REALIDADE VIRTUAL NO TREINAMENTO DE OPERADORES DE SANEAMENTO

Carlos Roberto Severian de Carvalho[1]
Pós-Graduado em Arquitetura de Soluções para Inteligência Artificial e Dados – IMT – Instituto Mauá de Tecnologia (2022). Pós-Graduado em Ciência de Dados e Inteligência Artificial – IMT (2021). Pós-Graduado em Análise e Projeto de Sistemas - UNIP OBJETIVO (1995). Graduado em Tecnologia Mecânica, modalidade Soldagem– FATEC – São Paulo (1990) . Analista de Gestão do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

Allan Saddi Arnesen
Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFSC), Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE), Especialista em Gerenciamento de Projetos – Práticas do PMI (SENAI), MBA em Gestão de Ativos (ABRAMAN/Fundação Gorceix). Gerente do Departamento de Acervo e Normalização Técnica da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

Fernanda Kikuta Koga Tojar
Engenheira Civil pela Faculdade de São Paulo. Master em BIM Management, Engenharia Civil e GIS pela Universitat de Barcelona. MBA em Engenharia de Custos pelo IBEC. Engenheira do Departamento de Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

Anders Rinaldi
Curso de extensão modalidade EAD - Gestão de Produtos Digitais (300 horas) - Digital House Brasil (2021). Curso técnico presencial - Fundamentos de Áudio e Acústica (300 horas) – IAV (2018). Curso de extensão modalidade EAD - Programação para Computadores e Dispositivos Móveis (200 horas) - IFSP (2017). Bacharel no Curso Superior do Audiovisual pela Escola de Comunicação e Artes - USP (2016).
Diretor de Tecnologia na empresa Dive Realities.

Endereço[1]**:** Rua Costa Carvalho, 300 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9543 - e-mail: crcarvalho@sabesp.com.br.

RESUMO

Este artigo explora a aplicação de técnicas de realidade virtual no treinamento de operadores de serviços de saneamento da Sabesp. Com a crescente demanda por manutenção e instalação de redes de água e esgoto e a alta rotatividade de mão-de-obra, a Sabesp enfrenta desafios na uniformização da qualidade dos serviços. Para mitigar esses desafios, desenvolveu-se um treinamento virtual focando na instalação de ligações de água. Este trabalho detalha a criação da Prova de Conceito (PoC) utilizando o Colar de Tomada Multidiametral Integrado, descreve a metodologia aplicada, os resultados preliminares obtidos durante a implementação e os planos futuros para a integração desta tecnologia em treinamentos contínuos.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Virtual, Treinamento Operacional, Serviços de Saneamento.

INTRODUÇÃO

A Sabesp, uma das maiores empresas de saneamento da América Latina, atende mais de 28 milhões de habitantes no Estado de São Paulo, gerenciando mais de 10 milhões de ligações de água. A demanda crescente por serviços operacionais de instalação e manutenção de redes de água e esgoto apresenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito à homogeneização da qualidade dos serviços executados. A alta rotatividade de mão-de-obra nas empresas contratadas pela Sabesp agrava esses desafios, exigindo um esforço contínuo de treinamento. Infelizmente, o setor de saneamento carece de iniciativas eficazes de capacitação, abrindo uma oportunidade para a introdução de métodos inovadores.

Para abordar essa necessidade, a Sabesp, por meio de sua Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, em parceria com a Superintendência de Gente, iniciou o desenvolvimento de treinamentos em realidade virtual (RV). A ideia é utilizar esta tecnologia para tornar mais didáticos e acessíveis os requisitos técnicos necessários para a realização dos serviços de saneamento. Em colaboração com a empresa Dive Realities, foi desenvolvida uma Prova

de Conceito (PoC) que simula a instalação de uma ligação de água utilizando o Colar de Tomada Multidiametral Integrado (NTS 355), um novo material que a Sabesp está começando a utilizar.

A realidade virtual permite que os operadores interajam com um ambiente simulado que replica fielmente as condições de trabalho reais, utilizando óculos de RV e controles (*joysticks*). Esta abordagem imersiva visa não apenas aumentar a eficácia do treinamento, mas também melhorar a retenção de conhecimento e a habilidade prática dos operadores, resultando em melhor qualidade desde os primeiros serviços executados.

Este artigo apresenta a metodologia aplicada no desenvolvimento da PoC, os resultados obtidos durante a implementação inicial e os próximos passos para a integração desta tecnologia nos programas de treinamento contínuos da Sabesp.

OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados do teste de um programa de treinamento em realidade virtual desenvolvido para operadores de serviços de saneamento. A aplicação deste treinamento foi focada na instalação e manutenção de ligações de esgoto e água, com o intuito de demonstrar a eficácia da realidade virtual em comparação com métodos tradicionais.

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia deste estudo envolveu várias etapas bem definidas para o desenvolvimento e teste da Prova de Conceito (PoC) de um programa de treinamento em realidade virtual. A seguir, descrevem-se as etapas detalhadas:

Fornecimento de Conteúdo Técnico:

O primeiro passo foi a coleta e organização de conteúdo técnico relevante. Foram utilizadas normas técnicas específicas da Sabesp, incluindo a NTS 164 – Ligação de Água – Procedimento, NTS 355 – Colar de Tomada Integrado Multidiametral e NTS 165 – Instalação da Unidade de Medição de Água. Além disso, características detalhadas dos dispositivos e ferramentas utilizadas nos serviços foram fornecidas para garantir os modelos construídos fossem precisos e completos.

Desenvolvimento Iterativo e Reuniões de Feedback:

Com o conteúdo técnico em mãos, a equipe de desenvolvimento criou as primeiras versões da aplicação de realidade virtual. Este processo foi altamente iterativo, envolvendo várias reuniões de feedback com especialistas da Sabesp para assegurar que todos os aspectos práticos e técnicos estavam sendo corretamente representados. As versões iniciais foram testadas em um ambiente controlado para ajustes e melhorias contínuas.

Lançamento da Primeira Versão:

Após várias iterações, a primeira versão funcional do treinamento em realidade virtual foi lançada. Esta versão foi apresentada utilizando óculos de realidade virtual, permitindo que os usuários interagissem com um ambiente simulado que replicava fielmente as condições de trabalho reais. O treinamento incluiu instruções visuais e auditivas, com uma interface de usuário intuitiva para facilitar a interação com os *joysticks*.

Durante o teste da aplicação, os usuários foram imersos em um ambiente virtual que simulava a instalação de uma ligação de água dentro de uma vala. A simulação incluía o uso de um tubo de ferro fundido e uma bancada virtual com materiais e ferramentas necessárias. Ao longo da aplicação, foram fornecidas instruções visuais para orientar os usuários sobre as etapas do procedimento.

Detalhamento do Software Construído:

O software desenvolvido permite que os usuários manuseiem o Colar de Tomada Multidiametral Integrado, cujo funcionamento foi detalhado por Arnesen et al. (2023) e consta na Norma Técnica Sabesp NTS 355. A aplicação foi cuidadosamente concebida para oferecer uma experiência interativa e educativa, permitindo aos usuários manipular virtualmente os componentes por meio de *joysticks*.

O equipamento de realidade virtual permite ao usuário movimentar a cabeça e olhar ao seu redor de forma dinâmica, trazendo a sensação de presença física no ambiente virtual. Durante o uso do software, o usuário deverá realizar uma série de tarefas utilizando os *joysticks*, simulando a operação dos componentes. Com o roteiro desenvolvido a partir da norma técnica, foi possível gerar um algoritmo que indica quais passos devem ser completados em sequência, trazendo uma forma de treinamento replicável e padronizada para todos os usuários.

Para estabelecer uma pontuação, foi definida uma quantidade de tempo aceitável para a execução de cada passo, contando pontos a cada tarefa realizada dentro do limite de tempo. Ao final, a aplicação contabiliza as tarefas realizadas dentro do tempo limite e apresenta a porcentagem do treinamento realizada conforme o esperado.

Um aspecto relevante sobre o desenvolvimento de aplicações para realidade virtual é a performance, uma vez que o travamento ou lentidão na execução pode gerar efeitos indesejáveis no usuário, como enjôo e perda de equilíbrio. Para garantir uma experiência segura e evitar a ocorrência de mal-estar no usuário, o software precisa atingir uma performance suficiente para apresentar 70 quadros de imagem por segundo em cada olho, permitindo uma visão fluida e sensação plena de imersão e profundidade.

Apresentação e Lançamento:

A versão final da PoC foi lançada no estande da Sabesp durante a feira internacional IFAT, realizada no Expo São Paulo em abril de 2024. Este lançamento permitiu uma demonstração ampla da tecnologia e seus benefícios potenciais para um público diversificado de profissionais da área de saneamento.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação da Prova de Conceito (PoC) de um programa de treinamento em realidade virtual para operadores de serviços de saneamento gerou resultados significativos em várias dimensões, proporcionando uma experiência imersiva que replicou fielmente as condições de trabalho reais. A Figura 1 apresenta diversas imagens da aplicação.

A interação com os componentes virtuais, como o Colar de Tomada Multidiametral Integrado, permitiu aos operadores familiarizar-se com novos materiais e procedimentos de forma prática e segura.

A aplicação apresentava as instruções na parte superior da tela ao longo da evolução do *game*, o que ajudou na orientação contínua dos usuários. Contudo, foi notado que os profissionais que desconheciam completamente os procedimentos de execução de uma ligação de água necessitavam de orientação adicional.

Figura 1 – Imagens do ambiente virtual de treinamento da instalação do Colar de Tomada Multidiametral





Durante a primeira tentativa, ter o suporte de alguém para esclarecer dúvidas sobre as etapas do trabalho e os nomes das ferramentas foi fundamental. Notou-se que a maioria dos usuários obteve notas inferiores a 70%, devido à curva de aprendizado associada ao uso dos *joysticks* e à familiarização com o procedimento técnico.

À medida que os usuários repetiam o treinamento, houve uma melhora significativa nas notas, que passaram a oscilar entre 90% e 100%. Esse aumento de desempenho indica uma rápida adaptação ao ambiente virtual e uma efetiva retenção do conhecimento adquirido durante o treinamento.

A apresentação da aplicação na feira internacional IFAT, realizada no Expo São Paulo em abril de 2024, permitiu uma ampla demonstração da tecnologia (Figura 2). A resposta do público foi positiva, com muitos profissionais da área de saneamento mostrando interesse em adotar tecnologias semelhantes para treinamento em suas próprias organizações. Este evento também forneceu uma plataforma para coletar feedback adicional de uma audiência diversificada.

Figura 2 – Fotografias dos treinamentos ocorridos na IFAT 2024



Também foi organizado evento em área operacional da Sabesp, especificamente na regional da Penha – Zona Leste de São Paulo, onde foram apresentadas as vantagens do novo Colar de Tomada Multidiametral, além do treinamento utilizando a realidade virtual para parte dos participantes. Considerando o público que participou do treinamento virtual, foram obtidas 15 respostas aos formulários com os seguintes resultados:

- 80% das pessoas possuíam alguma familiaridade com ligações de água (Figura 3);
- Para uma escala de 0 a 5, foram obtidas as seguintes notas médias:
    - 3,79 quanto à facilidade de interação com o ambiente virtual (Figura 4);
    - 4,79 quanto ao entendimento proporcionado pelo ambiente virtual do processo de ligação de água com a utilização do Colar de Tomada Multidiametral (Figura 5);
    - 4,93 quanto à percepção do grau de importância para treinamentos semelhantes, em outras necessidades de desenvolvimentos e treinamento no setor de saneamento (Figura 6).

Figura 3 – Respostas quanto à familiaridade com ligações de água



Figura 4 - Respostas relativas à facilidade de interação com o ambiente virtual, onde 0 é muito difícil e 5 é muito fácil

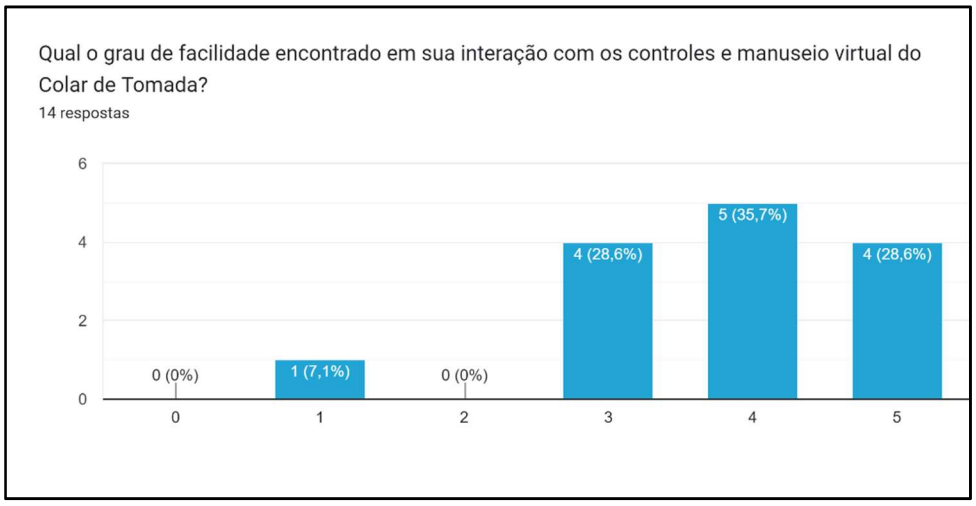


Figura 5 – Respostas sobre o entendimento proporcionado pelo ambiente virtual do processo de ligação de água com a utilização do Colar de Tomada Multidiametral, onde 0 é pouco positiva e 5 é muito positiva

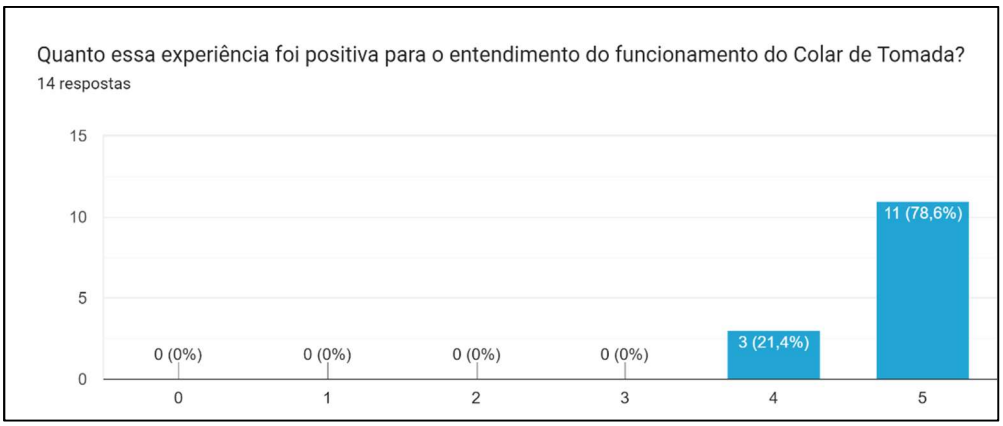
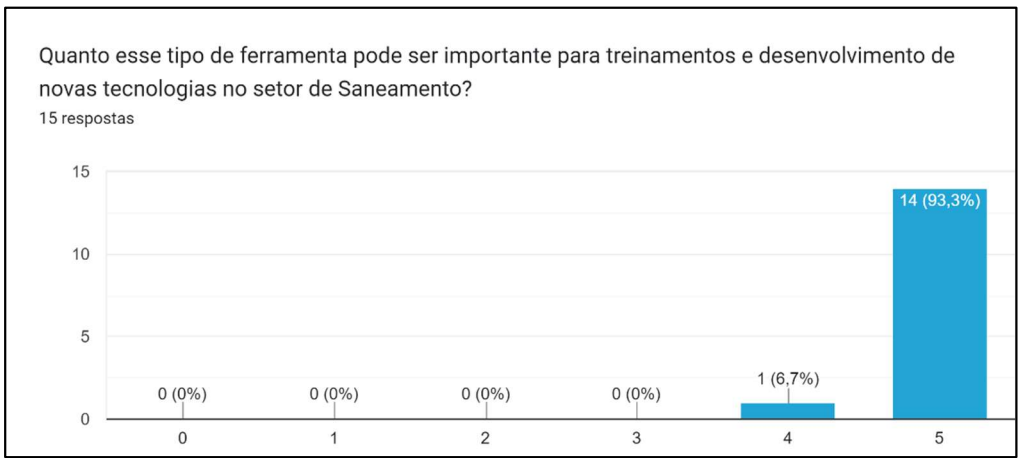


Figura 6 – Respostas sobre a percepção do grau de importância para treinamentos semelhantes, em outras necessidades de desenvolvimentos e treinamento no setor de saneamento, onde 0 é pouco importante e 5 é muito importante



CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

A aplicação de realidade virtual mostrou-se eficaz para o treinamento de operadores de saneamento, oferecendo imersão total em um ambiente simulado que replicou com precisão as condições reais. Isso permitiu interações realistas com componentes virtuais e procedimentos técnicos, facilitando a aprendizagem e acelerando a familiarização com novos materiais e procedimentos.

O feedback coletado dos usuários foi amplamente positivo, com muitos destacando a natureza envolvente e educativa do treinamento em realidade virtual. As observações sobre a interface e as instruções visuais ajudaram a identificar áreas para melhorias, que foram prontamente incorporadas.

Recomenda-se a integração dos módulos de realidade virtual nos programas de treinamento da Universidade Empresarial Sabesp (UES). Esta integração permitirá uma disseminação mais ampla do treinamento e contribuirá para a padronização da capacitação técnica entre os operadores próprios e terceirizados da Sabesp.

Também será importante expandir o programa de realidade virtual para cobrir outros procedimentos operacionais, como a instalação e manutenção de ligações de água e esgoto. A criação de módulos específicos para diferentes áreas de trabalho permitirá uma capacitação mais abrangente e especializada.

Para ampliar o alcance do treinamento, é necessário avançar com o desenvolvimento de versões que possam ser acessadas sem a necessidade de óculos de realidade virtual e controles, como uma versão web ou um aplicativo móvel. Isso facilitará o acesso ao treinamento para um maior número de operadores, independentemente das limitações de equipamento.

Por fim, é crucial manter um processo contínuo de monitoramento e coleta de feedback para identificar áreas de melhoria na aplicação de realidade virtual. A análise periódica dos resultados e a integração de avanços tecnológicos serão fundamentais para garantir a relevância contínua do programa de treinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNESEN, A. S.; CARVALHO, C.R.S.; GONÇALVES, R.; SANTANA, M.E.F. Impulsionamento de Inovação com Normalização Técnica: o caso do Colar de Tomada Integrado NTS 355. In: Congresso AESABESP/FENASAN, 2023.

2. SABESP, NTS 164. Ligação de água – Ramal predial de água DE 20. Acessada em 19/05/2024. Disponível em: https://normastecnicas.sabesp.com.br/

3. SABESP, NTS 165. Medição individualizada em condomínios horizontais ou verticais – sistema interno de automação. Acessada em 19/05/2024. Disponível em: https://normastecnicas.sabesp.com.br/

4. SABESP, NTS 355. Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – primeira ligação. Acessada em 19/05/2024. Disponível em: https://normastecnicas.sabesp.com.br/