

## Sistema Integrado para Avaliação de Desempenho Humano em Simulações Interativas

Rodrigo V. Rocha<sup>1</sup>, Rafaela V. Rocha<sup>1</sup>, Marcio R. Campos<sup>2</sup>, Regina B. Araujo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Caixa Postal 676 – 13565-905 – São Carlos –SP – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Caixa Postal 676 – 13565-905 – São Carlos –SP – Brasil

{rodrigo\_rocha, rafaela\_rocha, regina}@dc.ufscar.br,  
marcamposbr@yahoo.com.br

**Abstract.** *This paper presents a system architecture to support human performance evaluation in interactive simulations for the teaching of practical skills in different competences. This system is supported by a model that integrates different types of evaluations based on Kolb's theory, which allows exploring different learning styles, and Bloom's taxonomy, which allows planning activities and assessments with incremental complexity. Components are used to support more accurate evaluation of simulations. A proof of concept is presented to validate the system.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta uma arquitetura de sistema de avaliação de desempenho humano em simulações interativas para o ensino de habilidades práticas em diferentes competências. Esse sistema é apoiado por um modelo que integra diferentes tipos de avaliação baseados na teoria de Kolb, que permite explorar diferentes estilos de aprendizado, e na taxonomia de Bloom, que possibilita planejar atividades e avaliações com complexidade incremental. Componentes são utilizados para avaliar com mais precisão as simulações. Uma prova de conceito é apresentada para validação do sistema.*

### 1. Introdução

Simulações interativas virtuais de treinamento podem melhorar potencialmente a qualidade de trabalho, diminuir custos financeiros e reduzir riscos reais às vidas e ao patrimônio [Green III 2000]. Além disso, a simulação de treinamento proporciona um ambiente seguro de aprendizado experimental, no qual os aprendizes podem tomar diferentes decisões e visualizar seus efeitos durante a execução da simulação [Chung 2004]. A integração de simulações em um processo de ensino aprendizado com avaliação de desempenho contínua é importante para medir a eficácia e eficiência do treinamento. Entretanto, são poucos os sistemas de simulação de treinamento que oferecem a medição e avaliação de desempenho. O objetivo do trabalho aqui apresentado é desenvolver um sistema de suporte ao processo de avaliação de desempenho humano em simulações interativas para o ensino de habilidades práticas em diferentes competências, que permite configurar atividades simuladas e suas avaliações, capturar dados em tempo de execução e gerar relatórios de desempenho. Esse sistema está integrado a uma arquitetura de desenvolvimento e execução de simulação de treinamento, na qual componentes genéricos são customizados para processar o comportamento e avaliar o treinamento com mais

precisão. Uma integração de teorias de aprendizagem (instrucional: taxonomia de Bloom, e experiencial: Teoria de Kolb) com diferentes tipos de avaliação é aplicada ao processo de ensino e aprendizagem para melhorar a eficácia e eficiência do uso de simulações no treinamento virtual.

O artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 descreve conceitos sobre avaliação, taxonomia de Bloom e a teoria de Kolb. A seção 3 apresenta um modelo de integração de avaliações de desempenho com as teorias de aprendizagem apresentadas. A seção 4 apresenta a arquitetura do sistema de integração de avaliações contínuas. A seção 5 descreve os trabalhos relacionados e a comparação com nosso sistema. A seção 6 apresenta a prova de conceito, seguido das Conclusões e Referências Bibliográficas.

## **2. Fundamentação Teórica**

A avaliação de desempenho é um mecanismo para determinar o grau em que os aprendizes aplicam os conhecimentos, as habilidades e as atitudes adquiridas em um treinamento em situações semelhantes, bem como em novos problemas. Ela pode servir para compreender o nível geral de treinamento, seja de um grupo de alunos em um experimento acadêmico que exija habilidades práticas em algum tipo de competência, seja uma equipe dentro de uma organização, de uma maneira controlada e sistemática [Breton et al. 2007]. O processo de avaliação de desempenho deve ser realizado em simulações de treinamento para mensurar a aprendizagem durante as atividades simuladas. A medição de desempenho durante a simulação deve analisar e determinar as causas do bom e mau desempenho, fornecer um diagnóstico, consolidar as atitudes certas e corrigir sistematicamente as deficiências do usuário [Salas e Rosen 2007]. Com o objetivo de melhorar o desempenho dos aprendizes, atividades que exploram os diferentes estilos de aprendizagem devem ser planejadas. Devem também ser realizadas a estruturação e o planejamento dos objetivos de aprendizagem com um aumento incremental do nível de dificuldade dos treinamentos. Dessa forma, é importante adotar teorias de aprendizagem que suportam esses requisitos na elaboração de atividades e avaliações de desempenho.

A taxonomia de Bloom é um dos instrumentos utilizados que facilita a definição e estruturação dos objetivos de aprendizagem [Ferraz e Belhot 2010]. Essa taxonomia é uma padronização da linguagem que permite a classificação de atividades educacionais. No domínio cognitivo, ela é dividida em seis níveis de habilidade com progressão de complexidade: (1) Lembrar: o aprendiz pode reconhecer e reproduzir idéias e conteúdos; (2) Entender: o aprendiz pode estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido; (3) Aplicar: o aprendiz pode executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova; (4) Analisar: o aprendiz pode dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes; (5) Sintetizar: o aprendiz pode agregar e juntar partes com a finalidade de criar um novo todo; e (6) Criar: o aprendiz pode juntar elementos com o objetivo de criar um novo modelo, visão, solução ou estrutura, com o uso de conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. A teoria de Kolb (2005) é um modelo empírico que fornece bases para a compreensão dos estilos de aprendizagem. Essa teoria envolve as dimensões de percepção da informação (referentes a sentir e pensar) e de processamento da informação (referentes a fazer e observar). A avaliação é de suma importância em um processo de ensino-aprendizagem. Ela permite o acompanhamento do desenvolvimento do aprendiz e, se necessário, a adaptação do processo. Há diferentes tipos de avaliação, de acordo com o

objetivo da mesma: diagnóstica, formativa, somativa, auto-avaliação e avaliação do próprio processo para sugestões de melhoria. A avaliação diagnóstica é realizada no início do processo para analisar a presença de pré-requisitos e colocar o aprendiz em um novo contexto de aprendizado [Miller et al. 1998]. A avaliação formativa é a prática de avaliação durante o processo para desenvolver e aprimorar as competências do aprendiz [Perrenoud 1999]. A avaliação somativa ocorre após um período de aprendizagem, e tem como objetivo mensurar a progressão do aprendiz e colocá-lo em outro nível de classificação de treinamento [Miller et al. 1998]. A auto-avaliação ocorre no final do processo e tem como objetivo o aprendiz mensurar a sua própria evolução no treinamento. A avaliação do processo ocorre também ao final para averiguar as sugestões de melhorias do treinamento do ponto de vista do aprendiz. A qualidade de medição de desempenho individual e da equipe é essencial para diagnosticar sistematicamente o desempenho e, posteriormente, tomar decisões relativas a correções. Os requisitos para a qualidade da medição são cinco [ROSEN et al. 2008]: (1) definir adequadamente os itens que serão analisados; (2) analisar o aprendiz em vários pontos de vista; (3) atentar as notações do instrutor e adequar as suas necessidades; (4) oferecer ao instrutor diferentes unidades de análise; e (5) tornar a avaliação a mais próxima da realidade.

### 3. Integração de Avaliações de Desempenho com Teorias de Aprendizagem

A taxonomia de Bloom e os estilos de aprendizagem definidos por Kolb [2005] podem ser utilizados para diversificar e aumentar a complexidade das atividades do processo de ensino-aprendizagem. Assim, um modelo que integra ambas as teorias de aprendizagem foi especificado. Esse modelo suporta o planejamento de atividades e avaliações durante todo o processo de ensino-aprendizagem utilizando simulações de treinamento.

O modelo está estruturado em sete fases, baseadas na taxonomia de Bloom, conforme pode ser visto na Figura 1. A teoria de Kolb é suportada pelos diferentes tipos de atividades planejadas:

- **Simulações:** proporcionam situações nas quais o aprendiz aprende fazendo - é possível também ter roteiros que o motive e sensibilize;
- **Textos:** permitem que o aprendiz leia e pense sobre as teorias descritas;
- **Vídeos:** possibilitam cenários no quais o aprendiz pode observar o modo de fazer e refletir sobre ele, além da possibilidade de explorar sentimentos e emoções;
- **Questionários e relatórios:** proporcionam questões que levam o aprendiz a refletir e pensar sobre os conhecimentos já adquiridos.

A seguir são descritas as sete atividades do modelo criado.

**(1) Verificar conhecimento prévio:** a avaliação diagnóstica é utilizada para verificar o conhecimento prévio do aprendiz, para isso ele realiza uma simulação.

A coleta de dados para avaliação é contínua durante as atividade de 2 a 5.

**(2) Transmitir informações:** as informações são demonstradas por vídeos e textos para garantir a realização do treinamento de forma adequada.

**(3) Verificar o conhecimento adquirido:** o aprendiz realiza uma nova simulação para verificar os conhecimentos adquiridos.

**(4) Aplicar conhecimento:** o aprendiz realiza uma simulação com várias possibilidades de tomadas de decisão e aplica o conhecimento adquirido.

**(5) Analisar informações:** é apresentado um vídeo para que o aprendiz analise as informações e justifique se as situações estão corretas ou não.

(6) **Avaliar procedimento:** é realizada uma avaliação somativa, com a utilização de um questionário para que o aprendiz sintetize o treinamento.

(7) **Auto-avaliar processo de treinamento:** para concluir o processo de ensino-aprendizagem é realizada uma auto-avaliação do processo de treinamento, com a utilização de um relatório que permitirá que o aprendiz crie melhorias ou uma nova solução de treinamento.

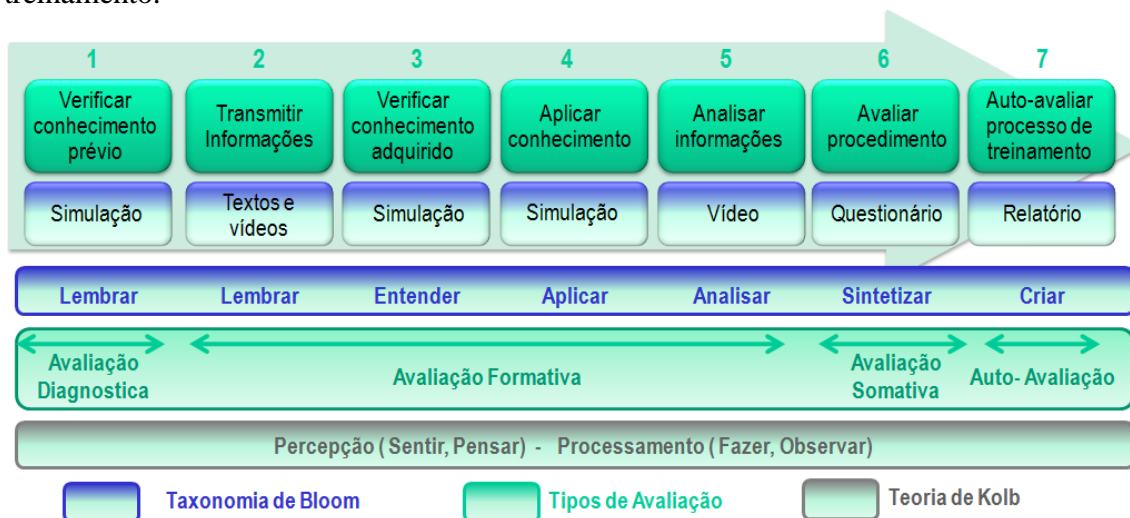


Figura 1. Modelo de integração de avaliações de desempenho com teorias de aprendizagem.

#### 4. Arquitetura de Sistema de Integração de Avaliações Contínuas

Esta seção apresenta a visão geral do projeto de construção e avaliação de simulações interativas distribuídas sendo desenvolvido no laboratório WINDIS. A arquitetura geral é introduzida, seguida da arquitetura de software e do sistema de avaliação.

##### 4.1. Visão Geral da Arquitetura de Criação de Treinamento

No Laboratório de Redes sem Fio e Simulação Interativa Distribuída (WINDIS) está sendo desenvolvida uma ferramenta de criação de simulações 2D e 3D interativas distribuídas de treinamento que proporciona aos instrutores uma interface gráfica para criar diferentes cenários de simulação (federações) [Rocha e Araujo, 2009; Rocha et al., 2010]. Essas federações podem ser instanciadas usando componentes (que simulam o comportamento de treinamentos), ontologias e modelos 3D armazenados em repositórios. Os federados (simulações distribuídas em diferentes dispositivos em diferentes localidades, cujo conjunto compõe uma federação) são implementados em três camadas: apresentação, comportamento e comunicação (utilizando a arquitetura para reuso e interoperabilidade *High Level Architecture* [IEEE Std 1516-2000]), conforme pode ser visto na Figura 2. Essa abstração em camadas permite o reuso de componentes e a criação de diferentes interfaces gráficas para uso em diferentes dispositivos (desktops, celulares, etc), conforme pode ser visto na Figura 3 (simulação de treinamento de vestimenta de equipamentos de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros, utilizando o componente de lista linear). O componente simula o comportamento de treinamento de emergência e fornece a melhor técnica para combatê-lo (que auxiliará na medição de desempenho humano). As variáveis de entrada do treinamento determinam o tipo de componente, que pode ser um componente que processa uma lista linear, uma lógica fuzzy ou um autômato determinístico finito. Como os

componentes são genéricos e padronizados, diferentes cenários de treinamento podem ser customizados em cada componente (utilizando metadados) [Rocha e Araujo, 2011]. Os componentes são:

- **Lista Linear:** é usada quando as variáveis de entrada são sequenciais e bem definidas, como em um treinamento para se escolher os equipamentos necessários para combater um incêndio. Existem vários equipamentos que devem ser vestidos, seguindo uma ordem correta [São Paulo 2006a].

- **Lógica Fuzzy:** é usada quando as variáveis de entrada têm um fator de incerteza, como no treinamento de combate a incêndios [São Paulo 2006b]. A diminuição de oxigênio, a quantidade de fumaça e o grau de temperatura implicam na fase do incêndio de uma maneira incerta, pois essas variáveis são incertas também. Então, um sistema fuzzy é necessário para inferir a fase de incêndio, bem como a técnica correta para combatê-lo.

- **Autômato Finito Determinístico:** é utilizado quando há estados e transições bem definidos, como em um treinamento de triagem de vítimas, no qual o aprendiz tem que identificar as prioridades de resgates de vítimas com base em seus ferimentos, de acordo com o protocolo START (*Simple Triage and Rapid Treatment*) [São Paulo 2006b]. As informações pessoais (tais como, frequência respiratória por minuto e nível de consciência) e os procedimentos realizados pelos aprendizes implicam em estados e transições bem definidos.

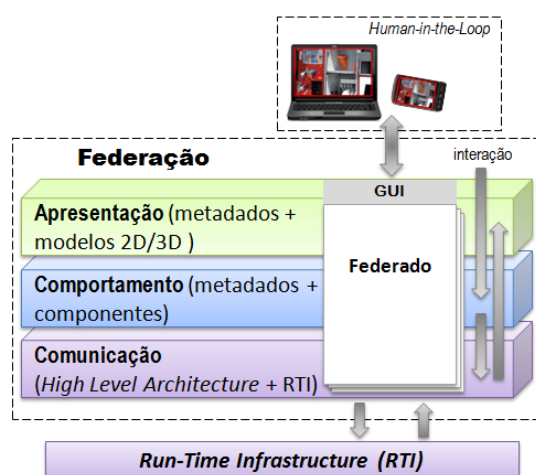


Figura 2. Visão geral da arquitetura em camadas.



Figura 3. Interfaces 2D para desktop e celular de treinamento de vestimenta de equipamentos utilizando o componente de lista linear.

## 4.2. Arquitetura do Sistema de Avaliação

O planejamento das atividades e avaliações é muito importante antes da execução das simulações. Para facilitar a geração de relatórios de acordo com as necessidades do instrutor, uma arquitetura de sistema de avaliação de desempenho está sendo desenvolvida. Ela contém módulos que possibilitam: a configuração das atividades, avaliações, dados coletados e relatórios (pré-execução); a coleta de dados durante o processo de avaliação baseado no modelo de integração criado; o monitoramento e visualização das medidas de desempenho (durante a execução); e análise dos resultados (pós-execução), com a possibilidade de geração de relatórios de desempenho. Essa arquitetura, que pode ser vista na Figura 4, integra os módulos que são descritos a seguir.

- **Módulo de Configuração:** utilizado na pré-execução da simulação, na qual o treinador poderá configurar as atividades do treinamento, o grau de análise da simulação, as métricas de cada simulação, os dados que serão capturados e os relatórios que estarão disponíveis na execução e na pós-execução.

- **Módulo de Captura de Dados:** utilizado para capturar todos os dados transmitidos pelo RTI/HLA, de todos os participantes.

- **Módulo de Monitoramento e Visualização:** utilizado pelo instrutor para visualizar e monitorar o desempenho dos aprendizes em tempo de execução.

- **Componentes:** utilizado para processar o comportamento do treinamento descritos em metadados (customização de uma lista linear, ou uma lógica fuzzy, ou um autômato determinístico finito - de acordo com os tipos de dados de entradas) e permitir uma avaliação mais precisa dos acertos e erros cometidos pelos aprendizes nas tomadas de decisão no treinamento.

- **Banco de Dados de Desempenho:** banco de dados no qual toda informação capturada pelo módulo de Captura de Dados será armazenada para utilização posterior.

- **Módulo de Análise e Diagnóstico de Treinamento:** utilizado para identificar e diagnosticar as principais causas do bom e mau desempenho e oferecer retorno (*feedback*) aos aprendizes.

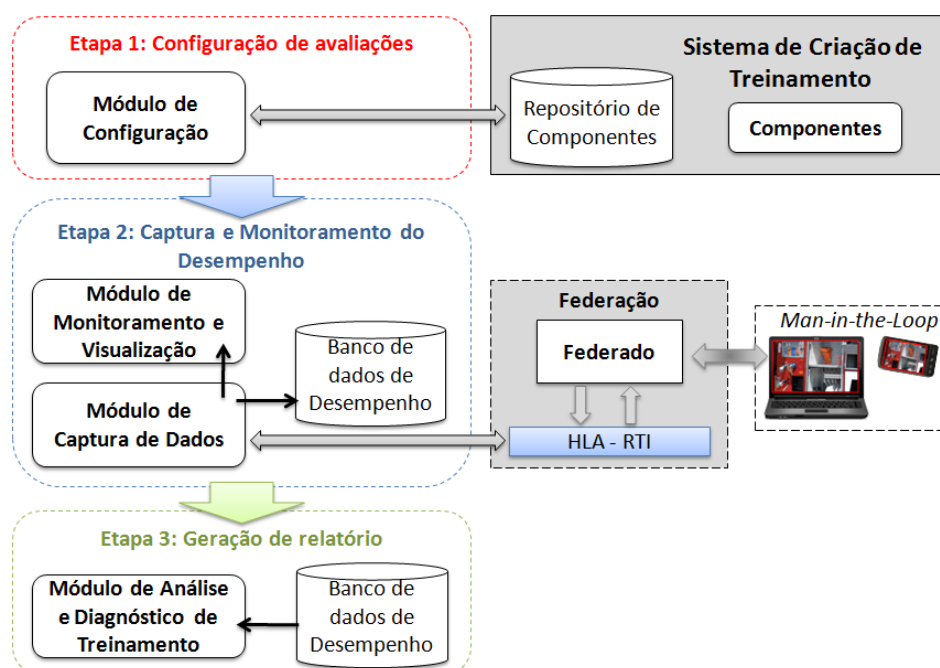
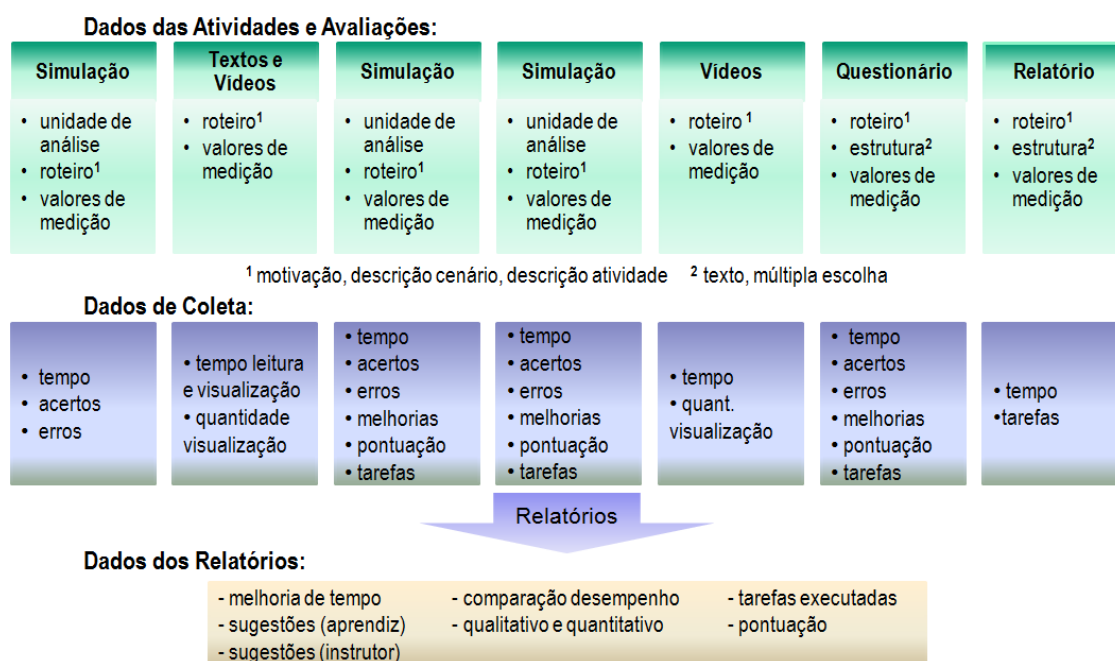


Figura 4. Arquitetura do sistema de avaliação de desempenho.



### 4.3. Sistema de Avaliação de Desempenho Humano

Nesta subseção é descrito o sistema de avaliação de desempenho humano. Esse sistema é dividido em três etapas: configuração de avaliações (pré-execução), captura e monitoramento de desempenho (execução das simulações) e geração de relatórios (pós-execução), conforme é mostrado na Figura 4. Na etapa 1, Configuração de Avaliações (atividades, dados coletados e relatórios), o sistema disponibiliza as seguintes interfaces: configuração do treinamento e valores de medição para cada situação (atividades e avaliações), seleção de dados que serão capturados, e configuração dos relatórios que serão oferecidos para o instrutor e para os aprendizes. As configurações das atividades e dos dados capturados são divididas em **sete fases** cada uma, conforme pode ser visto na Figura 5, de acordo com o modelo de integração descrito na seção 3.



**Figura 5. Configurações de avaliações e medidas de desempenho (Etapa 1).**

Na fase 1 deverá ser selecionado uma simulação básica, apenas para identificar as informações lembradas pelo aprendiz. Na fase 2, textos e vídeos que apresentam o conteúdo treinado são selecionados, o roteiro da atividade é descrito, bem como os valores que serão mensurados (por exemplo, tempo e quantidade de visualização). Na fase 3 deverá ser oferecido ao aprendiz uma simulação completa baseada no conteúdo dos vídeos e textos. Na fase 4, deverá ser selecionada uma simulação mais complexa (adição de novos desafios) que permite ao aprendiz aplicar o conhecimento adquirido. Nas fases 1, 3 e 4 são definidos as unidades de análise da medição de desempenho na simulação. Já na fase 5, um vídeo que simula um treinamento é selecionado para que o aprendiz possa analisar as informações apresentadas e refletir sobre os acertos e erros apresentados. Nas fases 6 e 7, as estruturas de apresentação do questionário e relatório são definidas pelo instrutor, com a possibilidade de utilização de textos e opções de múltipla escolha. Em todas as fases são descritos os roteiros que contem a motivação para sua realização, a descrição do cenário e a descrição das atividades que serão realizadas. Em cada fase, os dados que serão coletados são configurados (tais como tempo, acertos, erros, pontuações). Após a configuração da última fase, os dados para geração dos relatórios são configurados.

Na etapa 2, Captura e Monitoramento do Desempenho, é realizado a captura e o armazenamento de todos os dados transmitidos durante o treinamento. Durante o treinamento, o instrutor pode acessar os dados coletados e relatórios gerados por uma interface de visualização e monitoramento. Os dados são armazenados em um banco de dados para posterior análise e geração de relatórios e *feedback*, para os aprendizes e instrutores. Na etapa 3, Geração de Relatórios, o instrutor pode emitir relatórios e *feedbacks* utilizando o módulo de Análise e Diagnóstico, que tem acesso a informações no banco de dados e a gera os relatórios configurados no módulo de Configuração.

## 5. Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão discutidos sistemas de simulação de treinamento com avaliação de desempenho humano (DIVAAR e HPML) aplicados principalmente em treinamento militar, área que tipicamente investe grande quantidade de recursos na geração de sistemas poderosos de simulação.

DIVAAR (*Dismounted Infantry Virtual After Action Review System*) é um sistema virtual de revisão após ação de infantaria desembarcada, desenvolvido pelo Instituto do Exército de Pesquisas de Comportamentos e Ciências Sociais e pelo Instituto para Simulação e Treinamento da Universidade de Florida Central [MELIZA et al. 2007]. O projeto tem ênfase em cenários de operações militares para treinar desafios em ambientes urbanos. O software é executado em computadores conectados a uma rede de simuladores de soldados individuais. Ele capta e grava todos os dados do exercício; propõe diferentes posições e ângulos dos ambientes 3D que proporcionam as melhores vistas de ação; oferece a opção de marcar os eventos importantes; e permite uma repetição flexível. Esses recursos ajudam os membros da unidade a desenvolverem modelos mentais compartilhados de tarefas individuais e em grupo. HPML (*Human Performance Measurement Language*) é uma linguagem de medição de desempenho humano, criada pela marinha dos Estados Unidos, que fornece recursos para definir novas medidas e avaliações de forma rápida, com a opção de configurá-las em treinamentos específicos. Um dos principais objetivos da HPML é fornecer uma ponte entre as implementações do software de medição automatizada e as avaliações com os processos de treinamento que querem definir e usar medidas automatizadas de desempenho. Uma das desvantagens é a medição menos precisa, pois não há uma configuração de acordo com as necessidades do treinador. Um sistema de medição de agente inteligente foi implementado baseado em HPML e integrado com a plataforma de teste em um simulador de vôo tripulado.

Apesar do potencial dos sistemas descritos acima, estes não oferecem a possibilidade de avaliação mais precisa em diferentes pontos do processo de aprendizagem. Neste sentido, os pontos fortes e inovadores de nosso sistema são: (1) utilização da teoria de Kolb para explorar os diferentes estilos de aprendizagem, e assim, melhorar o desempenho dos aprendizes; (2) estruturação e planejamento dos objetivos de aprendizagem com a utilização da Taxonomia de Bloom; (3) aumento incremental dos níveis de dificuldade dos treinamentos baseados na Taxonomia de Bloom; (4) possibilidade de avaliação em tempo de execução e pós-execução (os sistemas relacionados apenas permitem avaliação pós-execução); (5) permite definir a unidade de análise de competências em grupo realizadas individualmente, além de individual e em grupo (enquanto que os outros sistemas apenas analisam individualmente e em grupo); (6) possibilidade de interação do instrutor durante a simulação.



## 6. Prova de Conceito

Nesta seção é descrito o passo a passo de um treinamento utilizando o sistema de avaliação. O cenário utilizado é o de treinamento de bombeiros, porém nosso sistema pode ser utilizado para quaisquer cenários de simulação interativa para o aprendizado de habilidades práticas em diferentes competências. O treinamento avaliado é a sequência correta de vestimenta de todos os equipamentos necessários para combate ao incêndio, de acordo com o Manual Técnico de Bombeiros: calça, botas, balaclava, capa, cinto alemão, machadinha, cilindro de oxigênio, máscara, capacete, luvas (São Paulo 2006b). Este treinamento utiliza então a lista linear para processar o comportamento e avaliar o treinamento. As fases são configuradas pelo instrutor, conforme descrito a seguir. Em todas as fases, o roteiro é descrito e são configurados os valores de medição para os dados de coletas que podem ser vistos na Figura 5. Após essas fases os dados para os relatórios são configurados. As fases estão sendo assim implementadas: **Fase 1:** seleção de simulação de vestimenta de equipamentos (que já foi implementada utilizando o nosso Sistema de Criação de Simulações); definição de unidade de análise (individual); **Fase 2:** seleção de textos (manual dos bombeiros) e vídeos demonstrando a correta sequência de vestimenta de equipamentos e sua motivação para isso (vestimenta de todos os equipamentos e de forma correta reduz os riscos de acidentes); **Fase 3:** seleção de simulação de vestimenta de equipamentos, definição de unidade de análise individual; **Fase 4:** seleção de simulação de vestimenta com mais opções de equipamentos, definição de unidade de análise individual; **Fase 5:** seleção de vídeo (demonstração da vestimenta incorreta dos equipamentos, para análise e reflexão do aprendiz); **Fase 6:** seleção da estrutura do questionário em forma de texto e múltipla escolha para a avaliação do vídeo; **Fase 7:** seleção da estrutura do relatório em forma de texto e múltipla escolha para a auto-avaliação e avaliação do processo de treinamento (espaço para sugestões de melhoria – que permitirá que o aprendiz crie soluções a partir dos conhecimentos adquiridos e de suas experiências prévias).

O cenário acima utilizado para avaliação é simples, em 2D, aplicando apenas o componente *lista linear*. O objetivo é a validação do sistema para que seja possível aos pesquisadores deste projeto introduzir cenários mais complexos aprimorando todas as fases. A simulação acima foi implementada também em celular [Lima e Araujo, 2011]. No momento, a interface do sistema de avaliação está sendo concluída para o referido cenário. Duas simulações interativas mais complexas, em 3D, envolvendo os componentes *lógica fuzzy* e *Autômato Finito Determinístico* (conforme descrito na subseção 4.1), estão sendo construídas com o nosso sistema.

## 7. Conclusões

A avaliação deve ser contínua no processo de treinamento para mensurar o desenvolvimento e as dificuldades do aprendiz. Acompanhar, registrar e fornecer *feedback* para melhoria do desempenho dos aprendizes é essencial para que o treinamento seja eficaz e efetivo. Este artigo apresentou uma arquitetura de sistema de avaliação para simulações interativas utilizadas no ensino de habilidades práticas podendo ser aplicada em diferentes competências. Esta arquitetura está integrada a um sistema de desenvolvimento e execução de cenários de simulação, que permite reuso de componentes para simular o comportamento e avaliar com mais precisão os treinamentos. Uma integração de teorias de aprendizagem é utilizada para estruturar e planejar as atividades (taxonomia de Bloom) e atender os vários estilos de aprendizagem (teoria de Kolb).

Assim, as atividades simuladas oferecem um ambiente de experimentação e aprendizado gradual, nas quais diversas avaliações permitem o monitoramento da aprendizagem com a possibilidade de registro para melhorias do processo de treinamento.

### **Agradecimentos**

Este projeto está sendo financiado pela CNPq, FAPESP e CAPES (Projeto INCT-SEC, processos 573963/2008-8, 159490/2010-3, 143315/2010-2, 08/57870-9 e 2010/17005-7). Os autores gostariam de agradecer ao Corpo de Bombeiros da cidade de São Carlos por seu apoio, e aos alunos de IC Renan H. P. Lima e Marcelo A. D. Oliveira pela contribuição.

### **Referências**

- Breton, R. et al. (2007) "Measurement of individual and team situation awareness: A critical evaluation of the available metrics and tools and their applicability to command and control environments". Defence Research and Development Canada.
- Chung, C.A. (2004) "Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach". CRC Press. Boca Raton, FL.
- Ferraz, A.P.C.M. e Belhot, R.V. (2010) "Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais". Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431.
- Green III, W.G. (2000) "Exercise Alternatives for Training Emergency Management". Command Center Staffs, USA: Universal Publishers.
- IEEE Std 1516-2000 (2000) "IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA): framework and rules". New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Kolb, A.Y. e Kolb, D.A. (2005) "Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education". Academy of Management Learning and Education, v. 4, n. 2, p. 193-212.
- Lima, R. H. P. e Araujo, R. B. (2011) "Interface de Visualização 3D em Dispositivos Móveis para Simulações de Treinamento". Relatório Científico Parcial - Bolsa FAPESP de Iniciação Científica.
- Meliza, L. L. et al. (2007) "After Action Review in Simulation-Based Training". U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. Orlando, Florida, USA.
- Miller, A., Imrie, B. W. e Cox, K. (1998) "Student Assessment in Higher Education, A Handbook for Assessing Performance". Kogan Page, 120 Pentonville Road, London, UK, First edition.
- Perrenoud, P. (1999) "Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas". Porto Alegre: Artes Médicas.
- Rocha, R. V. e Araujo, R. B. (2009) "Uma Arquitetura de suporte a modelagem de simulações de treinamento baseadas no HLA". In: XXXV Conferência Latinoamericana de Informática, Pelotas, RS.
- Rocha, R. V. et al. (2010) "Understanding and Building Interoperable, Integrable and Composable Distributed Training Simulations". In: The 14-th ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, Fairfax, VA, p. 121-128.
- Rocha, R.V. e Araújo, R.B. (2011) "Projeto e avaliação de um ambiente de criação de simulações distribuídas". Relatório Técnico Interno - Laboratório WINDIS.
- Rosen, M.A et al. (2008) "Measuring Team Performance in Simulation-Based Training: Adopting Best Practices for Healthcare". Spring 2008, v. 3, n. 1.
- São Paulo (Estado). Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. (2006a) "Manuais Técnicos de Bombeiros: Equipamentos de Proteção Individual e de Proteção Respiratória", v. 17. São Paulo.
- São Paulo (Estado). Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. (2006b) "Manuais Técnicos de Bombeiros: Estratégia e Tática de Combate a Incêndio", v. 32. São Paulo.
- São Paulo (Estado). Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. (2006c) "Manuais Técnicos de Bombeiros: Resgate e Emergências Médicas", v. 12. São Paulo.
- Salas, E.; Rosen, M.A. (2007) "Best Practices for Performance Measurement in Military Simulation-based Training: observations from the field (Report)". Department of Psychology, Institute for Simulation and Training, University of Central Florida, pp. 1-29.