



Avaliação de habilidades sensório-motoras em ambientes de realidade virtual para treinamento médico: uma revisão sistemática

Evaluation of sensorimotor skills in virtual reality environments for medical training: a systematic review

Evaluación de las habilidades motoras y sensoriales en entornos de realidad virtual para la formación médica: una revisión sistemática

Alexandre Martins dos Anjos¹, Fátima de Lourdes dos Santos Nunes², Romero Tori³

RESUMO

Descritores: Treinamento médico; Metodologia de Avaliação; Habilidades sensório-motoras; Realidade Virtual; Realidade Aumentada

Estudos sobre as contribuições oriundas do campo de desenvolvimento de Habilidades Sensório-Motoras (HSM) são imprescindíveis para a área de treinamento médico. Considerando experiências encontradas especialmente nesse contexto, a proposta deste trabalho consiste em uma investigação que utiliza um processo de Revisão Sistemática (RS) para recuperar o estado da arte sobre metodologias de avaliação de aquisição de HSM. Com a RS foi possível identificar métricas que são usadas em estratégias de avaliação de aquisição de HSM tanto em ambientes reais quanto virtuais. Após a identificação dessas métricas, desenvolveu-se uma análise para categorizá-las, de acordo com o seu grau de similaridade e contextos de aplicação. Nesse sentido, o estudo revela possíveis métricas que contribuirão para criação de uma nova metodologia de avaliação de aquisição de HSM para ambientes de Realidade Virtual.

ABSTRACT

Keywords: Medical Training; Evaluation methodology; Sensorimotor skills; Virtual Reality; Augmented Reality

Studies on the contributions from the sensorimotor skills are essential to the medical training area. Considering experiences found in this particular context, the goal of this paper is an investigation that uses a Systematic Review (SR) process in order to retrieve the state of the art in relation to methodologies to evaluate the skills acquisition. The SR made it possible to identify metrics that are used to evaluate strategies of SMS acquisition, both in real environments (RE) as well as in virtual environments. After identifying these metrics, an analysis was developed to categorize them according to their similarities and application context. In this sense, the study reveals the metrics that will contribute to the creation of a new evaluation methodology of SMS acquisition for Virtual Reality environments.

RESUMEN

Descriptores: La formación médica; Metodología de evaluación; Habilidades Motoras y Sensoriales; Realidad Virtual; Realidad Aumentada

Los estudios sobre la contribución del desarrollo del campo de las Habilidades Motoras y Sensoriales (HSM) son indispensables para la formación médica. Teniendo en cuenta las experiencias vividas, especialmente en este contexto, la propuesta consiste en una investigación que utiliza un proceso de Revisión Sistemática (RS) para recuperar el estado de la técnica sobre metodologías de evaluación para la adquisición de HSM. Para ello, tuvimos que desarrollar una revisión de la literatura existente, identificando indicadores que se utilizan a menudo en las estrategias de evaluación de la adquisición de HSM tanto en entornos reales como en entornos virtuales. Después de identificar estos parámetros, estos fueron analizados para clasificarlos según su grado de similitud, y contextos de aplicación. Así, el estudio revela posibles métricas que contribuirán para la creación o formulación de una nueva metodología de evaluación de HSM en entornos de Realidad Virtual (RV).

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - UFMG, Cuiabá (MT), Brasil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo (SP), Brasil.

² Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH-USP, São Paulo (SP), Brasil.

³ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo (SP), Brasil.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, há relatos de experiências que usam Realidade Virtual (RV) para simulações cirúrgicas em áreas de treinamento médico, acompanhadas de uma significativa melhora no desempenho das atividades desses profissionais⁽¹⁾.

Não obstante a utilização de simulações, observa-se também que é possível efetuar a transferência de conhecimentos ou habilidades técnicas por meio da utilização de salas virtuais em ambientes de aprendizagem voltados para a área de treinamento médico⁽¹⁾.

Nesse sentido, com o crescimento de aplicações da área de RV para aquisição de habilidades por meio de estratégias de simulação, configura-se um novo método de apoio à aprendizagem, que utiliza recursos de educação virtual para a área de treinamento médico.

Essa nova maneira de ensinar trouxe à tona desafios inéditos, no sentido de refletir sobre a implementação de modelos que pudessem ser alternativos a contextos reais de aprendizagem.

Essas alternativas merecem destaque quando se observa que a motivação para estratégias virtuais de ensino-aprendizagem é notória, especialmente por apresentar soluções que minimizam a necessidade de experiências com alto custo, como aquelas em que são exigidos materiais e recursos físicos em ambientes educacionais presenciais e reais⁽²⁾.

Em experiências que têm como ênfase o desenvolvimento de atividades sensorio-motoras incluem-se também contextos que envolvem estratégias de ensino-aprendizagem para a aquisição de habilidades. Uma das reflexões a tecer nesse contexto refere-se à compreensão sobre os processos de avaliação de aquisição de habilidades em ambientes tridimensionais de acordo com concepções presentes na área de RV. Avaliar habilidades, por exemplo, passa a ser uma discussão de caráter complexo, especialmente quando atravessa um espaço contínuo entre a realidade e a virtualidade.

Para avaliar essas habilidades é necessário capturar as informações de interação, armazená-las e reproduzi-las, de alguma forma, em modelos experimentais. Em alguns momentos, porém, é preciso resgatar experiências, oriundas não apenas de contextos virtuais, mas também aquelas ênfases em experiências reais ou provenientes de aplicações virtuais bidimensionais.

A partir do momento em que é possível identificar variáveis presentes tanto em contextos reais de avaliação de habilidades quanto em contextos virtuais, torna-se possível estudar os fatores que devem ser considerados para a criação de uma nova metodologia de avaliação.

No contexto de Ambientes Virtuais (AV), a RV e a Realidade Aumentada (RA) envolvem um controle interativo de processos computacionais em ambientes tridimensionais. Um usuário (na condição de aprendiz) pode acessar espaços virtuais, visualizando, manipulando e explorando os dados da aplicação em tempo real, utilizando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais do seu corpo.

Em outra perspectiva, as aplicações resultantes da implementação de estratégias de ensino-aprendizagem

utilizando ambientes de RV possibilitam processos de aquisição de conhecimento que podem ser voltados para concepções de cunho educacional, de treinamento ou entretenimento educacional⁽³⁾.

Exemplos dessas aplicações são os experimentos em que instrutores ou educadores apresentam resultados de investigação sobre evidências de aprendizagem, por meio da transferência de habilidades de ambientes virtuais para reais⁽⁴⁾.

Ainda reafirmando a transferência de conhecimentos entre o real e o virtual, na área de Interação Humano-Computador (IHC) há também experimentos que correlacionam processos de aprendizagem reais e virtuais, conforme discussões da área de treinamento médico aplicada em procedimentos de análise clínica, com simulação de humanos virtuais, implementados em ambientes de RV⁽⁵⁾.

O presente trabalho se insere em um contexto que tem como objetivo desenvolver um estudo sobre os parâmetros e variáveis encontrados em metodologias para avaliação de aquisição de Habilidades Sensorio-Motoras (HSM) em Ambientes de RV ou RA. Investigou-se também metodologias de ambientes reais que pudessem ser adaptadas para AVs, compondo, ao final, uma categorização a partir do grau de similaridade entre os parâmetros encontrados. Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar o estado da arte sobre avaliação de HSM em ambientes reais e virtuais, a partir de uma Revisão Sistemática da literatura, discutindo-se os parâmetros encontrados, a fim de distinguir indícios que podem levar à definição de uma metodologia adequada para a avaliação da aquisição dessas habilidades em ambientes de RV e RA⁽⁶⁾.

Para delimitar a concepção de treinamento educacional, adotar-se-á, como referência, a terminologia de HSM, a partir de definições da área de comportamento motor, que discute atividades sensoriais motoras desenvolvidas por seres humanos. Nesse sentido, o conceito de habilidades motoras é definido como “tarefas com uma finalidade específica a ser atingida e que relacionam-se a aspectos de movimento, podendo subdividir-se em habilidades grossas ou finas”⁽⁷⁾.

As habilidades motoras grossas são definidas a partir do pressuposto de que “[...] utilizam os grandes grupos musculares do corpo para produzir uma ação. Fazem parte dessas habilidades as atividades como pular e caminhar, nas quais a precisão de refinamento dos movimentos é menor”⁽⁸⁾, enquanto que as habilidades finas são caracterizadas pelos movimentos de músculos pequenos.

Em outro contexto, a importância da informação sensorial é definida durante a execução de movimentos, uma vez que ela é comparada como uma referência de avaliação em memória humana em um processo contínuo e sequenciado de ações.

Nesse sentido, a terminologia “sensorio-motora” é utilizada com o objetivo de indicar a compreensão da percepção sensorial humana associada a aspectos de interação em RV, envolvendo fatores de percepção humana, sejam eles visuais, sonoros ou táteis⁽⁹⁾.

A segunda e a terceira seção do artigo apresentam, respectivamente o processo metodológico e, ao final, resultados e discussões encontrados a partir das métricas,

parâmetros e reflexões são disponibilizados.

MÉTODOS

Como estratégia metodológica para verificar as contribuições e o estado da arte da pesquisa, procurou-se alicerçar esse processo a partir das concepções sobre Revisão Sistemática (RS)⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

Uma revisão sistemática de literatura é uma forma de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma questão específica, área temática ou fenômeno de interesse⁽¹⁰⁾, ou como um método de pesquisa explícito e rigoroso, que procura identificar o conhecimento científico em uma determinada área, por meio da coleta, combinação e avaliação crítica de descobertas de diversas abordagens já realizadas⁽¹¹⁾. Segundo esses autores, a importância do estabelecimento de um processo de RS é também notória, quando se verifica a definição de fases, a saber: a) Planejamento da revisão; b) Procedimentos de condução e extração da RS e, ao final, c) Procedimentos de elaboração de relatórios da RS.

Conforme objetivo citado na seção introdutória, inicialmente formulou-se uma questão de pesquisa para apoiar o processo de planejamento da RS, conforme apresentado a seguir.

No início do processo de planejamento, delimitaram-se fontes de buscas a partir de pesquisas no Portal de Periódicos da CAPES (*IEEE journals, IEEE conferences, ACM journals, ACM conferences, ISI; Village, SCOPUS*, Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação, referências acadêmicas presentes no *Google Scholar* e Biblioteca de teses da Universidade de São Paulo).

Nessa etapa, consolidaram-se termos de busca formuladas em inglês, a partir de palavras ou sentenças, como Metodologia, Estratégias, Aulas, Práticas, Treinamentos (*“methodology” or “strategy” or “practice” or “classes” or “training”*); Avaliação (*“assessment” or “evaluation”*); Realidade Virtual (*“Virtual Reality”*) e Aquisição de Habilidades (*“skill acquisition”*).

A fim de estabelecer os interesses da pesquisa, o protocolo construído definiu os seguintes critérios de inclusão de trabalhos: artigos publicados nos últimos 5 anos; artigos que apresentassem metodologias específicas para avaliação de aquisição de HSM em ambientes de

Realidade Virtual (RV) ou em Ambientes Reais (AR); artigos que utilizassem alguma metodologia específica de avaliação de aquisição de HSM em AV ou em AR e artigos que executassem alguma avaliação de aquisição de HSM sem especificar metodologias.

De maneira semelhante, foram elaborados os seguintes critérios de exclusão: artigos que não continham estratégias ou metodologias de avaliação HSM e artigos já encontrados e considerados para análise em outra base. Esses passos finalizaram a etapa de planejamento, possibilitando a condução da RS e a extração de dados.

Uma vez que o protocolo de RS foi definido, a etapa de condução passa a ser executada, iniciando-se por uma seleção de informações e encerrando-se com os resultados de um processo de extração de dados mais detalhados. O processo foi realizado no período de 01/07/2010 a 30/10/2010.

Nessa etapa, os termos de busca elaborados no processo de planejamento foram executados em cada uma das máquinas de busca das fontes selecionadas, documentando-se e registrando-se os trabalhos em um formulário de condução da revisão mediante a leitura dos resumos das obras, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos nas seguintes bases: ACM (13), Village (2), IEEE (10), ISI (6) e SCOPUS (14).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor subsidiar as análises e discussões da presente pesquisa, a partir dos 8 artigos selecionados em um universo de 45, procurou-se classificar os experimentos que aconteciam em contextos virtuais ou reais para avaliação de habilidades HSM.

Para selecionar esses 8 artigos foram utilizados critérios de inclusão e exclusão explicitados na seção – Métodos, obtendo os resultados observados no Quadro 1.

No entanto, 4 experiências (50%)⁽¹²⁻¹⁵⁾ apresentam algum tipo de avaliação de aquisição de HSM que acontece em contextos reais de forma articulada ou comparada com avaliações de HSM em contextos virtuais.

Além disso, nota-se que 4 experiências (50%) são específicas da área de treinamento médico^(12,16-18), conforme Quadro 1.

A fim de melhorar a apresentação dos resultados da

Quadro 1 - Análise dos critérios de inclusão atendidos

Citação	Ambientes		Apresentam, metodologias específicas de avaliação de aquisição de HSM em ambientes Reais ou de RV	Utilizam alguma metodologia específica de avaliação de aquisição de HSM em ambientes Reais ou de RV	Executam alguma avaliação de aquisição de HSM sem especificar metodologias
	Real	Virtual			
1-Panait <i>et al.</i> (2009)		•		•	
2-Van der Meijden; Schijven, (2009).		•		•	
3-Madan; Frantzides, (2007).	•	•			•
4-Tzafestas; Palaiologou; Alifragis, (2006).	•	•	•		
5-Dawei; Asim; Saeid, (2009).	•	•	•		
6-Chowrappa <i>et al.</i> (2009).	•	•	•		
7-Watanabe; Katsura, (2010).		•	•		
8-Kolesnikov <i>et al.</i> (2009).		•	•		

RS, adotou-se como estratégia inicial uma categorização ou agrupamento de métricas, de acordo com o respectivo grau de similaridade encontrado, conforme pode ser observado nos Quadros 2 a 7.

A primeira categoria de métrica frequente utilizada em estratégias de avaliação de HSM foi encontrada em 5 artigos selecionados (62,5%), e refere-se aos erros cometidos por aprendizes durante o desenvolvimento de suas atividades de treinamento (Quadro 2).

Esses erros podem ser observados como genéricos de baixo ou alto nível de competência técnica, considerando-se a complexidade de tarefas desenvolvidas por aprendizes. Além disso, são também considerados erros de posicionamento e perda de objetos, tendo em vista atividades que exigem essas operações durante a execução de estratégias específicas de treinamento.

De forma sumarizada os parâmetros agrupados nessa categoria são apresentados em tanto em contextos reais, quanto em simulações virtuais ou simulações físicas. Os contextos reais envolvem o treinamento no ambiente de execução do procedimento, sem uso de artefatos de simulação. Simulação física envolve o uso de artefatos tangíveis. Para efeito de ilustração, experimentos com

manequins ou outros tipos de modelos físicos utilizados para treinamento médico podem ser caracterizados como exemplos de simuladores físicos. E, por fim, simulação virtual envolve o uso de objetos virtuais que, não podem ser tocados diretamente – tais como uso de modelos sintéticos tridimensionais em monitores de vídeo.

Ao final, especialmente em operações que consideram o contato entre um ou mais objetos, observadores da área de HSM consideram, como grande importância para avaliação de aprendizes, possíveis erros causados pelo contato indevido entre objetos. Um exemplo ocorre quando um objeto danifica um tecido do corpo humano ou mesmo quando um atrito tem impacto considerável, a ponto de causar dano a outro objeto.

Conforme observado no Quadro 3, outra categoria encontrada considerou também o tempo total ou parcial utilizado pelos aprendizes durante as atividades de treinamento, cujas métricas foram encontradas em 5 artigos (62,5%), conforme se descreve a seguir:

Considerando a necessidade de capturar informações para avaliação, especialmente em dispositivos que trabalham com RV, foi possível notar também a presença de indicadores que revelaram medidas de esforço físico e

Quadro 2 - Métricas de Erros

Detalhamento da dimensão	Explicação
Erros genéricos	Métricas quantitativas para análise do número de erros presentes em simuladores (físicos ou virtuais) ⁽¹⁻⁴⁾ . Exemplo: atingir o alvo errado durante a manipulação de um instrumento cirúrgico.
Erros de baixo nível de competência técnica	Número de erros apresentados em tarefas de complexidade simples, desenvolvidas em simuladores reais ou virtuais ⁽¹⁻³⁾ . Exemplo: Recortar um tecido fora do traçado planejado em uma atividade de treinamento.
Erros de alto nível de competência técnica	Compreendido por alguns autores como número de erros apresentados em tarefas de complexidade (média ou alta) desenvolvidas tanto em simuladores físicos como virtuais ⁽¹³⁾ . Exemplo: Desenvolver uma atividade de manipulação de um aparelho cirúrgico que envolve muitas atividades simultâneas – retirar um objeto minúsculo de uma cavidade com grande risco de colisão e ao mesmo tempo efetuar recortes em estruturas de tecido.
Erro de posicionamento	Métricas relativas a erros de posicionamento em atividades que requerem manipulação e movimentação tanto em simuladores físicos como reais ⁽¹⁻⁹⁾ . Exemplo: Precisão de posicionamento ao perfurar um nódulo em um exame de pulsão.
Perda de objetos (agarramento e desprendimento involuntário)	Métrica que considera o erro ao agarrar objetos tanto em simuladores físicos como reais. O Desprendimento acidental é um exemplo ⁽¹⁷⁾ . Exemplo: Não conseguir segurar um objeto em um treinamento que exige a manipulação de alças laparoscópicas.
Danos causados, consequentes do contato ou colisão de simuladores	Métrica que considera colisões acidentais na manipulação ou movimentação de objetos tanto em simuladores físicos como virtuais ⁽¹⁷⁻¹⁸⁾ . Exemplo: Colisão indesejada de um objeto na parede de um tecido, durante um procedimento cirúrgico.

Quadro 3 - Métricas de tempo

Detalhamento da dimensão	Explicação
Tempo para simulação – usando RV (<i>Conclusão da tarefa</i>)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para conclusão de tarefas ou habilidades, usando aplicações de RV ^(12-13,15,17) . Exemplo: Tempo utilizado para realização de um exame de pulsão.
Tempo para simulação – usando RV (<i>Por etapa ou fração da tarefa</i>)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para frações de tarefas ou habilidades, usando aplicações de RV ⁽¹³⁻¹⁵⁾ . Exemplo: Tempo parcial utilizado apenas para a perfuração durante a realização de um exame de pulsão.
Tempo para simulação: usando simuladores físicos (<i>Conclusão da tarefa</i>)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para conclusão de tarefas ou habilidades, usando simuladores físicos. Exemplo: Box de laparoscopia manual ⁽¹²⁻¹³⁾ . Exemplo: Simulação de lavagem em um manequim médico de traumatismo.
Tempo para simulação: usando simuladores físicos (<i>Por etapa ou fração da tarefa</i>)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para frações de tarefas ou habilidades, usando simuladores físicos. Exemplo: Box de laparoscopia manual ⁽¹³⁾ . Exemplo: Simulação de lavagem de apenas uma parte de um manequim médico de traumatismo.
Tempo real (<i>Conclusão da tarefa</i>)	Considera-se apenas o tempo de conclusão da tarefa, independente do tipo de ambiente utilizado (real ou virtual). Exemplo: Sistemas híbridos que utilizam simuladores físicos ou aplicações de RV ⁽¹³⁾ .
Tempo real (<i>por etapa ou fração da tarefa</i>)	Considera-se apenas o tempo de fração da tarefa, independente do tipo de ambiente utilizado (real ou virtual). Exemplo: Sistemas híbridos que utilizam simuladores físicos ou aplicações de RV ⁽¹³⁾ .

orientação em processos de treinamento (Quadro 4).

Avaliadores mencionam que intensidade de força, posicionamento, velocidade ou peso aplicado em determinados objetos, podem ser considerados como variáveis capazes de revelar resultados entre aprendizes habilidosos ou não habilidosos, encontradas em 5 artigos (62,5%), segundo se descreve a seguir:

Além do esforço físico e da orientação, foi possível encontrar também experiências que permitiam a comparação de comportamentos entre aprendizes durante a realização de atividades de treinamento. Nesse sentido, foram encontrados 4 artigos (50%), apresentados no quadro 5 a seguir:

De forma mais simplificada, apenas três dos artigos (37,5%) do total consideram-se processos de simetria de destreza, sucesso ou insucesso, conforme se apresenta no Quadro 6.

Especialmente em artigos que consideram capacidade dos usuários adquirirem habilidades a partir de medidas de usabilidade, foram encontradas métricas que consideraram o grau de facilidade e memória de aprendizes durante a realização de suas atividades de treinamento.

De forma destacada, observou-se também medidas muito reveladoras em processos de avaliação de HSM, como as métricas de automaticidade, que são capazes de revelar a capacidade ou a desenvoltura dos usuários na realização de suas atividades, encontradas em 4 artigos selecionados (50%), mostrados no Quadro 7.

As categorias evidenciadas nos quadros apresentados indicam que há métricas para avaliação aplicadas em áreas de domínio específico, como, por exemplo, treinamento médico. Não foram encontrados, porém, indícios de

aplicações dessas métricas de forma mais generalizada, ou seja, como uma metodologia única para avaliação de HSM.

Uma das métricas que mereceram destaque nos quadros anteriores foi a medida de automaticidade, cujos conceitos foram fundamentais para compreensão da área de avaliação de HSM a partir de estudos presentes na área de comportamento motor.

Entre os trabalhos considerados para a área de treinamento médico referenciados no Quadro 1 destacam-se contribuições com metodologias de avaliação que utilizam dispositivos de RV para treinamento laparoscópico, a partir de abstrações de modelos que utilizam-se de *Box* – caixas para treinamento de procedimentos laparoscópicos⁽¹²⁾.

Há também experiências que usam *softwares* de RV com e sem *feedback* de força para comparação de tarefas realizadas em técnicas de treinamento que seguem um padrão de práticas para cirurgias laparoscópicas⁽¹⁶⁾.

No campo de Revisão Sistemática há um estudo para analisar o “estado da arte” sobre as contribuições de *feedback* tátil para cirurgias minimamente invasivas utilizando-se de procedimentos de cirurgia endoscópica convencional e de plataformas cirúrgicas para endoscopia assistidas por robô⁽¹⁷⁾.

Há também uma descrição de um simulador háptico desenvolvido como um auxílio para a aquisição de habilidades sensório-motoras em odontologia⁽¹⁸⁾.

A partir dos parâmetros identificados por categoria e também experimentos realizados com metodologias da avaliação de HSM em contextos de treinamento médico verifica-se a necessidade de discutir novas metodologias que possam ser utilizadas ou generalizadas para a avaliação de HSM utilizando-se das aplicações disponíveis no

Quadro 4 - Métricas de esforço físico e orientação

Detalhamento da dimensão	Explicação
Força	Métrica que registra a quantidade de força, de tensão ou apreensão aplicada aos diferentes graus de liberdade de aplicação de RV ⁽¹⁵⁻¹⁹⁾ . Exemplo: Medida de força aplicada em um dispositivo háptico para simulação de exames de pulso.
Posição	Métrica que registra os diferentes graus de liberdades de aplicações de RV ^(15,18-19) . Exemplo: Captura das coordenadas a partir da manipulação de um dispositivo háptico em exames de pulso.
Velocidade	Métrica que registra a velocidade de realização de procedimentos simulados. Podem ser considerados tanto em ambientes reais como em ambientes de RV ^(15,19) . Exemplo: Captura de aceleração ou redução de velocidade em operações específicas de dispositivos hápticos, exemplo – circunferências para recorte, manobras entre outras.
Massa	Medida associada ao peso dos objetos que serão manipulados ⁽¹⁹⁾ . Exemplo: Peso associado a objetos que compõem um cenário virtual, exemplo: instrumento cirúrgico – seringa.

Quadro 5 - Métricas de registro de percursos e procedimentos

Detalhamento da dimensão	Explicação
Gravação de padrões de comportamento	Métrica utilizada para gravação de padrões de comportamentos em ambientes de RV. A captura normalmente é desenvolvida com o objetivo de identificar padrões. Exemplo: Padrões de especialistas e padrões de novatos ⁽⁹⁾ .
Gravação de trajetórias	Métrica utilizada para gravar trajetória de usuários perante simuladores de RV. Algumas experiências usam a gravação de trajetos para estudos ou orientações de novos usuários por meio de diversas técnicas. Exemplo: Registro da trajetória gravada pelos usuários na manipulação de um instrumento virtual ^(12,14,18) .

Quadro 6 - Métricas de destreza, sucesso ou insucesso de procedimentos

Detalhamento da dimensão	Explicação
Destreza	Métrica que mede a eficiência para realização de determinados procedimentos, seja em simuladores físicos ou virtuais ⁽¹⁶⁾ . Exemplo: tempo e economia de percurso otimizados na execução de determinados tipos procedimentos cirúrgicos.
Sucesso ou insucesso	Métrica que mede a eficiência, sucesso ou insucesso para realização de determinados procedimentos, seja em simuladores físicos ou virtuais ⁽¹²⁻¹³⁾ . Exemplo: Sucesso na realização de retirada de um corpo estranho de uma cavidade em corpo humano.

Quadro 7 - Métricas de usabilidade ou de avaliação de grau de experiência do usuário

Detalhamento da dimensão	Explicação
Medida de automaticidade da habilidade	Alguns autores entendem que a medida de automaticidade é proporcional ao tempo que determinado aprendiz dedica para a aprendizagem de determinada tarefa, a ponto de fazê-la de forma automática ou sem necessidade de grandes esforços cognitivos. Os aprendizes iniciantes possuem então baixo grau de automaticidade em relação àqueles que já possuem experiência com determinados tipos de habilidades (seja em simuladores físicos ou virtuais) ⁽¹⁹⁾ . Exemplo: A atividade de datilografia sem a necessidade de identificar visualmente as teclas de um teclado; Condução de veículo por um motorista experiente.
Medida de facilidade da habilidade	Utilizando-se de questionários ou outros instrumentos, de forma subjetiva alguns avaliadores tentam dimensionar o grau de facilidade para desenvolvimento de determinadas tarefas, seja em experiências reais ou virtuais ⁽¹²⁾ . Exemplo: A percepção de facilidade a partir da análise subjetiva de um usuário.
Capacidade de o usuário recordar	Alguns autores tentam medir a aprendizagem de habilidades pela capacidade de o usuário gravar percursos parciais ou totais de determinadas tarefas, sejam elas em experiências reais ou virtuais ⁽¹⁴⁾ . Exemplo: Grau de lembrança do percurso realizado durante a execução de um procedimento cirúrgico por um especialista.
Experiência dos usuários	Alguns autores tentam medir a aprendizagem de habilidades levando em consideração a experiência do usuário em determinado domínio da informação. Exemplo: Quando se admite que os usuários trabalham a hipótese de que um usuário mais experiente no domínio de determinada aplicação possa apresentar melhores resultados em relação àquele que não possui grau de experiência de mesmo nível ⁽¹⁷⁾ .

campo de RV.

Para isso, sugere-se a continuidade desses estudos aprofundando-se especialmente na análise de diferentes metodologias de avaliação de HSM que consideram não apenas ambientes reais de treinamento, mas também diferentes possibilidades de adaptação ou reconstrução dessas metodologias para contextos virtuais cujas aplicações são notórias no campo de informática em saúde.

CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou os resultados de um processo de RS, com o objetivo de levantar métricas ou variáveis comumente utilizadas para avaliação de HSM. As evidências encontradas foram categorizadas por sua similaridade. As discussões dos autores revelaram a existência de estratégias específicas para avaliação de HSM e, especialmente, na área de treinamento médico, que foram identificadas em 50% dos artigos selecionados.

Observam-se também experiências que se utilizam de simuladores virtuais e físicos, e outras que revelam a preocupação com estratégias de avaliação HSM em ambientes reais, o que traz como desafio a generalização de uma proposta que possa transitar entre espaços reais, físicos ou virtuais de avaliação de habilidades.

Dessa forma, o processo de RS revelou a presença de experiências aplicadas apenas em avaliações específicas de HSM, não indicando uma generalização de uma

metodologia que possa adequar-se a diferentes estratégias de treinamento.

Para que seja possível definir uma metodologia que contemple contextos genéricos de aplicação, além da perspectiva de realidade *versus* virtualidade, sugere-se então, novos processos de investigação que venham a desenvolver metodologias que possuam uma compreensão holística sobre avaliação a partir de diferentes contextos de avaliação.

Para isso, um dos grandes legados do estudo em questão é a possibilidade de verificar estágios gradativos de aquisição de HSM em diversas variáveis, como a automaticidade de aprendizagem e outras métricas específicas, que podem contribuir para a criação de uma metodologia para avaliação de HSM e, especialmente, aplicações na área de treinamento médico, que se utiliza de RA e RV.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro (Processo 573710/2008-2 Edital MCT/CNPq N° 015/2008 - Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia), à FAPESP pelo apoio financeiro, à Prof. Célia Regina Maganha e Melo da EACH-USP e ao doutorando Cleber Gimenez Corrêa da Poli-USP.

REFERÊNCIAS

1. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance. *Annals of Surgery*. 2002;(236)4:458-64.
2. Tori R, Nunes FLS, Gomes VHP, Tokunaga DM. Vida: Atlas anatômico 3D interativo para treinamento a distância. In: Anais do XXIX Congresso da SBC; 2009 jul 20-24; Porto Alegre, Brasil. [Acesso em 20 jul 2010]. Disponível em: <http://bibliotecadigital.sbc.org.br>
3. Hounsell MS, Silva EL, Gasparini I. Análise das ênfases de educação e treinamento em ambientes virtuais 3D. In: Proceeding of the International conference on Engineering and Technology Education. INTERTECH; 2008 Mar 02-05, São Paulo, Brazil.
4. Hutchins M, Stevenson D, Gunn C, Krumholz A, Pyman B, O'Leary S. I think i can see it now! Evidence of learning in video transcripts of a collaborative virtual reality surgical training trial. In: OZCHI '05, Australia: Computer-Human Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia; 2005. p.1-4.
5. Johnsen K, Raj A, Stevens A, Lind DS, Lok B. The validity of a virtual human experience for interpersonal skills education. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems; 2007 28 apr-3 may; New York, NY, USA: ACM. p. 1049-58.
6. Anjos MA, Nunes FLS, Tori R. Avaliação de habilidades sensório-motoras em Ambientes de Realidade Virtual para treinamento médico: uma Revisão Sistemática. XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação 19 a 22 de julho de 2011. Centro de Convenções de Natal -Natal/RN.

- Computação para todos: no caminho da evolução social, anais issn: 25175-276, p. 1886-95.
7. Magill R. *Aprendizagem Motora: conceitos e Aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher; 2000.
 8. Póvoas MBC, Rodrigues FM. Habilidades motoras e tipos de prática: uma reflexão visando o aprimoramento e conscientização do movimento na prática pianística. 2007 [Acesso em 25 nov 2010]. Disponível em: <http://www.ceart.udesc.br>
 9. Go T, Freudenhem AM, Meira Júnior CM, Corrêa UC. *Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e aplicações*. Rev.paul.educ.fis. 2004;18(n.esp):55-72.
 10. Kitchenham B. *Procedures for permorming systematic reviews*. Joint technical report software engineering group. Keele University, United king and Empirical Software Engineering, Nacional ICT Australia Ltd, Australia; 2004.
 11. Biolchini J, Mian PG, Natali ACC, Travassos GH. *Sytematic review in software engineering*. COOPE/UFRJ; 2005.
 12. Madan AK, Frantzides CT. *Prospective randomized controlled trial of laparoscopic trainers for basic laparoscopic skills acquisition*. Surg Endosc. 2007;21(2):209-21.
 13. Tzafestas CS, Palaiologou N, Alifragis M. *Virtual and remote robotic aboratory: comparative experimental evaluation*. Education, IEEE. 2006;49(3): 360-9. [cited 2010 jul 25]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org>
 14. Dawei J, Asim B, Saaid N. *Muste method for quantifying virtual environment training system efficacy*. In: OZCHI '09. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group; 2009 nov 23-27; Melbourne, Australia.
 15. Chowriappa A, Subrahmaniyan N, Srimathveeravalli G, Bisantz A, Kesavadas T. *Modeling and defining expert handwriting behavior*. Systems, Man and Cybernetics, SMC 2009. IEEE International Conference on; 2009 oct 11-14. [cited 2010 jun 10]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org>
 16. Panait L, Akkary E, Bell RL, Roberts KE, Dudrick SJ, Duffy AJ. *The role of haptic feedback in laparoscopic simulation training*. J Surg Res. 2009; 156(2):312-16. [Acesso em 15 mar 2010]. Disponível em: <http://www.scopus.com>
 17. Van Der Meijden OAJ, Schijven MP. *The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review*. Surg Endosc. 2009;23(6):1180-90.
 18. Kolesnikov M, Zefran M, Steinberg AD, Bashook PG. *PerioSim: Haptic virtual reality simulator for sensorimotor skill acquisition in dentistry*. 2009. ICRA'09. IEEE International Conference. 2009 may 12-17. [cited 2010 oct 02]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org>
 19. Watanabe T, Katsura S. *A support method for haptic skill acquisition using graph theory*, Advanced Motion Control, 2010 11th IEEE International Workshop. 2010 mar 21-24. [cited 2010 jun 10]. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org>