

Revista Comunicações em Informática



IO Data Bus: Um Barramento de Troca de Dados para a Integração de Serviços Públicos Digitais

Kelson Almeida e Rostand Costa

Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Centro de Informática – Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
kelson.victor@dcx.ufpb.br, rostand@lavid.ufpb.br

Resumo: A utilização de tecnologias para a desburocratização de serviços públicos é de suma importância nos dias atuais. Em uma nação com dimensões continentais, como o Brasil, este desafio pode se tornar mais complexo. A interoperabilidade de dados entre diferentes Sistemas de Informação é fundamental na validação, processamento e no próprio fornecimento de serviços públicos digitais para a população. Este artigo propõe a utilização de um barramento de dados que tem como objetivo auxiliar no impulso tecnológico de Governo Eletrônico. Tal proposta, chamada de *IO Data Bus*, mostrou eficiência na simulação do processamento do Auxílio Emergencial. A experimentação se deu utilizando como prova de conceito a camada de troca de dados *X-Road* que proporcionou a base tecnológica da Estônia Digital.

Palavras-chave: *Interoperabilidade; Governo Digital; Barramento.*

1. Introdução

Sistemas de Informação e artefatos tecnológicos são itens indispensáveis na busca pela diminuição de tarefas burocráticas visando uma maior economia de tempo e esforço de trabalho.

De acordo com [1] “interoperabilidade é a habilidade de dois ou mais componentes de software cooperarem apesar da possível diferença de linguagem, interface e plataforma de execução”. Com isso, podemos perceber que o estudo de técnicas que visem aprimorar a interoperabilidade pode ser considerado como um fator que alavanca o processo de digitalização.

Considera-se um dos grandes desafios na prestação de serviços públicos digitais, a realização de troca de dados e informações entre diferentes sistemas de informação e bancos de dados. Em levantamentos realizados pelo Banco Mundial, o Brasil já foi apregoado como o país mais burocrático do mundo [2]. Destacam-se, em oposição a esse fato, a Estônia e a Finlândia, países evoluídos na desburocratização através da entrega de serviços públicos, onde estes são prestados em quase 100% de maneira digital. Ressalta-se que tais ambientes de governo eletrônico se apoiam, principalmente, em uma camada de troca de dados chamada *X-Road* [3].

Nesta senda há uma grande demanda por interoperabilidade por meio de *e-gov*. O termo Governo Eletrônico, ou simplesmente *e-gov*, diz respeito à utilização de recursos de Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) por órgãos públicos.

Observa-se no governo brasileiro a existência de um guia de Padrões de Interoperabilidade do Governo Eletrônico (*e-PING*). Este padrão define um conjunto mínimo de premissas, políticas e especificações técnicas para o uso da troca de dados no governo eletrônico brasileiro. Porém, no âmbito do governo digital do Brasil, ainda não existe nenhuma solução tecnológica, como a camada estoniana, que dê suporte à interoperabilidade entre diferentes entes públicos. Neste sentido, o presente trabalho apresenta como proposta uma abordagem na utilização de um barramento de

troca de dados que visa uma melhor interoperabilidade entre serviços públicos digitais. Como escopo da nossa prova de conceito, utilizamos uma abstração do processamento do Auxílio Emergencial, atualmente em vigor no *e-gov* brasileiro.

Quanto à disposição das seções, este artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 1 trouxe os aspectos introdutórios do nosso estudo; a seção 2 aborda um levantamento do estado da arte; a seção 3 discorre a respeito da metodologia em cima da proposta de barramento digital; a seção 4 explana os resultados parciais da pesquisa os descrendo; e, por fim, a seção 5 expõe a discussão dos resultados, seguidos da conclusão do estudo e possíveis trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

A expansão dos governos eletrônicos aponta alta crescente no decorrer dos anos. Em [4] foi publicado o *The European Interoperability Framework for Pan-European E-Government Services* e em [5] os autores trouxeram um *framework* para transformação de governos eletrônicos através de facilitadores e marcos nomeados.

Em [6] são apresentados os Padrões de Interoperabilidade do *e-gov* brasileiro (*e-PING*). Os supracitados trabalhos trazem guias de boas práticas de interoperabilidade em governos digitais. Essa literatura se assemelha em partes com a nossa pesquisa, pois além de buscar seguir as melhores práticas para troca de dados em governo digital, utilizamos o próprio *e-PING* como guia de alguns dos itens utilizados no nosso barramento.

Porém, se fez necessário buscar artefatos tecnológicos que apoiem essas práticas interoperáveis. De acordo com [7] “o principal propósito na busca por soluções de interoperabilidade no setor público é a habilitação dentro da organização através da internet”.

Em [8], os autores fazem um estudo para o desenvolvimento de um plano de ações em uma possível construção de uma plataforma de interoperabilidade entre serviços públicos digitais no Brasil. Entretanto,

essa avaliação apenas elenca aspectos e possíveis modelos que essa solução poderia trazer, sem detalhar de forma arquitetural e tecnológica como essa camada funcionaria, como será proposto no nosso trabalho.

3. Metodologia

De acordo com o que foi exposto, chegamos à proposição do barramento tecnológico, o *IO Data Bus*, como uma camada de troca de dados no ecossistema do governo digital brasileiro.

3.1 e-PING: Utilizando Segmentos do Framework

Visando um maior embasamento as técnicas propostas e partindo de soluções já utilizadas no governo digital do Brasil, no que diz respeito à interoperabilidade, aplicaremos algumas premissas presentes na arquitetura deste guia.

3.2 Arquitetura do Barramento

Como núcleo da nossa proposta de barramento, utilizaremos o *X-Road*, a consolidada camada de troca de dados adotada no *e-gov* estoniano.

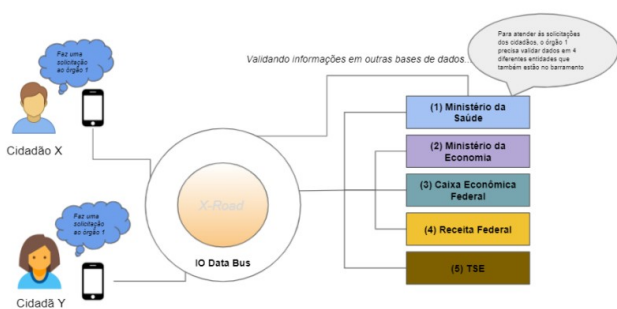


Figura 1. Visão geral da troca de dados.

A Figura 1 traz a possível estrutura básica inserida em um contexto genérico do governo eletrônico brasileiro. Na ilustração é possível observar que ambos cidadãos solicitam um determinado serviço ao Ministério da Saúde (MS).

Para atender tais solicitações, o MS precisaria validar algumas outras informações em diferentes entidades governamentais. Pensando neste cenário exemplificado, o *IO Data Bus* seria o responsável por gerenciar a troca de dados entre estes *stakeholders*. Com isso, este trabalho foi desenvolvido no planejamento e execução de uma implementação real que forneça um protótipo funcional do barramento e o seu caso de uso simulatório.

Como característica da arquitetura temos itens presentes na documentação do *e-PING*, além de artefatos presentes na documentação oficial do *X-Road*. Entre essas especificações estão a divisão em módulos (barramento dividido entre cliente e servidor), gravação de referência de *logs* em Livros-Razão Distribuídos (DLTs), segurança criptográfica entre as entidades autorizadas do barramento e descentralização de bancos de dados.

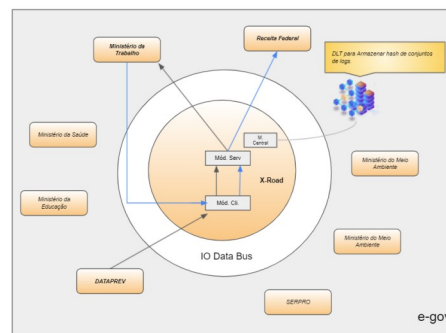


Figura 2. Ilustração da dinâmica entre órgãos no barramento.

Supondo que a DATAPREV necessite validar certas informações que estão presentes nos bancos de dados do Ministério da Economia e Receita Federal, a Figura 2 mostra como ocorre a dinâmica dessa troca de dados no ecossistema do nosso barramento. Podemos observar na imagem que, além da troca de dados, todas as informações são transitadas e gerenciadas pelo nosso núcleo *X-Road* e que os valores evidenciais dessas transações são salvos em DLTs.

3.3 Fluxo de Integração ao Barramento

O serviço governamental ingressante ao ecossistema *IO Data Bus* precisa da obtenção de um certificado digital com AC-Raiz ICP-Brasil, seguindo a conformidade com o guia *e-PING*.

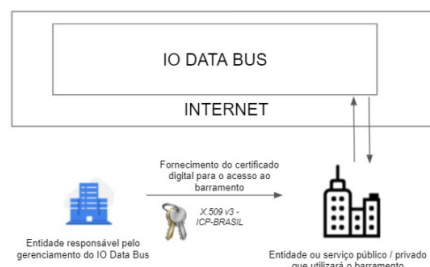


Figura 3. Estratégia de utilização do barramento.

Na Figura 3 é exposto que uma entidade governamental será responsável pelo gerenciamento do *IO Data Bus*. Este ente fornecerá o certificado digital necessário para que o serviço ingressante a este ambiente de *e-gov* possa ser autenticado e reconhecido entre as partes que trocam dados.

Nota-se que a análise da transformação dos dados é necessária para a definição de como se dará a semântica na interoperabilidade comum entre as distintas entidades participantes. Seguindo a especificação do *e-PING*, utilizamos *REST* centralizado nas requisições transitantes no núcleo *X-Road*. Para a parte da nossa prototipação do *IO Data Bus*, utilizamos a linguagem *GraphQL*. Com isso, esta tecnologia, proposta pelo Facebook em 2012, nos traz a semântica para que as partes interessadas na comunicação estejam em sintonia na transformação de dados.

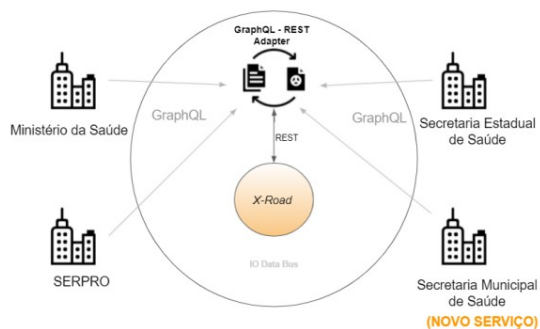


Figura 4. Camada de tradução utilizando *GraphQL* e *REST*.

A Figura 4 ilustra a comunicação entre quatro diferentes entidades do governo. As mensagens trocadas no nosso barramento estão na linguagem de *GraphQL*, então para o reconhecimento do *X-Road* implementamos um adaptador que traduz esses dados para que as mensagens trocadas estejam no mesmo nível semântico, independente de plataforma ou linguagem de programação dos sistemas de informação participantes.

3.3.1 Integrando Novos Serviços ao Barramento

Utilizando como exemplo a situação hipotética ilustrada na Figura 4, antes da área da saúde, além do SERPRO, precisam trocar dados para realização de validações em seus sistemas. Supondo que um novo ente (Secretaria Municipal de Saúde) deseje conectar-se a este ecossistema interoperável.



Figura 5. Camada de tradução utilizando *GraphQL* e *REST*.

Seguindo este fluxo ilustrado na Figura 5, primeiramente é necessário que o novo serviço solicite sua certificação digital para autenticação ao barramento, possibilitando assim, o envio da documentação da API necessária para o recebimento e envio de dados ao sistema. Por fim, o gerenciador do barramento avalia a implementação e testes da nova API e cria o sistema integrado (*subsystem*) no núcleo *X-Road*.

4. Experimentos e Resultados

Como prova de conceito para a utilização do *IO Data Bus* foi escolhido um cenário que esteve em bastante ascensão no momento crítico no qual foi decretado o estado de emergência de saúde pública de interesse nacional decorrente da pandemia da COVID-19, o pagamento do auxílio emergencial para proteção social. Serviço este que foi tão essencial as populações em situação de vulnerabilidade mas que, infelizmente, conforme amplamente noticiado, o benefício teve longos atrasos nas respostas das solicitações, no cenário real.

Para isso, vamos simular uma abstração da interoperabilidade que a Caixa Econômica Federal faz

para validar as informações para a disponibilização do auxílio para a população.

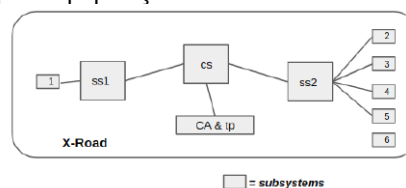


Figura 6. Arquitetura genérica do *X-Road* no experimento.

A Figura 6 ilustra a implantação da camada da Estônia que executamos no nosso ambiente local simulatório. Com isso, tiramos vantagem de todos os recursos que este barramento oferece, como os servidores de segurança, central de autenticação, *timestamping* e conexões com os sistemas de informações do ecossistema a ser simulado (*e-gov* operando o auxílio emergencial).

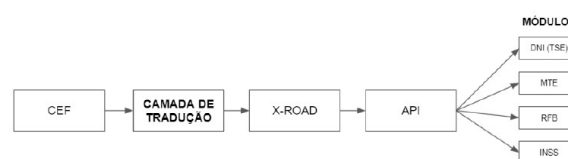


Figura 7. Fluxo genérico do protótipo

No nosso ambiente simulatório implementamos a nossa camada de tradução, *GraphQL* para *REST*, com o intuito do reconhecimento via *X-Road*. A Figura 7 traz esta camada de transformação de dados, para que as APIs dos módulos (órgãos participantes na comunicação) possam ser reconhecidos no núcleo do nosso ecossistema.

Todo o nosso ecossistema de simulação está disposto no repositório do projeto, disponível no endereço <https://github.com/iodatabus/auxilio-emergencial-com-xroad.git>.

Com a prototipação funcional operante, foram realizados uma série de testes de validação da nossa prova de conceito proposta. Foram criados um conjunto de dados fictícios, apresentados na Tabela 1, em uma simulação de banco de dados de diferentes órgãos para a validação do Auxílio Emergencial.

Tabela 1. Parte do Banco de Dados do TSE (fictício).

DNI	Nome Completo	Data de Nascimento	CPF	CTPS
123321123	Joao Silva	12/12/1955	648812677	78941548484485
123325553	Maria Sampaio	12/12/1955	648812677	78941548484485
123325669	Joana Marques	05/02/1985	648812455	78941548486688
123325784	Alvaro Pereira	04/11/1990	648810000	78941548480078

Em seguida, foram executadas na nossa simulação as solicitações de auxílio para estes usuários fictícios descritos na Tabela 1. A Figura 8 ilustra a simulação com os dois primeiros usuários dessa tabela, João Silva e Maria Sampaio.

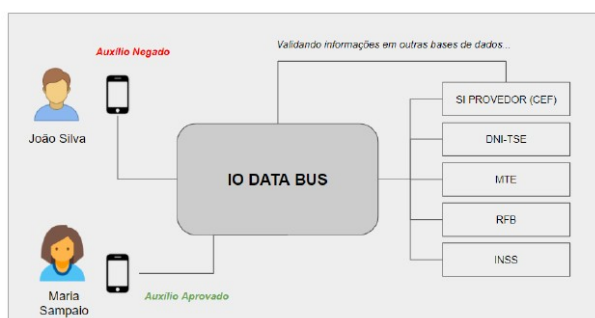


Figura 8. Executando a Solicitação do Auxílio no Barramento.

Após a execução, os dados foram interoperados ao decorrer do ecossistema da nossa simulação e conforme ilustrado na Figura 8, obtivemos um retorno em tempo real da aprovação ou não do auxílio através da checagem e cruzamento dos dados em diferentes bases governamentais.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

De acordo com o que foi exposto, a nossa proposta tem como objetivo se tornar uma facilitadora na interoperabilidade de dados entre sistemas de informação governamentais. Explicita-se que para a prova de conceito, utilizamos a consolidada camada de troca de dados da Estônia Digital, o *X-Road*, núcleo da nossa implementação e testes. Em nossos experimentos utilizamos um serviço digital que esteve em alta durante o período de pandemia, o Auxílio Emergencial.

Através dessa simulação observou-se um fluxo de dados fluindo em tempo real entre as integrações das

partes interessadas através do barramento, contribuindo assim em um caso de uso de excelente tempo de resposta para uma demanda que se faz tão urgente.

Como trabalhos futuros propõe-se a utilização de mais cenários de usos, com diferentes serviços públicos digitais, testes de *stress* e menor dependência do *X-Road*, visando uma implementação completa.

Bibliografia

- [1] Wegner, P. (1996) Interoperability. *ACM Computing Surveys* 28(1): 285–287. DOI: [10.1145/234313.234424](https://doi.org/10.1145/234313.234424).
- [2] Neto, J. B. (2007) O supersimples e a micro e pequena empresa: aspectos sociais e jurídicos. Monografia. Direito/ UFPB. Online: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/33061>.
- [3] E-ESTONIA (2020). Online: <https://e-estonia.com/>. Acesso em: 01/05/2020.
- [4] European Commission (2011) European interoperability framework for pan-european egovernment services. Publications Office.
- [5] Srivastava, S. C.; Teo, T. S. (2004) A framework for electronic government: evolution, enablers and resource drainers. In: *Proceedings of the Eighth Pacific Asia Conference on Information Systems*.
- [6] Brasileiro, G. (2018) E-ping padrões de interoperabilidade de governo eletrônico. Comitê Executivo de Governo Eletrônico.
- [7] Jaeger, P. T.; Thompson, K. M. (2003) E-government around the world: Lessons, challenges, and future directions. *Government information quarterly* 20(4): 389–394.
- [8] Barros, A.; Cepik, M. A. C.; Canabarro, D. R. (2010) Para além da e-ping: o desenvolvimento de uma plataforma de interoperabilidade de e-serviços no Brasil. *Panorama da interoperabilidade no Brasil*. p. 137-157.

Can We Trust Virtual Simulators for Health Education? A Study on Evaluation and Indicators of Accuracy and Reliability

José Raul B. Andrade¹, Liliane S. Machado^{1,2}, Leonardo W. Lopes^{1,3} e Ronei M. Moraes^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde; ²Departamento de Informática;

³Departamento de Fonoaudiologia; ⁴Departamento de Estatística

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

joseraulbandrade@gmail.com¹, liliane@di.ufpb.br², lwlopes@hotmail.com³, ronei@de.ufpb.br⁴

Abstract: Virtual simulation is capable of computationally recreating real environments and interactions. The goal of this study is to analyze papers on virtual simulations for health training to understand how educational and software quality assessments occur and how they can impact the reliability of these tools. It was observed that the participation of specialists in the elaboration of the requirements is common and can significantly collaborate with the detailing of information and with the educational approach of the virtual simulator. The evaluation of the simulators occurs considering almost exclusively aspects related to the application interface and through questionnaires. Researches related to long-term effects of skill acquisition mediated by simulators are necessary. Finally, it also observed that interdisciplinarity in development teams is essential to ensure the reliability of virtual simulators.

Keywords: *Virtual Reality, Health Education; Computer Simulation; Simulation Training.*

1. Introduction

New technologies have driven changes in the learning and training of healthcare professionals [1]. Traditional training performs simulations with mannequins, models, and corpses. However, these practices require on-demand preparation, raise ethical issues, and often do not allow the learner to experience more significant variability and complexity of clinical cases. In addition, another reported difficulty is the insecurity of professionals with no experience when working with patients for the first time [2]. In this sense, virtual simulators have shown how it is possible to explore new paths for training in Health and benefit fields of action, such as Medicine [3], Dentistry [4], and Nursing [5].

Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are two main technologies for simulated and interactive learning. They enable user interaction with a virtual environment, reproducing visual, sound, and tactile sensations through computational devices, favoring the development of systems to support teaching, training, and therapies [1] [6]. It is important to emphasize that interpersonal skills training, in addition to technical skills, is also the goal of many of these applications [1]. The use of virtual simulators can reduce the costs and risks of traditional training and provide more training opportunities for students before practice and real-time evaluation of their performance.

The present study aims to analyze studies on virtual simulators for training clinical procedures to understand how the evaluation of educational aspects and software quality occurs and how these aspects can impact the reliability of these tools. For this, this integrative review was carried out.

2. Extended Reality Applied to Health

Extended Reality (XR) is the extension of human experiences through technology. It offers interactions that explore all human senses through virtual simulators. Tools based on XR explore immersion and interaction, providing real-time responses to user actions and

through the realism of virtual simulators, with visual, tactile, sound resources, among others. Thus, VR, AR, and Mixed Reality are inserted in the context of XR [7].

The starting point of these technologies is the real environment. By inserting computational elements into the real world, we have AR. AR moves towards Augmented Virtuality (AV) as more virtual elements are superimposed on the real world. The literature discusses little AV and many studies approach it as AR. Mixed Reality consists of combining elements from the real world with the virtual. In this way, AR and AV are part of this concept. VR, in turn, allows the user to immerse himself in a three-dimensional environment, where it is possible to manipulate objects and perform a series of actions from the real world. Figure 1 shows the characteristics of each of the technologies mentioned.

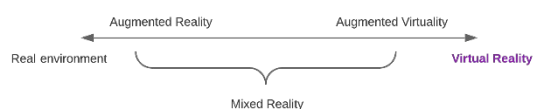


Figure 1. Representation of "Virtuality Continuum" [7].

Over the years, XR has been successfully used in different fields of knowledge, such as engineering, design, architecture, business, and entertainment [8]. In the field of Health, it has contributed by showing possibilities of exploring new ways to leverage treatments, clinical training, and tools for professional assistance. XR tools use computational devices for interaction. These devices represent, with increasing fidelity, the real interaction in virtual environments. These tools are realistic and safe, as they do not pose any risks to the patient's health and assist in the technical training of professionals, enabling them to obtain real-time feedback about their clinical practice.

3. Research Methodology

The integrative review was chosen as a methodology for selecting and analyzing studies related to the topic. The steps and results obtained are detailed below.

3.1. Research Questions

The development of virtual simulators must include the educational evaluation and the evaluation of the quality of the software to ensure the reliability of the tools. Therefore, this study seeks to answer:

- 1) How the evaluation of virtual simulators occurred?
- 2) What are the reliability and accuracy indicators?

3.2. Conduct Search

After defining the research questions, the next step was to select the papers for analysis. For this, terms commonly present in studies on virtual simulators for Health training were used to cover the most significant number of papers and obtain a broad view of state of the art. As a result, we arrived at the following search string:

("augmented reality" OR "virtual reality" OR "simulation" OR "simulator" OR "haptic" OR "haptics") AND ("medical education" OR "medical training").

The term "haptic" was included in the search string due to its importance in manual dexterity training through virtual simulators. A haptic device is a computational device used to interact with and manipulate 3D objects in a VR environment. It makes it possible to insert the user into the virtual environment and track their positions in it, and it can also provide tactile feedback through force feedback.

The searches took place in the digital libraries ACM Digital Library, IEEE Xplore, and PubMed, important publications in Engineering and Computing, in the case of the first two, and Medical Informatics. Studies from 2010 to 2021 were collected based on a title/abstract search using the previously defined search string. In addition to the cited databases, papers were included that the authors of this study considered relevant or mentioned in the returned papers' bibliography. Based on the search string and reading the titles of the papers, 252 papers were initially selected.

3.3. Papers Screening

Studies that met the following criteria were included in this study:

- a) Approaching virtual simulations in Health. Be reported in a workshop, conference, or journal in Portuguese or English.
- b) Address the development of skills for health professionals.

Accordingly, 68 papers were selected in this last step as relevant to this study goal.

4. Results and Discussion

The selected papers mainly address the medical area, such as specialists (38.2%, 26 of 68 studies), residents (20.5%, 14 of 68 studies), and especially students

(55.8%, 38 of 68 studies). Some studies address more than one audience. It was noted that anesthesia was the most current topic in Medicine (4.4%, 3 of 68 studies) and in Dentistry (3%, 2 of 68 studies). We present a table with the selected studies, as well as the year and vehicle of publication, at this link: <https://bit.ly/3xcMwXj>. The following sections answer the research questions and discuss the results obtained.

4.1. How is the Evaluation of Virtual Simulators Occurred?

Educational Assessment

Aspects of interface (usability), content and educational effectiveness were analyzed for the educational evaluation. Most of the studies evaluated usability aspects (48.5%, 33 of 68 studies), and the most used instrument was the questionnaires applied to the target audience after using the virtual simulator (44%, 30 of 68 studies). Among the papers, it was common to develop their questionnaires [4] [9] [10]. However, standard questionnaires, such as the NASA Task Load Index [11] [12] and the iGroup Presence Questionnaire [13], were also used, in whole or adapted. Games and Web applications had their evaluations focused, almost exclusively, on interface aspects.

The evaluation of the content of the reported simulators was carried out through interviews with specialists in the area during the tool's development process. The assessment of educational effectiveness took place through questionnaires applied to students, whether pre-test or post-test, defined by the team of researchers. The results were given by comparing the performance before and after using virtual simulators. In addition, some of the studies also considered the performance reports automatically generated by the virtual simulators themselves to verify and track the acquisition of clinical skills throughout the training sessions.

When it comes to educational effectiveness, it must be considered that knowledge acquisition can be short, medium, or long term. What we observe in the studies is the effects of single-use. The tools can help, both for the tactile/visual resources and for the motivation in carrying out the activity that until then is new and, therefore, offers potential for the acquisition of knowledge [6]. However, it is crucial to analyze how this construction of knowledge occurs over time and its effects on the work process.

Software Quality Assessment

Ensuring software quality consists of using techniques to identify deviations that may compromise the final quality of the system. Its role involves verifying compliance with criteria and methods throughout the operational processes to ensure the correct functioning of the software and identify opportunities for improvement. Among the analyzed studies, three types of software testing were identified: the performance test [14] [15], whose objective is to attest to the performance

of the system in terms of data processing (the most frequent in the researched studies); the acceptance test [16], in which the tool is tested in a real environment with real users and; finally, the functional test [17], which seeks to ensure that programmed the virtual simulator functionalities according to the project.

The evaluation of software quality was the type of evaluation least present in the studies, corresponding to approximately 20% (14 of 68 studies). It is worth noting that part of the researched papers deals with functional prototypes, and few explicitly address this test stage. The incorrect functioning of virtual simulators during training can compromise the reliability and accuracy of the process. For this reason, software testing cannot be treated as an optional step in the production of virtual simulators.

4.2. What are the Reliability and Accuracy Indicators?

This study used the definition that characterizes reliability as the degree of fidelity of information related to the original. That is, how precise the selected studies parameters are. Thus, the level of reliability of the simulations influences their accuracy. The selected papers have as their main indicator of reliability and accuracy the participation of specialists [5] [14], either as part of the team or as guests at specific stages, in the development of virtual simulators. Also, used data from real patients to configure the virtual simulators, bringing even more accuracy to the parameters adopted and the content and evaluation [18].

Another reliability indicator identified was the use of the literature to define the contents of virtual simulators [19] [20]. However, the literature may have limitations related to the variety and granularity of data, which practical experience could better model. Among the analyzed studies, in approximately 8%, the requirements and validation occurred, considering the medical literature or scientific papers exclusively. Therefore, it is observed that this is not the standard since most studies also included the knowledge of specialists in this process [4] [12].

Also identified were validation tests performed with subjects from areas not related to Health and the non-characterization of the sample [10] [19] and studies that did not specify or suggest ways to infer reliability and precision. These are studies focused on engineering aspects whose contribution is to advance a specific computer simulation technique.

5. Conclusions

It was observed that students are the target audience of virtual simulators in the selected studies. However, improving knowledge throughout professional life is essential to ensure an updated and effective performance. Therefore, professionals working in their respective specialties must access this type of permanent education tool. It is a point that deserves further investigation due to the educational potential of virtual simulators [6].

The evaluation of the tools occurred considering almost exclusively aspects related to the application interface and through questionnaires (originals or standards available in the literature). The evaluation of educational efficiency, in turn, was carried out mainly through the application of questionnaires before and after the use of virtual simulators. However, studies commonly describe a single use of the tool, and it is essential to verify the long-term effects of skill acquisition mediated by virtual simulators. Software quality was an aspect that little evaluated in the selected studies. It is worth noting that the incorrect functioning of the virtual simulator compromises the reliability and accuracy of the training. When the simulation does not serve the purposes for which it was developed, it becomes irrelevant to clinical/educational practice. For this reason, software testing cannot be treated as an optional step in the production of virtual simulators.

The participation of specialists in elaborating the requirements to guarantee the reliability and accuracy of the virtual simulators was common. The process of training health professionals is based on evidence documented in the literature. Thus, relying exclusively on information provided by experts can limit the reliability and accuracy of the virtual simulator. The developers and researchers must consult both sources in a balanced and complementary way. The participation of the specialist will be able to collaborate with the detailing of information and with the educational approach of the virtual simulator.

Finally, to ensure the reliability of virtual simulators, interdisciplinarity in the development teams of these tools is essential. It is common to identify studies that design solutions that, for clinical practice, become irrelevant, complex, and technologically inaccessible. Communication, as well as the frequency of interaction between employees, are the main obstacles to interdisciplinarity. Therefore, in developing virtual simulators, each area's contributions must be considered to create solutions that are not within their reach individually.

References

- [1] Xie, B.; et al. (2021) A review on virtual reality skill training applications. *Frontiers in Virtual Reality* 2: 49. DOI: [10.3389/frvir.2021.645153](https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153).
- [2] Salas, E.; Wilson, K. A.; Burke, C. S.; Priest, H. A. (2005) Using simulation-based training to improve patient safety: what does it take?. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety* 31(7): 363-371. DOI: [10.1016/S1553-7250\(05\)31049-X](https://doi.org/10.1016/S1553-7250(05)31049-X).
- [3] Gomes, D. C.; Machado, L. S. (2017) A Simulator for Regional Anesthesia Training. In *2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)* (pp. 289-292). IEEE. DOI: [10.1109/SVR.2017.44](https://doi.org/10.1109/SVR.2017.44).
- [4] Tori, R.; Wang, G. Z.; Sallaberry, L. H.; Tori, A. A.; de Oliveira, E. C.; de AM Machado, M. A. (2018) Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. *Revista Brasileira de Informática na Educação* 26(02): 80. DOI: [10.5753/rbie.2018.26.02.80](https://doi.org/10.5753/rbie.2018.26.02.80).
- [5] Macedo, E. R. (2015) Um simulador baseado em realidade virtual para o treinamento de estudantes na administração de medicamentos injetáveis. Dissertação de Mestrado.

- Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em informática. Online: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9251>
- [6] Nunes, F. L. S. M.; Costa, R. M.; Machado, L. S.; Moraes, R. M. (2011) Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação. *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*, Cap 5. SBC. ISSN: 2177-6768.
- [7] Milgram, P.; Kishino, F. (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12): 1321-1329.
- [8] Saggio, G.; Ferrari, M. (2012) New trends in virtual reality visualization of 3D scenarios. *Virtual Reality-Human Computer Interaction*. DOI: [10.5772/46407](https://doi.org/10.5772/46407).
- [9] Zhang, J.; Lyu, Y.; Wang, Y.; Nie, Y.; Yang, X.; Zhang, J.; Chang, J. (2018) Development of laparoscopic cholecystectomy simulator based on unity game engine. *In Proceedings of the 15th ACM SIGGRAPH European Conference on Visual Media Production* (pp. 1-9). DOI: [10.1145/3278471.3278474](https://doi.org/10.1145/3278471.3278474).
- [10] Jeon, S.; Choi, S.; Harders, M. (2011) Rendering virtual tumors in real tissue mock-ups using haptic augmented reality. *IEEE Transactions on Haptics* 5(1): 77-84. DOI: [10.1109/TOH.2011.40](https://doi.org/10.1109/TOH.2011.40).
- [11] Gupta, A.; Cecil, J.; Pirela-Cruz, M.; Ilidan, N. (2018) Design of an immersive simulator for orthopedic surgical training. *In: 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 3813-3818). IEEE. DOI: [10.1109/SMC.2018.00645](https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00645).
- [12] Bartoli, G.; et al. (2012) Emergency medicine training with gesture driven interactive 3D simulations. *In: Proceedings of the 2012 ACM workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education* (pp. 25-30). DOI: [10.1145/2390895.2390903](https://doi.org/10.1145/2390895.2390903).
- [13] Mostafa, A. E.; Ryu, W. H. A.; Takashima, K.; Chan, S.; Sousa, M. C.; Sharlin, E. (2017) ReflectiveSpineVR: an immersive spine surgery simulation with interaction history capabilities. *In Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction* (pp. 20-29). DOI: [10.1145/3131277.3132174](https://doi.org/10.1145/3131277.3132174).
- [14] Maier, J.; Perret, J.; Huber, M.; Simon, M.; Schmitt-Rüth, S.; Wittenberg, T.; Palm, C. (2019) Force-feedback assisted and virtual fixtures-based K-wire drilling simulation. *Computers in Biology and Medicine* 114: 103473. DOI: [10.1016/j.compbiomed.2019.103473](https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.103473).
- [15] Pan, J.; Zhang, L.; Yu, P.; Shen, Y.; Wang, H.; Hao, H.; Qin, H. (2020) Real-time VR simulation of laparoscopic cholecystectomy based on parallel position-based dynamics in GPU. *In 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 548-556). IEEE. DOI: [10.1109/VR46266.2020.00076](https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.00076).
- [16] Wang, D.; Zhao, S.; Li, T.; Zhang, Y.; Wang, X. (2015) Preliminary evaluation of a virtual reality dental simulation system on drilling operation. *Bio-medical materials and engineering* 26(s1): S747-S756. DOI: [10.3233/BME-151366](https://doi.org/10.3233/BME-151366).
- [17] Paiva, P. V.; Machado, L. S.; Valença, A. M. G.; Batista, T. V.; Moraes, R. M. (2018) SimCEC: a collaborative VR-based simulator for surgical teamwork education. *Computers in Entertainment* 16(2): 1-26. DOI: [10.1145/3177747](https://doi.org/10.1145/3177747).
- [18] Wei, L.; Najdovski, Z.; Abdelrahman, W.; Nahavandi, S.; Weisinger, H. (2012) Augmented optometry training simulator with multi-point haptics. *In 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 2991-2997). IEEE. DOI: [10.1109/ICSMC.2012.6378250](https://doi.org/10.1109/ICSMC.2012.6378250).
- [19] Lara Ribeiro, M.; Nunes, F. L. (2014) Breast palpation simulation with haptic feedback: prototype and initial results. *In 2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality* (pp. 268-276). IEEE. DOI: [10.1109/SVR.2014.57](https://doi.org/10.1109/SVR.2014.57).
- [20] See, Z. S.; Billinghamurst, M.; Rengganaten, V.; Soo, S. (2016) Medical learning murmurs simulation with mobile audible augmented reality. *In SIGGRAPH ASIA 2016 mobile graphics and interactive applications* (pp. 1-4). DOI: [10.1145/2999508.2999527](https://doi.org/10.1145/2999508.2999527).

Robotics with Augmented Reality for Training and Rehabilitation

José C. Rodrigues¹, Paulo Menezes², Maria Teresa Restivo³

¹LAETA-INEGI, Faculty of Engineering, University of Porto/Portugal; ²Department of Electrical and Computer Engineering, University of Coimbra/Portugal; ³LAETA-INEGI, University of Porto/Portugal

jose.c.rodrigues@gmail.com, pm@deec.uc.pt, trestivo@fe.up.pt

Keywords: Robotics, ROS, Augmented Reality, HoloLens, Gamification.

Introduction. This work presents an Augmented Reality application that can be used in connection with either a collaborative robot or its simulator as an interactive and assistive tool for rehabilitation processes. Physical and neuro rehabilitation processes are frequently based on the execution of well-defined movements in terms of trajectory, velocity, and applied force [1]. Here, robots can be used to help in performing and monitoring these parameters. On another side, it is well known that low motivation and consequent lack of adherence to rehabilitation treatments affect patients' recovery [2,3]. Therefore, the use of gamification on the rehabilitation processes suggests to be a promising approach [4] and a motivational driver to engage patients. They are expected to increase patient retention and endurance through entertainment. Although VR has been extensively explored to this end, the possible connection with physical elements such as robots can be much better achieved through AR-enabled headsets such as Microsoft HoloLens [5].

Methodology. This HoloLens application explores a connection with Robot Operating System (ROS)-based motion planner (MoveIT) and controller that may be connected to a physical UR robot or simply simulate its behaviour. The application was developed in Unity exploring ROS Bridge for communication with the robot planner/controller.

Results. Currently, the application displays a virtual representation of the robot and supports the definition of therapeutic movements as robot "tool" trajectories and their execution (Figure 1). In addition, a basic game was implemented based on a reward-points accumulation for the user who succeeds in keeping his hand inside the virtual robot endpoint zone while executing a movement, following prior advice from the therapist. A video of the application working with the virtual robot model is present in the link <https://www.youtube.com/watch?v=s-5Y2gTgqwc>.

Discussion. Therapists can benefit from this virtual robot representation to determine if a defined exercise is suitable for a specific patient before trying it with the physical robot. Another possible usage of the virtual robot is on serious games for fine motor control activities for upper limb rehabilitation. Using a reward-based approach for the precision in following the robot, we can stimulate the patient's engagement with the treatment. Additionally, a ROS-based system has the advantage that the movements defined can always be transferred between the virtual and the physical robot when desired. **Conclusions.** Future development iterations of the application will also interact and communicate with real robots of the URe family, allowing the user to interact with the virtual and physical versions. Then, as a rehabilitation tool, it can generate opposing forces to create resistance or help the user's movement, expanding rehabilitation in immersive interactive environments.

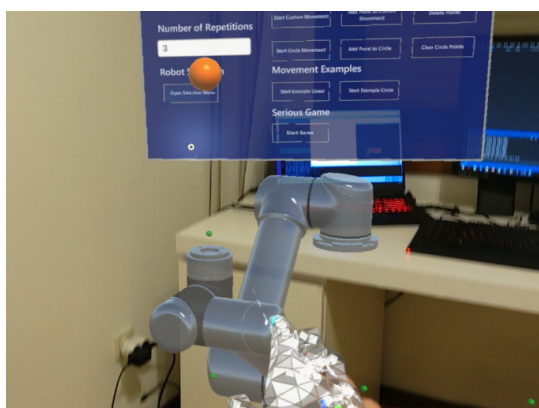


Figure 1: Virtual model of the robot performing an example stored movement.

Bibliography

- [1] Kyrkjebø, E.; Laastad, M. J.; Stavdahl, Ø. (2018, October). Feasibility of the UR5 industrial robot for robotic rehabilitation of the upper limbs after stroke. In 2018 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS) (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments* 6(4): 355-385.
- [3] Levin, M.F. (2011) Can virtual reality offer enriched environments for rehabilitation? *Expert review of neurotherapeutics* 11(2): 153-155.
- [4] Adlakha, S.; Chhabra, D.; Shukla, P. (2020) Effectiveness of gamification for the rehabilitation of neurodegenerative disorders. *Chaos, Solitons & Fractals* 140: 110192.
- [5] Condino, S.; Turini, G., Vigliani, R.; Gesi, M.; Ferrari, V. (2019) Wearable augmented reality application for shoulder rehabilitation. *Electronics* 8(10): 1178.