



18<sup>th</sup> ERGODESIGN  
& USIHC 2022

## *Tecnologia e Gamificação para treinar comportamentos seguros no trabalho e em saúde: uma proposta no âmbito das indústrias do Estado de Santa Catarina*

### *Technology and Gamification to train safe behaviors at work and in health: a proposal within the industries of Santa Catarina State*

Bruno Pires Bastos; Universidade Federal de Santa Catarina; UFSC; Centro de Inovação SESI em Tecnologias para Saúde (CIS)  
Maira Mieke Botomé; Centro de Inovação SESI em Tecnologias para Saúde (CIS)  
Guilherme Agnolin; Universidade Federal de Santa Catarina; UFSC; Centro de Inovação SESI em Tecnologias para Saúde (CIS)  
Henrique de Andrade Faustino; Centro de Inovação em Tecnologias para Saúde (CIS)

#### **Resumo**

As lesões osteomusculares acometem grande parte dos trabalhadores em decorrência da natureza da atividade de trabalho e do tempo de permanência na mesma postura. Com o objetivo de sensibilizar os trabalhadores sobre os riscos ergonômicos assumidos durante a jornada de trabalho e mitigá-los, foi desenvolvido um protótipo de um jogo em Realidade Virtual (RV). Este jogo foi criado com base no método RULA, o qual detecta a postura assumida e emite um *feedback* ergonômico quando o indivíduo assume uma postura de risco. A construção da solução foi dividida em nove etapas, desde a criação dos algoritmos casados ao método RULA à prototipação final. O resultado alcançado possibilitou a criação de um jogo em RV como meio de promover o comportamento seguro em saúde e segurança nas plantas industriais de Santa Catarina.

Palavras-chave: ergonomia; realidade virtual; jogo; indústrias.

#### **Abstract**

*Musculoskeletal injuries affect most workers due to the nature of the work activity and the time spent in the same posture. Aiming to sensitize workers about the ergonomic risks assumed during the workday and to mitigate them, a prototype of a game in Virtual Reality (VR) was developed. This game was created based on the RULA method, which detects the assumed posture and emits ergonomic feedback when the individual assumes a risky posture. The construction of the solution was divided into nine stages, from the creation of the matching algorithms to the RULA method to the final prototyping. The result achieved enabled the creation of a VR game as a path to promote safe behavior in health and safety at industrial plants in Santa Catarina.*

Keywords: ergonomics; virtual reality; game; industries.

## **1. Introdução**

Segundo o Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (2020), o Brasil registrou 446,9 mil acidentes de trabalho no ano de 2020. O Estado de Santa Catarina foi responsável pelo registro de 28,5 mil (6,3%) desses acidentes no mesmo ano. A faixa etária mais frequente dos registros são de pessoas jovens, entre 18 e 24 anos, de ambos os sexos. Em muitos setores industriais é possível notar que trabalhadores, ao longo do tempo (médio e longo prazos), tendem a apresentar lesões ocasionadas por problemas ergonômicos relacionados a uma gama de atividades consideradas de alto risco, pois exigem do trabalhador manuseio constante de objetos (manipulação, deslocamento, levantamento) (SOUZA; SANTANA, 2011).

Dentre as atividades que envolvem esses riscos, podemos citar: inspeção de qualidade, alimentação de linhas, montagem de lotes e expedição de pedidos. Os riscos que essas atividades envolvem podem ser agravados quando acrescidos da exigência de produtividade por parte da gestão da organização, somado ao comportamento inseguro que muitas vezes é adotado por parte dos trabalhadores.

As lesões osteomusculares ou musculoesqueléticas (DME - distúrbios musculoesqueléticos) são extremamente comuns em tarefas que demandam do trabalhador a manipulação de materiais, como as atividades de alcançar, abaixar e levantar itens pesados, usar força contínua e realizar movimentos repetitivos. Atividades, essas, frequentemente presentes nas indústrias e em seu processo produtivo ou linha de produção.

À luz desta realidade, o presente artigo tem como objetivo definir uma diretriz para auxiliar no desenvolvimento do protótipo de um jogo de realidade virtual (RV) para indústrias, capaz de simular as tarefas laborais de modo a promover a segurança e mitigar os riscos de lesões osteomusculares.

## **2. Referencial teórico**

A fim de situar o presente trabalho em um contexto de temas centrais que revelam a importância das questões consideradas no objetivo, a fundamentação teórica está dividida em dois tópicos principais: Ergonomia Participativa e Realidade Virtual.

### **2.1 Ergonomia Participativa**

As transformações advindas da indústria 4.0 impactam no processo de manufatura por meio da incorporação de tecnologia e, também, influenciam a interação do indivíduo com o seu ambiente de trabalho. Os sistemas de manufatura inteligentes precisam considerar a experiência do usuário como um dos desafios de desenvolvimento da transformação digital. Dessa forma, tais sistemas precisam encontrar um equilíbrio entre a capacidade do trabalhador



de realizar uma intervenção usando sua própria inteligência e os algoritmos e aparatos tecnológicos de modo seguro (ZHENG et al., 2018) (MAZALI, 2018).

A ergonomia envolve o estudo do trabalho e suas interações cotidianas, incluindo processos de manufatura industrial, processos de design, instalações de produção, saúde e segurança dos trabalhadores (PRYOKO, R. et al. 2021). Em suma, é uma área multidisciplinar que incorpora fatores humanos, organizacionais e sociotécnicos, a fim de adequar o trabalho aos indivíduos (NGOC; LASA; IRIARTE, 2019). Os projetos de ergonomia participativa, por sua vez, têm por objetivo promover o envolvimento dos trabalhadores neste processo, com base na premissa de que o indivíduo é um especialista em seu trabalho (IEA, 2021).

As intervenções ergonômicas podem mitigar o desenvolvimento de DMEs no ambiente laboral, buscando, dessa forma, contribuir para o bem-estar humano, qualidade de vida e o desempenho do sistema sociotécnico, uma vez que as soluções tecnológicas podem melhorar o *feedback* ergonômico (A KADIR; BROBERG, 2020).

Nos últimos anos, a ergonomia se enriqueceu por meio de novas soluções tecnológicas e digitais focadas no ser humano. As tecnologias estão cada vez mais criando interações sociotécnicas entre homem e máquina, de modo a minimizar o risco de erros humanos. Tais trocas, interações e constante evolução do campo, têm proporcionado melhorias em termos de segurança de processos, produtividade, qualidade e bem-estar dos trabalhadores (LONGO; PADOVANO; GAZZANEO; FRANGELLA; DIAZ, 2021).

Visando alcançar um melhor resultado com o desenvolvimento de um processo participativo, faz-se necessário algumas premissas para que o objetivo seja alcançado. Neste contexto, é de grande relevância que se tenha um bom suporte organizacional, trabalho em equipe, participação do time no processo de construção da solução, definição e clareza de função, comunicação e um compromisso e apoio da gestão (IMADA; NAGAMACHI, 1995).

Logo, quando se trata de um programa de treinamento ergonômico, o objetivo é de conscientizar os indivíduos acerca dos riscos que determinada tarefa pode acarretar sobre o trabalhador que a executa, e, paralelamente, prover oportunidades de envolvê-los no reconhecimento e na resolução dos problemas (DIEGO-MAS, J.A.; ALCAIDE-MARZALI, J.; POVEDA-BAUTISTA, 2020).

## 2.2 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) pode ser definida como uma aplicação da tecnologia computacional para criar um efeito realista de um mundo interativo, tridimensional e os objetos com forma espacial (GRAJEWSKI et al., 2013). Um ambiente gerado por computador que permite reproduzir artificialmente a visão binocular natural é a base do desenvolvimento de realidade virtual.



No ambiente virtual os indivíduos podem ter um controle interativo sobre a imagem demonstrada, onde é possível que o usuário tenha controle sobre o objeto e sobre a cena virtual em tempo real, e, ainda, permita a visão de diferentes ângulos. Estas características da RV proporcionam uma sensação ao indivíduo de fazer parte do plano virtual, não apenas na posição de observador, mas como participante da simulação (ZHENG et al., 1998; GRAJEWSKI et al., 2013).

Com base nas características de imersão, interatividade e multi-percepção de VR, a tecnologia de realidade virtual é amplamente usada em cinema e televisão, jogos e outras indústrias [...] A RV está se tornando uma ferramenta de treinamento bem conhecida. [...] um ambiente virtual interativo semi-imersivo para ajudar os operadores a adquirir o conhecimento e as habilidades necessários para operar uma máquina de torno com segurança (D. HUANG et al., 2021, p.2).

A RV exige que os indivíduos sintam a imersão em uma realidade, diferente da física, onde podem ter um certo grau de interação. Quando a sensação de trajeto em direção a outra realidade não é experimentada, não existe realidade virtual. Assim, uma experiência de vídeo 3D não é realidade virtual, uma vez que o usuário não sente a dissociação necessária entre a mente e o corpo (SÁNCHEZ-CABRERO; COSTA-ROMÁN et al, 2019).

### 2.3 Gamificação

Há um consenso entre diversos autores acerca da definição do termo “gamificação”, que surgiu em 2002, mas que apenas em 2008 tornou-se mais frequente na literatura acerca de tecnologias para o processo de educação e aprendizado. Para tais estudiosos, a gamificação é uma abordagem que utiliza recursos de jogos (elementos, mecânica, frameworks, estética, pensamento, metáforas) em configurações e contextos de não-jogo (FAIELLA; RICCIARDI, 2015).

A gamificação utiliza-se de mecânicas e dinâmicas de jogos para engajar indivíduos em ambientes simulados, estimulando-os a resolver problemas, a apresentarem comportamentos diferenciados e melhorarem seu processo de aprendizado. Neste contexto, estão presentes elementos encontrados em games, como narrativa, sistema de feedback, de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, níveis, tentativa e erro, diversão, interação, interatividade etc. (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2012).

No campo acadêmico, as pesquisas científicas sobre gamificação trazem que os elementos dos jogos quando usufruídos e aplicados de forma criteriosa e estratégica, são capazes de proporcionar um nível de engajamento ativo, produzindo, consequentemente, resultados positivos na área cognitiva, emocional e social (FAIELLA; RICCIARDI, 2015).

Dentro do contexto de gamificação, ainda faltam estudos que identifiquem os fatores que influenciam o processo de aprendizagem. Os instrutores concordam que os alunos muitas vezes não são naturalmente motivados e, portanto, não experimentam imediatamente a



aprendizagem profunda em ambientes de educação imersivos sem suporte de ensino adequado (ANNANSINGH, 2019).

O resultado da aprendizagem em gamificação é uma declaração clara do que um usuário deve ser capaz de realizar, saber e/ou valorizar no final de uma unidade de estudo, bem como com que eficácia deve alcançar esses resultados. Diversos estudos buscam analisar o resultado de um indivíduo por meio da aprendizagem baseada em jogos. Esses trabalhos levam em consideração diversos aspectos como: conceitos de privacidade, níveis de treinamento pessoal e ensino superior, porém ainda faltam estudos para averiguar a maneira de melhorar a personalidade e as conquistas de um usuário por meio de técnicas gamificadas (BEHL, et.al, 2022).

### **3. Metodologia**

A delimitação do método do presente trabalho caracterizou os procedimentos que foram adotados a fim de alcançar o objetivo de definição das diretrizes mais efetivas para a construção do protótipo do jogo de RV para indústrias. Para tanto, foi realizado um levantamento para definir critérios iniciais acerca da solução a ser desenvolvida, seguido de um mapeamento das tecnologias utilizadas no desenvolvimento de jogos existentes no mercado e, então, partindo para as definições mais específicas do sistema, algoritmos e finalizando com o protótipo do jogo.

A abordagem utilizada para a elaboração do projeto é predominantemente qualitativa. A pesquisa qualitativa é aquela que “compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam a descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados” (NEVES, 1996, p.01). A pesquisa qualitativa realizada não envolveu levantamento e análise de dados representados numericamente, mas sim as interpretações, significados e conexões de métodos e sua aplicação à realidade da solução a ser desenvolvida (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Dentro do escopo qualitativo, existem diversos tipos de processos de pesquisa que melhor se adequam ao projeto que está sendo desenvolvido. No que tange o presente trabalho e à sua natureza, o mesmo caracterizou-se por ser um estudo de caso, que possui o intuito de explorar situações cotidianas e relatar a prática que está sendo realizada na investigação (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Os procedimentos metodológicos adotados para a execução deste trabalho podem ser melhor compreendidos a partir de nove etapas principais, as quais buscaram atender aos objetivos estipulados inicialmente. Na Figura 1 estão apresentadas as etapas do método de pesquisa e os procedimentos e atividades às quais cada uma corresponde.

#### **3.1 Técnicas de coleta de dados e recorte**



O foco para a realização do presente estudo foi embasado em um projeto desenvolvido pelo Centro de Inovação em Tecnologias para Saúde - CIS - que pertence à Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina - FIESC, onde os pesquisadores estavam, no momento do projeto, realizando trabalhos como bolsistas e colaboradores da entidade em questão.

Figura 1 – Correspondência entre procedimentos da pesquisa, etapas do método e atividades

PROCEDIMENTOS		ETAPAS	ATIVIDADES
DETECTAR O PROBLEMA DE PESQUISA, TORNÁ-LO CLARO E DIAGNOSTICÁ-LO (PROBLEMA ORGANIZACIONAL E ERGONÔMICO)	1	Identificação de uma empresa que apresente um problema ergonômico em determinado posto de trabalho	
	2	Definição do posto de trabalho a ser analisado e os riscos inerentes a ele	
ELABORAR UM PLANO OU PROGRAMA PARA RESOLVER O PROBLEMA OU INTRODUIR A MUDANÇA	3	Definições iniciais do Projeto	Definições iniciais do plano e desenho do jogo a atender às necessidades da empresa
	4	Definição de quem será o usuário da solução proposta dentro da indústria	Workshop para definição da persona (usuários)
IMPLEMENTAR O PLANO OU PROGRAMA E AVALIAR RESULTADOS	5	Mapeamento das Tecnologias	Mapeamento das tecnologias existentes que melhor se adequam à solução desenhada
	6	Definições do sistema de feedbacks	Definições das funções que a solução irá apresentar e desenho dos algoritmos
	7	Desenvolvimento de algoritmos	Definição dos algoritmos de acordo com o método adotado pelo projeto
	8	Definições finais do Protótipo	Desenho dos aspectos finais do protótipo do jogo a ser aplicado
FORNECER FEEDBACK QUE LEVA A UM NOVO DIAGNÓSTICO E A UMA NOVA ESPIRAL DE REFLEXÃO E AÇÃO	9	Aplicação, testes e adequações	Testes que forneçam feedback para realização de melhorias e adequações mais precisas à realidade do posto de trabalho

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

O objeto de estudo da pesquisa foi o projeto referente ao desenvolvimento de um jogo de realidade virtual, capaz de simular as tarefas laborais de modo a promover a segurança e mitigar os riscos de lesões osteomusculares nas indústrias do Estado. Este projeto, por sua vez, fez parte do Edital de Inovação para Indústria (2018) do SESI (Serviço Social da Indústria), contando com a disponibilização de recurso financeiro para o desenvolvimento de projetos de inovação. O maior objetivo deste Edital é o de financiar a criação de soluções inovadoras para a





indústria nacional, sendo elas produtos, processos ou serviços, que sejam capazes de elevar a produtividade e competitividade ou, então, otimizar a segurança e saúde industrial.

A construção do marco teórico que embasou a presente pesquisa e que buscou, ao mesmo tempo, responder ao objetivo proposto, baseou-se em diferentes fontes de informação, tais como: periódicos diversos nas áreas de ergonomia, saúde e segurança do trabalho e inovação; banco de teses e dissertações online de universidades públicas; bases de dados das indústrias do Estado de Santa Catarina e bases de artigos científicos. Os temas principais pesquisados abordam: acidentes de trabalho, ergonomia, ergonomia participativa e realidade virtual.

### 3.2 Dados e coleta

O presente projeto teve como principal objetivo a construção de uma solução que fosse composta por um sistema de identificação e treinamento postural. Tais atividades foram desenhadas e desenvolvidas por meio da utilização de tecnologias de avaliação, realidade virtual e aumentada, a fim de sensibilizar e condicionar os colaboradores das indústrias, possíveis futuros usuários do produto, a adotarem comportamentos mais seguros em suas atividades e ambiente de trabalho.

Foi desenvolvido um sistema capaz de identificar a postura adotada pelos trabalhadores em sua rotina, proporcionando uma verificação da adequação ergonômica e, ainda, fornecendo um *feedback* com o intuito de prevenir lesões, afastamentos e possíveis acidentes. Para tanto, a fim de desenvolver tal solução foram estabelecidas nove etapas contempladas na Figura 1.

As três etapas iniciais do projeto envolveram as atividades de busca por uma indústria que possua um ou mais postos de trabalho que apresentem riscos ergonômicos para seus trabalhadores; definições acerca das atividades envolvidas no posto de trabalho escolhido e os riscos ergonômicos que elas apresentam; e definições iniciais do plano e desenho do jogo que melhor consigam atender às necessidades da empresa.

Na quarta etapa do projeto, foi necessária a organização de um *workshop* que, por meio da metodologia do *Design Thinking*, objetivou a definição do setor e da atividade laboral que são abordados no projeto. A ideia era de que o workshop contasse com a presença de diversos atores, como representantes da indústria, médicos do trabalho, ergonomistas, técnicos de enfermagem, trabalhadores envolvidos nas atividades a serem estudadas, pesquisadores relacionados à área e desenvolvedores. Desse modo, foi possível a construção das personas do projeto (indivíduo fictício que simula o usuário ideal da solução), delimitando suas características, expectativas e necessidades, beneficiando a arquitetura da solução proposta.

Na etapa cinco, foi realizada a pesquisa de mercado e levantamento de possíveis tecnologias que melhor atendam à aplicação da solução proposta na empresa. Sugeriu-se, no mínimo, para aplicação de um jogo virtual na indústria, os equipamentos listados no Quadro 1, além do



computador desktop com especificações mínimas que comportem o software do jogo. Ademais, os equipamentos necessários à realidade virtual, estão listados no Quadro 2, na sequência.

Na sexta etapa, foi definido o sistema de *feedback* do jogo. Este sistema, por sua vez, tem como função proporcionar a comunicação entre o algoritmo, o usuário e o banco de dados. Dentro do sistema, tem-se uma interface de controle do treinamento, na qual o usuário interage diretamente com a ferramenta e, por trás da interface, existe o *backend* que é responsável por toda comunicação e troca entre esta interface, o algoritmo desenvolvido e o banco de dados utilizado. Dessa forma, o algoritmo é capaz de receber informações para avançar para as próximas fases do treinamento, armazenando os dados do usuário e enviando para o *frontend*, que mostra as telas necessárias do jogo.

**Quadro 1 – Equipamentos mínimo para aplicação do jogo na indústria**

Câmeras e bibliotecas			
Produto	Identificação de esqueleto	Análise de vídeo	Coordenadas de pontos de interesse para o projeto
RealSense D415 + NuiTrack SDK	Sim	Sim	Sim
Logitech C920 + OpenPose	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada

**Quadro 2 – Equipamentos necessários à aplicação da realidade virtual**

Equipamentos de Realidade Virtual		
Produto	Joysticks	Sensores externos Rastreamento de Movimentação
Oculus Rift S	Sim	Não Sim
HTC Vive	Sim	Sim Sim
Samsung HMD Odyssey +	Sim	Não Sim
Samsung Galaxy Gear VR	Sim	Não Não
Oculus Rift S	Sim	Não Sim
HTC Vive	Sim	Sim Sim

Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada

Na etapa sete, foram desenvolvidos os algoritmos capazes de fazer a correspondência e



correlação do que está sendo captado na realidade do usuário do jogo, as medições corretas e o *feedback* da postura. Para tal projeto foi proposta a aplicação da ferramenta ergonômica *RULA - Rapid Upper Limb Assessment* - com o intuito de validar o algoritmo de processamento das imagens captadas. Esta ferramenta baseia-se na observação da atividade laboral e, por meio de diagramas de postura corporal e tabelas de pontuação, torna a avaliação do trabalhador/jogador possível, além da percepção dos fatores de risco concernentes a tais atividades.

A ideia é que a visão computacional do projeto fosse aplicada para a identificação das posturas ergonômicas de acordo com o que aborda o método RULA. Foi utilizado o algoritmo *PoseNET* que possibilita estimar pontos que formam o esqueleto humano, em conjunto com as

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 8



bibliotecas *TensorFlow* (base de dados *open-source* amplamente acessada na criação de modelos de *Machine Learning*) e *OpenCV* (biblioteca multiplataforma para uso no desenvolvimento de aplicativos na área de Visão computacional).

Após a identificação dos pontos da pose humana, através do algoritmo *PoseNet*, e da definição dos ângulos possíveis de serem trabalhados de acordo com a ferramenta RULA, as angulações foram calculadas por meio dos três pontos que formam cada ângulo. Em seguida, foi feita a validação dos ângulos por meio da comparação com ângulos de 90° e 180° no plano 2D, iniciando-se, assim, a implementação da ferramenta RULA no algoritmo. Assim sendo, o algoritmo foi implementado de acordo com o que o método RULA estabelece, dividindo as partes do corpo nos grupos A e B. O grupo A engloba as partes do corpo: braço, antebraço e punho; já o grupo B é composto pelo pescoço, tronco e pernas.

Na oitava e penúltima etapa, têm-se as definições finais do protótipo do jogo de realidade virtual. Uma das vantagens do uso dos ambientes de RV é a possibilidade dos usuários observarem fenômenos que podem não ser perceptíveis de forma imediata no ambiente físico (MAKRANSKY *et al.*, 2019). A realidade virtual permite que os usuários contemplem novos métodos, produtos, treinamentos em processos em um ambiente controlado, sem exigir uma interação direta com o processo real. Desse modo, é possível aumentar a preservação da segurança e integridade dos indivíduos.

O emprego da tecnologia de RV no contexto industrial possibilita o embasamento e apoio à inovação e melhoria do desenvolvimento de produtos e processos (VANCE, 2017) ao fornecer um ambiente em realidade virtual similar ao ambiente real de trabalho para a realização de treinamentos. Por conseguinte, o indivíduo é capaz de executar uma série de ações para estimular o aprendizado acerca de suas atividades e tarefas rotineiras, executadas em seu posto de trabalho.

Com a aplicação do jogo dentro da realidade de trabalho da empresa, enquadrado na última e nona etapa, será possível um aprimoramento da própria aplicação ao longo do tempo, realizando os ajustes necessários para cada posto de trabalho a ser utilizado nos treinamentos.

#### 4. Resultados e discussão

O desenvolvimento do projeto iniciou-se com a identificação de um problema frequente em determinadas organizações e os riscos ergonômicos inerentes às atividades de trabalho dentro das plantas industriais. Para o reconhecimento do problema foi necessário conhecer a natureza e o contexto das questões ergonômicas presentes nas atividades das indústrias do Estado, por meio do levantamento de dados estatísticos nas bases consultadas e em estudos de casos realizados dentro da Federação.

Tendo em vista tal questão e a imprescindibilidade de treinamento e conscientização dos trabalhadores acerca dos movimentos corretos em suas rotinas laborais, foi possível tornar claro o impasse existente nas indústrias do Estado. Dessa forma, foi possível definir um objetivo

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 9



e caminho a ser percorrido, contando com o apoio da tecnologia da realidade virtual para resolução do problema.

Após a etapa de diagnóstico, os pesquisadores levantaram as possibilidades de tecnologias e como as mesmas seriam capazes de atender de forma eficaz à solução proposta no presente projeto. Tendo isto em mente, foi possível o desenvolvimento e construção de um jogo de RV, com a utilização dos algoritmos, casados ao método RULA de fatores ergonômicos, com o intuito de minimizar os riscos e introduzir a mudança nas rotinas de trabalho dos indivíduos atuantes nas indústrias.

Posteriormente às definições do protótipo final do jogo, será possível a implementação dentro de indústrias do Estado e, dessa forma, com a escolha do posto de trabalho analisado, serão executados os ajustes necessários a cada atividade apresentada. Por meio da coleta de dados com a empresa, gestores e trabalhadores envolvidos nas atividades, além da observação dos movimentos no trabalho de determinado posto, será possível um aprimoramento do jogo, além de, com o início dos testes dos treinamentos dentro da RV, obter-se um sistema de *feedback* e adequações do mesmo, podendo ocasionar um novo diagnóstico e uma nova espiral de análise e ação (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

A Figura 2 representa uma tela do jogo desenvolvido, o qual simula uma atividade de pega e movimentação de materiais. Já na Figura 3, o lado A mostra a simulação real de uma atividade com reconhecimento da postura, enquanto o lado B revela a visão da mesma postura e movimentação dentro do jogo no ambiente de realidade virtual.



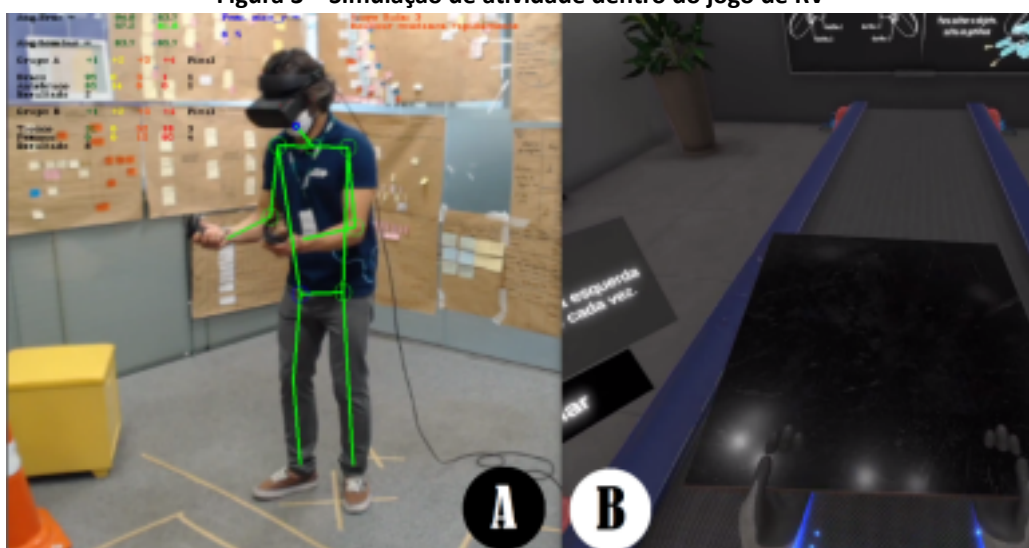
Figura 2 – Protótipo do desenvolvimento do jogo

Fonte: CIS (2020)

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 10



Figura 3 – Simulação de atividade dentro do jogo de RV



Fonte: CIS (2020)

O emprego da tecnologia de RV no contexto industrial possibilita o embasamento e apoio à inovação e melhoria do desenvolvimento de produtos e processos (VANCE, 2017), ao fornecer um ambiente em realidade virtual similar ao ambiente real de trabalho para a realização de treinamentos e atividades. Por conseguinte, o indivíduo consegue executar uma série de ações para estimular o aprendizado acerca de suas atividades e tarefas executadas em seu posto de trabalho.

Os estudos sobre o uso e os efeitos da realidade virtual em contextos educacionais ou didáticos têm por objetivo desenvolver habilidades e técnicas nos âmbitos da medicina e engenharia, apresentando resultados promissores no processo de ensino em decorrência da promoção do envolvimento dos alunos em situações similares à realidade (CRUZ; GALLARDO; VILLARREAL, 2019).

No presente projeto, foi aplicada realidade virtual para desenvolver um protótipo de um jogo capaz de simular atividades relacionadas a um determinado posto de trabalho. Para tal, foi utilizado um sistema de rastreamento e reconhecimento de gestos para testar e melhorar a ergonomia implícita às atividades laborais de um posto de trabalho a ser definido nas indústrias. Assim, a aplicação de RV permite apresentar um protótipo virtual do local de trabalho, simulando o ambiente real de operação, tornando o treinamento ergonômico mais seguro para os trabalhadores.

Vale ressaltar que a RV permite realizar uma série de análises relacionadas aos projetos, possibilitando a verificação das dimensões dos dispositivos e possibilidades de ajuste de acordo com a zona de alcance do trabalhador, assim como também da melhor disposição destes itens conforme as regras de projeto ergonômico. Entretanto, para permitir uma análise completa, a

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 11



interação entre o usuário e o local de trabalho deve ser realizada de forma planejada e programada, identificando todas as tarefas e os riscos que determinada atividade apresenta (GRAJEWSKI et al., 2013).

## 5. Considerações finais

O avanço das tecnologias e sua aplicação na área da educação estão cada vez mais proeminentes, sendo capazes de criar e proporcionar ambientes diferenciados e dinâmicos de aprendizado. Tais ambientes, por sua vez, podem ser estendidos para dentro das empresas e indústrias como uma forma de treinamento e prevenção de riscos e acidentes, aprimorando a segurança e a saúde dos trabalhadores e provendo aos mesmos oportunidades para se inserirem de forma mais ativa dentro do processo de capacitação e aprendizado. Por meio deste processo ímpar, os participantes podem praticar atividades de forma segura e, na realidade de suas atividades, sejam capazes de desempenhá-las de forma possível mais correta e segura.

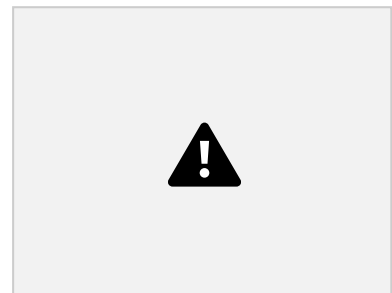
A aplicação de RV no âmbito educacional ainda é um tema emergente, porém o uso desta mesma tecnologia como meio de auxílio no processo de aprendizagem ou sensibilização de indivíduos tem mostrado benefícios potenciais. Para que se obtenha sucesso nesta aplicação, é necessário estabelecer uma série de requisitos funcionais e não funcionais, aliada a uma equipe multidisciplinar para obter um maior nível de detalhe no desenvolvimento da solução, além de contar com o suporte da gestão durante todo o processo. É de suma importância averiguar todos os eventos possíveis de ocorrerem dentro do ambiente laboral que se pretende simular no ambiente virtual, no qual o cenário precisa ser muito fiel à realidade para a obtenção de resultados adequados.

A solução do presente projeto, ademais, pode contribuir com os aspectos regulatórios do ambiente de trabalho, por exemplo, aqueles relacionados à Norma Regulamentadora NR 17, que aborda a Ergonomia e tem como princípio estabelecer parâmetros que permitam a adequação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto e segurança.

O presente projeto teve, como objetivo inicial, o desenvolvimento de um jogo de realidade virtual capaz de simular as tarefas exercidas por trabalhadores da indústria e que fosse capaz de auxiliar na mitigação de possíveis lesões osteomusculares ou musculoesqueléticas. Tal objetivo, por sua vez, pôde ser atendido de forma que um dos benefícios esperados foi o de aplicação da RV a fim de melhorar o *feedback* ergonômico para os usuários, permitindo aos profissionais de saúde e segurança de trabalho ações corretivas no ambiente laboral, de modo a minimizar o esforço físico e incorreto nas atividades de trabalho.

Desse modo, é possível contribuir, mesmo que de forma indireta, para a melhoria da qualidade da saúde dos trabalhadores e dos atores envolvidos no processo produtivo. Vale ressaltar que, devido às posturas incorretas no manuseio de peças amplas e pesadas, incorrem-se danos no curto prazo que, posteriormente, podem tornar-se irreversíveis por conta da repetição dos

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 12



erros posturais. Além disso, a efetivação de um ambiente melhor e mais seguro para se trabalhar pode impactar positivamente no bem-estar e qualidade de vida dos trabalhadores que estão inseridos nas organizações que sinalizam tais preocupações (CIS, 2020).

A conscientização e o treinamento ergonômico com base na tecnologia proposta do jogo de realidade virtual, poderão, possivelmente, contribuir para a diminuição do absenteísmo, reduzindo os afastamentos relacionados a lesões e doenças ocupacionais. Assim sendo, a partir do desenvolvimento da solução tecnológica proposta, de análise ergonômica dos postos de trabalho de indústrias, casada ao avanço no campo da RV e a sensibilização e retenção de informações aos usuários, o presente projeto visa fomentar a inovação e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa nacional de forma positiva (CIS, 2020).

Por meio do desenvolvimento do projeto do jogo, pode-se recomendar, ainda, que o mesmo seja aplicado a outros segmentos de manufatura que exerçam atividades de manuseio e movimentação de peças e cargas, a fim de contribuir para a saúde e segurança de trabalhadores dos mais diversos segmentos industriais.

Recomenda-se, ainda, analisar o contexto do ambiente de trabalho, delimitar o escopo e definir requisitos de acordo com a realidade de cada indústria, de forma que o jogo de realidade virtual possa ser aplicado da melhor forma possível, atendendo as necessidades identificadas de cada empresa. Envolver os profissionais da área de saúde e segurança do trabalho, engenharia de processo, manufatura e tecnologia para construir uma solução com princípios na ergonomia participativa, pode resultar em uma solução mais apropriada e aceitável por parte dos usuários.

## Agradecimentos

A pesquisa contou com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação - FAPESC - por meio da contratação de bolsistas para contribuírem com o desenvolvimento do projeto. Ademais, o projeto também contou com o apoio financeiro do Edital de Inovação SESI (Serviço Social da Indústria) do ano de 2018, ciclo 2.

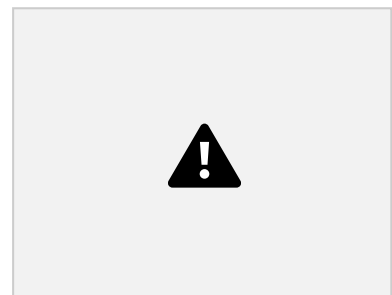
## 6. Referências Bibliográficas

A KADIR, Bzhwen; BROBERG, Ole. Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, [S.L.], v. 76, p. 102936, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102936>.

BEHL, Abhishek; JAYAWARDENA, Nirma; PEREIRA, Vijay; PEREIRA, Vijay; ISLAM, Nazrul; GIUDICE, Manlio del. Gamification and e-learning for young learners: A systematic literature review, bibliometric analysis, and future research agenda. **Technological Forecasting & Social Change**, India, v. 176, p. 1-24, 2022.

CENTRO DE INOVAÇÃO SESI TECNOLOGIAS PARA SAÚDE (CIS), 2020. **Relatório Crítico de Encerramento do Projeto**, documento interno. Disponível na rede do Centro de Inovação.

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 13



CRUZ, Jesús Alberto Flores; GALLARDO, Patricia Camarena; VILLARREAL, Elvira Avalos. La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería. **Abertura**, Guadalajara, v. 13, n. 3, p. 1-10, 27 fev. 2019. Semestral

DIEGO-MAS, J.A.; ALCAIDE-MARZALI, J.; POVEDA-BAUTISTA, R. Effects of Using Immersive Media on the Effectiveness of Training to Prevent Ergonomics Risks. **Int. J. Environ. Res. Public Health** 2020, 17, 2592. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072592>

FAIELLA, Filomena; RICCIARDI, Maria. GAMIFICATION AND LEARNING: A REVIEW OF ISSUES AND RESEARCH. **Journal Of E-Learning And Knowledge Society**, Salerno, v. 11, n. 3, p. 13-21, 25 set. 2015.

GILLESPIE, Gordon Lee; FARRA, Sharon; REGAN, Sandra L.; BRAMMER, Susan V. Impact of immersive virtual reality simulations for changing knowledge, attitudes, and behaviors. **Nurse Education Today**, [S.L.], v. 105, p. 105025, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105025>.

GRAJEWSKI, Damian et al. Application of Virtual Reality Techniques in Design of Ergonomic Manufacturing Workplaces. **Procedia Computer Science**, [S.L.], v. 25, p. 289-301, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.035>.

HAINES, H., WILSON, J. R. **Development of a framework for participatory ergonomics Contract Research Report** 174/1998, HSE, Sudbury, 1998.

HUANG, Dongjin; WANG, Xianglong; LIU, Jinhua; LI, Jinyao; TANG, Wen. Virtual reality safety training using deep EEG-net and physiology data. **The Visual Computer**, Germany, p. 1-13, 14 maio 2021.

IEA. **Definition and Applications**. 2021. Disponível em: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>. Acesso em: 15 out. 2021

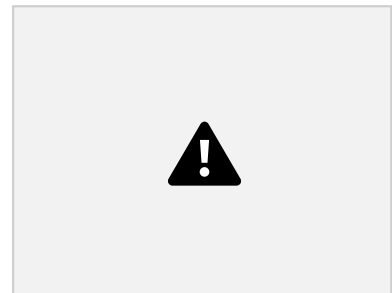
IMADA, Andrew S.; NAGAMACHI, Mitsuo. **Introduction to Participatory Ergonomics**. International Journal of Industrial Ergonomics, [s. l.], n. 15, p. 309-310, 1995.

LONGO, Francesco; PADOVANO, Antonio; GAZZANEO, Lucia; FRANGELLA, Jessica; DIAZ, Rafael. Human factors, ergonomics and Industry 4.0 in the Oil&Gas industry: a bibliometric analysis. **Procedia Computer Science**, [S.L.], v. 180, p. 1049-1058, 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.350>.

MAKRANSKY, Guido; S. TERKILDSENA, Thomas; E. MAYER, Richard. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. **Learning and Instruction**, [s. l.], v. 60, p. 225-236, 26 dez. 2017.

MAZALI, Tatiana. From industry 4.0 to society 4.0, there and back. **Ai & Society**, [S.L.], v. 33, n. 3, p. 405-411, 26 dez. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00146-017-0792-6>.

18º ERGODESIGN & USIHC 2022 (evento on-line) – 7 a 10 de março de 2022 – Campina Grande/PB 14



OBSERVATÓRIO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO (Brasil). **Registro de acidente do trabalho**. 2021. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>. Acesso em: 01 set. 2021.

P. BERG, Leif; M. VANCE, Judy. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. **Virtual Reality**, [s. l.], 12 set. 2017.

Priyoko, Prayitnadi, R; LAWSON, Glyn; HERMAWATI, Setia; RYAN, Brendan. Participatory Ergonomics in Industrially Developing Countries: A Literature Review. **International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications**, Indonesia, v. 2, n. 1, p. 53-59, 1 fev. 2021. Disponível em: <https://mechta.ub.ac.id/index.php/mechta>. Acesso em: 15 set. 2021.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa [recurso eletrônico]**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 617 p.

SÁNCHEZ-CABRERO, Roberto; COSTA-ROMÁN, Óscar; PERICACHO-GÓMEZ, Francisco Javier; NOVILLO-LÓPEZ, Miguel Ángel; ARIGITA-GARCÍA, Amaya; BARRIENTOS-FERNÁNDEZ, Amelia. Early virtual reality adopters in Spain: sociodemographic profile and interest in the use of virtual reality as a learning tool. **Heliyon**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 1-27, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01338>.



SOUZA, Norma Suely Souto; SANTANA, Vilma Sousa. Incidência cumulativa anual de doenças musculoesqueléticas incapacitantes relacionadas ao trabalho em uma área urbana do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 27, n. 11, p. 2124-2134, nov. 2011. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2011001100006>.

VILLALBA, Éder Estrada; AZÓCAR, Alejandra Lorena San Martín; JACQUES-GARCÍA, Fausto Abraham. State of the art on immersive virtual reality and its use in developing meaningful empathy. **Computers & Electrical Engineering**, [S.L.], v. 93, p. 1-9, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107272>.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. **Gamification by Design**. Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. Canada: O'Reilly Media, 2011.

ZHENG, Pai; WANG, Honghui; SANG, Zhiqian; ZHONG, Ray Y.; LIU, Yongkui; LIU, Chao; MUBAROK, Khamdi; YU, Shiqiang; XU, Xun. Smart manufacturing systems for Industry 4.0: conceptual framework, scenarios, and future perspectives. **Frontiers Of Mechanical Engineering**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 137-150, 23 jan. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>.

ZHENG, J.M. et al. Virtual reality. **Ieee Potentials**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 20-23, 1998. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/45.666641>.