

INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

teoria & prática

Vol. 24 | N° 1 | 2021

ISSN digital ISSN impresso
1982-1654 1516-084X



Páginas 13-25

Cristiano Henrique Antonelli da Veiga

Faculdade de Gestão e Negócios Universidade
Federal de Uberlândia
chadaveiga@ufu.br

Jean Carlos Domingos

Faculdade de Gestão e Negócios Universidade
Federal de Uberlândia
jdomingos@ufu.br

Vérica Freitas

Faculdade de Gestão e Negócios Universidade
Federal de Uberlândia
verica@ufu.br

Vitor Hugo Souza da Costa

Curso de Gestão da Informação
Universidade Federal de Uberlândia
vitortle@gmail.com



PORTO ALEGRE

**RIO GRANDE DO SUL
BRASIL**

Recebido em: dezembro de 2019

Aprovado em: março de 2021

Sistemática pedagógica para desenvolvimento de ambiente de simulação computacional na perspectiva da teoria da atividade

*Pedagogic framework in a computer simulation
environment within activity theory perspective*

Resumo

Este estudo apresenta e testa uma proposta de sistemática pedagógica de planejamento e execução de atividades de aprendizagem por meio da integração entre ambiente de simulação computacional e a perspectiva da teoria histórico-cultural da atividade, visando propiciar situações dinâmicas da compreensão de conceitos e processos cotidianos de determinada área de conhecimento, notadamente para o ensino de graduação. Os resultados obtidos com uma turma de graduação em Administração na temática teoria das filas demonstram que: o uso da ferramenta não requer conhecimentos computacionais prévios; a sequência de estudo para o aprendizado, bem como os comentários fornecidos pelo aplicativo durante a realização dos exercícios são um ponto de destaque; e que muitos estudantes não estavam acostumados a realizar a coleta de dados primários, independente do uso ou não da ferramenta. Foi possível observar ainda que essa nova sistemática exige outras habilidades e competências de compreensão dos ambientes e conteúdos estudados.

Palavras-chave: Simulação computacional. Teoria da atividade. Ensino mediado por simulação. Aprendizagem.

Abstract

This paper presents a theoretical articulation based on Activity theory used to develop a pedagogic framework that guides the development of a computer simulation for undergraduate teaching. The results obtained with an undergraduate Business class dealing with the subject queuing theory demonstrate that: the use of the tool does not require previous computational knowledge; the study sequence for learning, as well as the comments provided by the application during the performance of the exercises are a highlight; and that many students were not used to collecting primary data, regardless of whether they used the tool. It was also possible to observe that this new system requires other skills and competences to understand the studied environments and contents.

Keywords: Computer simulation. Activity theory. Simulation-mediated teaching. Learning.

1. Introdução

A simulação com apoio computacional e o uso de jogos sérios são atividades didáticas em expansão em todos os níveis de ensino (ROCHA, et al., 2016). As Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras, em geral, ainda mantêm a ação pedagógica na reprodução de conceitos e técnicas sem haver a associação com o desenvolvimento de pensamento crítico e criativo necessários para o ambiente profissional (BOAVENTURA et al., 2018). Algumas poucas IES 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).

Ao buscar uma estrutura pedagógica que pudesse dar aporte à tarefa de desenvolver a aula mediada pelo uso de sistemas computacionais que simulem uma determinada situação do mundo cotidiano (FORRESTER, 1994), norteadas didaticamente a partir da teoria da atividade (LEONTIEV, 1978), foi observada, após pesquisa em bases científicas da área com as palavras-chave Teoria da atividade e simulação computacional (em português e Inglês), a falta de uma didática conceitual que integre essas duas teorias. A partir dessa lacuna, foi detectada a oportunidade de desenvolvimento de uma estrutura didática para a elaboração, desenvolvimento e realização da ação pedagógica da aula mediada com uso de ferramentas computacionais e que tivesse um alinhamento com a teoria histórico-cultural da atividade (ENGSTRÖM, 2011).

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

Com a simulação computacional é possível desenvolver relações conceituais e científicas de maneira que essas possam ser compreendidas pelos estudantes, contribuindo para a formação do pensamento e desenvolvimento de conceitos científicos. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é: elaborar e testar uma sistemática pedagógica que oriente a elaboração das etapas de projeto e desenvolvimento de uma simulação computacional para o ensino de graduação que oportunize um processo de aprendizagem dinâmico mediado por ambiente virtual simulado em 3D.

Foi elaborada uma revisão teórica que associa os princípios da teoria da atividade e o desenvolvimento

de aulas por meio de simulação computacional, seguida da proposição de uma sistemática pedagógica, que foi desenvolvida e aplicada com alunos do curso de graduação em Administração, com um tema de Produção e Operações. Na sequência, este artigo apresenta a visão dos estudantes nos testes realizados e as considerações finais e ações futuras de pesquisa.

2. Simulação computacional

A simulação computacional é um método de resolução de problemas, um método de modelagem utilizado para implementar e analisar um procedimento real (físico), proposto em um computador (virtual) ou em protótipos (ensaios) (MEDEIROS; MOSER; SANTOS, 2014). A simulação busca imitar um procedimento real em menor tempo e com menor custo, permitindo estudo de acontecimentos passados, presentes e até mesmo projeções de futuros (LAW; KELTON, 2000). A simulação viabiliza compreender a dinâmica de determinado sistema, permitindo a análise e a previsão dos efeitos de determinadas mudanças no sistema simulado (DECKER JR et al., 2020).

Simulação é 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 simulação traz uma abordagem de geração de conhecimento racional com modelos objetivos que explicam o comportamento dos processos operacionais da vida real (Law; Kelton, 2000).

Para criar um modelo de simulação é necessário possuir uma compreensão precisa do fenômeno ou sistema a ser modelado, uma vez que a modelagem por computador requer declarações claras e rigorosas, não permitindo declarações ambíguas, incompletas ou até mesmo ilógicas (Forrester; 1994).

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. A utilização da simulação computacional em atividades pedagógicas deve proporcionar melhor compreensão e apreensão do conteúdo, uma vez que a simulação possibilita que esses estudantes possam experimentar os processos e operações que compõem alguns dos sistemas de sua área de conhecimento (STAVE; BECHK; GALVAN, 2015).

A utilização de modelos simulados, fundamentados na realidade, está cada vez mais inserida na educação e na capacitação de pessoas. Modelos novos, baseados nessa representação,

mostram-se eficientes em educação, pois proporcionam redução dos riscos e custos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem (OLIVEIRA et al., 2006; COSTANZA, 2019).

A simulação utilizada como instrumento didático é composta por um grupo de regras que, colocadas em prática, possibilitam estudar teorias, conceitos, modelos e técnicas com a finalidade de transformar conhecimentos estáticos, memorizados em currículos teóricos, em competências sistêmicas e dinâmicas (ANDRADE; DOMINGOS; VEIGA, 2017).

Dentre as abordagens clássicas de simulação, há: simulação de eventos discretos; Monte Carlo; dinâmica de sistemas; e a simulação baseada em agentes. As mais tradicionalmente utilizadas são: a modelagem e simulação de eventos discretos (SED); e dinâmica de sistema ou *System Dynamics* (SD) (Helal; Rabelo, 2004).

Para Morecroft e Robinson (2005), Brito, Botter e Trevisan (2011) e McHaney, Tako e Robinson (2014), as abordagens de SED e SD podem ser complementares, oferecendo soluções potenciais para modelar e atender aos requisitos de representações detalhadas, dinâmicas e complexas de uma realidade em estudo. A principal diferença está na representação de entidades, sendo representadas em SD como uma quantidade contínua e em SED como objetos individuais, dotados de atributos específicos.

Brito e Botter (2014) destacam a capacidade de representação detalhada de um sistema, que pode ser obtida na construção de modelos com a abordagem de SED, permitindo o refinamento dos dados e a realização de análises pormenorizadas dos eventos dinâmicos gerados sem, necessariamente, apresentar ênfase na compreensão dos relacionamentos entre as diversas variáveis.

Em relação à SD, o foco é a busca pela compreensão do relacionamento entre as variáveis de um sistema modelado, possibilitando a representação de sistemas com alta complexidade dinâmica e baixa complexidade de detalhes. Ela permite estudar e analisar o comportamento das variáveis dos sistemas ao longo do tempo, viabilizando o aprimoramento da compreensão de sistemas complexos (STERMAN, 2000).

Domingos, Politano e Pereira (2015) propõem uma abordagem de simulação híbrida, que objetiva a construção de modelos de simulação com níveis elevados de confiança, possibilitando a modelagem de sistemas maiores e mais complexos, representando características de seus elementos por meio da abordagem mais adequada. Com a necessidade de simular sistemas cada vez maiores e mais complexos, onde o uso da abordagem sequencial pode tornar a

simulação inviável, foram desenvolvidos diversos mecanismos que permitem o uso da computação paralela e/ou distribuída. Assim, modelos complexos podem ser tratados de forma mais adequada.

A simulação distribuída trata da execução da simulação em plataformas computacionais que contêm vários processadores ou plataformas conectadas por meio de uma rede de comunicação computacional, que podem estar geograficamente dispersos ou não (FUJIMOTO, 2015). 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. Para Yau (1999), duas abordagens podem ser utilizadas para realização de uma simulação distribuída: Replicações Múltiplas em Paralelo (MRIP); ou Replicação Individual em Paralelo (SRIP).

Na 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. Na MRIP, ocorre 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.

A implementação de uma simulação distribuída difere em grande parte de um sistema centralizado, pois alguns problemas (como sincronização dos processos, balanceamento de carga e sobrecarga na rede de comunicação) não estão presentes no sistema centralizado (Barbosa, 2012). Na simulação distribuída, a execução de processos lógicos de forma desordenada deve ser evitada, ou seja, os eventos devem ser executados na mesma ordem, como em um sistema centralizado.

Na literatura, há diversos protocolos de sincronização desenvolvidos para serem utilizados em computação distribuída (PARK, FUJIMOTO, PERUMALLA, 2004; MOREIRA, 2005). 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.

A evolução da simulação computacional permite a integração de abordagens de modelagem diferentes, alinhadas ao desenvolvimento de arquiteturas computacionais que ampliam a capacidade de processamento por meio da computação paralela e distribuída, possibilitando 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, permitindo o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem individuais ou coletivas em uma estrita comunicação e integração é o foco desta proposta.

3. Método da pesquisa

Este estudo apresenta e testa uma proposta de sistemática pedagógica de planejamento e execução de atividades de aprendizagem por meio da integração entre ambiente de simulação computacional e a perspectiva da teoria histórico-cultural da atividade, para que seja possível propiciar situações dinâmicas da compreensão dos conceitos científicos e dos processos cotidianos inerentes a uma determinada área de conhecimento. Para isso, foram realizadas: uma revisão da literatura a respeito dessas teorias com a finalidade de identificar a existência de estudos anteriores que realizassem a sua integração; e a proposição da sistemática em si. Com base nessa proposta de sistemática pedagógica, foram definidos ainda os requisitos para o desenvolvimento da plataforma de simulação em ambiente 3D para fins educacionais.

O caminho metodológico escolhido foi a pesquisa-ação, caracterizada pela ação e experiência dos professores participantes como fonte de questionamento oriundas da vivência profissional e acadêmica, bem como para a elaboração, verificação e ajustes da proposta pedagógica com a prática de desenvolvimento da simulação computacional. Esse método permite que os docentes elaborem suas compreensões relacionadas às teorias estudadas e formulem suas proposições teóricas sobre o tema educativo em questão (THIOLLENT, 2003). Posteriormente, é factível realizar ações que possam comprovar ou refutar suas proposições e realizar alterações na proposta para proporcionar a criação de saberes pela sua natureza participativa (MORIN, 2004).

O conteúdo definido para desenvolvimento e teste do modelo conforme a sistemática pedagógica proposta foi "teoria das filas", que compõe uma unidade curricular da área de conhecimento Operações e Produção de um curso de graduação em Administração em uma Universidade Federal no interior mineiro, dentre outras. Durante o seu uso foram identificadas, selecionadas e utilizadas diferentes ferramentas para o desenvolvimento de programas de computador em geral, como: o diagrama de classes; diagrama de casos de usos; diagrama de entidade e

relacionamento; mapeamento e fluxo de processos; e as mais específicas do programa definido para a realização da simulação.

Para apresentar os resultados, foram estruturadas duas etapas de apresentação da proposta, a seguir detalhada: a primeira descreve e fundamenta a estrutura didática desenvolvida; e a segunda debate a sua utilização para o desenvolvimento do projeto de simulação e dos testes realizados orientados por ela.

4. Resultados e discussão

Inspirado a partir da estrutura hierárquica da teoria da atividade (LEONTIEV, 1978) ou nos níveis de atividade propostos nos princípios do sistema de atividade (ENGESTRÖM, 2011), foi elaborado um plano de atividade de componente curricular que procure inspirar os estudantes a compreender o seu papel e dos demais membros da comunidade da aula para a realização do processo pedagógico mediado por simulação computacional, ao longo do período letivo (RAMOS, 2010). Ao se planejar uma ação educativa voltada para a formação profissional, é necessário quebrar o paradigma típico de planejamento da aula (COLDHAM, 2011).

A teoria da atividade fornece um modelo de análise comportamental no contexto social e organizacional, bem como os diferentes papéis que os sujeitos ocupam para alcançar os objetivos de alto nível proposto por uma sistemática educacional medida por recursos computacionais. Nesse sentido, a teoria da atividade apresenta uma taxonomia que amplia a análise da mecânica e dos processos envolvidos em uma simulação computacional de maneira a contribuir no processo de aprendizagem, nas instruções e nos cenários nela envolvidos (PREDESCU, et al., 2021).

O processo de tomada de consciência, mesmo por meio de ações simuladas, possibilita o desenvolvimento psíquico do estudante com o intuito de estimular o deslocamento de sua atividade principal. Proporciona 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 teoria da atividade é estruturada em três níveis hierárquicos que se articulam simultaneamente. O mais alto, a atividade principal, é direcionada para o motivo que é o desejo principal ou o objeto cultural que o sujeito em última análise quer 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. A função central

das dinâmicas de conceituação empírica simulada em processos educacionais é identificar os aspectos comuns do objeto cultural estudado (BATTISTA, 2015). A limitação está no uso mecânico e apenas tecnológico da simulação. Assim, ela não possibilita a articulação dos conceitos como possibilidade de replicar um fato simulado para os seus possíveis desdobramentos no mundo real e conceitual (DOURADO; GIANNELLA, 2014).

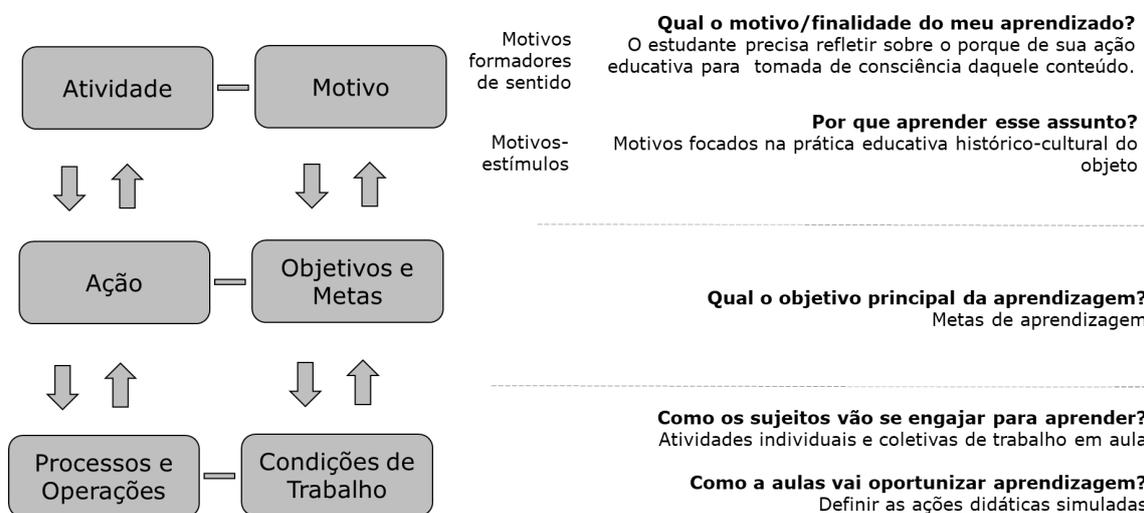
Na teoria da atividade, o processo de generalização dos fatos ocorridos necessita partir do que os estudantes encontram na base orientadora da ação vivenciada. O processo de significação da ação realizada com os objetos culturais em estudo em ambientes simulados visa o desenvolvimento, formação e consolidação dos conceitos teóricos estudados por meio das observações das ações empíricas do mundo do trabalho coletivo nele objetivado. Mediante a análise da situação é possível diminuir a lacuna entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica dos conteúdos (VEIGA; LIMA; ZANON, 2013).

Ao analisarem e buscarem a resolução de um objeto problemático e contraditório, os sujeitos

expandem os seus conhecimentos pela necessidade de formulação e construção de um novo conceito via a identificação e controle das variáveis já estudadas. Essa nova configuração do ambiente lhe trará segurança para a obtenção dos resultados esperados a partir da transferência dos conceitos já estudados para a resolução das novas configurações (CASSANDRE; PEREIRA-QUEROL, 2014).

A primeira parte do plano de atividade de componente curricular (Figura 1) objetiva permitir ao estudante um momento de entendimento dos motivos histórico-culturais curriculares inerentes àquele conhecimento científico, elaborado mediante a resposta do docente às questões propostas, didaticamente apresentadas, de acordo com os níveis hierárquicos da estrutura da atividade. Na primeira aula, o docente apresenta o plano e subsídios para que os estudantes tenham condições mínimas de entender o tema e possam estabelecer uma resposta inicial para a primeira questão que é uma definição de cada estudante.

Figura 1. Motivo histórico-cultural curricular

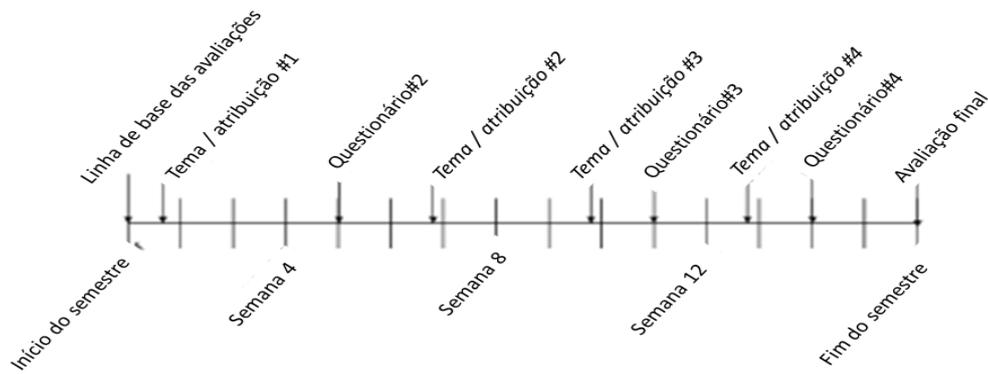


Fonte: os autores.

As constantes transformações ocorridas entre esses níveis, bem como as mudanças do ambiente, dos motivos e das habilidades dos sujeitos, demonstram que o sistema de atividade não é estático (CARVALHO et al., 2015), exigindo que o planejamento de atribuições e sistematizações dos conteúdos sejam organizados e

ajustados ao longo do período letivo. A segunda parte do plano de atividades (Figura 2) é a elaboração da linha do tempo dos conteúdos e avaliações durante o semestre para o planejamento das sequências das aulas presenciais com o uso da simulação computacional.

Figura 2. Linha do tempo dos conteúdos e demais sistematizações



Fonte: Adaptado de Stave (2011, p. 8).

Stave, Beck e Galvan (2015) demonstram que o primeiro momento da simulação tem como foco o conhecimento e ambientação com o sistema de simulação. Para isso, o planejamento da simulação necessita apresentar conteúdo considerado fácil, mas com exemplo não usual aos estudantes. Para os demais momentos de simulação, os estudantes já estarão familiarizados com o ambiente do sistema. Assim, é possível realizar o aprofundamento do conteúdo com uso de tópicos de exemplos mais usuais e com análise mais aprofundada.

O planejamento da aula que não utiliza o sistema computacional é organizado de acordo com as estratégias típicas de ensino de acordo com o perfil de cada curso, turma e com o tema a ser abordado (GIL, 2007). Para o planejamento das aulas em que serão

utilizados ambientes de aprendizagem simulados, primeiramente é necessário realizar o desenho das sequências e os componentes da simulação para cada conteúdo a ser estudado.

A adaptação do modelo de desenvolvimentos de componentes para jogos proposto por Carvalho et al. (2015) apresenta os principais componentes necessários para a elaboração didática de uma simulação computacional (Figura 3) aplicada para ambientes de ensino, apresentando os quatro principais componentes organizadores da aula: a simulação; as aprendizagens dos estudantes; as orientações intrínsecas aos sistemas simulados; e as ações de orientação e mediação docente.

Figura 3. Desenho dos componentes para ambientes de aprendizagem em simulação computacional baseado na teoria da atividade

Simulação	Individual (Stand Alone)	Múltiplas Replicações	Síncrona
	Distribuída * Multiple Replication in Parallel * Single Replication in Parallel (Multiple Processes)		Assíncrona
	Ação	Múltiplos Processos	Síncrona
	Ferramenta		
	Meta		
Aprendizagens estudantes	Ação Individual		
	Ação Coletiva		
	Ferramenta		
Orientações intrínsecas	Meta		
	Ação		
	Ferramenta		
Orientações docente	Meta		
	Ação		
	Ferramenta		

Fonte: Adaptado de Carvalho et. al (2015).

O sistema de simulação traz uma infraestrutura tecnológica combinando componentes de softwares, redes de comunicação e hardwares que medeiam operações realizadas pelo sujeito para desenvolver suas atividades pedagógicas. No que trata a simulação, é necessário definir como ocorrerão as divisões de trabalho durante a realização da atividade simulada (UDEN; HWANG, 2013).

A simulação individual é aquela em que o estudante interage individualmente com o sistema para desenvolver suas atividades pedagógicas dirigidas para compreensão e apreensão do conteúdo. A simulação distribuída trata da realização em grupos, fornecendo recursos para a obtenção de estreita comunicação, integração e interdependência entre os sujeitos envolvidos no processo didático. Nesse componente, são empregadas estruturas existentes para a aplicação da simulação computacional distribuída (FUJIMOTO, 2015) para contemplar o desenvolvimento de trabalho coletivo nas atividades pedagógicas.

Utilizando os conceitos de simulação distribuída SRIP e MRIP, o componente de simulação é estruturado de modo que as atividades pedagógicas possam ser planejadas em processos a serem executados em modo síncrono ou assíncrono. Como modo síncrono, as atividades planejadas definem como requisito que haja simultaneidade temporal para a sua realização; já no assíncrono, as atividades não requerem que haja simultaneidade temporal, são executadas em um conceito atemporal.

São ações realizadas pelo simulador: a manipulação das entidades virtuais; tipos de movimentos que são realizados; tempos relacionados; e informações pertinentes ao cenário simulado. Como ferramentas possíveis de serem utilizadas estão: os objetos e seus atributos; tempo; retorno aos estudantes das ações realizadas; ajudas; mudanças; narrativas; regras; métricas; e escores (CARVALHO et al., 2015). Como metas de simulação, é possível citar o tipo de experiência que se pretende simular: assimilação das sistemáticas; a usabilidade; da coleta de dados; e análise do uso dos recursos (LAW; SUN, 2012).

Ao abordar as sistemáticas da aprendizagem dos estudantes, duas perspectivas são estabelecidas, uma voltada para as ações individuais e a outra cujo resultado depende do trabalho coletivo colaborativo. Sem esse engajamento pode haver a perda de foco e desapontamento ou falta de motivação com a simulação ou até mesmo distração durante as aulas (ANDREW; ROBIN, 2015). No aspecto cognitivo, é necessário o estudo dos conteúdos curriculares pré e pós realização das vivências simuladas, aplicação dos conceitos na simulação, identificação dos fatos ocorridos, resolução

de problemas, levantamento e análise de dados, elaboração de relatórios e desenvolvimento de planos de ação que manifestem um resumo de melhorias a serem implantadas (NESTEL; BEARMAN, 2015).

Como ferramentas de aprendizagem, os estudantes podem utilizar documentação sistemática relacionada às complexidades vivenciadas na simulação, dramatização, informações gráficas, textos informativos, solução de problemas, relatórios técnicos, estudos comparativos entre a simulação e casos reais e a elaboração de relatórios técnicos (CARVALHO et al., 2015). Como metas de aprendizagem, são destacados os aspectos cognitivos, afetivos e domínio psicomotor bem como a capacidade de aprender e expandir os conhecimentos individuais e coletivos a partir dos estudos e das experiências vivenciadas pela simulação.

As orientações intrínsecas ao sistema são as instruções e mecanismos de avaliação e feedback que ocorrem dentro do sistema e durante o seu uso. Como ações da orientação intrínseca, há as realizadas durante a simulação com o objetivo de estimular ações de aprendizagem (CARVALHO et al., 2015), tais como demonstrações, suporte à recuperação de erros, avaliações de desempenho, dicas e mensagens de ajuda. No âmbito das ferramentas, são elementos ou componentes de recursos presentes no sistema que suportam as ações da orientação intrínseca, como vídeos, textos de ajudas, alertas com mensagens, testes de desempenho, listas de verificação, tutoriais, *fly path*, entre outras.

Com relação às metas da orientação, seus objetivos são: produzir informações que forneçam orientação e que guiem ao objetivo da aprendizagem; fornecer *feedback*; estimular a recuperação da aprendizagem prévia (DUVEKOT, 2012); e avaliar o desempenho.

O processo de mediação e orientação docente que ocorre durante a aula é estruturado por meio das orientações pedagógicas que possibilitem aos estudantes realizar a compreensão e a interação com as teorias estudadas e as vivências viabilizadas pelo ambiente simulado (PEÑA-AYALA, SOSSA e MÉNDEZ, 2014). Como ações de orientação e mediação docente, há: mediação da adaptabilidade ao sistema; revisão; entendimento e aplicação de conteúdo; sistematizações; e avaliações. Como ferramentas, podem ser utilizados questionários orientativos, testes, informações gráficas, solução de problemas, debate coletivo e a pesquisa de dados. Como metas, é factível analisar as contradições e as inconsistências existentes entre as teorias estudadas e os resultados observados na simulação, a adaptabilidade dos estudantes em relação ao manuseio da ferramenta, compreensão da dinâmica existente entre os elementos e esses com o

sistema, a extrapolação dos dados virtuais com fatos ocorridos no mundo real e as diversas interações existentes entre os colegas e as mudanças que essas provocaram na realização da simulação (UDEN; HWANG, 2013).

5. Uso da estrutura didática da atividade de aprendizagem para desenvolvimento da interface e da simulação computacional

Foi realizado um curso de extensão universitária para aplicação do projeto de simulação em ambiente 3D em software desenvolvido sob a lógica de eventos discretos, abordando os conceitos básicos da teoria das filas. O processo de planejamento e execução

compreendeu a definição pedagógica das três etapas da proposta (Figuras 1, 2 e 3). Depois de elaboradas as etapas didáticas da proposta pedagógica, foi desenvolvido o projeto de simulação computacional para ambiente 3D. Essa etapa consistiu na especificação dos requisitos de software, seguida pela análise desses requisitos com a utilização de diagramas de casos de uso.

Conforme Figura 4, a especificação dos requisitos teve como base a análise dos componentes definidos na 3ª etapa do planejamento, que foram avaliados sob a ótica da integração dos principais atores (docente e estudante) e os modelos de simulação.

Figura 4. Ações realizadas para o desenvolvimento do projeto.

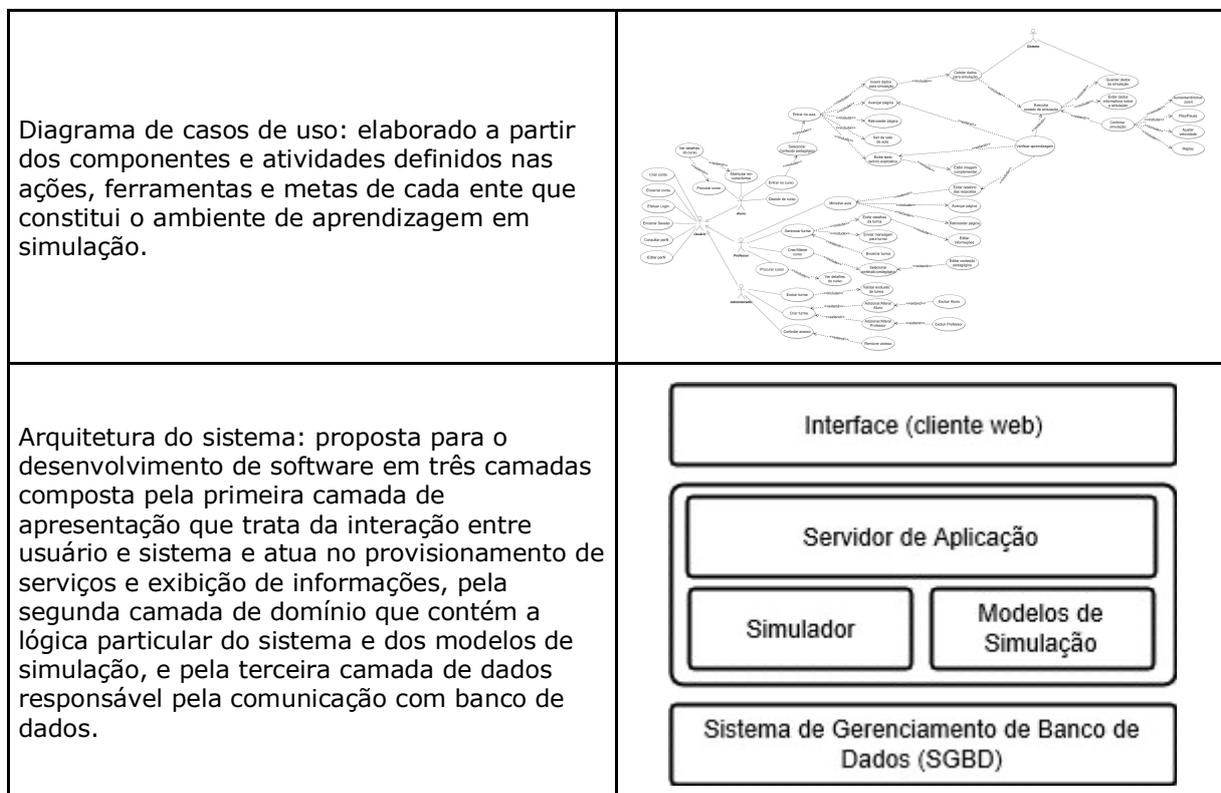
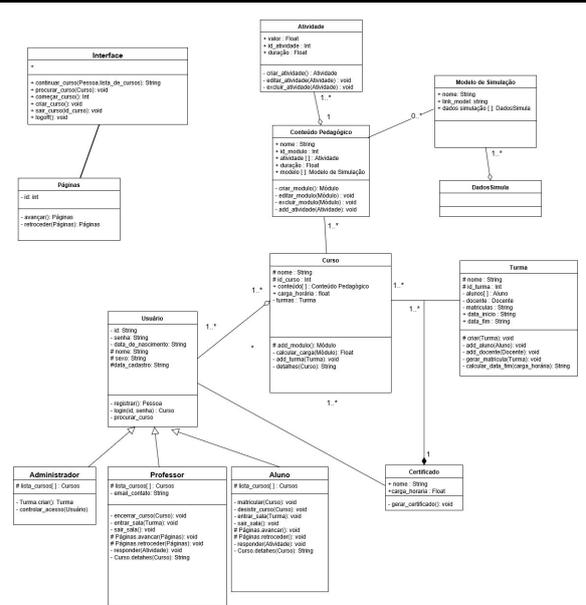


Diagrama de classes: elaborado a partir da definição das interações dos atores com as funcionalidades especificadas no diagrama de casos de uso.



Representação do modelo de simulação estabelecido para a aprendizagem: elaborado a partir dos conceitos pedagógicos a serem abordados no tópico com o uso do software de simulação (na versão gratuita).



Fonte: Os autores.

A análise desses requisitos levou ao desenvolvimento de um novo conceito de sistema. A partir da definição do conceito e de todas as funcionalidades do sistema, foi iniciada a execução das atividades do projeto de software com a definição de alguns aspectos como a arquitetura do sistema, padrão de interface gráfica, linguagem de programação, sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD).

Para realizar essa etapa, foram necessárias várias reuniões de trabalho com a presença de profissionais da área técnica do conteúdo, pedagógica e computacional para que houvesse o alinhamento das diversas visões sobre os ajustes e definição das ações para a concretização do projeto. Foram elaborados planos de ação que nortearam o desenvolvimento das atividades de programação. Devido à delimitação, neste artigo, não serão debatidos os resultados dos testes das referidas sistematizações.

5. Considerações sobre o uso das soluções desenvolvidas

Depois de realizado o desenvolvimento da estrutura didática da atividade de aprendizagem para ambientes de simulação computacional, foi elaborada uma solução computacional tendo como linguagem de programação o PHP (Hypertext Preprocessor) e Javascript, e como linguagem de marcação foi utilizado o HTML (Hyper Text Markup Language). Como sistema gerenciador de banco de dados, foi utilizado o MySQL, que é baseado na linguagem SQL (Structure Query Language).

Para o desenvolvimento dos modelos de simulação, foi utilizada a versão gratuita do Flexsim® versão 2017. Devido às limitações técnicas impostas pela versão gratuita, foram desenvolvidos oito modelos de simulação computacional em ambiente 3D, com média de 20 elementos cada. Essas foram gravadas em formato de vídeos, que foram inseridos na interface. Foram definidos padrões de interfaces e dos textos didáticos elaborados para complementar as explicações dos conceitos.

Foi possível observar nesse caso que os dados gerados pela simulação necessitavam ser armazenados no banco de dados a fim de verificar se houve a correta

interpretação dos dados pelos estudantes. Os dados oriundos da própria simulação precisavam ser apresentados até o final da simulação em forma de gráficos dinâmicos interativos (campo denominado *dashboards*).

Nessa etapa, desenvolvida ao longo do ano 2017 e início de 2018, foram necessárias mais de 1759 linhas de programação e 27 linhas de comentários da linguagem PHP e Javascript distribuídos entre 35 arquivos com os quais foram possíveis desenvolver 17 páginas de navegação, incluindo direcionamentos de respostas de acordo com os dados de cada modelo de simulação elaborado para apresentar os conceitos a serem estudados e dos seus respectivos textos orientativos e questões de verificação.

Para analisar a visão dos estudantes, 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, que aborda três dimensões de análise: interface; interatividade e entendimento; e aprendizagem dos conceitos.

Primeiramente, foi realizado um pré-teste do uso da solução, pelo qual foi possível identificar alguns erros de programação, entendimento, dados da simulação e até da ação do professor durante a aula em laboratório de informática. Depois de realizados os ajustes, foram realizadas duas ações simultâneas de apresentação do conteúdo: uma mesma turma de graduandos em Administração foi dividida em aula expositiva-dialogada com uso das telas em forma de slides estáticos; e outra parte da turma no laboratório. A divisão ocorreu por ordem de chegada dos estudantes em aula.

Depois de apresentada a sistemática da interface, foram iniciadas as duas aulas simultaneamente: na aula expositiva-dialogada o tempo planejado para o conteúdo foi cumprido dentro do prazo previsto (21 minutos); e na aula mediada pela solução computacional os tempos de finalização foram maiores e variavam de 30 até 47 minutos.

O sistema foi programado para avançar em caso de acerto sem notificação de acerto. Quando do erro de questão, também não havia notificação, mas o sistema direcionava para um caminho alternativo, em que havia outros comentários e vídeos para a revisão do tema. Caso o aluno seguisse errando o sistema não avançava, requerendo que o estudante solicitasse ao docente ajuda para a compreensão do tema.

Essa sistemática teve como foco a quebra do paradigma da transmissão de conhecimento e avaliação por acertos X erros para a construção do aprendizado; isso fez com que alguns estudantes solicitassem ao docente a confirmação de que suas ações estavam

corretas, embora, ao avançar a página, o texto seguinte deixasse evidente o resultado da ação, mas não evidenciava o erro ou acerto de forma explícita, fato que gerou insegurança em alguns estudantes.

A vivência do uso da ferramenta também demonstrou que essa sistemática exigiu atenção dos estudantes, sendo que não foram observadas dispersões e conversas paralelas durante a aula. Depois de finalizada as aulas e respondidos o questionário de análise da sistemática, os estudantes foram reunidos em uma única sala e por meio de uma sistematização verbal puderam comentar as suas experiências e observações.

Em uma escala crescente de concordância de 1 a 5, a interface apresentou um valor médio de 4,33 pontos e um desvio padrão de 0,83 para os estudantes que participaram da aula no laboratório e de 4,19 e 0,89 para os da aula tradicional respectivamente. O ponto com maior concordância foi a de que aplicação não necessita de conhecimentos computacionais prévios para ser utilizada adequadamente e a de menor concordância foi em relação ao design e a estética das telas.

Em relação à interatividade, observou-se uma concordância média de 3,91 com desvio padrão de 1,11 para os estudantes em laboratório. O ponto que teve maior concordância foi a sequência de estudo para o aprendizado e o de menor foi a precisão e facilidade na coleta de informações. Por meio das entrevistas orais e da observação em aula, foi possível notar que muitos estudantes não estavam acostumados a realizar a coleta de dados primários de um sistema de fila dinâmico, fato observado na aula tradicional na qual o docente apresentou os dados em tabela para que os estudantes pudessem realizar os cálculos. Esse quesito, na aula expositiva-dialogada obteve média de 4,34 e desvio padrão de 0,82, evidenciando a facilidade de entendimento dos cenários apresentados (mesmo que estáticos) em concomitância com a fala do professor.

Sobre o entendimento e aprendizagem dos conteúdos dos estudantes, na visão dos que estavam no laboratório houve concordância de 4,36 com desvio padrão de 0,69 tendo como destaque as explicações e comentários fornecidos pelo aplicativo durante a realização dos exercícios e o ponto com menor concordância foi em relação à facilidade do uso de gráficos e tabelas interativos da simulação para entendimento do conceito. Foi possível observar que essa nova sistemática exige outras habilidades e competências de compreensão dos ambientes e conteúdos estudados, alguns estudantes comentaram que primeiro tiveram que observar o que estava acontecendo no ambiente para, posteriormente, realizar a análise dos dados apresentados. Na aula

tradicional a média foi de 4,44 com desvio padrão de 0,75, tendo como destaque que a gama de elementos não perturba a aprendizagem e com menor concordância a falta do entendimento dos gráficos estáticos para a compreensão do conteúdo.

6. Considerações Finais

A motivação deste estudo foi buscar formas de aproximar a realidade dos estudantes, notadamente para a formação profissional, possibilitando que haja alguma experiência prática e vivencial, mesmo que simulada, para melhor entendimento dos processos reais e conseqüentemente maior absorção do conhecimento.

Há várias contribuições neste artigo, sendo possível destacar: o levantamento teórico sobre a aplicação da simulação computacional para fins de ensino e aprendizagem; a proposição de uma abordagem de ensino que objetiva oportunizar para o estudante o entendimento da motivação curricular inerente a determinado conhecimento científico que será abordado; fomentar a discussão sobre formas alternativas de ensino e aprendizagem; a necessidade de interação e alinhamento de conceitos entre os membros da equipe multidisciplinar necessária para desenvolvimento desse tipo de projeto; a apresentação da sistemática em si, como uma proposição passível de ser aplicada a diferentes áreas do conhecimento e para diferentes níveis de estudo; e a mudança paradigmática do estudante e do docente durante o processo de aula.

Existem diversas oportunidades para ações decorrentes e pesquisas futuras, como: aplicação e avaliação da efetividade dessa sistemática como parte das atividades realizadas em determinado componente curricular; análise e definição de uma proposta de avaliação do entendimento e da retenção de conhecimento a partir da utilização do ambiente de simulação computacional como parte das atividades; gravação de explicações das simulações para os estudantes ouvirem visando complementar o uso de sentidos (visual e auditivo); ajuste de alguns modelos para melhor diferenciar os diversos elementos simulados; e a verificação dos resultados da aprendizagem por meio de técnicas tradicionais versus a incorporação de novas ferramentas e tecnologias.

Referências

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.

ANDREW, K.; ROBIN, B. G. Emotional Engagement and Active Learning in a Marketing Simulation: A Review and Exploratory Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 6, n.1, p. 69-76, 2015.

ARAÚJO, U. P. et al.. 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.

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.

BOAVENTURA, P. S. M. et al.. 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>.

CARVALHO, M. B. et al.. 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>.

CASSANDRE, M. P.; PEREIRA-QUEROL, M. A. O percurso dos princípios teóricos-metodológicos vygotskyanos: um olhar sobre o CRADLE. *Revista de Estudos Organizacionais e Sociedade*, n. 1, v. 2, p. 454-509, 2014.

COLDHAM, S. CETL for Professional Learning from the Workplace. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, n. 1, v. 3, p. 262-272, 2011.

COSTANZA, F. Stimulating new business creation through system dynamics education. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, n. 4, v. 35, p. 267-284, 2019.

DECKER JR., C. et al. Comparação dos projetos fatoriais completo e fracionado em um modelo de simulação de eventos discretos em um sistema de manufatura para os leiautes celular e celular virtual. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 15, n. 2, p. 23 - 57, 2020.

DOI:10.15675/gepros.v15i2.2422

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.

DUVEKOT, R. Validação da aprendizagem prévia como uma ponte para oportunidades de aprendizagem para todos. Tradução. *Revista UFG*, n. XIII, v. 12, p. 100-115, 2012.

ENGSTRÖM, Y. From design experiments to formative interventions. *Theory & Psychology*, United Kingston, v. 21, n. 5, p. 598-628, 2011.

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.

GIL, A. C. *Didática do ensino superior*. São Paulo: Atlas, 2007.

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.

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

LAW, E. L. C.; SUN, X. Evaluating user experience of adaptive digital educational games with Activity Theory. *International Journal of Human Computer Studies*, v. 70, n. 7, p. 478-497, 2012.

LEONTIEV, A. N. *O desenvolvimento do psiquismo*. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

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.

MEDEIROS, L. F.; MOSER, A.; SANTOS, N. A simulação computacional como técnica de pesquisa na administração. *Revista Intersaberes*, n. 9 (especial), p. 441-459, 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.

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

NESTEL, D.; BEARMAN, M. Theory and Simulation-Based Education: Definitions, Worldviews and Applications. *Clinical Simulation in Nursing*, v. 11, n. 8, p. 349-354, 2015.

OLIVEIRA, F. P. S. de et al.. Aplicação da simulação empresarial no ensino da graduação. In *Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)*, 13, Bauru-SP, 2006. Anais... Bauru, 2006.

PARK, A.; FUJIMOTO, R. M.; PERUMALLA, K. S. 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, 2004.

PEÑA-AYALA, A.; SOSSA, H.; MÉNDEZ, I. Activity theory as a framework for building adaptive e-learning systems: A case to provide empirical evidence. *Computers in Human Behavior*, 30, 131-145, 2014.

PREDESCU, A. et al.. A Serious Gaming Approach for Crowdsensing in Urban Water Infrastructure with Blockchain Support. *Appl. Sci.*, 11, 1449, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11041449>

RAMOS, D. K. Processos colaborativos mediados pelo computador e as contribuições da teoria da atividade. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 18, n. 3, p. 34-45, 2010.

ROCHA, R. V. da et al.. 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.

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.

STERMAN. J. D. *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. USA: McGraw Hill, 2000.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 12 ed. São Paulo: Cortez, 2003.

UDEN, L.; HWANG, G. J. Activity theory approach to developing context-aware mobile learning systems for understanding scientific phenomenon and theories. *International Journal of Distance Education Technologies*. V. 11, n. 4, p. 30-44, 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.

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.