

Aprendizagem de operações em ambiente virtual mediado por simulação computacional 3D

CRISTIANO HENRIQUE ANTONELLI DA VEIGA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)

JEAN CARLOS DOMINGOS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU)

Aprendizagem de operações em ambiente virtual mediado por simulação computacional 3D

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da aprendizagem mediada por simulação computacional e o uso de jogos sérios são atividades didáticas que vem se expandido em todos os níveis de ensino (ROCHA, et al., 2016). De maneira geral, as Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras não tem acompanhado esta tendência pedagógica. Suas didáticas ainda estão na reprodução de conceitos e técnicas teóricas sem haver a associação com desenvolvimento de pensamento crítico e criativo necessários para o ambiente empresarial (BOAVENTURA et al., 2018). Algumas poucas IES's vêm adotando outras estratégias de ensino, com destaque para a área gestão empresarial, tendo como ações principais as de empresas simuladas e jogos de empresas (ARAÚJO et al., 2015). No que trata da área de Administração o emprego de didáticas de simulação e dinâmicas de sistemas como didática de ensino ainda está em fase inicial de utilização (ANDRADE; DOMINGOS; VEIGA, 2017).

Norteados pela estrutura pedagógica para o desenvolvimento de interface com uso de simulação computacional para o ensino de gestão (VEIGA; COSTA; DOMINGOS; PAULA, 2018), foi desenvolvido neste trabalho um curso *online* dos conceitos operacionais do Kanban de maneira a oportunizar a compreensão dinâmica destes conceitos. Foram utilizados vários sistemas computacionais que integrados propiciaram um ambiente simulado de situações do mundo cotidiano.

Como princípio geral, um ambiente de ensino mediado por simulação computacional necessita estruturação e organização que oportunizem aos acadêmicos uma série de atividades de estudos que, mesmo que simuladas, possam lhes dar condições de realizar observações, abstrações e generalizações conceituais das teorias científicas estudadas.

A partir das diversas vivências de situações representadas simuladamente, os estudantes podem desenvolver sua capacidade de análise e as correlacionar com os conceitos estudados. Também podem realizar associação dos conceitos envolvidos na simulação com problemas específicos da realidade envolta no cenário profissional.

Com o uso da didática da simulação computacional integrada com recursos de aprendizagem virtual é possível desenvolver as relações conceituais e científicas de maneira que essas possam ser compreendidas pelos estudantes. Também tem o intuito de formação do pensamento e desenvolvimento de conceitos científicos e experiência das suas ações no meio profissional. Assim, o motivo principal que deu origem a este trabalho foi desenvolver um planejamento de aula realizada em ambientes computacionais simulados que oportunize um processo de aprendizagem dinâmico mediado por ambiente virtual apoiado por modelos simulados em 3D.

Este artigo apresenta, inicialmente, conceitos acerca da simulação computacional e das questões relacionadas a teoria histórico-cultural da atividade. Em seguida é apresentada a proposta de organização do planejamento da atividade de aprendizagem em ambiente de simulação computacional nas perspectivas da teoria da atividade, apresenta a visão dos estudantes nos testes realizados e finaliza com as considerações finais e ações futuras de pesquisa a serem realizadas.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Construto de grande utilidade, a simulação é o ato de imitar um procedimento real em

menor tempo e com menor custo, permitindo um estudo detalhado de acontecimentos passados, presentes e até mesmo projeções de futuros e buscam explicar o comportamento dos processos operacionais da vida real (LAW; KELTON, 2000). Simulação é definida como a construção de um modelo de processo e a experimentação com a replicação desse processo pela manipulação das variáveis e suas inter-relações dentro do modelo (BERENDS; ROMME, 1999). O uso de modelos de simulação requer certo esforço dos estudantes para formular declarações explícitas requeridas para obter a precisão necessária em uma expressão na modelagem por computador (FORRESTER, 1994).

A utilização pedagógica da simulação computacional estimula nos estudantes a interação com modelos e lhes proporciona melhor compreensão e apreensão do conteúdo, uma vez que a simulação lhes possibilita experienciar os processos e operações que compõem esses sistemas (STAVE; BECHK; GALVAN, 2015).

Sauaia (2010) emprega a simulação em seus trabalhos como um instrumento didático para desenvolver competências sistêmicas e dinâmicas por uso de regras que, colocadas em prática, possibilitam estudar teorias, conceitos, modelos e técnicas com a finalidade de dirimir o impacto das didáticas estáticas e de memorização de conteúdos teóricos.

O avanço tecnológico ampliou a capacidade computacional e o desenvolvimento de técnicas visuais aperfeiçoadas que possibilitam se obter excelentes níveis de confiança, refletindo com consistência a realidade em toda sua complexidade sendo as mais utilizadas a modelagem e simulação de eventos discretos - SED e de dinâmica de sistema ou *System Dynamics* - SD (ROBINSON, 2014; BRITO; BOTTER, 2014).

As abordagens de SED e SD, podem complementar um ao outro de modo a oferecer soluções potenciais para modelar e atender aos requisitos de representações detalhadas, dinâmicas e complexas de uma realidade em estudo que são discutidas por Morecroft e Robinson (2005), Rabelo et al. (2005), Helal e Rabelo (2004), Helal et al. (2007), Brito, Botter e Trevisan (2011); McHaney, Tako e Robinson (2014); e Brito e Botter (2014),.

A combinação dessas duas abordagens tem sido investigada por diversos autores, tais como Venkateswaran e Son (2005), Rabelo et al. (2005), Rabelo et al (2007), Pastrana (2010), Brito e Botter (2014) e Domingos (2015), que propõem uma abordagem de simulação híbrida cujo objetivo é a construção de modelos de simulação com níveis elevados de confiança e possibilitando a modelagem de sistemas maiores e mais complexos, representando características particulares de seus elementos por meio da abordagem mais adequada.

Pesquisas têm avançado no desenvolvimento de novas técnicas para adaptar os programas de simulação distribuída para arquiteturas computacionais mais recentes, tais como grades (*Grids*) computacionais e computação nas nuvens - *Cloud Computing* (SILVA et al., 2015; MANACERO et al., 2012; PARK; FUJIMOTO, 2007; MALIK; PARK; FUJIMOTO, 2010).

A simulação distribuída é um campo de estudo interessado na execução de um programa de simulação em plataformas computacionais que contêm vários processadores, ou ainda, em plataformas com equipamentos computacionais conectados por meio de uma rede de comunicação, os quais podem estar geograficamente dispersos ou não (FUJIMOTO, 2015). Esse conceito também consiste na distribuição dos processos que compõem o programa de simulação entre vários processadores que estejam disponíveis, para que de modo simultâneo ocorra o processamento paralelo da simulação. Segundo Yau (1999), duas abordagens podem ser utilizadas para realização de uma simulação distribuída, denominadas de Replicações Múltiplas em Paralelo (MRIP - *Multiple Replication in Parallel*) e Replicação Individual em Paralelo (SRIP - *Single Replication in Parallel*).

Na abordagem nomeada como SRIP, o modelo de simulação é dividido em pequenos processos lógicos que serão alocados e executados em múltiplos processadores ou em múltiplos computadores de uma rede, de modo que as operações tenham condições de serem

processadas paralelamente. Já na abordagem MRIP, o particionamento do modelo de simulação não ocorre, o que ocorre é a replicação independente de um mesmo modelo que é executada em paralelo. Os resultados produzidos em cada replicação são enviados para um processo de análise responsável para coletar dados das simulações, os comparar ou sumarizar.

De acordo com Barbosa (2012), a implementação de uma simulação distribuída difere em grande parte de um sistema centralizado, uma vez que alguns problemas, tais como, sincronização dos processos, balanceamento de carga e sobrecarga na rede de comunicação não estão presentes em um sistema centralizado. Na simulação distribuída, a execução de processos lógicos de forma desordenada deve ser evitada, ou seja, os eventos em um ambiente de simulação distribuída devem ser executados na mesma ordem, como em um sistema centralizado.

Em uma simulação executada de modo distribuído é necessário manter a consistência das informações que estão em processamento para garantir a integridade dos resultados. Segundo Chandy e Misra (1979), para obter essa consistência, basta garantir a execução cronológica dos eventos em uma simulação utilizando protocolos que assegurem o sincronismo entre os processos da simulação.

Também se verificam diversos protocolos de sincronização desenvolvidos para serem utilizados em computação distribuída (CHANDY; MISRA, 1979; BRYANT, 1977; PARK, FUJIMOTO; PERUMALLA, 2004; JEFFERSON, 1985; MOREIRA, 2005; SPOLON, 2001). Esses protocolos são classificados por Fujimoto (2003) em duas classes denominadas de protocolos conservativos e protocolos otimistas, que respectivamente tratam do problema de causa e efeito, ou seja, quando um evento é executado fora da ordem cronológica, de modo a evitar que ele ocorra ou corrigindo o problema quando o mesmo ocorrer.

A evolução da simulação computacional, permitindo a integração de abordagens de modelagem diferentes, alinhada ao desenvolvimento de arquiteturas computacionais que ampliam a capacidade de processamento por meio da computação paralela e distribuída, possibilita atualmente simular sistemas cada vez mais complexos em diferentes áreas da ciência e da tecnologia. Congregar esses avanços na construção de um ambiente de aprendizagem mediado por simulação, que possibilite representações mais realistas do objeto de estudo e que permitam o desenvolvimento de atividades de ensino e de aprendizagem tanto individuais quanto por meio de grupos numa estrita comunicação e integração é o foco deste projeto.

CONSIDERAÇÕES ACERCA DA APRENDIZAGEM EM AMBIENTES SIMULADOS

O estímulo aos estudantes em realizar a aprendizagem pelo desenvolvimento do senso crítico e pelo conhecimento fruto de uma ação entre a universidade e as empresas propiciam condições de continuidade de conhecimentos técnicos administrativos. Este tipo de ação pedagógica propicia a vivência dos estudantes com o ambiente empresarial e traz contribuições ao aprendizado. No entanto, estas práticas pedagógicas são limitadas a grupos pequenos de estudantes e tem que haver a colaboração das pessoas nas organizações (LACERDA; BERNADES; SIMON, 2020).

Didáticas de ensino que partam da visão geral dos conteúdos curriculares possibilitam abstrair as relações hierárquicas dos conceitos científicos previamente estudados para posteriormente compreender uma ação particular específica (LONGAREZI; PUENTES, 2015). Para garantir o êxito do estudo e favorecer o processo de internalização dos conceitos científicos, é necessária a elaboração de uma sistematização, a partir de uma unidade central básica, a atividade de estudo dos estudantes.

O processo de tomada de consciência das ações desenvolvidas, tanto no ambiente real

quanto nas simuladas, oportuniza o desenvolvimento psíquico do estudante. Ele estimula o deslocamento de sua atividade principal de maneira a lhe proporcionar associações das linguagens, do papel dos diferentes sujeitos e grupos, das regras, das ferramentas de trabalho e das metas inerentes a um determinado objeto cultural (VEIGA; ZANON, 2016).

A atividade principal é direcionada para o motivo. O motivo é o desejo principal ou o objeto cultural que o sujeito em última análise quer ou precisa para atingir. A realização da atividade ocorre por meio de uma sequência de ações que podem ou não estar relacionadas com o motivo principal do sujeito. Cada sequência de ação é direcionada a um objetivo, uma meta (BATTISTA, 2015).

Cada ação é composta de um conjunto de unidades de nível inferior chamadas de processo e suas operações que podem ser consciente ou inconscientemente realizados, de acordo com as condições dadas. A realização dos processos e suas operações estão diretamente relacionados de acordo com as condições de trabalho disponíveis para a sua consecução (CARVALHO et al., 2015).

A utilização de textos didáticos devidamente articulado com uma atividade de simulação computacional oportuniza pedagogicamente e de maneira dinâmica a articulação dos conceitos científicos de um determinado campo do saber (ALMEIDA; ARAÚJO; FRANÇA, 2015).

O ambiente virtual possibilita testar várias ações do cotidiano, com agilidade e segurança para os estudantes, como também contribui para elaborar e formar um conceito empírico do objeto cultural estudado. Esta construção se dá a partir de ações e situações concretas e sensoriais do cenário simulado para o estímulo da generalização, abstrata e imaginável, de possíveis cenários reais do mundo do trabalho inerente àquela ação (STAVE; BECK; GALVAN, 2015).

Uma atividade de ensino elaborada com um ambiente simulado computacionalmente estimula atitudes para o estudo por meio de análise dos fatos simulados com as teorias analisadas (REPKIN, 2003). Em um caso concreto e singular, o objeto tem o intuito de desenvolver a capacidade dos estudantes em identificar e analisar os seus traços característicos e unívocos. Os estudos podem ocorrer em classes gerais por meio da distinção, separação, comparação e compreensão dos fatos ocorridos, ou seja, na identificação de suas propriedades formais e conceituais (LIBÂNEO; FREITAS, 2015).

Se a elaboração de atividades de ensino em ambiente de simulação computacional contribui na perspectiva do desenvolvimento do conhecimento e do raciocínio de um determinado tema, por outro lado há também preocupações acerca do seu uso apenas mecânico e tecnológico. Se for usada desta maneira ela não possibilita a articulação dos conceitos teóricos simulados para os seus possíveis desdobramentos para o mundo real (DOURADO; GIANNELLA, 2014).

Outra limitação está no fato dos estudantes não visualizarem a simulação como uma chance de aprendizado significativo e até mesmo como uma brincadeira. Outros estudantes podem buscar apenas entender as técnicas nela contidas, centrando-se apenas no acerto e na consecução das regras técnicas da simulação e não busquem compreender os desdobramentos das relações humanas do trabalho coletivo inerentes à ação simulada (STAVE, 2011).

Nesse ínterim, o processo de significação da ação realizada com os objetos culturais em estudo em ambientes simulados visa o desenvolvimento, formação e consolidação dos conceitos teóricos estudados por meio das observações das ações empíricas do mundo do trabalho coletivo nele objetivado (SOLOVIERA; ROJAS, 2015). Por meio da análise da ação pedagógica da simulação vivenciada, é possível diminuir a lacuna entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica dos conteúdos (VEIGA; LIMA; ZANON, 2013).

A sistematização da resolução de uma situação específica e complexa, contida na atividade de aprendizagem simulada, necessita estimular a formação e ampliação dos

conceitos científicos por meio da reflexão das ações com esses objetos e de novas articulações conceituais adquiridas a partir das simulações vivenciadas (VEIGA; ZANON, 2016).

MÉTODO DA PESQUISA

Para realizar o desenvolvimento deste primeiro experimento de integração de múltiplas ferramentas tecnológicas e educacionais, para o ensino de operações, foi realizada, inicialmente, uma revisão da literatura acerca de estudos conjuntos destas duas teorias com finalidade de identificar a existência de estudos anteriores que realizassem a sua integração.

Ao buscar responder à questão central da pesquisa, os autores partiram para a estruturação detalhada dos pontos centrais de cada um dos conceitos visando identificar as propriedades relevantes em cada categoria de análise (GIL, 2007). Como trata de uma análise conceitual, este estudo também pode ser qualificado como qualitativo (GIBBS, 2009).

Para elaborar o desenvolvimento da proposta pedagógica de apoio ao projeto de sistemas simulados computacionalmente para o ensino das sistemáticas operacionais do Kanban foi utilizado como caminho metodológico a pesquisa-ação (THIOLLENT, 2003), caracterizado pela ação e experiência dos professores participantes da pesquisa como fonte de dados de questionamento oriundas da vivência de campo tanto profissional quanto acadêmica bem como para a elaboração, verificação e ajustes da proposta pedagógica com a prática de desenvolvimento da simulação computacional.

Para Stenhouse (1993), esse método de pesquisa é um meio pelo qual os docentes podem elaborar suas compreensões acerca das teorias estudadas e formular suas proposições teóricas sobre o tema educativo em questão. Posteriormente, é factível realizar ações que possam comprovar ou refutar suas proposições e realizar alterações na proposta a fim de proporcionar a criação de saberes pela sua natureza participativa (MORIN, 2004).

Para superar o desafio desta proposição teórica conceitual, foi utilizada a proposta de sistemática pedagógica, proposta por Veiga et. Al. (2018), a qual norteia o desenvolvimento de um projeto de simulação computacional em ambiente 3D de maneira a permitir a compreensão pedagógica de um determinado conteúdo. Com base nessa proposta pedagógica, foram definidos os diversos aplicativos como requisitos para o desenvolvimento da plataforma de simulação em ambiente 3D para fins educacionais.

Durante o seu uso foram identificados, selecionados e utilizados diferentes aplicativos para o desenvolvimento do curso, como: Moodle, Flexsim, Sketch up e HTML5 Package (H5P), além de editores de vídeos para as etapas explicativas do conteúdo.

Ao desenvolver o desenho do projeto de simulação, foi possível observar as diversas interações que a proposta proporciona ao programador para que as ações que a simulação busca demonstrar estejam alinhadas com as propostas pedagógicas previamente desenvolvidas.

CONSIDERAÇÕES ACERCA DO USO DAS SOLUÇÕES DESENVOLVIDAS

Com base na proposta foi realizada a sua aplicação por meio da elaboração de um projeto pedagógico de um curso de curta duração em modo assíncrono cuja interface adotada como principal mediadora foi o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle. Para o desenvolvimento dos modelos de simulação 3D foi utilizada a versão gratuita do programa Flexsim versão 2019. Para alimentar os modelos simulados e para demonstrar outros ambientes fabris foi utilizado o Sketch up e suas ações foram gravadas em forma de vídeos que foram dinamizados e integrados por meio do H5P.

O conteúdo considerado para o curso é parte de um componente curricular do curso de

Administração e de Ciências Contábeis de uma universidade federal localizada no triângulo mineiro. Também foram inseridas abordagens inerentes a prática industrial de maneira a propiciar a utilização deste curso em treinamentos e qualificação de equipes operacionais de empresas.

Devido às limitações técnicas impostas pela versão gratuita foram desenvolvidos 10 modelos de simulação computacional em ambiente 3D com média de 20 elementos cada. Depois de desenvolvidos foram gravadas as simulações em formato de vídeos que foram inseridos na interface. Também foram utilizados ambientes fabris em 3D por meio do uso do Sketch up e a partir destes foram elaborados inúmeros elementos de análise para cada cenário possível das condições teóricas estudadas com a sua demonstração prática. Estes ambientes também foram constituídos como modelos e foram gravados em formato de vídeos e inseridos na interface.

As interfaces elaboradas para o ambiente foram projetadas de modo a garantir um padrão amigável de comunicação e visualização, sendo estas adaptáveis para a exposição de simulações e de textos didáticos elaborados para complementar as explicações dos conceitos, como o exemplo apresentado na figura 1.

Figura 1. Exemplos de interfaces projetadas para o ambiente virtual mediado por simulação computacional.



Fonte: Os autores.

A interface de gestão do ensino utilizada foi o Moodle, e para a organização das sequências de aprendizagem e interações dinâmicas entre os diversos elementos didáticos foi utilizado o H5P, principalmente os recursos apresentações e vídeos dinâmicos com textos inseridos nestes.

No que trata de vídeo interativo oriundos dos ambientes simulados, foram desenvolvidas visualizações representando uma caminhada pelos ambientes, as quais foram gerenciadas pelo H5P, uma abordagem de gravação diferente da tradicional. Em um determinado ponto chave, o vídeo é interrompido e apresentado ao estudante uma questão nos mais diversos formatos. Se a resposta fosse correta, o vídeo era avançado e direcionado a um determinado tempo no qual haveria a continuidade do conteúdo. No caso de haver um equívoco do estudante, o vídeo lhe conduzia a outro ponto no qual eram comentados e apresentados os pontos que sua escolha tinha com os conceitos estudados. Depois desta revisão o vídeo retornava para o caminho recomendado.

Observa-se que em alguns casos os dados gerados pela simulação necessitavam ser apresentados para que se pudesse realizar o entendimento dos conceitos e, pela análise e interpretação dos dados pelos estudantes, desenvolver a possibilidade de gerar conhecimentos acerca das teorias ali estudadas e comparadas. Esses dados oriundos da simulação foram organizados e constituídos em informações por meio de gráficos dinâmicos, representados em

dashboards de forma interativa durante o decorrer das simulações.

O desenvolvimento de modelos simulados e sua validação demandam um tempo significativo de programação. Como exemplo, foram demandadas, depois do modelo construído, aproximadamente, 4 horas para se realizar o alinhamento entre lógica da simulação com a sincronia de funcionamento visual dos movimentos do operador, dos materiais, do cartão e das embalagens em apenas um ponto de operação. Cabe salientar que esta movimentação na simulação não passa de 30 segundos.

Neste sentido, o fator tempo de preparação dos ambientes simulados e sua integração dentro do contexto teórico e suas interpretações é muito maior nesta modalidade de recurso do que os tradicionais com modelos estáticos de apresentação comumente visto na literatura. Para um curso de 4 horas foram dedicadas, aproximadamente 50 horas de trabalho de dois docentes que foram distribuídas ao longo de 3 meses de elaboração do projeto.

Do ponto de vista da elaboração e preparação de conteúdo por parte do docente pode-se observar a mudança paradigmática de sua atuação entre os estilos de ensino. No uso da simulação o docente necessita organizar uma interação que lhe possibilite desempenhar o papel de professor mediador do conhecimento.

Como o curso é *online* e assíncrono, o estudante não tem o contato imediato ao docente quando da sua realização e as dúvidas necessitam ser dirimidas ao longo do curso. Cabe lembrar que no curso foi organizado um espaço para fórum de dúvidas. Também foi informado que o acesso docente seria realizado pelas manhãs dos dias úteis. Assim, há um intervalo de tempo entre a dúvida e a resposta. Esta didática exige práticas colaborativas e de auto estudo e busca da compreensão por parte dos estudantes, mudando o foco da centralidade da aula do professor para o esforço do aluno na compreensão dos conceitos e busca do conhecimento.

O curso foi hospedado no servidor da Faculdade de Gestão e Negócio da Universidade Federal de Uberlândia e este ligados diretamente a rede da instituição. O acesso aos usuários foi realizado mediante o envio de login e senha. Para fins de certificação o curso foi registrado como ação de extensão na plataforma SIEX da referida universidade.

A divulgação do curso foi realizada por meio do envio de e-mails para os estudantes matriculados nos componentes curriculares e para profissionais da área, também foi elaborado um *post* e divulgado no Linked-in de um dos docentes. Além das questões de conteúdo, a divulgação deixou evidente que o mesmo seria 100% assíncrono e gratuito. Observa-se que nesta fase, já estávamos em pleno momento de pandemia, sendo que a divulgação pessoal foi impossibilitada. Desta ação foram inscritos 36 participantes. Destes, 21 realizaram acesso a plataforma e somente 8 concluíram o curso.

Estes números vêm de acordo com o observado por Silva, Bernado Júnior e Oliveira (2014), os quais relatam que a taxa de desistências de cursos do tipo gratuito varia de 75 a 95% dos inscritos, sendo este o principal desafio para os gestores de cursos desta modalidade.

Na tentativa de diminuir este número, foram realizados o envio de mais dois e-mails aos participantes, um convidando novamente para o ingresso na plataforma e outro lembrando que o faltavam poucos dias para finalizar o curso. Desta ação, apenas um inscrito retornou que houve contratemplos de seu trabalho e que não conseguia tempo, naquele momento, para realizar o curso.

Para analisar a visão dos estudantes acerca da solução foi utilizado o questionário validado por Medina-Lopes, Alfalla-Luque e Arenas-Marques (2011) que trata da avaliação de desenvolvimento de *softwares* para o ensino de operações. Nele são abordadas três dimensões de análise em relação a: i) interface; ii) interatividade; iii) entendimento e aprendizagem dos conceitos. As questões em ambas dimensões apresentavam uma escala de concordância de 1 para discordo totalmente e 5 para concordo totalmente.

Depois de inscritos, os estudantes recebiam um e-mail com o login e senha e um link

para um vídeo elaborado por um dos docentes no qual era explicada a sistemática de funcionamento do curso, as dinâmicas nele contida e uma sugestão de navegação. Ao finalizar o curso era disponibilizado um link para o preenchimento do questionário de análise da sistemática.

Observou-se por meio do perfil dos participantes que apenas um era estudante, os demais já eram profissionais das áreas de engenharia, de softwares e encarregados de produção.

Em relação a interface, observou-se que esta dimensão apresentou um valor médio de 4,67 pontos para uma escala de 1 a 5 e um desvio padrão de 0,59. Os pontos com maior concordância foram a adequação do tamanho da fonte (letra) e a combinação de cores usadas na interface e a de menor concordância foi em relação a aplicação e facilidade dos recursos de navegação do ambiente.

Em relação à interatividade observou-se uma concordância média de 4,71 com desvio padrão de 0,59. O ponto que teve maior concordância foi que o ambiente simulado apresentado é de fácil visualização. Os de menor concordância foram acerca de que o aplicativo fornece informações sobre erros cometidos e ajuda a resolvê-los e os comandos de navegação de vídeos de ambientes simulados e demais recursos são úteis para facilitar o aprendizado.

O entendimento e aprendizagem dos conteúdos dos estudantes foi o item que apresentou maior índice de concordância com uma pontuação de 4,79 e desvio padrão de 0,41. Como destaque estão “as explicações e comentários fornecidos pelo aplicativo durante a realização dos exercícios que, quando concluídos, ajudaram com meu aprendizado”, sendo que os demais itens não apresentaram diferenças significativas.

Como comentários abertos, pode-se verificar que em relação a navegabilidade pode-se verificar que para o Entrevistado D “existem pontos (quadros) no curso que não sabemos qual a sequência em que estamos e onde devemos prosseguir. Uma dica é que isso seja semiautomatizado, não havendo a necessidade de interpretar na tela aonde vamos e qual o próximo passo. Assim facilita o entendimento”.

Em relação a compreensão do conteúdo pode-se ver o relato do Entrevistado B de que “já tinha escutado falar, mas nunca tinha visto o funcionamento, eu gostei muito de ver como funciona e vou levar algumas ideias p empresa q trabalho, mesmo ela não sendo de uma produção em série”. O mesmo relata o Entrevistado A ao afirmar que o curso “me ajudou bastante a entender melhor minha área que é Engenharia de Produção”.

Ainda o Entrevistado B sugere uma melhoria para o curso com a possibilidade de “imprimir ou salvar em pdf p ficar com letras maiores caso aluno queira em papel ou p ver no celular”.

Em relação aos comentários pode-se verificar que alguns aspectos de navegação são limitados a estrutura do Moodle. Como ação de melhoria pode-se realizar uma melhor orientação da navegação do curso. No que trata do uso via celular, pode-se inserir uma orientação que há esta disponibilidade via acesso do curso no navegador Chrome no celular. Quanto a elaboração de um material impresso, este necessitaria de uma análise mais detalhada para ilustrar as inúmeras etapas dos processos demonstradas visualmente pelas simulações e explicações comentadas em ambiente 3D.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A motivação deste estudo foi buscar formas de aproximar a realidade dos conceitos da área de operações, estudados estaticamente, para uma experiência prática e vivencial, mesmo que simulada, para melhor entendimento dos processos reais e conseqüentemente melhorar a sua compreensão no tocante ao seu uso profissional.

O objetivo geral deste artigo foi desenvolver um curso que integrasse diversas ferramentas virtuais para o desenvolvimento de conceitos da área de operações. Por meio de diversas situações pedagógicas de aprendizagem em ambiente de simulação computacional, foi possível oportunizar situações dinâmicas da compreensão dos conceitos científicos e dos processos cotidianos inerentes as sistemáticas operacionais do Kanban. Para isso, foram apresentados conceitos de simulação computacional e da teoria da atividade da aprendizagem que norteou a organização didática para a elaboração deste primeiro experimento.

Há várias contribuições neste artigo, sendo possível destacar: a proposição de uma abordagem de ensino de operações que objetiva oportunizar o entendimento por meio da articulação simulada do conteúdo curricular abordado; fomentar a discussão sobre formas alternativas de desenvolvimento da aprendizagem de maneira dinâmica; a necessidade dos docentes desenvolverem novas habilidades didáticas para desenvolvimento deste tipo de projeto; a necessidade de longo tempo de preparação e desenvolvimento dos ambientes simulados e suas interações com as ferramentas de ensino virtual e a apresentação da sistemática em si com vistas a mudança paradigmática do estudante e do docente frente as novas formas de aprendizagem.

Como um primeiro experimento de extensão universitária integrando tais tecnologias, pode-se verificar que existem inúmeras oportunidades para ações decorrentes desta natureza. Para tanto faz-se necessário o trabalho conjunto de pesquisas futuras com o intuito de buscar o melhor desempenho acadêmico para este tipo de atividade pedagógica. Também tem o desafio de se melhorar as formas de comunicação com os inscitos para reduzir a taxa de desistência.

As oportunidades de estudos futuros são aplicação e avaliação da efetividade dessa sistemática para além de um curso de extensão universitária para ser utilizado como didática de componente curricular; como fazer a interação dinâmica dos modelos simulados com os softwares de gestão da aprendizagem e a possibilidade de propiciar a interação dos estudantes com estas ferramentas e tecnologias de maneira que eles possam interagir com os ambientes simulados de maneira a visualizar os resultados de decisões em ambiente dinâmico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. R.; ARAÚJO C. F., JR.; FRANÇA, M. P. O uso do *tablet* para a representação de conceitos de genética: proposta e análise com base na Teoria da Atividade. *Novas Tecnologias Educacionais*, v. 13, n. 1, p. 1-11, jul. 2015.
- ANDRADE, I. F.; DOMINGOS, J. C.; VEIGA, C. H. A. Análise do uso de simulação empresarial baseada em dinâmica de sistemas como ferramenta de ensino em Administração no Brasil. **Gestão e Aprendizagem**, v. 6, n.2, pp. 35-56,2017.
- ARAÚJO, U. P.; BRITO, M. J.; CORREIA, L. F.; PAIVA, F. F.; SANTOS, A. O. Simulação de negócios no ensino da administração em centro de educação brasileiro. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, v. 13, n. 2, 99-130, 2015.
- BARBOSA, J. P. C. *Uma ferramenta paralela para simulação de eventos discretos com monitoramento dinâmico de processos*. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Computação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.
- BATTISTA, A. Activity Theory and Analyzing Learning in Simulations. *Simulation & Gaming*, n. 46, v. 2, p. 187-196, 2015.
- BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as a research tool in management studies. *European Management Journal*, v. 17, n.6, p. 576-583, 1999. [http://doi.org/10.1016/S0263-2373\(99\)00048-1](http://doi.org/10.1016/S0263-2373(99)00048-1).
- BOAVENTURA, P. S. M.; SOUZA, L. P. F.; GERHARD, F.; BRITO, E. P. Z. Desafios na formação de profissionais em Administração no Brasil. *Administração: Ensino e Pesquisa*, v.

19, n.1, p. 1-31, 2018.

BRITO, T. B.; BOTTER, R. C. Uma comparação conceitual entre as metodologias de simulação discreta e a contínua como elemento impulsionador da simulação híbrida. *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional Para O Desenvolvimento*, v. 6, n.2, p. 202–225, 2014.

BRITO, T. B., BOTTER, R. C.; TREVISAN, E. F. C. A conceptual comparison between discrete and continuous simulation to motivate the hybrid simulation methodology. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, p. 2194–2205, 11-14 dez. 2011. <http://doi.org/10.1109/WSC.2011.6148117>.

BRYANT, R. E. *Simulation of Packet Communication Architecture Computer Systems*. Massachusetts, v. 7, n.3, p. 404–425, 1977.

CARVALHO, M. B., BELLOTTI, F., BERTA, R., GLORIA, A. ISLAS, C.; BAALSRUD, J. An activity theory-based model for serious games analysis and conceptual design. *Computers & Education*, v. 87, p. 166-181, 2015. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.023>.

CHANDY, K. M.; MISRA, J. Distributed simulation: A case study in design and verification of distributed programs. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE v. 5, n. 5, p. 440–452, 1979.

DOMINGOS, J. C., POLITANO, P. R., & PEREIRA, N. A. Simulação computacional híbrida de dinâmica de sistemas e eventos discretos para auxílio ao processo de SOP. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 35, 2015 Fortaleza, 2015. Anais... Fortaleza, 2015.

DOURADO, A. S. S.; GIANNELLA, T. R. Ensino baseado em simulação na formação continuada de médicos: análise das percepções de alunos e professores de um hospital do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 38, n. 4, p. 460-496, 2014.

FORRESTER, J. W. Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century by. In *Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference for K-12 Education*, n. 10, p. 1–22, jun. 1994.

FUJIMOTO, R. M. Distributed simulation systems. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, p. 124–134, 2003.

FUJIMOTO, R. Parallel and distributed simulation. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, p. 45–59, 2015.

GIBBS, G. *Análise de dados qualitativos*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HELAL, M.; RABELO, L. An enterprise simulation approach to the development of a dynamic balanced scorecard. In *25 th Proceedings os American Society of Engineering Management Conference*, p. 311–320. Alexandria, Virginia. Anais... Alexandria, 2004.

HELAL, M., RABELO, L., SEPULVEDA, J.; JONES, A. A Methodology for Integrating and Synchronizing the System Dynamics and Discrete Event Simulation Paradigms. *Industrial Engineering*. 2007.

JEFFERSON, D. R. Virtual time. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, v. 7, n. 3, p. 404–425, 1985.

KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. *Simulating with ARENA* (Second Edi). New York: McGraw-Hill, 1998.

LACERDA, R. T. O; BERNADES, M. L.; SIMON, B. S. Aspectos críticos na aprendizagem pela ação: resultados da integração entre Universidade e startups Catarinenses. *Administração: Ensino e Pesquisa (RAEP)*, v.21, n.2, 2020.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation Modeling and Analysis. Simulation Modeling and Analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill, 2000.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: Longarezi, A. M., & Puentes, R. V. (Org.). *Ensino Desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. Uberlândia: EDUFU, 2ed., 315-350, 2015.

LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R.V. *Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. 2ed. Uberlândia: EDUFU, 2015.

MALIK, A. W., PARK, A. J.; FUJIMOTO, R. M. *An Optimistic Parallel Simulation Protocol for Cloud Computing Environments*, v. 4, p. 1–9, 2010.

MANACERO, A., LOBATO, R. S., OLIVEIRA, P. H. M. A., GARCIA, M. A. B. A., GUERRA, A. I., AOQUI, V., MENEZES, D., SILVA, D. T. iSPD : an iconic-based modeling simulator for distributed grids. In *Proceedings of the 45th Annual Simulation Symposium (ANSS '12)*, 8. San Diego, CA, USA: Society for Computer Simulation International, 2012.

MCHANEY, R., TAKO, A. A.; ROBINSON, S. Model building in system dynamics and discrete-event simulation: a comparison of analysts' language. In *Proceedings of the Operational Research Society Simulation Workshop (SW14) n. 2*, p. 1–13. Worcestershire, UK, 2014.

MEDINA-LOPES, C., ALFALLA-LUQUE, R.; ARENAS-MARQUES, F. Active learning in Operations Management: interactive multimedia software for teaching JIT/Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 4, n.1, p.31-80, 2011.

MORIN, A. *Pesquisa-ação integral e sistêmica: uma antropopedagogia renovada*. Rio de janeiro: DP&A, 2004.

MORECROFT, J. D. W.; ROBINSON, S. Explaining Puzzling Dynamics: Comparing the Use of System Dynamics and Discrete-Event Simulation. *Proceedings of the International Conference of the System Dynamics Society*, 23, 2005.
<http://doi.org/10.1002/9781118762745.ch09>.

MOREIRA, E. M. *Rollback Solidário: Um Novo Protocolo Otimista para Simulação Distribuída*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2005.

OLIVEIRA, F. P. S. DE, SOUZA, R. L. R. DE, JÚNIOR, J. V. DE M.; ANEZ, M. E. M. Aplicação da simulação empresarial no ensino da graduação. In *Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP, 13*, Bauru, SP, Brasil, 2006. Anais... Bauru, 2006.

PARK, A.; FUJIMOTO, R. A scalable framework for parallel discrete event simulations on desktop grids. In *Proceedings - IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing* (p. 185–192). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. 2007.
<http://doi.org/10.1109/GRID.2007.4354132>.

PARK, A.; FUJIMOTO, R. M.; PERUMALLA, K. S. (2004) Conservative synchronization of large-scale network simulations. In: *Proceedings of the eighteenth workshop on Parallel and distributed simulation*. New York, NY, USA: ACM. (PADS '04), 153–161.

PASTRANA, J., MARIN, M., HELAL, M.; MENDIZABAL, C. (2010). Enterprise Scheduling: Hybrid and Hierarchical Issues. In *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 3350–3362. Recuperado em 02 de novembro, 2016, de <http://doi.org/10.1109/WSC.2010.5679148>.

RABELO, L., HELAL, M., JONES, A.; MIN, H.-S. (2005). Enterprise simulation: a hybrid system approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 18(6), 498–508. Recuperado em 02 de novembro, 2016, de <http://doi.org/10.1080/09511920400030138>.

REPKIN, V. V. Developmental teaching and learning activity. *Journal of russian and east european psychology*, v. 41, n. 5, p. 10-33, 2003.

ROBINSON, S. *Simulation: The Practice of Model Development and Use* (2nd ed.). Palgrave Macmillan, 2014. <http://doi.org/10.1057/palgrave.jos.4250031>.

ROCHA, R. V., ZEM-LOPES, A. M., PEDRO, L. Z., BITTENCOUT, I. I., ISOTANI, S. Metodologia de desenvolvimento de jogos sérios: especificação de ferramentas open source. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 24, n. 3, p. 109-124, 2016.

SAUAIA, A. C. A. *Laboratório de gestão: Simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada* (2nd ed.). Barueri, SP: Manole, 2010.

SILVA, D. T., MANACERO, A., JR., MENEZES, D., JORGE, A., LOBATO, R. S.;

- SPOLON, R. . Simulação de sistemas de computação em nuvem para o iSPD. *Interciência & Sociedade*, 4(1), 86–93, 2015.
- SILVA, J. A. R., BERNADO JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, F. B. *Abandono e conclusão de alunos inscritos em cursos MOOC*. 20º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância. Anais do 20º CIAED, out. 2014.
- SOLOVIERA, Y.; ROJAS, L. Q. Aportaciones de N. F. Talizina para la psicología y el desarrollo de la educación. In: Longarezi, A. M., & Puentes, R. V. (Org.). *Ensino Desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. Uberlândia: EDUFU, 2ed. 315-350, 2015.
- SPOLON, R. *Um Método para Avaliação de Desempenho de Protocolos de Sincronização Otimistas para Simulação Distribuída*. 2001. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2001.
- STAVE, K. A. Using simulations for discovery learning about environmental accumulations. 29th International Conference of the System Dynamics Society. Washington, DC, jul. 2011.
- STAVE, K. A., BECK, A.; GALVAN, C. Improving Learners' Understanding of Environmental Accumulations through Simulation. *Simulation & Gaming*, v.46, n. 3–4, p. 270–292, 2015. <http://doi.org/10.1177/1046878114531764>.
- STENHOUSE, L. *La investigación como base de la enseñanza*. 2 ed. Madrid: Ediciones Morta, 1993.
- TALIZINA, N. *Manual de psicologia pedagógica*. México: Editorial Universitária Potosina, 2000.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 12 ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- VEIGA, C.H.A.; COSTA, V.H.S.; DOMINGOS, J.C.; PAULA, V.M.F. *Interface para interação pedagógica professor, estudante e simulação computacional: Concepções e Desenvolvimento*. XI Workshop do Instituto de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2018.
- VEIGA, C. H. A.; ZANON, L. B. Desenvolvimento de texto didático à luz da teoria da atividade: uma proposta de ressignificação na área de administração da produção. *Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração*, 24, 2013. ENANGRAD, Florianópolis, ANGRAD. Anais... 2013.
- VEIGA, C. H. A., & ZANON, L. B. *Atividade de interação com integração de aprendizagens: uma didática para ambientes de ensino dinâmicos*. Curitiba: Appris, 2016.
- VEIGA, C. H. A., LIMA, J. M.; ZANON, L. B. Rodadas de negócios internacionais: uma proposta didática vivencial de jogos de empresas em sala de aula. *INTERNEXT: São Paulo*, n. 8, v. 3, p. 127-144, 2013.
- VENKATESWARAN, J., & SON, Y.-J. Hybrid system dynamic-discrete event simulation-based architecture for hierarchical production planning. *International Journal of Production Research*, v. 43, 2005.
- YAU, V. Automating parallel simulation using parallel time streams. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, n. 9, v. 2, p. 171–201, abr. 1999.