

Laboratórios virtuais e ambientes colaborativos virtuais de ensino e de aprendizagem: conceitos e exemplos

Virtual laboratories and collaborative virtual teaching and learning environments: concepts and examples

Roberto Correia de Melo¹ e João Alberto Osso Jr.²

¹Bacharel em Matemática Aplicada, pela Fundação Santo André-SP, Mestre em Ciências pela Universidade São Marcos-SP, Doutorando em Tecnologia Nuclear - Aplicações, pelo IPEN-USP-SP, Executivo e docente em TIC.

²Ph. D pela Manchester University-UK, Chefe de Divisão de Produção de Radioisótopos do Centro de Radiofarmácia do IPEN-USP-SP.

robertomelo2006@uol.com.br

jaosso@ipen.br

Resumo: A Unesco³ estimula iniciativas para a criação de laboratórios virtuais de comunicação, ensino e aprendizagem como um fator estratégico facilitador de atividades de ensino e de pesquisas tecnológicas, em especial para países em desenvolvimento. Laboratórios virtuais constituem-se em um ramo de conhecimentos de interesse para todas as ciências, uma vez que englobam inúmeras simulações de experimentos e representam um importante meio para armazenamento, recuperação e troca de informações, podendo ser utilizados também em todos os níveis de ensino (fundamental, médio e superior). Além disso, constituem um importante recurso para complementar os laboratórios reais em muitas áreas de conhecimentos. O cenário onde se situa o tema “laboratórios virtuais” envolve vários conhecimentos inter-relacionados, dentre eles transmissão de informações, ambientes colaborativos virtuais, simulações, cognição e teorias cognitivas, e-learning, aprendizagem colaborativa, comunidades de prática e realidade virtual. Portanto, para conhecer os princípios envolvidos em laboratórios virtuais e em sua utilização, necessita-se ter uma visão geral dos conceitos e áreas de conhecimentos que permitam sua criação e implementação. Nesse artigo, conceituaram-se os temas envolvidos no contexto de laboratórios virtuais, bem como tais temas foram exemplificados com breve descrição de alguns casos de destaque, a fim de proporcionar uma introdução geral ao assunto para acadêmicos e profissionais de todas as áreas.

Palavras-chave: laboratórios virtuais, informação, ambientes colaborativos virtuais, simulações, cognição, aprendizagem colaborativa, realidade virtual.

Abstract: Unesco supports projects of teaching and learning virtual labs creation as a strategic issue in order to enhance communication, teaching, learning and research activities, specially in developing countries. Virtual labs rises up as a special interest subject for all sciences because they are an important tool for simulation of many lab experiments and as source of storage, retrieving and exchanging of data and information. Virtual labs can also be used in all teaching levels (elementary, high-school and college) and are a key resource to complement real labs in many knowledge areas. The scenario where the theme Virtual Labs is situated has connections with many different inter-related knowledge subjects: information delivery, collaborative virtual environments, simulations, cognition, cognitive theories, e-learning, collaborative learning, communities of practice and virtual reality. At a glance, in order to know the main aspects related to virtual labs and its usage, we need to have an initial wide perception over concepts and knowledge areas which allow its creation and implementation. In this article, we show the themes connected to the virtual labs context, mentioning two examples including a brief description about some special cases, trying to achieve a general introduction about virtual labs to academics and professionals in general.

Keywords: virtual laboratories, information, collaborative virtual environments, simulation, cognition, collaborative learning, virtual reality.

³ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de laboratórios virtuais (LV) no ensino de ciências como matemática, física, química, biologia e informática, entre outras, é ainda incipiente no Brasil, mas tende a apresentar expansão nos próximos anos, porque eles fornecem recursos de simulação importantes para a análise de fenômenos e conceitos teórico-práticos objetos de estudo dessas ciências. Num futuro próximo, porém, entende-se que o uso de LV tende a intensificar-se fortemente, por várias razões. Primeiro, por seu forte vínculo com três dos quatro campos da ciência da informação – a ciência da computação, a ciência cognitiva (incluindo inteligência artificial) e a comunicação, todos com seus estudos e pesquisas em expansão. Segundo, porque eles são uma alternativa mais econômica à construção de laboratórios reais, muito embora seu sentido seja complementá-los, e não substituí-los. Terceiro, porque seu desenvolvimento baseia-se em conceitos de realidade virtual (RV) e em *softwares* cada vez mais diversificados, poderosos e menos onerosos. Quarto, porque, nos últimos anos, paralelamente ao desenvolvimento dos aplicativos de LV, têm surgido regularmente aplicativos e ambientes para aprendizagem colaborativa, e a convergência de esforços em se obterem soluções de LV e de ambientes virtuais colaborativos de aprendizagem (CVE) potencializa o uso e os benefícios de ambas.

A relevância do tema é tal que ele se tornou de interesse estratégico para a Unesco, órgão da ONU dedicado a questões educacionais, que apóia o *Committee on Data for Science and Technology* (Codata) na introdução de recursos de LVs aplicados na busca de soluções para problemas de países em desenvolvimento. Para a Unesco, os LVs representam o potencial para um novo paradigma e uma nova cultura para a ciência, e seu uso pode gerar avanços quando utilizado em conjunto com abordagens de ensino cognitivistas. Nesse artigo, foram conceituados e fornecidos exemplos de LVs, associados ao uso de CVE, suas características e os potenciais benefícios de seu uso por escolas de todos os níveis e por instituições de pesquisas brasileiras.

2 ANTECEDENTES, CARACTERÍSTICAS E CONTEXTO PARA OS LVs

Uma meta comumente buscada em atividades de comunicação, ensino e aprendizagem é proporcionar aos atores envolvidos no processo possibilidades de desenvolvimento de experiência prática; porém, as escolas brasileiras têm pouca verba para disponibilizar laboratórios, alocar técnicos e prover insumos para a realização de experiências pelos alunos. Uma solução para esse problema é desenvolver LVs, utilizando recursos de RV, onde o aluno pode simular a realização de experiências quantas vezes quiser e precisar, melhorando e aprofundando a qualidade de sua aprendizagem. Se houver, na escola, um laboratório real disponível, o aluno poderá utilizá-lo depois de ter usado o LV, com melhor preparo e proficiência. Segundo Vary (1999; 3), “um LV é um espaço de trabalho eletrônico para colaboração e experimentação à distância em atividades de pesquisa, para gerar e distribuir resultados utilizando tecnologias de comunicação e distribuição de informações”.

São quatro os benefícios do uso de CVE e de LV em atividades de comunicação, ensino, aprendizagem e pesquisa, conforme Alexiou *et al.* (2002: 3), uma vez que eles:

- (1) viabilizam o compartilhamento de recursos, otimizando o uso de equipamentos caros;
- (2) facilitam o acesso a material educacional e de pesquisa para estudantes e pesquisadores;
- (3) estabelecem padrões de investigação científica em áreas onde a experimentação prática é imprescindível para a pesquisa;
- (4) reduzem tempos de viagens, custos e incrementam a produtividade.

Por considerar estratégico o estímulo à criação de LVs, a Unesco incluiu na pauta do Codata, já em 2000, o apoio a iniciativas nesse sentido, principalmente visando a auxiliar os países pobres a criarem os LVs de que necessitam, a fim de tentar reduzir graves abismos no campo de desenvolvimentos tecnológicos entre os países pobres e os países do G8. O Codata é um comitê interdisciplinar do

Scientific Committee of International Council for Science (ICSU), entidade independente que tem como objetivo facilitar a cooperação internacional entre cientistas e países.

A mais forte característica de um LV (e das tecnologias de RV que ele utiliza) é que permite a simulação de conceitos científicos, transpondo-os do mundo abstrato das idéias para modos sensorialmente perceptíveis, de modo a criar um ambiente com o qual o aluno possa interagir, inclusive, colocando-se virtualmente dentro do laboratório simulado, o que lhe assegura condições para que possa aprender por meio de sua própria experiência (ainda que “dentro de um mundo virtual”), uma meta preconizada por cientistas cognitivistas. A definição mais simples de simulação é que se trata de um percurso intelectual sobre um modelo, com a finalidade de se aprender sobre ele e, como conseqüência, conhecer o fenômeno ou a estrutura que o modelo representa.

Por meio do uso de um LV, pode-se simular a realização de experimentos em todas as suas etapas, como manipulação, controle e modificação de seus parâmetros, cumprindo-se o recomendado pelo paradigma do “aprender fazendo” (*learning by doing*), um método de ensino essencial para melhor ensinar alunos e/ou manter profissionais atualizados.

Em uma sociedade cada vez mais dependente da geração e da disseminação de conhecimentos científicos e tecnológicos, destaque-se, é uma conseqüência natural ter de aprender por meio da utilização dos próprios recursos tecnológicos.

Para que seja possível situar-se com mais conforto no amplo cenário teórico que cerca os LVs, no entanto, necessita-se de um primeiro contato com conceitos sobre os itens subsequentes: (a) cognição; (b) *e-learning*; (c) aprendizagem colaborativa; (d) comunidades de prática; (e) ambientes virtuais colaborativos; e (f) realidade virtual. Esses conceitos, fortemente inter-relacionados e interdependentes, subsidiaram o amplo contexto teórico atual onde se desenvolvem as atividades de ensino e aprendizagem, não apenas nas escolas e nas instituições de pesquisa, como agora, mas futuramente

te também, e cada vez mais, nas empresas e nos lares.

Os trabalhos de Piaget, de Vygotsky e de seus seguidores estabeleceram questões cognitivas basilares para modelos de aprendizagem colaborativa, ao destacarem como primordiais os seguintes aspectos: (1) a importância de o aprendiz ter um conhecimento prévio, para que possa ancorar nele o novo conhecimento; (2) o conceito de que o aprendiz deve ser o construtor ativo do seu próprio mundo de significados e conhecimentos; (3) a importância da interação social como um fator básico estimulador do processo de aprendizagem; e (4) a importância do desenvolvimento do aspecto metacognitivo na aprendizagem (o “aprender a aprender”) (LAISTER & KOUBEK, 2001).

A teoria de Piaget, denominada “Epistemologia genética”, propôs que o amadurecimento do organismo humano leva o indivíduo a cumprir estágios sucessivos de desenvolvimento cognitivo cada vez mais complexos, enquanto Vygotsky, em sua teoria denominada “Sociocultural”, destacou a importância da linguagem e da interação social, colocando esses fatores em um patamar de importância superior à do amadurecimento orgânico e, mais importante, rompendo uma eventual relação de causa e efeito entre amadurecimento orgânico e aprendizagem.

Os estágios de desenvolvimento cognitivo descritos por ele são os mencionados a seguir: (1) o sensorio-motor, que vai do nascimento até os dois anos de idade, quando se organizam na criança desde os esquemas sensorio-motores até os atos de inteligência prática por compreensão imediata (como a utilização pela criança de um pau, de um barbante etc., por exemplo) e subestruturas práticas de futuras noções (esquema de objeto permanente, grupo de deslocamentos espaciais, causalidade sensorio-motora etc.); (2) o pré-operatório, que começa com o aparecimento da função semiótica (linguagem, símbolos, jogos etc.) e com uma fase preparatória para representações pré-operatórias, e que chega, aos sete ou oito anos, às operações concretas, porém ainda referentes a objetos (classificações, serializações

etc.); (3) operações concretas, estágio que se inicia entre os sete e os oito anos, caracterizando-se pelo surgimento de operações proposicionais, e que reúne em um único sistema as duas formas de reversibilidade elementares (inversão ou negação e reciprocidade); e (4) operações formais, fase que se inicia próximo aos 11 anos de idade, caracterizada pelo surgimento e fortalecimento de um nível de pensamento lógico abstrato e ilimitado.

Na perspectiva de Piaget, existem algumas funções cognitivas que tornam possível a aprendizagem, quais sejam: (a) funções ligadas à hereditariedade, que determinam ações ou condutas reflexas ou instintivas dos indivíduos; (b) a percepção, resultante da organização e da aplicação dos sentidos; (c) as capacidades de aprendizagem propriamente ditas, ou seja, a inteligência, onde intervêm a interpretação dos fatos, a formação de hábitos e o raciocínio; e (d) as capacidades de memória, que asseguram que sejam utilizadas, no presente, condutas diversas aprendidas no passado. Segundo ele, há diferentes níveis de pensamento na criança, que estão associados a cada estágio de desenvolvimento por ele proposto, a seguir enumerados: (a) no período sensório-motor, o nível de pensamento é voltado para a coordenação dos movimentos físicos e pré-verbais; (b) no período pré-operatório, surge a habilidade para representar a ação por meio do pensamento e da linguagem; (c) no período das operações concretas, surge o pensamento lógico, mas ainda restrito à realidade física que cerca a criança; e (d) no período das operações formais, por fim, surge e firma-se o pensamento abstrato, ilimitado e desvinculado da realidade imediata (PIAGET, 1973). É exatamente o pensamento abstrato que mais será estimulado e beneficiado pelo uso de LVs/CVEs.

Os trabalhos desenvolvidos por Vygotsky produziram uma teoria cognitiva que foi contra as afirmações de que as funções intelectuais dos adultos são consequência da maturação de suas funções orgânicas e que, de alguma forma, estariam pré-formatadas nas crianças, aguardando apenas oportunidades de se ma-

nifestar. Para ele, o comportamento cognitivo humano e suas características se desenvolveram ao longo da história da espécie, havendo uma relação entre os seres humanos e seu ambiente físico e social, entre o trabalho, o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem. (VYGOTSKY, 1998).

Influenciado por Marx & Engels, Vygotsky investigou as relações do homem com o trabalho, por entender que é dessas relações que decorre toda a produção humana: a do seu meio social, econômico, cultural, bem como, em última instância, a **autoprodução** dos próprios indivíduos. Para Vygotsky, a criança aprende a controlar o ambiente em que está com a ajuda da fala, o que produz uma nova organização de seu comportamento, constrói seu intelecto e constitui-se na base de seu trabalho produtivo, manifesto no uso de instrumentos. A fala, elemento essencial para Vygotsky, também tem a propriedade de controlar o próprio comportamento da criança, o que lhe confere a capacidade de ser, ao mesmo tempo, sujeito e objeto de seu próprio conhecimento.

Vygotsky atribuiu uma grande importância ao brincar e ao brincar no desenvolvimento cognitivo da criança: segundo ele, a criança brinca para satisfazer desejos que não podem ser imediatamente satisfeitos ou esquecidos, envolvendo-se em um mundo imaginário e ilusório. A essência do brincar, para ele, é a criação de uma nova relação entre o campo do significado e o campo da percepção visual, ou seja, entre situações do pensamento e situações reais. E o brincar cria uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP) na criança, que é a distância entre o nível de desenvolvimento real da criança, que se costuma determinar como a diferença entre a capacidade de resolução de problemas sem ajuda e a capacidade de resolução de problemas pela criança com a ajuda de companheiros mais experientes (VYGOTSKY, 1999)

Pode-se dizer que Vygotsky ampliou as perspectivas sobre cognição propostas por Piaget, e o arcabouço resumido de sua teoria encontra-se explicitado a seguir: (a) as crianças constroem seus conhecimentos ativamen-

te, a partir da cultura predominante onde são criadas; (b) o desenvolvimento cognitivo não pode ser separado de seu contexto social, porque eles são interdependentes; (c) o aprendizado não é conseqüência do desenvolvimento, podendo, inclusive, precedê-lo; (d) a linguagem e os signos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento mental; (e) a relação de mediação entre o uso de instrumentos, de símbolos e da fala afeta decisivamente várias funções psicológicas; (f) existência de funções mentais superiores, que dependem de funções mentais inferiores, que são determinadas pelo contexto cultural, envolvendo internalizações de ferramentas mentais formadas por símbolos e signos; (g) há uma ZDP que reflete diferentes níveis entre o que a criança pode fazer sozinha e o que pode fazer com ajuda de outros, e que reflete a diferença entre seu desenvolvimento real e seu potencial; (h) o brincar e o brinquedo desempenham papéis fundamentais no desenvolvimento das funções cognitivas e sociais da criança; (i) os indivíduos modificam seu ambiente por meio de seu comportamento e de sua mediação; e (j) a linguagem determina o pensamento, e não o contrário (VYGOTSKY, 1999).

O uso de LV/CVE beneficia seus usuários na medida em que amplia sua ZDP, impulsiona o desenvolvimento de sua fala e escrita, simula experimentos de laboratório como se fossem uma atividade de brincar, permite a construção ativa do conhecimento e fornece símbolos que ajudam o indivíduo na formação de suas funções mentais superiores.

A introdução dos conceitos e técnicas de *e-learning* colaborativo (que significa, em outras palavras, processos de aprendizagem, utilizando meios eletrônicos e tecnologias da informação e comunicação [TIC]), por sua vez, representaram um avanço com relação ao paradigma anterior do ensino baseado em tecnologia, ou *resource-based learning* (RBL), porque permitiram e implicaram a criação de comunidades de aprendizagem remotamente conectadas, por meio da Internet, com alta capacidade de ação, de interação e de troca de experiências. RBL é um enfoque educacional

que privilegiava o uso de recursos tecnológicos nos processos de aprendizagem, e que se ocupava da seleção e organização dos materiais de aprendizagem, além de questões técnicas, como o *design* e a produção desses materiais.

Aprendizagem colaborativa é o processo que se estabelece quando: (1) há interações cognitivas de pessoas de nível semelhante em termos de capacidade de ação, de conhecimentos e de *status*; (2) essas pessoas têm objetivos em comum de colaboração e de aprendizagem; e (3) elas conseguem dividir uma tarefa maior em partes menores e as distribuem entre si, a fim de solucioná-la (DILLENBOURG, 1999).

Comunidades de prática são grupos de pessoas conectadas, pela Internet, com abrangência geográfica ilimitada, que compartilham os mesmos interesses profissionais e científicos, constituindo organizações de aprendizagem (*learning organizations*), que trabalham visando a solucionar problemas não-estruturados e fora de limites e de abordagens tradicionais normalmente estabelecidas e/ou utilizadas em escolas.

Um CVE, segundo Earnshaw *et al.* (1997: 37):

(...) envolve o uso de sistemas de realidade virtual conectados em rede, para suportar trabalhos em grupo. O conceito-chave por trás dos CVEs é o de mundos virtuais compartilhados: espaços gerados por computadores cujos ocupantes são representados uns aos outros em forma gráfica e podem controlar seus próprios pontos de vista e podem interagir uns com os outros e com várias representações de dados e programas de computadores.

Nesses mundos virtuais compartilhados (**mundo virtual** é uma denominação que seria preferível à denominação "realidade virtual", já que esta, embora consagrada, encerra uma contradição semântica), os pesquisadores incorporam avatares, que são representações gráficas do próprio pesquisador dentro do laboratório simulado, e agem dentro do LV, por meio do seu avatar, do modo mais fidedigno

possível às suas ações no laboratório real, o que lhes permite realizar experimentos e obter resultados quase como se estivessem dentro de um laboratório real.

Desse modo, quando se trata de uma situação de utilização do LV para ensino e aprendizagem, a aprendizagem de quem incorpora o avatar dá-se na primeira pessoa, que é a que ocorre quando o aprendiz age sobre o objeto de estudo e constrói seu conhecimento sobre ele, com base em sua ação. O uso de avatares é um fator-chave nos LVs e nos CVEs, e representa um grande avanço nesses aplicativos com relação aos aplicativos anteriormente utilizados, que eram, no máximo, animações construídas para serem apenas assistidas passivamente pelo educando, como se fosse um filme convencional.

Realidade virtual (RV), segundo Kirner & Tori (2004: 6), “é uma interface avançada para aplicações computacionais, onde o usuário pode navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais”.

Aplicativos de RV podem ser de vários tipos: (1) de realidade misturada, quando se acrescentam objetos virtuais em um cenário real; (2) de realidade aumentada, quando se amplia o cenário real com objetos virtuais ou dados sobre os objetos reais; ou (3) de virtualidade aumentada, quando o ambiente principal é virtual e, ainda assim, é ampliado por meio da colocação de outros objetos, reais ou virtuais.

A utilização de aplicativos RV no ensino é importante porque, além de permitir que o educando tenha experiências na primeira pessoa, neles o discente pode aprender na velocidade mais adequada a ele, mais compatível com seu estilo de aprendizagem, se este for visual, exploratório ou dedutivo.

3 AMBIENTES COLABORATIVOS VIRTUAIS – CVE

As novas tecnologias da informação e comunicação constituem-se no fulcro tecnológico da

sociedade do conhecimento e tendem não só a provocar, mas, também, a auxiliar em mudanças de paradigmas de ensino, fazendo, como conseqüência, surgir condições para a existência de diferentes plataformas de ensino. A primeira geração dessas plataformas constituiu-se de treinamentos baseados em computadores (CBT), aplicações criadas logo após a invenção do computador de grande porte, que eram *offline* e locais, e que usavam modelos de aprendizagem altamente estruturados e fechados. A segunda geração refere-se aos conteúdos educacionais e aos aplicativos disponibilizados por meio da *Internet*, e são plataformas de aprendizagem suportando RBL.

A terceira geração de plataformas, agora despontando, apresenta dois grupos de conceitos como seus pontos básicos: (1) os aplicativos constituem um CVE, caracterizado por ser (a) aberto, com baixo nível de estruturação e alto nível de liberdade de entradas de participantes, (b) altamente convidativo a participações, com grande incidência de relacionamentos horizontais, nos quais os participantes têm *status* idênticos, e (c) com alto nível de reflexão e de indução a situações metacognitivas; (2) esses aplicativos baseiam-se em aprendizagem dentro de comunidades virtuais, integradas por pessoas que interagem para satisfazer suas necessidades cognitivas e realizar interações sociais (LAISTER & KOUBEK, 2001).

Até princípios do século XX, os aprendizes estudavam ofícios diretamente com seus mestres, com teoria e prática indissociáveis e, até mesmo, indistintas, nas diversas áreas de atividades humanas – forjando metais, misturando essências, costurando tecidos, elaborando alimentos, construindo casas, preparando lavouras, entre outras. A aprendizagem era toda presencial e síncrona. Não existia ainda a dimensão remota virtual e assíncrona, somente criada pelas TIC a partir do início dos anos 1980 (há apenas 25 anos, portanto). A partir daí, a disseminação do microcomputador, de redes, de *softwares* de RV e recursos tecnológicos de comunicação permitiram a criação de mundos virtuais, hoje tão importantes quanto a dimensão real, especialmente para ativi-

dades de ensino e aprendizagem. Surgiram, então, os CVEs, que são comunidades de prática nos quais as TI são usadas para formar uma rede de conexões entre tutores, educandos e recursos de ensino, em todas as suas combinações possíveis.

Os modelos de aprendizagem originados no ambiente de ensino presencial englobam conceitos de que a aprendizagem pode dar-se das seguintes maneiras: (1) recepção passiva, quando se aceita que o conhecimento pode ser fracionado e passado intacto do professor para o aluno; (2) descoberta, segundo a qual o aprendiz tem de esforçar-se para descobrir as coisas e construir seu conhecimento; (3) preenchimento de *deficit* de conhecimentos, modelo no qual o aprendiz preencheria sozinho as lacunas em seus conhecimentos, bloco por bloco; (4) construção orientada, em que um mestre estimularia e guiaria as etapas de construção dos conhecimentos do aprendiz.

Para esses modelos serem eficazes em um ambiente CVE, eles precisam proporcionar diferentes características de aprendizagem, nas quais esta possa ser (1) **ativa**, segundo a qual o educando tem de engajar-se ativamente na aprendizagem, a fim de construir o seu conhecimento; (2) cumulativa, na qual aquilo que o educando já sabe deve ser o alicerce para aquilo que vai aprender; (3) individual, na qual se entende e se aceita que cada educando constrói seu conhecimento de uma maneira única, diferente de qualquer outra pessoa; (4) autorregulada, na qual o educando deve estar ciente de suas atividades de aprendizagem e poder refletir sobre ela; (5) orientada a objetivos, quando o educando precisa ter clara noção dos objetivos de aprender determinado assunto (GOODYEAR, 2001).

Os modelos de ensino e aprendizagem oferecidos por meio de LV/CVE devem apresentar diferentes perspectivas para poderem atender às necessidades de diferentes capacidades cognitivas de seus usuários, cuja existência é sustentada pela teoria das inteligências múltiplas, de Howard Gardner, que defende que existem oito tipos de inteligências distintas, possuídas por todos os seres humanos em graus variados.

Gardner desafia os testes de inteligência tradicionais, refutando a visão de que a inteligência do indivíduo seja uma entidade fixa ao longo de sua vida e que possa ser medida por meio de testes relativos a habilidades lógicas e de linguagem. Para ele, as oito inteligências presentes nos seres humanos são as seguintes: (1) verbal/lingüística: habilidade de entender e manipular palavras e linguagens; (2) lógica/matemática: capacidade de fazer coisas com dados, tais como coletar, organizar, analisar e interpretar, concluir e pressupor, identificar padrões e relacionamentos; (3) visual/espacial: habilidade em formar e manipular modelos mentais, que o indivíduo usa para projetar, imaginar, criar; (4) corpóreo-cinestésica: capacidade de processar informações por meio do corpo e dos sentidos; (5) naturalística: habilidade do indivíduo em reconhecer e classificar plantas, animais e minerais; (6) musical: poder compreender, criar e interpretar trechos musicais, timbres, ritmos e tons que compõem melodias; (7) intrapessoal: capacidade do indivíduo de compreender suas emoções, motivações, ações; (8) interpessoal: habilidade do indivíduo em entender os outros, suas forças e fraquezas, bem como de interagir com eles (GILES *et al.*, 2007).

Outro aspecto a ser focalizado, visando à compreensão dos CVEs, é o da colaboração entre os atores dessas comunidades. Entende-se que uma colaboração é uma atividade coordenada e sincronizada, resultante de uma tentativa contínua de construir e manter um conceito compartilhado de um problema. (Etimologicamente, colaborar significa apenas **trabalhar junto**.) Há seis aspectos que devem estar presentes para que uma ação possa ser caracterizada como colaborativa dentro de um CVE, quais sejam: (1) a colaboração ocorre sob uma situação em que há simetria de ação, de conhecimento e de *status* entre os agentes, ou seja, todos os envolvidos na situação têm o mesmo *status*, não havendo hierarquia de mando entre eles; (2) há interações e negociações claras entre os participantes da colaboração, ao invés de, por exemplo, somente ordens; (3) há processos ocorrendo entre os agentes da colaboração,

que disparam mecanismos de aprendizagem entre eles; (4) há efeitos/conseqüências resultantes da colaboração entre eles; (5) há objetivos comuns e explícitos entre os agentes; e (6) há uma clara divisão do trabalho entre os colaboradores (DILLENBOURG, 1999).

Outro fator a destacar ao falar-se de colaboração é que, ao se levar em conta que o conhecimento é algo a ser construído pelo conhecedor, as pessoas podem ajudar-se mutuamente nas atividades de construção de cada conhecimento individual. Pode-se, portanto, falar em construção colaborativa do conhecimento ou de co-construção do conhecimento.

Alguns autores distinguem que existem, por um lado, formas epistêmicas, que são estruturas de conhecimentos construídas e tornadas disponíveis por meio da cultura, tais como hierarquias, axiomas e taxonomias etc., e que existem, por outro lado, jogos epistêmicos, que são as estratégias que guiam a construção do conhecimento em torno de formas epistêmicas. Desse modo, o objetivo de atividades de ensino e aprendizagem, para Morrison & Collins (1996: 114, *apud* GOODYEAR, 2001: 55):

(...) é o desenvolvimento de fluência epistêmica – a habilidade em reconhecer e praticar uma variedade de jogos epistêmicos, que ocorre por meio da participação em jogos epistêmicos, e não apenas por observá-los ou ouvir falar a respeito deles. Desenvolve-se fluência epistêmica por meio da interação com outras pessoas que já são relativamente mais fluentes.

Como um CVE serve a uma comunidade *online*, é necessário também conceituar que um grupo de pessoas constitui uma comunidade quando: (1) o grupo de participantes é claramente definido, em termos de perfis técnico-profissionais; (2) há regras e normas locais de colaboração; (3) existe um sistema de monitoramento e de sancionamento para aceitação de novos membros ao grupo; (4) dispõe-se de mecanismos de baixo custo utilizados para a resolução de eventuais conflitos (GOODYEAR, 2001).

4 APLICAÇÕES DE CVE E LV

É importante lembrar que os LVs são preferíveis aos laboratórios reais nos casos em que (1) o processo de aprendizagem em ambientes reais possa colocar em risco a saúde e a segurança do aprendiz ou de outras pessoas; (2) experimentos reais não possam ser realizados devido a limitações materiais, de tempo etc.; (3) o custo de construção ou de manutenção do ambiente real seja proibitivo; (4) o experimento desejado não possa ser realizado na prática porque ele significa o teste de uma hipótese existente somente em nível conceitual (ALEXIOU *et al.*, 2002).

Alguns LVs já foram implementados com sucesso, ao menos em algumas de suas etapas, em diversas áreas. O primeiro exemplo que pode ser citado apresenta-se na área de medicina nuclear e de físico-química, com o Projeto VirRAD (*Virtual Radiopharmacy Laboratory*), iniciado por pesquisadores gregos, cujo objetivo geral foi prover uma interface baseada na *Web*, que pudesse ser operada pelos seus usuários e permitisse a comunicação entre membros da comunidade de radiofarmácia internacional.

O projeto atingiu vários objetivos, a seguir explicitados: (a) promoveu a integração de RBL com estratégias de *e-learning* colaborativo; (b) em seu LV, os pesquisadores são representados por avatares; e (c) em seu LV, são simuladas operações de produção de radiofármacos, com o pesquisador interagindo com o ambiente virtual em modo monousuário (modo de estudo) ou multiusuário (quando um pesquisador encontra também outros cientistas representados dentro do LV).

No Ipen-USP, no setor de aplicações do Centro de Radiofarmácia, iniciaram-se os trabalhos para criar um CVE similar ao criado pela equipe do Projeto VirRAD, e que será usado por técnicos, físicos e médicos brasileiros para seu processo contínuo de capacitação, para revisão de procedimentos e aprimoramento de processos de qualidade.

Ele utilizará avatares e conterà os procedimentos realizados na produção de radiofár-

macos para hospitais e clínicas, tais como eluição de geradores de tecnécio ^{99m}Tc , marcação de moléculas por radioisótopos como flúor 18 (^{18}F), iodo 132 (^{132}I) e gálio 67 (^{67}Ga), entre outros, utilizadas em diagnósticos e terapias oncológicas. O CVE resultante será colocado à disposição da comunidade brasileira de radiofarmácia, testado e utilizado por ela, e os resultados obtidos serão reportados pelos autores.

Uma visão do laboratório do Projeto VirRAD, onde se observa um avatar, que representa um segundo pesquisador (e não o próprio usuário do momento), é mostrada na Figura 1.

As áreas representadas na Figura 1 são as seguintes: (a) o laboratório 3D; (b) painéis cobertos, de instrumentos desabilitados nesse modo de operação; (c) opções para mudanças de pontos de vista do avatar; (d) área de descrição dos objetos; (e) área de informações sobre as ações do avatar; (f) cápsulas e recipientes de materiais; (g) área de gestos possíveis para o avatar; (h) relação do usuários *on-line*; (i) área de comunicação textual; (j) área de comunicação verbal.

O segundo exemplo de CVE associado com LV é o Virolab, um laboratório de biologia (virologia) da Faculdade de Medicina de Genebra, que não se utiliza de avatares, cujo objetivo é a pesquisa de doenças infecciosas, no qual o educando simula diferentes modos de auxílio a vírus defeituosos para que esses se multipliquem.

Os dados referentes aos experimentos são distribuídos em vários bancos de dados, cuja exploração integrada permite análises estatísticas, visualizações e simulações, para prever mutações genéticas em vírus resultantes de terapias aplicadas.

Desse modo, o estudante aprende sobre a estrutura do vírus, bem como sobre qual linhagem de células saudias ele poderá infectar. Ao final de determinadas etapas, o aplicativo coloca questões para serem respondidas pelo estudante, cujas respostas determinam os rumos da continuidade do processo.

O aplicativo tem cinco partes: (1) a interface geral, que dá acesso às outras quatro e permite que o usuário escolha suas opções e interaja com outros usuários; (2) o laboratório, equi-

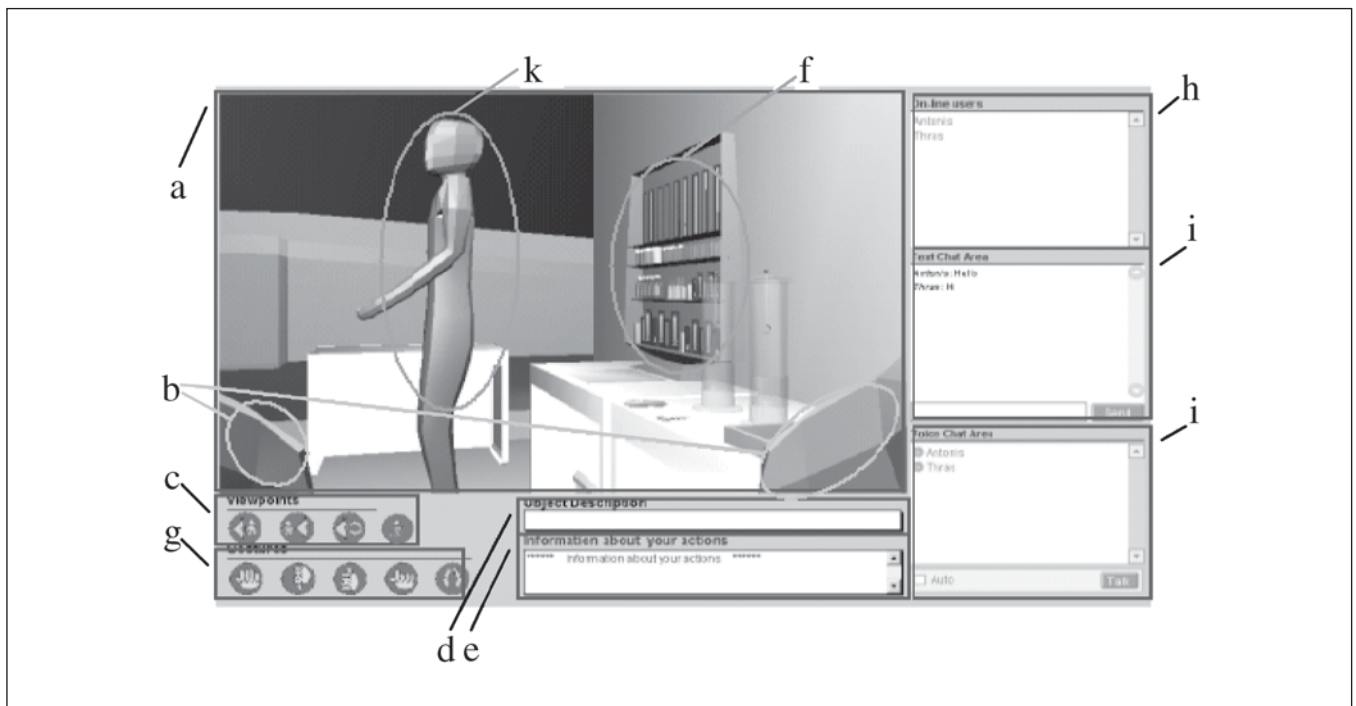


Figura 1: Laboratório VirRAD em modo multiusuário

Fonte: ALEXIOU et al., (2004).

pado com vários instrumentos para verificação da estrutura e composição do vírus; (3) a sala de cultura, onde é testada a funcionalidade do vírus; (4) o escritório, onde é encontrado o registro das operações realizadas no laboratório; (5) a biblioteca, constituída de textos hipermedia.

A Figura 2 mostra a interface geral do aplicativo, até o momento somente disponível na língua francesa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão de conceitos, potencialidades, características de utilização e benefícios que os LV e os CVE podem trazer para atividades de ensino, aprendizagem e pesquisa ainda estão em seu estágio pouco desenvolvido no Brasil. No entanto, mesmo estando ainda no início dessa jornada, já é possível vislumbrar grandes ganhos à frente, referentes às possibilidades de melhorias na compreensão dos assuntos quando estes puderem con-

tar com os recursos de simulação contidos nos LV, e também pelas possibilidades de acesso a esses assuntos por grandes massas de estudantes e profissionais, condição esta alavancada pela possibilidade de disponibilização dos LVs na *Web*.

No amplo espectro de assuntos referentes aos LVs, destaque-se, não são apenas os conceitos tecnológicos que precisam ser entendidos e aprofundados, mas também a compreensão dos fatores cognitivos envolvidos, dos aspectos de aprendizagem colaborativa, os conceitos de ambientes virtuais colaborativos e suas implicações nas escolas e nos atores que interagem na sociedade.

Nesse artigo, introduziram-se elementos para iniciar a avaliação do potencial da importância e abrangência das soluções colaborativas de ensino associadas a tecnologias de RV que estão por vir, por meio do estudo de características e da exemplificação dos CVE e LV como os citados (o Projeto VirRAD, na área de radiofarmácia, e o ambiente Virolab, na área virologia).

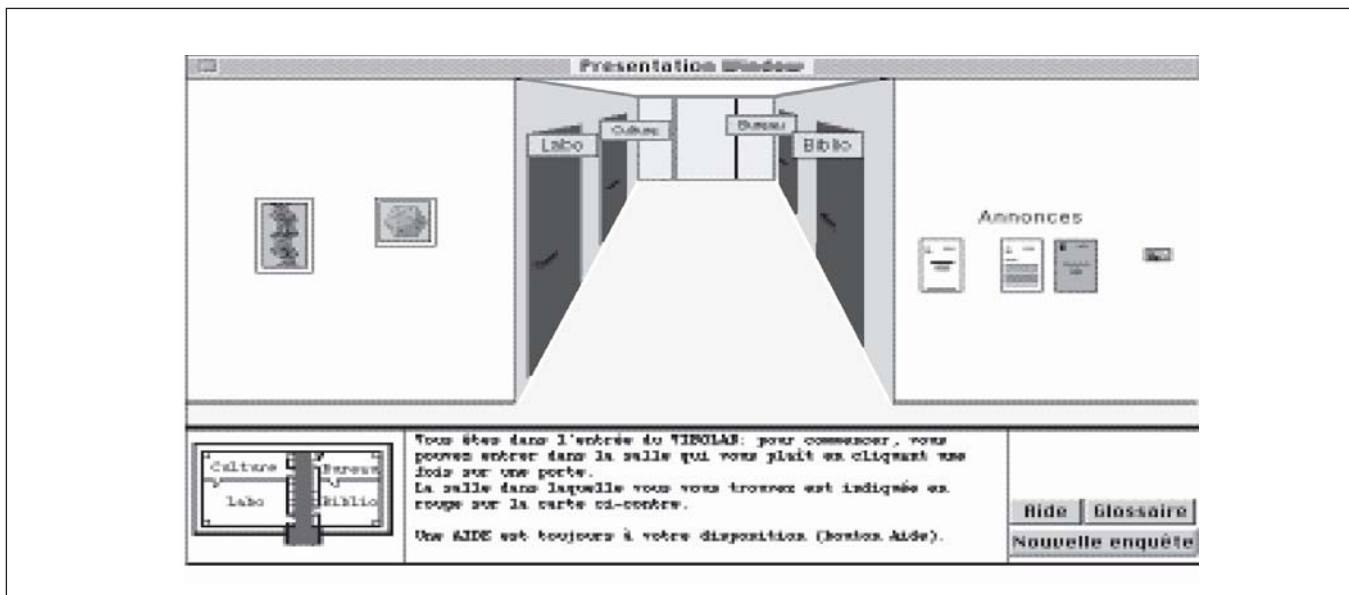


Figura 2: Tela de apresentação do CVE Virolab

Fonte: SCHERLY et al., (2000).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXIOU, Antonios; BOURAS, Christos & GIANNAKA, Eri. *Virtual laboratories in education*. A cheap way for schools to obtain laboratories for all courses, by using the computer laboratories. Disponível em: <<http://ru6.cti.gr/publications/1009.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2002.

ALEXIOU, Antonios; BOURAS, Christos; GIANNAKA, Eri; KAPOULAS, Vaggelis; NANI, Maria & TSIATSOS, Thrasivoulos. *The Virtual Radiopharmacy Laboratory: A 3D simulation for distance learning*. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 13, p. 307-322. Computer Engineering and Informatics Department. University of Patras, Greece, 2004.

DILLENBOURG, Pierre. *What do you mean by "collaborative learning"?* In: DILLENBOURG, Pierre (ed.). *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*. Oxford: Elsevier, 1999. p. 1-19.

EARNSHAW, Rae A.; LAMOTTE, Wim; CHAMPNESS, Brian; CHILTON, Nic; DIAS, M. & MENA DE MATOS, João. *Visinet III-3D: Visualization over Networks*. UK: Telepresence and Shared Virtual Environments (Chains), 1997.

GILES, Emily, PITRE, Sarah & WOMACK, Sara. Multiple intelligences and learning styles. In: OREY, Michael (ed.). *Emerging perspectives on learning, teaching and technology*. 2003. Disponível em: <<http://projects.coe.uga.edu>>. Acesso em: 14 de maio de 2007.

GOODYEAR, Peter. Psychological foundations for networked learning. In: STEEPLES, Christine & JONES, Chris (eds.). *Networked learning: pers-*

pectives and issues. New York, NY: Springer-Verlag New York, Inc., 2001. p. 49-75.

KIRNER, Claudio & TORI, Romero (eds.). *Realidade virtual: conceitos e tendências*. Pré-Simpósio – VII Symposium on Virtual Reality 2004. São Paulo: Mania do Livro, 2004.

LAISTER, Johann & KOUBEK, Anni. 3rd Generation learning platforms requirements and motivation for collaborative learning. EURODL, 2001. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/materials/contrib/2001/ic101/laister.htm>>.

MORRISON, Donald & COLLINS, Allan. Epistemic fluency and constructivist learning environments. In: WILSON, Brent (ed.). *Constructivist learning environments*. New Jersey: Educational Technology Publications, 1996. p. 107-119.

PIAGET, Jean. *Biologia e conhecimento*. Trad. Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

SCHERLY, Daniel; ROUX, Laurent & DILLENBOURG, Pierre. *Evaluation of hypertext in an activity learning environment*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, p. 125-136, 2000.

VARY, James P. (ed.). Report of the expert meeting on virtual laboratories. Organized by International Institute of Theoretical and Applied Physics – Itap. Ames, Iowa, May, 1999, p. 10-12, Paris: Unesco, 2000.

VYGOTSKY, Lev S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Trad. José Cippola Neto. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

_____. *Pensamento e linguagem*. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1999.