pois a compreensão dos conceitos abordados necessita de experimentos com problemas concretos ou de simulações para mostrar os efeitos ou causas das noções físicas. Muitas instituições de ensino não possuem recursos financeiros ou espaços adequados para representar diversos fenômenos que, ao serem simulados, qualificam o processo de ensino, aumentando o interesse e a motivação. Simulações computacionais podem ser utilizadas como recurso para reproduzir fenômenos, testar hipóteses, controlar e observar variáveis e situações-problema (ALDRICH, 2009).

Falar sobre motivação em Mundos Virtuais Imersivos requer primeiramente um olhar mais detalhado sobre o que é motivação e como ela pode ser trabalhada em Mundos Virtuais Imersivos. Por isso, foi escolhido um embasamento teórico para nortear esta seção.

A motivação é uma ideia central na Teoria da Autodeterminação (TAD). O estudo da motivação implica explorar a energia e direção do comportamento e, somente quando esses dois aspectos são contemplados, pode-se falar, verdadeiramente, de teorias da motivação em psicologia (DECI; RYAN, 1985).

Diz-se que a pessoa está motivada quando ela se sente ativa e com energia para atingir um fim e não está motivada quando não se sente impelida ou inspirada para a ação (RYAN; DECI, 2000a). A motivação pode ser definida como um estado energético interno que dirige o comportamento ou a ação e se relaciona com direção e persistência (RYAN;

DECI, 2000b, 2002). Esses dois aspectos podem ser trabalhados em mundos virtuais, os quais oportunizam ao aluno novas experiências, um novo olhar sobre o conteúdo ministrado.

A direção abrange os processos e as estruturas que dão significado aos estímulos internos e externos, direcionando a ação para a satisfação das necessidades. No estudo da motivação, a distinção mais básica e clássica ocorre entre a motivação intrínseca e a motivação extrínseca (DECI; RYAN, 1985).

Na **motivação intrínseca**, também conhecida como motivação interna, a pessoa propõe-se a realizar algo ou envolve-se numa tarefa porque esta é inerentemente agradável ou interessante. Corresponde a um desejo genuíno, a uma tendência inata do ser humano para explorar o mundo. A ação é vista como um fim em si mesma, e esse conceito está relacionado à força interior, que é capaz de se manter ativa mesmo diante de adversidades. Esse tipo de combustível se relaciona aos interesses individuais e que podem ser alterados apenas por escolha pessoal.

Ao contrário, na **motivação extrínseca**, também conhecida como motivação externa, o indivíduo realiza algo para alcançar determinado resultado. A ação responde a pressões externas, ou porque é útil para atingir determinado objetivo, independentemente da ação em si (MINER, 2015). O termo está conectado ao ambiente, às situações e aos fatores externos, como atingir uma nota para ser promovido no ano letivo ou estudar para uma prova para evitar represália.

Para trabalhar a motivação no ensino de Ciências, é necessário que haja um deslocamento de energia. Segundo Deci e Ryan (1985), a energia é, fundamentalmente, uma questão de necessidades: as neces-

sidades inatas e as necessidades que se adquirem nas interações com o meio. Quando é oferecido um novo estímulo ao aluno, como é o caso dos Mundos Virtuais Imersivos, ele responde com grau de curiosidade, que pode ser considerado um nível de motivação intrínseca.

A motivação é um conceito dinâmico, o qual varia ao longo de um contínuo (desmotivação, motivação controlada e motivação autônoma), comportamento que pode assumir diferentes níveis de autonomia ou autodeterminação, persistência e envolvimento. A TAD oferece as bases conceituais para a compreensão das razões que levam as pessoas a adotarem e manterem determinados comportamentos. É uma “meta-teoria”, com uma visão positiva do ser humano (RYAN; DECI, 2002).

Embasados nesse “*continuum* de autodeterminação” dessa teoria, afirma-se que é acreditável trabalhar níveis de motivação que podem ser elevados com uso de estímulos constantes e diversificados, uma das características básicas do Mundo Virtual Imersivo, uma vez que este pode oferecer interação com objetos, troca entre participantes, além de agentes virtuais conversacionais capazes de instigar novas possibilidades de dúvidas no mesmo experimento. Os Agentes Conversacionais são capazes que aumentar significativamente a motivação do aluno.

Essa teoria analisa a associação entre fatores contextuais e os diferentes tipos de motivação (RYAN; DECI, 2002). Na prática, um dos pontos principais é o efeito das variáveis do contexto social nos comportamentos intrinsecamente motivados (RYAN; DECI, 2000b). Essa contextualização se torna possível com utilização de Mundos Virtuais Imersivos, que têm surgido como alternativa para a realização de vários tipos de experiências, porque oferecem ao usuário a sensação de

realidade, permitindo, inclusive, a interação com objetos 3D. Os MVIs estimulam a participação ativa dos usuários e incentivam a resolução de problemas (AMARAL; AVILA; TAROUCO, 2012), o que pode contribuir para o aumento da motivação dos estudantes.

A ideia de envolvimento, por sua vez, está ligada com o grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade. O envolvimento pode ser passivo, como ler um livro ou assistir a uma aula, ou ativo, ao participar de uma experiência virtual com uso de sensores, Agentes Conversacionais ou apenas colegas de classe. O Mundo Virtual Imersivo tem potencial para os dois tipos de envolvimento, ao permitir a exploração de um ambiente virtual e ao propiciar a interação do usuário com um Mundo Virtual Dinâmico.

REFERÊNCIAS

ALDRICH, Clark. **Learning online with games, simulations, and virtual worlds**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2009.

AL-EMRAN, Mostafa; ELSHERIF, Hatem M.; SHAALAN, Khaled F. Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education. **Computers in human behavior**, v. 56, p. 93-102, Mar. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.033>>. Acesso em: 22 out. 2019.

ALLISON, Colin; MILLER, Alan; STURGEON, Thomas; NICOLL, James Ross; PERERA, Indika. Educationally enhanced virtual worlds. *In: ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE*, 40., 2010, Washington, D.C. **Proceedings** [...]. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, 2010.

AMARAL, Érico; AVILA, Bárbara Gorziza; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Aspectos teóricos e práticos da implantação de um laboratório virtual no OpenSim. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO – SBIE, 23., 2012, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2012. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1696/1457>>. Acesso em: 3 ago. 2019.

AMARAL, Érico Marcelo Hoff do. **Processo de ensino e aprendizagem de algoritmos integrando ambientes imersivos e o paradigma de blocos de programação visual**. 2015. 255 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/131053>>. Acesso em: 22 out. 2019.

ANTONIO, Caroline Porto. **Mundos virtuais 3D integrados à experimentação remota: aplicação no ensino de ciências**. 2016. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/172166>>. Acesso em: 22 out. 2019.

AUSUBEL, David P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BAINBRIDGE, William Sims (ed.). **Online worlds: convergence of the real and the virtual**. London: Springer-Verlag, 2010. (Human-Computer Interaction Series). Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-84882-825-4>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

BANERJEE, Indushree; PERERA, Indika; CHOUDHURY, Joydeep. Introducing immersive technologies for learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTEMPORARY COMPUTING, 6., 2013, Noida, Índia. **Proceedings [...]**. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: MEC, 2000.

CHOW, Meyrick. Determinants of presence in 3D virtual worlds: a structural equation modelling analysis. **Australasian journal of educational technology**, v. 32, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/1939>>. Acesso em: 22 out. 2019.

DECI, Edward L.; RYAN, Richard M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York: Plenum, 1985.

DOMINGO, Marta Gómez; GARGANTÉ, Antoni Badia. Exploring the use of educational technology in primary education: teachers' perception of mobile technology learning impacts and applications use in the classroom. **Computers in human behavior**, v. 56, p. 21-28, Mar. 2016.

FALCADE, Andressa; HERPICH, Fabrício; KRASSMANN, Aliane Loureiro; SILVA, Luiz Evandro Garcia da; MEDINA, Roseclea Duarte; JARDIM, Rafaela Ribeiro. Web viewers para ambientes imersivos: uma proposta de framework avaliativo. **Nuevas ideas en informática educativa – Memorias del XIX Congreso Internacional Informática Educativa (TISE 2014)**, Fortaleza, Brasil, 2014.

FERNÁNDEZ-GALLEGO, Beatriz; LAMA, Manuel; VIDAL, Juan C.; MUCIENTES, Manuel. Learning analytics framework for educational virtual worlds. **Procedia computer science**, v. 25, p. 443-447, 2013. (Part of special issue: 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education. Edited by Jorge Martin-Gutierrez, Egils Ginters). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913012611?via%3Dihub>>. Acesso em: 22 out. 2019.

GIKAS, Joanne; GRANT, Michael M. Mobile computing devices in higher education: student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media. **Internet and higher education**, v. 19, p. 18-26, 2013.

GOMES, José Duarte Cardoso. **Mundos virtuais e realidade aumentada: desenvolvimento e implementação de artefactos de média-arte digital para o ensino de educação musical no ensino básico**. 2016. 375 f. Tese (Doutorado em Média-Arte Digital), Universidade Aberta de Portugal, 2016.

GOMES, José Duarte Cardoso; FIGUEIREDO, Mauro Jorge Guerreiro. Desenvolvimento de recursos educativos em mundos virtuais. In: WCCA 2014 – WORLD CONGRESS ON COMMUNICATION AND ARTS, 7., 2014, Vila Real, Portugal. **Proceedings [...]. [S.l.]**: COPEC – Science and Education Research Organization, 2014.

GRIOL, David; MOLINA, José Manuel; CALLEJAS, Zoraida. An approach to develop intelligent learning environments by means of immersive virtual worlds. **Journal of ambient intelligence and smart environments**, v. 6, n. 2, p. 237-255, 2014.

IVORY, James D. **Virtual lives: a reference handbook**. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2012. 269 p.

KHAN, Muhammad Saleem; SAFAAN, Samy Abdelwahab. Frequency of attendance and interaction of students in 3D multi-user virtual environments (MUVES): the effect on learning English language. **Advances in social sciences research journal**, v. 4, n. 6, p. 91-102, 2017. Disponível em: <<https://journals.scholarpublishing.org/index.php/ASSRJ/article/view/2891/1726>>. Acesso em: 22 out. 2019.

KICKMEIER-RUST, Michael D.; ALBERT, Dietrich. Learning analytics to support the use of virtual worlds in the classroom. *In*: HOLZINGER, Andreas; PASI, Gabriella (ed.). **Human-computer interaction and knowledge discovery in complex, unstructured, big data**. HCI-KDD 2013. Berlin: Springer, 2013. (Lecture notes in computer science, v. 7947). p. 358-365.

KLahr, David; TRIONA, Lara M.; WILLIAMS, Cameron T. Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. **Journal of research in science teaching**, v. 44, n. 1, p. 183-203, 2007.

KOLB, David. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984.

KOLB, David A. **Experimental learning: experience as the source of learning and development**. 2nd ed. New Jersey: Pearson Education, 2015.

KONSTANTINIDIS, Andreas; TSIATSOS, Thrasyvoulos; DEMETRIADIS, Stavros; POMPORTSIS, Andreas. Collaborative learning in OpenSim by utilizing Sloodle. *In*: ADVANCED INTERNATIONAL CONFERENCE ON TELECOMMUNICATIONS, 6., 2010, Barcelona. **Proceedings [...]**. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, 2010. p. 90-95.

KOTSILIERIS, Theodore; DIMOPOULOU, Nikoletta. The evolution of e-learning in the context of 3D virtual worlds. **Electronic journal of e-learning**, v. 11, n. 2, p. 147-167, 2013.

LUN, Erwin van. Conversational agent: a program that acts on behalf of humans and chats. **Blog Chatbots.org**. Nederland, 2011. Disponível em: <https://www.chatbots.org/conversational_agent/>. Acesso em: 18 fev. 2015.

MARASCHIN, Cleci. Avaliação (da ou na) aprendizagem. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO DO COLÉGIO CORAÇÃO DE JESUS, 2., 2000, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Palotti, 2000. p. 36-39.

MENEZES, Luiz Carlos. **A tecnologia no currículo do ensino médio**. [S.l.: s.n.], 1998.

MINER, John B. **Organizational behavior 1: essential theories of motivation and leadership**. New York: Routledge, 2015.

MORETTI, Gaia; SCHLEMMER, Eliane. Virtual learning communities of practice in metaverse. *In*: ZAGALO, Nelson; MORGADO, Leonel; BOA-VENTURA, Ana (org.). **Virtual worlds and metaverse platforms: new communication and identity paradigms**. Hershey, PA: IGI Global, 2012. p. 149-165.

NELSON, Brian C.; ERLANDSON, Benjamin E. **Design for learning in virtual worlds**. New York: Routledge, 2012.

NUNES, Eunice Pereira dos Santos; ROQUE, Licínio G.; MARQUES, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes. Measuring knowledge acquisition in 3D virtual learning environments. **IEEE Computer graphics and applications**, v. 36, n. 2, p. 58-67, Mar./Apr. 2016.

NUNES, Felipe Becker *et al.* Viewers para ambientes virtuais imersivos: uma análise comparativa teórico-prática. **Renote – Revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, jul. 2013.

NUNES, Felipe Becker; HERPICH, Fabrício; PASCHOAL, Leo Natan; LIMA, José Valdeni de; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Systematic review of virtual worlds applied in education. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO – CBIE, 5.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO – SBIE, 27., 2016, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2016.

OLIVEIRA, Leander Cordeiro de. **Artefato metodológico de autoria aplicado aos mundos virtuais para educação**. 2015. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Centro de Ciências Computacionais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução: Sandra Costa. ed. rev. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PEFFER, Melanie E.; BECKLER, Matthew L.; SCHUNN, Christian; RENKEN, Maggie; REVAK, Amanda. Science classroom inquiry (SCI) simulations: a novel method to scaffold science learning. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, e0120638, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120638>>. Acesso em: 3 ago. 2019.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, Jean. O trabalho por equipes na escola. Tradução: Luiz G. Fieury. **Revista de educação**, Diretoria do Ensino do Estado de São Paulo, São Paulo, set./dez. 1936. Adaptação para o português moderno (maio 1993): Andrea A. Botelho.

POPPE, Erik, BROWN, Ross; RECKER, Jan; JOHNSON, Daniel; VANDERFEESTEN, Irene. Design and evaluation of virtual environments mechanisms to support remote collaboration on complex process diagrams. **Information systems**, v. 66, n. C, p. 59-81, June 2017.

PRENSKY, Marc. Digital natives, digital immigrants. **Blog Marcprensky.com**, USA, 2001a. Disponível em: <<https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

PRENSKY, Marc. Do they really think differently? **Blog Marcprensky.com**, USA, 2001b. Disponível em: <<https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part2.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

RAFALSKI, Jadson do Prado; VIEIRA JÚNIOR, Ramon Rosa Maia; SILVA, Carlos Alexandre Siqueira da. Mundos virtuais como suporte à aprendizagem: uma avaliação na implementação de projetos de aprendizagem. **Renote – Revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, 2014.

REINHARD, CarriLynn D. Virtual worlds and reception studies: comparing engagings. In: ZAGALO, Nelson; MORGADO, Leonel; BOA-VENTURA, Ana (org.). **Virtual worlds and metaverse platforms**: new communication and identity paradigms. Hershey, PA: IGI Global, 2012. p. 117-136.

RICO-ALMODOVAR, Mariano; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, Jaime; RIOFRÍO-LUZCANDO, Diego; BERROCAL-LOBO, Marta. A cost-effective approach for procedural training in virtual worlds. **Journal of universal computer science**, v. 23, n. 2, p. 208-232, 2017.

RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. **Contemporary educational psychology**, v. 25, n. 1, p. 54-67, 2000a. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361476X99910202>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

- RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Overview of self-determination theory: an organismic-dialectical perspective. *In*: RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. (ed.). **Handbook of self-determination research**. Rochester: University of Rochester Press, 2002. p. 3-33.
- RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American psychologist**, v. 55, n. 1, p. 68, 2000b.
- SCALISE, Kathleen; TIMMS, Michael; MOORJANI, Anita; CLARK, Lakisha; HOLTERMANN, Karen; IRVIN, P. Shawn. Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. **Journal of research in science teaching**, v. 48, n. 9, p. 1050-1078, 2011.
- SCHETTINO, Patrizia. Re-defining the concept of immersion in digital immersive environments. Published in 2015 Digital Heritage. *In*: SEGALLER, Stephen. **Nerds 2.0.1**. New York: TV Books, LLC, 2015.
- SCHMEIL, Andreas. **Designing collaboration experiences for 3D virtual worlds**. 2012. 226 f. Dissertation (Ph.D. in Communication Sciences) – Faculty of Communication Sciences, Università della Svizzera italiana, Lugano, 2012.
- SCOPUS. Base de dados bibliográfica. Elsevier B.V., Amsterdam, 2018. Disponível em: <<https://www2.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 23 out. 2019.
- SGOBBI, Fabiana Santiago. **Explorando autodeterminação, utilizando novas tecnologias para ensinar autocuidado em obesos**. 2017. 206 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- SILVA, Patrícia Fernanda da; MENEZES, Crediné Silva de; FAGUNDES, Léa da Cruz. O processo de avaliação no desenvolvimento de projetos de aprendizagem em ambientes digitais. *In*: CICLO DE PALESTRAS SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 24., 2016, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2016.
- SOTO, Victor J. Which instructional design models are educators using to design virtual world instruction? **MERLOT Journal of online learning and teaching**, Long Beach, CA, v. 9, n. 3, Sept. 2013.

VOSS, Gleizer Bierhalz. **TCN – Teaching computer networks in a immersive virtual environment**. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. il., 30 cm.

VOSS, Gleizer Bierhalz; NUNES, Felipe Becker; HERPICH, Fabrício; MEDINA, Roseclea Duarte. Ambientes virtuais de aprendizagem e ambientes imersivos: um estudo de caso utilizando tecnologias de computação móvel. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO – SBIE, 24., 2013, Campinas. Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2013. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2479>>. Acesso em: 23 out. 2019.

WANKEL, Charles; BLESSINGER, Patrick. **Increasing student engagement and retention using immersive interfaces: virtual worlds, gaming, and simulation**. Bingley, UK: Emerald, 2012.

XENOS, Michalis Nik; MARATOU, Vicky; NTOKAS, Ioannis; METTOURIS, Christos; PAPADOPOULOS, George Angelos. Game-based learning using a 3D virtual world in computer engineering education. *In: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE – EDUCON, 2017, Athens, Greece. Proceedings [...]*. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, 2017. p. 1078-1083.

ZERVAS, Panagiotis; KALIMERIS, Ioannis; SAMPSON, Demetrios G. A method for developing mobile virtual laboratories. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES – ICALT, 14., 2014, Athens, Greece. Proceedings [...]*. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE, 2014.