

EvaML e EvaSIM: Proposta de Linguagem Baseada em XML e Simulador para o Robô EVA

Marcelo Marques da Rocha
marcelo_rocha@midia.com.uff.br
Programa de Pós-Graduação em Computação
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Débora Christina Muchaluat-Saade
debora@midia.com.uff.br
Programa de Pós-Graduação em Computação
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Resumo

O objetivo dos robôs socialmente assistivos (SARs - Socially Assistive Robots) não é apenas fornecer algum tipo de assistência ou se comunicar, mas fornecer estímulos ao usuário por meio da interação com o robô. Este trabalho propõe a linguagem EvaML, uma linguagem específica de domínio baseada em XML para facilitar a especificação de sessões interativas de um SAR chamado EVA. O trabalho apresenta também a proposta de um simulador para o robô EVA, o EvaSIM, capaz de executar suas sessões interativas e auxiliar no desenvolvimento de programas para o robô. É proposta ainda a extensão das funcionalidades do EVA com dois novos componentes para o aprimoramento da capacidade de interação multimodal do robô, oferecendo reconhecimento de expressões faciais dos usuários e integração de efeitos sensoriais de luz. Além disso, este trabalho propõe e avalia um jogo sério para crianças com TEA (Transtorno do Espectro Autista) utilizando o EVA com as novas funcionalidades implementadas.

Keywords: Socially Assistive Robots, Multimodal Interaction, Serious Game, Domain Specific Language, Simulator

1 Introdução

A interação homem-robô vem sendo empregada para melhorar a qualidade de vida das pessoas e está se tornando cada vez mais comum. Uma nova classe de robôs, os robôs socialmente assistivos (SARs - *Socially Assistive Robots*), surge da interseção de duas outras classes, a classe dos robôs assistivos, que prestam algum tipo de assistência, e a classe dos robôs sociais interativos, que se comunicam com o usuário. Além da interação por voz, a interação por vídeo pode ser fornecida para ajudar a capturar a emoção do usuário [8].

Nos últimos anos, dezenas de linguagens de programação foram projetadas e usadas para programar softwares de robôs. Uma dificuldade que se enfrenta quando se utiliza uma linguagem de propósito geral na programação de robôs é a falta de elementos que possam acessar os componentes de

hardware e recursos específicos de cada robô. As linguagens específicas de domínio (DSLs - *Domain Specific Languages*) estão começando a ganhar popularidade na comunidade robótica, porque prometem simplificar o processo de desenvolvimento de programas grandes e complexos que são necessários para robôs. Além disso, quando se programa para um robô físico, nem sempre o hardware do robô está disponível para testes dos programas desenvolvidos. Os simuladores de robôs têm sido utilizados como ferramentas no treinamento educacional com evidências de que os resultados obtidos com o uso do robô físico, durante o treinamento, são semelhantes aos do simulador [5].

Neste contexto destacam-se as seguintes contribuições desta dissertação: (i) linguagem EvaML baseada em XML para o desenvolvimento de sessões interativas para o robô EVA; (ii) software simulador EvaSIM para auxiliar no desenvolvimento de programas para o robô; (iii) extensão da linguagem de programação visual do robô com novos componentes para o aprimoramento da capacidade de interação multimodal do robô, oferecendo reconhecimento de expressões faciais dos usuários e integração de efeitos sensoriais de luz; (iv) proposta e avaliação de um jogo sério para crianças com TEA utilizando o robô EVA com as novas funcionalidades implementadas neste trabalho.

O restante do texto está organizado da seguinte forma. A Seção 2 discute alguns trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta as contribuições da dissertação. A Seção 4 traz as considerações finais.

2 Trabalhos Relacionados

SARs tornaram-se ferramentas populares em intervenções com pacientes com TEA. Robôs têm sido usados em escolas de educação especial e centros de atendimento para pessoas autistas. Em [9], um robô móvel foi desenvolvido e usado para investigar seu potencial em estimular interações sociais em crianças com autismo. Durante as sessões com o robô, especialistas em autismo observaram algumas capacidades em pacientes que nunca haviam sido vistas em outras terapias, como a capacidade de desenvolver novas estratégias ao jogar com o robô.

O uso de efeitos sensoriais também tem sido aplicado em terapias de autismo. Esse ambiente gera estímulos de vários tipos (visuais, auditivos e vibrotáteis) em tempo real. Para uma criança com TEA, o processo de compreensão e

In: V Concurso de Teses e Dissertações (CTD 2023), Ribeirão Preto, Brasil. Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia). São Paulo: Sociedade Brasileira de Computação, 2023.

© 2023 SBC – Sociedade Brasileira de Computação.
ISSN 2596-1683

expressão de sentimentos é muito difícil. Inspirado em [10], esta dissertação propõe uma sessão interativa para o robô EVA, desenvolvendo um jogo sério para terapias de regulação emocional de crianças com TEA com efeitos luminosos.

O trabalho de [1] propõe a linguagem URBI com o intuito de torná-la a linguagem de baixo nível padrão para o controle de robôs. Um servidor URBI roda no robô e um cliente envia comandos para o servidor a fim de controlar o robô. A linguagem BUZZ, destinada à programação de grupos de robôs, usa uma sintaxe que mistura construções imperativas e funcionais e é inspirada em linguagens dinâmicas como JavaScript, Lua e Python.

Os simuladores de robôs são comumente usados para o desenvolvimento de algoritmos sem que haja a necessidade de se ter o robô montado fisicamente, facilitando a realização de experimentos, sem o risco de danificar o robô, e sendo também usados como ferramentas de apoio, ensinando as pessoas a programá-los. Em [4], há uma proposta de aplicativo que visa ampliar a funcionalidade da versão simulada do robô NAO, agregando ao simulador as características necessárias para o desenvolvimento de interações sociais. Os autores apontam que uma aplicação interessante do simulador seria utilizá-lo como um robô virtual que pudesse ser utilizado para dar continuidade às terapias na casa do paciente, sem o uso do robô físico.

Este trabalho propõe a linguagem EvaML para a especificação de sessões interativas para a plataforma de robótica *open-source* EVA. Diferente da linguagem URBI, [1] EvaML, por ser baseada em XML, apresenta os elementos de controle do robô com mais legibilidade. Em [4], a proposta apresentada destina-se ao robô NAO, que é uma plataforma de robótica comercial e de custo alto. EvaML é destinada a uma plataforma de robótica *open-source* e de baixo custo.

3 Contribuições e Resultados

3.1 Linguagem EvaML

Com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de sessões interativas por pessoas com conhecimento técnico em programação, mas ainda mantendo a legibilidade dos códigos dos scripts, este trabalho propõe a EvaML [3, 7], uma linguagem baseada em XML para a especificação de sessões interativas usando a plataforma de robótica *open source* EVA. A EvaML possibilita a criação de scripts de interação para o robô EVA usando apenas um simples editor de texto. Todos os comandos que controlam os elementos de interação multimodal do robô estão presentes na EvaML, entre eles, o componente *Light* (que controla a lâmpada inteligente), os comandos de reconhecimento de voz e o comando *UserEmotion* que possibilita o reconhecimento da expressão facial do usuário através de uma *webcam*. A linguagem também possui elementos para criação e manipulação de variáveis, geração de números aleatórios, controles condicionais usando elementos *switch* e *case* e outros. O *parser* EvaML gera

automaticamente um script correspondente no formato JSON que pode ser adicionado ao banco de dados de scripts do robô e então ser executado por ele. EvaML foi especificada em XMLSchema e sua especificação, assim como o parser da linguagem estão disponíveis¹.

Para avaliar a linguagem EvaML, foi utilizada a metodologia GQM (*Goal Question Metric*). Para analisar a linguagem EvaML com o propósito de avaliação da sua usabilidade do ponto de vista dos usuários, foram usadas questões específicas relacionadas à *Clareza*, à *Eficácia*, ao *Tempo* e à *Facilidade de Uso Percebida*. Com exceção da métrica Tempo, medido em minutos, todas as outras foram medidas usando a resposta do usuário na escala *Likert* de 1 a 5. Também foi utilizado um questionário com 9 questões baseadas no framework *Cognitive Dimensions of Notations* (CDN). Para avaliar a usabilidade da linguagem EvaML no desenvolvimento de sessões interativas para o robô EVA, foi realizada uma atividade dividida em três etapas. O objetivo era a criação de uma sessão interativa para o robô EVA usando os elementos definidos na linguagem EvaML de forma progressiva. Ao finalizar as três etapas, a sessão interativa deveria ser similar à disponível neste link². Um total de 12 desenvolvedores, 6 experientes e 6 iniciantes em XML, participaram do experimento. Após a finalização das atividades, os participantes enviaram seus scripts e preencheram o questionário proposto.

Com relação à métrica *Clareza* os resultados mostraram que não há diferença significativa nas respostas dos dois grupos e que a linguagem EvaML foi facilmente compreendida do ponto de vista do usuário. Para a métrica *Eficácia* todos os 12 participantes concluíram com sucesso as atividades, ou seja, 100% de respostas positivas. Os scripts criados pelos participantes foram avaliados e todos os integrantes dos dois grupos fizeram o uso correto dos elementos da linguagem, implementando o "Jogo da Imitação" de maneira semelhante à versão apresentada no vídeo de exemplo. Após análise da correteza dos scripts desenvolvidos, pode-se concluir que a linguagem EvaML é eficaz do ponto de vista do usuário. Para a métrica *Tempo*, medido em minutos, não houve diferença estatística no tempo gasto entre os dois grupos nas etapas 1 e 3. Contudo, na etapa 2, o grupo dos experientes em XML terminou a tarefa em um tempo menor que os iniciantes em XML, indicando que a experiência em XML pode influenciar no tempo gasto no processo de criação de scripts com a linguagem EvaML. Com base nos resultados obtidos na análise da métrica *Facilidade de Uso Percebida*, associada à questão que investiga o nível de dificuldade na utilização dos comandos da linguagem EvaML, para os dois grupos, a mediana apresentou valor menor do que 3, o que nos leva a concluir que a utilização dos elementos da linguagem EvaML seria livre de esforço, do ponto de vista do usuário.

¹<https://github.com/midiacom/eva-robot/tree/master/EvaML-EvaSIM-source-code>

²<https://www.youtube.com/watch?v=uDkwUEX8IeA>

Com relação às dimensões cognitivas relacionadas a fatores negativos conforme o framework CDN, para a dimensão *viscosidade*, os dois grupos discordaram fortemente que "a modificação de um elemento do seu código exigiu a modificação de outros elementos". Os dois grupos de usuários, para a dimensão *propensão a erros*, discordam fortemente que "a linguagem EvaML induza o usuário a cometer erros". Na questão sobre a dimensão *dependências ocultas*, isto é, "se a EvaML possui muitas dependências ocultas entre seus elementos", os experientes demonstraram uma posição de neutralidade, já o grupo dos iniciantes discorda parcialmente sobre a questão. Para a dimensão cognitiva *comprometimento prematuro*, para os experientes em XML, pode-se concluir que o grupo se posicionou com neutralidade sobre a questão da linguagem "restringir muito a ordem de criação dos elementos das suas aplicações". Para os iniciantes, concluiu-se que eles discordam parcialmente com essa questão. Sobre a dimensão *verbosidade*, pode-se concluir que os dois grupos discordam parcialmente que a EvaML seria um linguagem *verbosa*. Os experientes em XML apresentaram um nível de discordância maior sobre essa dimensão, 83, 33%, enquanto os iniciantes apresentaram um nível de discordância de aproximadamente 66, 67%. Considerando que a EvaML é uma linguagem baseada em XML e que XML é uma linguagem naturalmente verbosa, esse resultado é bastante promissor.

Considerando as dimensões cognitivas do framework CDN, para a dimensão *consistência*, os experientes em XML apresentaram um nível de concordância de 66, 67% e os iniciantes apresentaram um nível de concordância de 83, 33%. Pode-se concluir que os dois grupos concordam que "os elementos da linguagem EvaML com semânticas similares são expressos por sintaxes similares". A dimensão *expressividade dos papéis* está relacionada à "capacidade do usuário de entender as funcionalidades dos elementos da linguagem". Para essa questão, os resultados para dois grupos foram exatamente os mesmos. Os dois apresentaram um nível de concordância de 100%, levando-nos a concluir que os dois grupos concordaram parcialmente que foram capazes de entender as funcionalidades dos elementos da linguagem EvaML. A *visibilidade* está relacionada à "habilidade de facilmente visualizar os componentes da linguagem". Tanto os experientes em XML quanto os iniciantes, apresentaram um nível de concordância de 100%. Conclui-se que ambos os grupos puderam facilmente visualizar os componentes da linguagem EvaML. A dimensão cognitiva *proximidade do mapeamento* está relacionada à "proximidade da notação com os elementos do domínio", ou seja, quão intimamente relacionada está a notação utilizada com o resultado que está descrevendo e através dela busca-se mensurar o quão fácil foi implementar cada etapa da atividade proposta com os elementos da linguagem. Para as etapas 1 e 2 do teste, os dois grupos apresentaram um nível de concordância de 100%, ou seja, os dois grupos concordam fortemente que foi muito fácil completar a primeira e a segunda etapas do teste com os elementos

da linguagem. A terceira etapa do teste exigia dos participantes uma lógica mais elaborada e um maior entendimento sobre a criação e manipulação de variáveis, exigindo também um maior domínio sobre as estruturas condicionais e de repetição da EvaML. Com valores para as suas medianas iguais a 3, pode-se concluir que os dois grupos concluíram a etapa 3 do teste com um grau de dificuldade médio.

Uma boa avaliação de usabilidade de uma linguagem é aquela em que as dimensões cognitivas, relacionadas a fatores positivos da linguagem, são mais bem avaliadas, e que as dimensões cognitivas, ligadas a fatores negativos da linguagem, recebam valores mais baixos no experimento. As dimensões ligadas a fatores positivos da linguagem obtiveram os maiores valores para as suas medianas. A avaliação da dimensão *proximidade do mapeamento* foi dividida em três partes e teve suas etapas 1 e 2 muito bem avaliadas, sendo apenas a sua etapa 3 avaliada com neutralidade pelos dois grupos.

3.2 Simulador EvaSIM

É difícil testar uma sessão de terapia robótica sem o robô físico montado com todos os seus componentes de hardware e também é difícil treinar pessoas (técnicos ou pesquisadores), ensinando-os a programar um aplicativo ou sessão de terapia interativa usando a ferramenta de programação do robô. Para contornar essas dificuldades, esta dissertação projetou e desenvolveu o EvaSIM, um simulador para o robô EVA. O simulador é open-source e está disponível neste link.



Figure 1. Elementos da interface gráfica de usuário do EvaSIM

A Figura 1 mostra a interface gráfica de usuário do EvaSIM e cada número na figura está associado a um dos seguintes elementos: (1) corpo do robô EVA impresso em 3D; (2) representa os LEDs localizados no tórax; (3) a representação gráfica da lâmpada inteligente; (4) representa a tela de 5,5" do robô; (5) representa a webcam integrada ao robô; (6) conjunto de botões que controlam o simulador; (7) apresenta a emulação de um terminal; (8) apresenta as tabelas do mapa de memória do simulador; (9) janela que simula o reconhecimento da expressão facial do usuário. O EvaSIM pode executar os scripts criados na linguagem EvaML e os scripts criados usando a linguagem de programação visual (VPL) do robô, o que o torna uma ferramenta capaz de auxiliar no desenvolvimento e teste de interações para o robô EVA.

Para avaliar o simulador EvaSIM, também foi utilizada a metodologia GQM. Foi desenvolvido um experimento que

contou com a participação dos mesmos 12 usuários do experimento com a linguagem EvaML, e contou também com a participação de um outro grupo de 12 usuários que fazem parte do grupo de pesquisa dos criadores do robô EVA, além de mais 2 alunos do mestrado em Computação da UFF. Para a avaliação dos resultados, os 26 participantes foram divididos em dois grupos, o grupo dos experientes (12) com o EVA e o grupo dos iniciantes (14) com o EVA. Foram definidas questões relativas às métricas *Utilidade Percebida*, *Facilidade de Uso Percebida* e *Clareza*. Além dessas questões, os participantes tiveram que responder às dez questões do questionário SUS (System Usability Scale).

Para a análise da métrica *Utilidade Percebida*, os dois grupos apresentaram nível de concordância maior que 90% concordando fortemente que o EvaSIM os ajudaria a programar scripts para o robô EVA. Para a análise da métrica *Facilidade de Uso Percebida*, associada a duas questões, com um nível de discordância acima de 90%, pode-se concluir que os participantes experientes e iniciantes com o EVA discordam fortemente que alguma mensagem emitida pelo EvaSIM tenha sido de difícil compreensão e concordam fortemente que foi fácil instalar os componentes de software do EvaSIM. Com isso, conclui-se que a utilização do simulador EvaSIM seria livre de esforço do ponto de vista do usuário. Para a análise da métrica *Clareza*, ambos os grupos apresentaram um nível de concordância acima de 91,00%. Sendo assim, conclui-se que os integrantes dos dois grupos concordam fortemente que os elementos de interface do simulador EvaSIM representaram bem as funcionalidades do robô. Além dessas questões, os usuários responderam a 10 questões do questionário SUS. A pontuação média obtida (90) está acima da média (68). Numa escala objetiva, a usabilidade geral do EvaSIM pode ser classificada como *aceitável*. Além da escala de aceitabilidade SUS, é possível classificar a usabilidade do EvaSIM utilizando-se uma escala de adjetivos, em que . pode-se classificar o EvaSIM com o adjetivo "*melhor imaginável*".

3.3 Jogo Sério para Crianças com TEA

Esta dissertação também propôs a extensão da plataforma EVA com novas funcionalidades para controlar efeitos sensoriais de luz e reconhecer a expressão facial do usuário.

Foi desenvolvido um jogo sério para auxiliar em terapias de regulação emocional para crianças com TEA. O jogo conta com três estágios: (1) *jogo das cores*, a criança deve identificar as cores que são apresentadas pelo robô usando os efeitos sensoriais de luz; (2) *jogo das emoções*, o robô apresenta diversas expressões faciais, enquanto a criança tenta identificá-las interagindo via voz; (3) *jogo da imitação*, a criança deve imitar as emoções do robô com suas próprias expressões faciais.

Para avaliar a proposta apresentada, utilizou-se o TAM (Modelo de Aceitação de Tecnologia). Um grupo de 48 usuários adultos, com idades entre 19 e 61 anos, incluindo profissionais e estudantes de saúde, avaliou a proposta. Os resultados estão detalhados em [6].

4 Conclusão

Esta dissertação possui três contribuições principais: a linguagem EvaML, o simulador EvaSIM e a extensão da interação multimodal do robô EVA, avaliada através de um jogo sério para crianças com TEA. Todas as propostas foram avaliadas e os resultados obtidos foram publicados em congressos internacionais [2, 6, 8] e congressos nacionais [7]. Além disso, todos os softwares desenvolvidos são de código aberto e estão disponíveis para a comunidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido do Google Research, CAPES, CAPES PRINT, CNPq, INCT-MACC, FAPERJ e FAPESP.

References

- [1] J-C Baillie. 2005. Urbi: Towards a universal robotic low-level programming language. In *2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, 820–825.
- [2] M. Marques da Rocha, D. Cruz-Sandoval, J. Favela, and D. C. Muchaluaat-Saade. 2022. An Open-Source Socially Assistive Robot for Multisensory Healthcare Therapies. In *Proceedings of the 2nd Workshop on Multisensory Experiences-SensoryX'22*. SBC.
- [3] Marcelo Marques da Rocha and Débora Christina Muchaluaat-Saade. 2023. EvaML e EvaSIM: Proposta de linguagem baseada em XML e simulador para o robô EVA. In *Anais do XXXVI Concurso de Teses e Dissertações*. SBC, 98–107.
- [4] C. Gena, C. Mattutino, W. Maltese, G. Piazza, and E. Rizzello. 2021. Nao_PRM: an interactive and affective simulator of the Nao robot. In *2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN)*. IEEE, 727–734.
- [5] O. Kurniawan, N. Tiong Seng Lee, S. Datta, N. Sockalingam, and P. Kin Leong. 2018. Effectiveness of Physical Robot Versus Robot Simulator in Teaching Introductory Programming. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*. IEEE, 486–493.
- [6] M. Rocha, D. Cruz-Sandoval, J. Favela, and D. Muchaluaat-Saade. 2022. EvaSIM: a Software Simulator for the EVA Open-source Robotics Platform. In *2022 IEEE RO-MAN: 31st IEEE International Conference on Robot Human Interactive Communication*.
- [7] M. Rocha, S. Melo, J. Favela, and D. C. Muchaluaat-Saade. 2022. Robôs Socialmente Assistivos: Desenvolvendo Sessões de Terapia Multissensorial com o Robô EVA. In *Livro de Minicursos do SBCAS 2022*. SBC, Chapter 4.
- [8] M. Rocha, P. Valentim, F. Barreto, A. Mitjans, D. Cruz-Sandoval, J. Favela, and D. Muchaluaat-Saade. 2022. Towards Enhancing the Multimodal Interaction of a Social Robot to Assist Children with Autism in Emotion Regulation. In *International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Springer, 398–415.
- [9] S. Santatiwongchai, B. Kaewkamnerdpong, W. Jutharee, and K. Ounjai. 2016. BLISS: Using Robot in Learning Intervention to Promote Social Skills for Autism Therapy. In *Proceedings of the International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology (i-CREATE 2016)*. Singapore Therapeutic, Assistive & Rehabilitative Technologies (START) Centre, Midview City, SGP, Article 16, 4 pages.
- [10] C. Tien Tan, N. Harrold, and D. Rosser. 2013. Can You CopyMe? An Expression Mimicking Serious Game. In *SIGGRAPH Asia 2013 Symposium on Mobile Graphics and Interactive Applications* (Hong Kong, Hong Kong) (SA '13). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 73, 4 pages. <https://doi.org/10.1145/2543651.2543657>