

Proposta de um sistema de avaliação automática para treinamentos simulados de agentes de segurança

Claudia de Armas¹, Antonio Valerio Netto², Romero Tori¹

¹Escola Politécnica
Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo – SP – Brasil

²Escola Paulista de Medicina
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – São Paulo – SP - Brasil
claudiadearmas92@gmail.com, avnetto@unifesp.br, romero.tori@gmail.com

Abstract. *The article describes a proposal for using simulation based on virtual reality associated with a computational module that can evaluate qualitative parameters, identifying different behaviors during simulated training. This article presents the modeling of a sensor system for simulated training based on six postures, six procedures and five parameters for performing automatic evaluation. The main contribution of this proposal is to promote the creation of technology that allows security agents to be automatically assessed in both quantitative and qualitative ways.*

Keywords. *Technology for learning. Evaluation. Simulator. Virtual reality. Public and private security.*

Resumo. *O artigo descreve uma proposta de utilização de simulação baseada em realidade virtual associado a um módulo computacional que possa avaliar parâmetros qualitativos, identificando diferentes comportamentos durante os treinamentos simulados. Esse artigo apresenta a modelagem de um sistema de sensores para o treinamento simulado baseado em seis posturas, seis procedimentos e cinco parâmetros para a execução da avaliação automática. A principal contribuição dessa proposta é promover a criação de uma tecnologia que permita avaliar automaticamente os agentes de segurança de forma, tanto quantitativa quanto qualitativa.*

Palavras-chave. *Tecnologia para aprendizagem. Avaliação. Simulador. Realidade Virtual. Segurança pública e privada.*

1. Introdução

As tecnologias para aprendizagem humana e organizacional estão evoluindo, especificamente, na área de segurança pública e privada. A adoção de simuladores baseados em Realidade Virtual (RV) esta trazendo vantagens que possibilitam diminuir as dificuldades que ocorrem na realização dos treinamentos rotineiros. Tais problemas limitam, principalmente, a realização do treinamento com uso de arma de fogo de forma continuada. Isto se deve ao alto custo com aluguel de stands de tiro, questões com logística (transporte, alimentação e horas extras dos colaboradores), aluguel de armas, custos com munição, entre outros [Netto, 2016]. Além disso, existem poucos instrutores

de tiro credenciados no Brasil [PF, 2019]. Dessa maneira, os agentes de segurança privada acabam recebendo pouco treinamento continuado, o que pode ocasionar possíveis erros de conduta e situações inadequadas durante o trabalho de rotina.

Esses problemas têm estimulado a busca por novas formas de realizar o treinamento. Diante dessa dificuldade, os simuladores baseados em RV imersiva e não imersiva são opções adequadas para o treinamento de procedimentos com o objetivo de torná-los mais acessíveis financeiramente e seguros. A utilização da RV estimula a memória muscular (aprendizado motor) e o engajamento do profissional, diminui os custos operacionais, bem como, minimiza o risco de acidentes durante os treinamentos reais, além do impacto ambiental resultante das atividades. Também diminui os custos de logística e transporte, haja vista que não há necessidade de grandes locais para a alocação do treinamento, como também, permite um treinamento personalizado na formação dos agentes de segurança.

Existem diversos fabricantes que comercializam diferentes tipos de simuladores para área de segurança, tanto de primeira geração (simuladores de tiro) quanto de segunda geração (simuladores de tiro e abordagem). Contudo, esses simuladores carecem de um sistema automático de avaliação qualitativa do profissional que está sendo treinado [De Armas, Tori, & Netto, 2019]. Atualmente, os simuladores só avaliam indicadores quantitativos e de aferimento, como, por exemplo, a posição do ponto atingido pelo tiro em relação ao alvo (capacidade de mira). As avaliações qualitativas referentes ao desempenho do treinando são medições subjetivas realizadas pelo próprio instrutor que está coordenando a atividade. Lembrando que o instrutor normalmente possui uma turma com mais de 10 alunos ao mesmo tempo. As análises qualitativas sendo realizadas de forma automática, com padrões preestabelecidos, irá evitar possíveis erros de subjetividade oriundos da observação humana. Além disso, a confiabilidade nos resultados e eficácia do exercício simulado pode aumentar.

Este artigo apresenta um estudo sobre os parâmetros que devem ser avaliados durante os treinamentos simulados, a partir do qual foi gerada uma proposta de um sistema de avaliação automatizado baseado em sensores para simuladores virtuais, acompanhada de um estudo de viabilidade sobre a aplicabilidade desses sensores nesse sistema. Esse trabalho busca promover a criação de um ferramental que permita, de forma automática, não somente avaliar os agentes de segurança de forma quantitativa, mas também adicionar um processo de avaliação qualitativa para estimular o uso de tecnologias no processo de aprendizagem.

2. Procedimentos e Parâmetros para Avaliação

Para o desenvolvimento do sistema de avaliação, realizou-se um levantamento dos procedimentos e parâmetros que deveriam ser identificados durante o treinamento. O objetivo é avaliar se o profissional de segurança está qualificado ou não para exercer suas funções operacionais, no caso o manuseio correto da arma de fogo. Um dos parâmetros identificados para avaliação foi à postura. Na Tabela 1 são descritas quais posturas foram identificadas para apoiar a avaliação. Esse levantamento das posturas foi realizado por um especialista da área de segurança com mais de 25 anos como instrutor da polícia militar do estado de São Paulo. Ele ajudou a definir quais parâmetros precisavam ser observados e quais procedimentos estavam relacionados com a postura

adequada. Também foram utilizadas informações oriundas do “Manual do Vigilante Polícia Federal” (2017) e da “Cartilha de Armamento e Tiro Polícia Federal” (2017). Foi identificado um total de seis posturas. Posteriormente, foram levantados seis procedimentos (Tabela 2) e cinco parâmetros referentes às falhas dos procedimentos (Tabela 3).

Tabela 1. Descrição e imagem das seis posturas identificadas

Postura	Descrição	Imagem
0	Deverá se posicionar de frente para o alvo, no local destinado para o início do exercício, mantendo os pés paralelos e os braços relaxados e ligeiramente estendidos ao longo do corpo.	
1	Dá-se um passo à frente com a perna fraca, ao mesmo tempo em que se leva a mão, também fraca, na altura do abdômen, empunhando-se a arma com a mão forte, sem retirá-la do coldre.	
2	Saca-se a arma do coldre e, imediatamente, sem levá-la à frente, posiciona-se a mesma em um ângulo de 45°, ao lado do abdômen. Nessa postura é possível realizar o chamado “tiro de entrevista”, que se caracteriza pelo disparo de emergência para cessar a eventual agressão, logo que a arma sai do coldre, onde não há tempo para o policial terminar a empunhadura e ir até a postura 4.	
3	Leva-se a arma à frente do abdômen, em um ângulo de 45°, completando a empunhadura com a mão fraca. A arma deve ficar junto ao corpo e o dedo acionador do gatilho deve ficar sempre ao longo da armação.	
4	Leva-se a arma à frente dos olhos, apontando-se a mesma em direção ao alvo. O dedo indicador é colocado na tecla do gatilho durante a transição da postura 3 para a postura 4. Vale lembrar que não é a cabeça que se posiciona na altura da arma, e sim a arma que se posiciona na altura da cabeça.	
5	Entrega-se a arma ao instrutor descarregada e com o tambor aberto. O cano da arma deve estar direcionado para o chão. Este procedimento pode ser realizado com qualquer mão.	

Tabela 2. Descrição dos procedimentos para avaliar durante o treinamento

Procedimento	Descrição	Falha
Preparação	Mediante ordem, preparar o revólver para entrar em serviço, colocando-o no coldre, pronto para ser usado (carregado, cão desarmado).	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar o armamento sem ordem - Recarregar o revólver de forma não correta - Deixar cair os cartuchos - Colocar o revólver no coldre sem o devido carregamento, não estando pronto para ser utilizado - Perder o contato visual com a área de perigo
Proteção (Postura 0, 1, 2, 3 e 4)	Mediante ordem, sacar o revólver e colocar-se em proteção, com rapidez, em condições de efetuar os disparos determinados.	<ul style="list-style-type: none"> - Sacar o revólver sem ordem - Não ter controle do armamento e de forma muito devagar - Não realiza os disparos determinados - Posturas erradas
Carregamento (Postura 4)	Atuar com o revólver sempre carregado.	<ul style="list-style-type: none"> - Após efetuar disparos levar o armamento para o coldre sem realizar o carregamento devido - Postura errada
Deslocamento (Postura 4)	Conduzir o revólver corretamente, e com o cano na direção do perigo.	<ul style="list-style-type: none"> - Atirador deverá realizar o deslocamento com o tambor aberto e sem cartuchos - Postura errada
Contato visual (Postura 1, 2, 3 e 4)	Manter constante contato visual com a área de perigo.	<ul style="list-style-type: none"> - Atirador durante a utilização do simulador por distração deixa de focar a área de perigo
Devolução (Postura 5)	Mediante ordem, retirar o revólver do coldre, descarregá-lo com segurança, entregando-o ao professor, como se o estivesse entregando na reserva de armas, ou a outro companheiro.	<ul style="list-style-type: none"> - Retirada do revólver do coldre sem ordem - Descarregar o revólver sem atentar as regras de segurança - Entregar a arma ao professor com o cano da arma voltado na direção do professor com o tambor fechado (sendo revolver) - Postura errada

Tabela 3. Falhas dos parâmetros para avaliar durante o treinamento

Parâmetro	Descrição	Falha
Controle Emocional	Apresentar descontrole emocional.	<ul style="list-style-type: none"> - Aluno ou o profissional de segurança inquieto - Aluno ou o profissional de segurança gesticulando muito com medo de ter a arma na mão - Aluno ou o profissional de segurança tremendo de forma descontrolada

Parâmetro	Descrição	Falha
Obstáculos	Equipamentos individuais do aluno atrapalhando sua atuação na pista.	- Colete e óculos de proteção atrapalhando - Munições reservas na mão
Não execução	Não executar o exercício proposto por não seguir o procedimento determinado do exercício.	- Existência de alvos para ser atingidos e não tem mais munições
Derrubar o revólver	Deixar cair o revólver para o chão por descuido ou mau procedimento.	- Deixar a arma cair no chão
Tiro acidental	Provocar tiro acidental.	- Provocar acidente de tiro

3. Trabalhos relacionados

O desafio de automatizar processos utilizando sensores está presente em várias áreas. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de identificar exemplos de aplicações e analisar as possíveis limitações dos sensores encontrados. Os autores, Wong, Wong, & Lo (2007) realizaram uma pesquisa na área médica das aplicações dos sensores para análises de posturas humanas e movimentações. Vários trabalhos, apresentados na Tabela 4, têm utilizado diferentes sensores para identificar posturas. Entre os sensores mais utilizados estão presentes: o acelerômetro, giroscópio, sensor flex (sensor angular flexível), sistema de rastreamento eletromagnético e sensor de profundidade. Esses sensores foram encontrados em várias aplicações clínicas, incluindo as análises de atividades físicas gerais, marcha, postura, movimento de tronco e membros superiores. Constatou-se na revisão realizada que o sensor mais utilizado nos projetos de aplicação foi o acelerômetro.

Por exemplo, em Han et. al (2013) foi realizada uma análise do sensor de profundidade Kinect baseado nas possibilidades de reconhecimento e rastreamento de objetos, análises de atividades humanas, análises de gestos da mão e de mapeamento 3D interno. Obdrzalek et al. (2012) compararam a estimativa de pose do Kinect (esqueletização) com técnicas mais estabelecidas para estimar a postura a partir de dados de captura de movimento, examinando a precisão da localização conjunta e a robustez da estimativa de posicionamento em relação a orientação e oclusões. O Kinect foi comparado com o sistema “PhaseSpace” e o “Motion Builder”. Foram avaliados seis exercícios físicos e com os resultados alcançados, os autores entenderam que o sistema Kinect era o que tinha o potencial significativo como uma alternativa de baixo custo para captura de movimento em tempo real e rastreamento do corpo em aplicações da saúde.

Outras pesquisas focaram no uso do Kinect, ODT (*Omni-directional Treadmill*), e ferramentas de classificação para obter um alto percentual de precisão na determinação das posturas e ações humanas. Neste contexto, foi utilizado seis Kinect espalhados de forma radial, com 60° de separação para o processo de captura das ações. Foram capturados os pontos utilizando os dados do skeleton, criando um banco de dados que foi classificado. Para a classificação utilizaram a técnica de aprendizado de máquina *Support Vector Machines* (SVM). No ano 2016, foram classificadas 19 ações por quatro

sujeitos, tendo uma precisão média de 91,85% [Kwon et al., 2016]. No entanto, em 2017, foi realizado um experimento com 15 pessoas classificando 25 ações [Kwon et al., 2017]. Foram realizados dois tipos de classificações: por ação e por *frame*. O melhor resultado foi na classificação por ação, pontuando 21 fps (*frame per second*) com uma precisão de 96.5%. Um estudo similar foi realizado por Lee (2015) utilizando os sensores de profundidade e inerciais do Kinect para estimar informações cinemáticas do corpo do treinando para estimar os parâmetros de controle para o *hardware* ODT. Nesse projeto foi realizado um experimento com seis Kinect, uma ODT utilizando para os testes diferentes velocidades. Como resultado do experimento, os autores sugerem duas abordagens para obtenção dos parâmetros de controle para o ODT. O levantamento de outros trabalhos relacionados ao tema é resumido na Tabela 4.

Tabela 4. Revisão de sensores utilizados em trabalhos relacionados

Sensores	Usos em pesquisas relacionadas	Referências
Giroscópio	Detecção postura e cinemática.	[Tong & Granat, 1999] [Freitas, Pereira, & Da Silva, 2012]
Acelerômetro	Detecção de movimentos, postura e reconhecimento de atividades. Na maioria dos casos é utilizado o sensor triaxial.	[Ravi et al. 2005] [Troiano et al. 2008] [Bouten et al. 1997] [Foerster, Smeja, & Fahrenberg, 1999][Ward et al. 2005] [Hansson et al. 2001] [Karantonis et al. 2006]
Giroscópio e acelerômetro	Medição de cinemática e monitoramento de posição.	[Wu & Ladin, 1996][Giansanti & Maccioni, 2005] [Mayagoitia, Nene, & Veltink, 2002][Jovanov et al., 2009] [An et al., 2012]
Microfone	Internet das Coisas, Casas inteligentes, Educação. Utilizam técnicas de aprendizado para localizar e identificar diferentes tipos de sons.	[Hoflinger, Gamm, Albesa, & Reindl, 2014] [Almeida & Aguilar, n.d.][Guo & Hazas, 2011]
Sensor de profundidade	Fala, movimentação e postura, reconhecimento de objetos, reconhecimento de emoções. A maioria dos estudos analisados utilizam a versão 1 do Kinect.	[Han, Shao, Xu, & Shotton, 2013] [Obdrzalek et al., 2012] [Kwon, Kim, & Lee, 2016] [Kwon et al., 2017]
Sensor de batimento cardíaco	Monitor cardíaco de sinais fisiológicos e determinação de ansiedade. Área esportiva. São utilizados conjuntamente com sensores que mensuram frequência de respiração, resposta galvânica da pele e a temperatura.	[Graef Muller et al. 2001] [Silva et al. 2007] [Ivanqui, 2005] [Lima, Arêdes, & Barbosa, 2003] [Edgar & Santos, 2009] [Cruz et al. 2016]
<i>Micro switch</i>	Melhorar a condição geral de pessoas com deficiências múltiplas e profundas.	[Lancioni, O'Reilly, Oliva, & Coppa, 2001]
Sensor resistivo	Monitorizar a força exercida sobre um objeto.	[Pinto Tavares, 2014]
Sensor capacitivo de proximidade	Detectar materiais (diversos) Identificação de movimento e presença.	[Eihara, Silva, & Santos, 2015] [Mazzaroppi et al. 2007] [Cavalcante & Capacitivo, 2005]

Sensores	Usos em pesquisas relacionadas	Referências
Sensor indutivo de proximidade	Detectar material (metal).	[Eihara et al., 2015] [Mazzaroppi et al., 2007] [Wendling, 2010]
Sensor laser infravermelho	Substituir o projétil.	[Soetedjo, Ashari, Mahmudi, & Nakhoda, 2013]

4. Metodologia

Após o levantamento bibliográfico, para cada sensor identificado foi realizada uma análise com o objetivo de verificar sua viabilidade para o sistema proposto. Na Tabela 5 é apresentado um resumo desses sensores estudados. Os critérios analisados para determinar a adequação dos sensores foram: Baixo custo (inferior a 100USD); Viável enquanto ao tamanho, peso e conforto; Aproveitamento de um sensor para capturar diversos dados; e Priorização de sensores sem fio (*wireless*).

Tabela 5. Estudo de viabilidade dos sensores segundo os requisitos estabelecidos

Parâmetro	Requisito	Sensor	Viabilidade
Sensor de arma	Consegue detectar a posição da arma	Giroscópio	SIM
		Acelerômetro	SIM
		Giroscópio e acelerômetro	SIM
		Sensor de profundidade	SIM
		Microfone	NÃO
	Consegue detectar se a arma foi ou está carregada	Giroscópio	NÃO
		Acelerômetro	NÃO
		Giroscópio e acelerômetro	NÃO
		Sensor de profundidade	SIM
		Microfone	SIM
Sensor do gatilho	Detecta se o dedo está no gatilho	Sensor resistivo de pressão	SIM
		Sensor capacitivo de proximidade	SIM
Sensor de coldre	Detecta se a arma está no coldre	Sensor indutivo de proximidade	SIM
		<i>Micro switch</i>	SIM
Sensor de gestos, postura e posição	Detecta os gestos, posturas e posição	Sensor de profundidade	SIM
		Giroscópio e acelerômetro	SIM
Sensor de emoções	Detecta emoções	Sensor de batimento cardíaco	SIM
		Sensor de profundidade	NÃO

5. Resultados

Durante a análise, foram identificadas algumas questões técnicas que inviabilizaram a aceitação de determinados sensores. Por exemplo, o microfone não é viável, pois é necessário mais de um sensor para conseguir obter a informação da posição. Enquanto o uso do giroscópio, acelerômetro ou a combinação de ambos, não conseguem detectar se a arma está carregada. No entanto, observou-se que o sensor de profundidade pode capturar tanto a posição da arma, como também, se a mesma está carregada. Com o desenvolvimento de um algoritmo baseado em aprendizado de máquina (*machine learning*) utilizando as informações do sensor de profundidade, será possível detectar a postura de quando o aluno estará carregando a arma, além da posição da arma (algoritmo de reconhecimento de objetos). Também foi identificado que é possível utilizar um sensor de profundidade para a detecção das posturas e posição. Isto se deve ao fato do dispositivo de captura poder ficar distante do aluno, enquanto um acelerômetro ou giroscópio teria que ser acoplado ao aluno. Um fator chave é que um mesmo sensor pode capturar diferentes dados, o que reduziria o custo final do sistema. O sensor de profundidade pode ser utilizado para rastrear a arma, verificar se a mesma está carregada, assim como detectar a postura e a posição do aluno.

Em Han et al. (2013), durante a revisão os autores explicam que o sensor de profundidade é utilizado para avaliar determinadas emoções. Neste projeto não é viável devido à distância em que é necessário colocar o sensor em relação à face do aluno. Nos experimentos estudados, os pesquisadores colocaram a menos de um metro de distância. A priori, neste projeto optou-se por utilizar dispositivos de captura de batimento cardíaco. Para trabalhos futuros, recomenda-se estudar o uso de sensores que capturam a variação da frequência respiratória, a resposta galvânica da pele, e a temperatura dos dedos das mãos. O sensor selecionado foi à cinta torácica. É importante destacar que existem sensores de profundidade como o Kinect V2 que é capaz de ler o batimento cardíaco [Gambi et al., 2017].

Foi selecionado o *micro switch* para o coldre devido ao preço ser muito menor que o sensor indutivo. Como observação, deve-se controlar o efeito *bouncing* (consiste em indicar que a chave foi acionada várias vezes em um curto intervalo de tempo, quando na verdade foi apenas uma única vez) durante a leitura do sensor de chave mecânica. Para o gatilho foi selecionado o sensor de proximidade capacitivo. Este sensor é mais sensível, não precisando exercer pressão sobre o gatilho para detectar a presença do dedo. Além disso, não ocorre o desgaste mecânico e em casos de alterações de temperatura ambiente o sensor resistivo é mais propenso a ter variações.

Para a comparação dos preços e as características dos sensores foram realizadas pesquisas nos seguintes *sites*: Mouser Electronics (2020), FILIPEFLOP Componentes Eletrônicos (2020) e Botnroll (2019). Os sensores que compõem o sistema final são: sensor de profundidade (Kinect ou similar) para os requisitos envolvendo a arma e para as informações da postura; o sensor de proximidade capacitivo para o gatilho; o *micro switch* para o coldre; e o sensor de batimento cardíaco para as emoções (Tabela 6).

Tabela 6. Quadro resumo da proposta dos sensores

Requisito	Sensor	Proposta	Figura	Preço aprox. (R\$)	Tamanho (mm)
Sensor da arma e de postura	Sensor de profundidade	Kinect ou semelhante		200,00	280*75*60
Sensor do gatilho	Sensor de proximidade capacitivo	Touch Capacitivo TTP223B		6.90	10*10
Sensor do coldre	<i>Micro switch</i>	KW11-3Z-5-3T		1.18	20*10*3
Sensor de emoções	Sensor de batimento cardíaco	Ant Bluetooth		134.00	Ajustável

O resultado da modelagem do sistema com cenários exibidos na tela de projeção (RV não imersivo) é apresentado na Figura 1, e com os óculos 3D (RV imersivo), é apresentado na Figura 2.

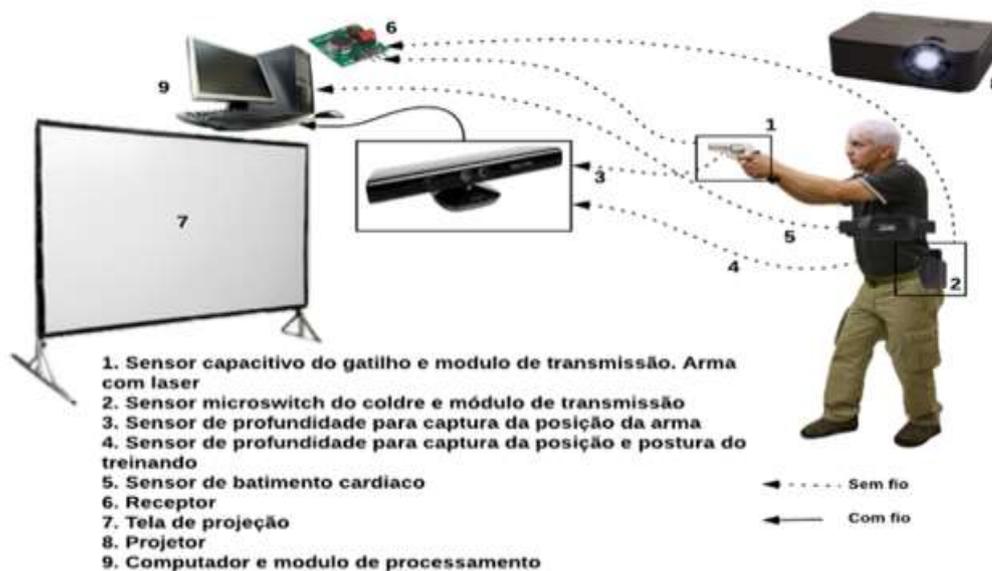


Figura 1. Proposta da modelagem para sistemas de RV não imersivo

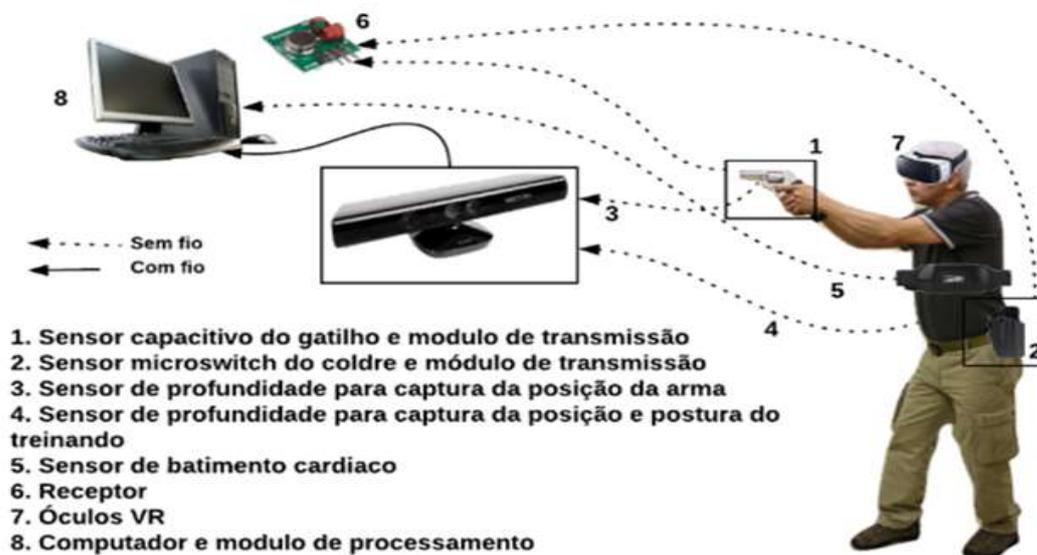


Figura 2. Proposta da modelagem para sistemas de RV imersivo

6. Considerações finais

Para garantir uma adequada realização das atividades que envolvem a segurança privada é vital que os treinamentos estejam presentes nas rotinas dos profissionais de operação da área. Uma forma de realizar esses treinamentos continuados com baixo custo é utilizando os simuladores virtuais. Contudo, o emprego desses simuladores virtuais vivencia um grande desafio que é conseguir com que o próprio sistema seja capaz de realizar avaliações qualitativas de forma automatizada. Dessa forma, o sistema poderá apoiar e complementar a avaliação realizada pelos instrutores, evitando que ocorra, devido à subjetividade, uma falta de padronização nos processos de avaliação continuada. Entende-se que é aprimorado o processo educacional dos agentes.

Foram levantados um total de seis posturas, seis procedimentos e cinco parâmetros a serem avaliados de forma automatizada pelo simulador. O sistema de avaliação ficou composto de quatro sensores: de profundidade, capacitivo de proximidade, micro switch e de batimento cardíaco. O sensor de profundidade, que pode ser um Kinect, por exemplo, terá a função de fazer a detecção de posturas e da arma. O sensor capacitivo de proximidade detectará se o dedo do aluno está ou não no gatilho da arma. O *micro switch* fará a detecção da arma no coldre. Por fim, o sensor de batimento cardíaco sem fio emitirá a frequência cardíaca, que será medida e avaliada para a análise das emoções do aluno.

Os próximos passos envolvem a implementação de um protótipo do sistema de avaliação proposto e a realização de experimentos (validação) com o público-alvo. O módulo de avaliação será integrado a um simulador de treinamento de tiro já existente no mercado (www.tisacademy.com.br). O módulo de avaliação irá emitir automaticamente as mesmas notas e pesos que estão estabelecidos no processo de avaliação atual existente. No relatório automatizado estarão contidos: os erros de

posturas cometidos durante o treinamento (texto); desempenho no conjunto de disparos (percentual); avaliação do aluno em forma de nota (número) e se o aluno está qualificado ou não (texto).

Referências

- Almeida, R. L. A., & Aguilar, P. A. (2016). WatchAlert: Uma evolução do aplicativo fAlert para detecção de quedas em smartwatches, 2, 124–127.
- An, Q., Ishikawa, Y., Nakagawa, J., Kuroda, A., Oka, H., Yamakawa, H., Asama, H. (2012). Evaluation of wearable gyroscope and accelerometer sensor (PocketIMU2) during walking and sit-to-stand motions. Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 731–736. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2012.634383>
- Barbosa, E. F., & Guimarães de Moura, D. (2013). Metodologias Ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. Bts.Senac.Br, 48–67. Retrieved from <http://www.bts.senac.br/index.php/bts/article/view/349/333>.
- Bouten, C. V, Koekkoek, K. T., Verduin, M., Kodde, R., & Janssen, J. D. (1997). A triaxial accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity. IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering, 44(3), 136–147. <https://doi.org/10.1109/10.554760>
- Cartilha de Armamento e Tiro — Polícia Federal. (2017). Retrieved September 13, 2017, from <http://www.pf.gov.br/servicos-pf/armas/cartilha-de-armamento-e-tiro.pdf/view>
- Cavalcante, R. C., & Capacitivo, S. (2005). Safe - Sistema Anti-Furto Para Equipamentos Eletrônicos, (1), 1–8.
- Cruz, L. F. Da, Bernardon, C., Santos, E. V. M., & Walter, C. S. S. (2016). Um sistema para monitoramento de sinais fisiológicos baseado em hardware de baixo custo com acesso via WEB. Sbrc, 9.
- De Armas, C., Tori, R., & Netto, A. V. (2019). Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review.
- Edgar, F., & Santos, S. (2009). Monitorização de Provas de Educação Física.
- Edwin Robotics. (2017). Retrieved May 11, 2018, from <https://shop.edwinrobotics.com/grove-system/1026-grove-finger-clip-heart-rate-sensor-with-shell.html>
- Eihara, B. R., Silva, D. C. L., & Santos, E. F. (2015). Esteira para separação automática de material reciclado. Revista de Gestão & Tecnologia, 2(2). Retrieved from <http://www.revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/139/99>
- Foerster, F., Smeja, M., & Fahrenberg, J. (1999). Detection of posture and motion by accelerometry: a validation study in ambulatory monitoring. Computers in Human Behavior, 15(5), 571–583. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(99\)00037-0](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(99)00037-0)
- Freitas, M., Pereira, A., & Da Silva, F. (2012). Proposta de um sistema para avaliação da postura sentada. In Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica. (pp. 2–5).

- Giansanti, D., & Maccioni, G. (2005). Comparison of three different kinematic sensor assemblies for locomotion study. *Physiological Measurement*, 26(5), 689–705. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/26/5/010>
- Graef Muller, F., Dos Santos, E., Peyre Tartaruga, L., Celso de Lima, W., & Martins Krueel, L. F. (2001). Comportamento da frequência cardíaca em indivíduos imersos em diferentes temperaturas de água 1, (I), 7–23.
- Guo, Y., & Hazas, M. (2011). Localising speech, footsteps and other sounds using resource-constrained devices. *Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN'11*, (2), 330–341. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79959297255&partnerID=40&md5=c3111d54e743579291afaf7c48521354>
- Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013). Enhanced computer vision with Microsoft Kinect sensor: A review. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43(5), 1318–1334. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2013.2265378>
- Hansson, G., Asterland, P., Holmer, N.-G., & Skerfving, S. (2001). Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 39(4), 405–413. <https://doi.org/10.1007/BF02345361>
- Henrique, C., & Souza, M. De. (2018). Reflexões Sobre Metodologias Ativas X Prática Docente, 5(December), 212–222.
- Hoflinger, F., Gamm, G. U., Albesa, J., & Reindl, L. M. (2014). Smartphone remote control for home automation applications based on acoustic wake-up receivers. *2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings*, 1580–1583. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2014.6861012>
- Ivanqui, J. (2005). Esteira Eletrônica Com Velocidade Controlada Por Lógica Fuzzy.
- Jovanov, E., Hanish, N., Courson, V., Stidham, J., Stinson, H., Webb, C., & Denny, K. (2009). Avatar - A multi-sensory system for real time body position monitoring. *Proceedings of the 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: Engineering the Future of Biomedicine, EMBC 2009*, 2462–2465. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2009.5334774>
- Karantonis, D. M., Narayanan, M. R., Mathie, M., Lovell, N. H., & Celler, B. G. (2006). Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(1), 156–167. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.856864>
- Kwon, B., Kim, J., Lee, K., Lee, Y. K. O. O., Park, S., Lee, S., & Member, S. (2017). Implementation of a Virtual Training Simulator Based on 360 ° Multi-View Human Action Recognition. *IEEE Access*, 5, 12496–12511.
- Kwon, B., Kim, J., & Lee, S. (2016). An enhanced multi-view human action recognition system for virtual training simulator. *2016 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/APSIPA.2016.7820895>

- Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Oliva, D., & Coppa, M. M. (2001). Using multiple micro switches to promote different responses in children with multiple disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 22(4), 309–318. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0891-4222\(01\)00074-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0891-4222(01)00074-9)
- Lee, S., Park, S., Chung, K., & Cho, C. (2015). Kinematic skeleton based control of a virtual simulator for military training. *Symmetry*, 7(2), 1043–1060. <https://doi.org/10.3390/sym7021043>
- Lima, K. A., Arêdes, S. V., & Barbosa, F. W. B. (2003). Monitor Cardíaco Para Fetos, 1–4.
- Manual do Vigilante — Polícia Federal. (2017). Retrieved September 13, 2017, from http://www.pf.gov.br/servicos-pf/seguranca-privada/legislacao-normas-e-orientacoes/manual-do-vigilante/manual_vigilante.zip/view
- Mayagoitia, R. E., Nene, A. V., & Veltink, P. H. (2002). Accelerometer and rate gyroscope measurement of kinematics: An inexpensive alternative to optical motion analysis systems. *Journal of Biomechanics*, 35(4), 537–542. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00231-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00231-7)
- Mazzaroppi, M., Vicente Brito Moreira, M. DE, Sc OUMAR DIENE, D., & Sami Hazan, S. (2007). Sensores De Movimento E Presença. Retrieved from <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001369.pdf>
- Netto, A. (2019). Por que é tão difícil qualificar e avaliar as atitudes de nossos profissionais? Retrieved September 19, 2019, from <https://www.linkedin.com/pulse/porque-é-tão-difícil-qualificar-e-avaliar-atitudes-de-valerio-netto>
- Netto, A. V. (2016). Tecnologia de Treinamento Interativo para Diminuição de Custos e Aumento de Desempenho de Profissionais da Área de Segurança Privada e Pública, (July).
- Obdrzalek, S., Kurillo, G., Ofli, F., Bajcsy, R., Seto, E., Jimison, H., & Pavel, M. (2012). Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 1188–1193. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6346149>
- Ocete, G. V. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas, 1–17.
- Pinto Tavares, R. (2014). Desenvolvimento de um dispositivo passivo para reabilitação motora de uma mão. <https://doi.org/Acesso em 10 de maio 2017>
- Polícia Federal (2019). Instrutores de Armamento e Tiro Credenciados. Retrieved May 21, 2019, from <http://www.pf.gov.br/servicos-pf/armas/instrutores-de-armamento-e-tiro/credenciados>
- Polanyi, M. (1962). PERSONAL KNOWLEDGE Towards a Post-Critical Philosophy.
- Polar. (2018). Retrieved May 11, 2018, from <https://www.polar.com/br/produtos>
- Ravi, N., Dandekar, N., Mysore, P., & Littman, M. M. L. (2005). Activity Recognition from Accelerometer Data. *Proceedings, The Twentieth National Conference on*

Artificial Intelligence and the Seventeenth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, 1541–1546. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02481-8_120

- Silva, M. L., Martucci, H. N., Santi, R. M. De, & Frère, A. F. (2007). Determinação automática da ansiedade por detecção computadorizada de sinais biológicos, 118–119.
- Soetedjo, A., Ashari, M. I., Mahmudi, A., & Nakhoda, Y. I. (2013). Camera-based shooting simulator using color thresholding techniques. *Proceedings of 2013 3rd International Conference on Instrumentation, Control and Automation, ICA 2013*, 207–211. <https://doi.org/10.1109/ICA.2013.6734073>
- Tong, K., & Granat, M. H. (1999). A practical gait analysis system using gyroscopes. *Medical Engineering and Physics*, 21(2), 87–94. [https://doi.org/10.1016/S1350-4533\(99\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S1350-4533(99)00030-2)
- Troiano, R., Berrigan, D., Dodd, K., Mâsse, L., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sport Exer*, 40(1), 181–188. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a51b3>
- Ward, D. S., Evenson, K. R., Vaughn, A., Rodgers, A. B., & Troiano, R. P. (2005). Accelerometer use in physical activity: Best practices and research recommendations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11 SUPPL.). <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185292.71933.91>
- Wendling, M. (2010). Sensores. *Unesp*, 2, 19. Retrieved from <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>
- Wong, W. Y., Wong, M. S., & Lo, K. H. (2007). Clinical applications of sensors for human posture and movement analysis: A review. *Prosthetics and Orthotics International*, 31(1), 62–75. <https://doi.org/10.1080/03093640600983949>
- Wu, G., & Ladin, Z. (1996). The study of kinematic transients in locomotion using the integrated kinematic sensor. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 4(3), 193–200. <https://doi.org/10.1109/86.536775>