

CaFE-TaMTIn: uma abordagem para o desenvolvimento e capacitação de funções executivas utilizando um sistema de interface tangível multi-representacional com aspectos de sistema tutor inteligente

Robertino Mendes Santiago Junior¹, Andrey Ricardo Pimentel¹

¹Programa de Pos-Graduação em Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba – Paraná - Brasil

robertino@ufpr.br, andrey@inf.ufpr.br

Pesquisa em andamento, com início em agosto/2019 e previsão de término em agosto/2023.

Resumo. *As funções executivas possuem papel importante na vida das pessoas, inclusive na vida escolar; pois permitem aos alunos, por exemplo, evitar distrações. Ferramentas tecnológicas podem ser usadas no estímulo das funções executivas, como as interfaces tangíveis. Combinar interfaces tangíveis com outras formas de representação pode gerar sistemas multi-representacionais. Porém, deve haver suporte aos alunos, o que pode ser feito por meio de tutores inteligentes. Este trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento da abordagem CaFE-TaMTIn, que visa permitir o desenvolvimento de sistemas de interface tangível multi-representacionais dotados de técnicas de sistemas tutores inteligentes para a capacitação de funções executivas.*

Abstract. *Executive functions play an important role in people's lives, including school life, as they allow students, for example, to avoid distractions. Technological tools can be used to stimulate executive functions, such as tangible interfaces. Combining tangible interfaces with other forms of representation can generate multi-representational systems. However, there must be support for students, which can be done through intelligent tutors. This work presents the proposal for the development of the CaFE-TaMTIn approach, which aims to allow the development of multi-representational tangible interface systems endowed with techniques of intelligent tutoring systems for the training of executive functions.*

1. Contextualização e motivação

Ações importantes do cotidiano humano, como pensar antes de agir, resolver desafios inesperados, pensar sob ângulos diferentes, evitar distrações, organização de atividades diversas, planejamento, manutenção do foco, entre outros, são responsabilidade das funções executivas (FE) [Comitê Científico do Núcleo Ciência Pela Infância 2016]. As FE, na perspectiva cultural e escolar, são pouco estimuladas, portanto, muitas crianças e adolescentes, os quais lutam para terem mais rendimento e aproveitamento na aprendizagem em sala de aula, as possuem mal adaptadas, deficitárias, frágeis ou fracas [Fonseca 2014]. As FE são caracterizadas em três componentes básicos: flexibilidade cognitiva (FC), inibição (IN) e memória de trabalho (MT) [Miyake et al. 2000].

A FC refere-se à capacidade que o ser humano possui para mudar seu pensamento sobre algo, ajustar-se às novas demandas ou prioridades, aproveitar as oportunidades repentinas e inesperadas [Diamond 2013]. A IN permite que o indivíduo iniba ou adie uma reação instintiva, resista à interferência de distrações que ocasionam a perda de atenção durante a execução de uma atividade ou, ainda, possibilita que este indivíduo interrompa um comportamento impróprio [Fitó 2012]. A MT é a capacidade de reter informações na mente e realizar manipulações sobre essas informações [Young et al. 2017].

Quando os componentes das FE são integrados, desenvolvem-se outras habilidades executivas complexas, como planejamento, tomada de decisão, resolução de problemas e raciocínio [Krause 2020]. Dessa forma, é fundamental que as FE de estudantes sejam estimuladas.

Ferramentas tecnológicas podem ser utilizadas na criação de estratégias de estímulo às FE [Loures et al. 2020]. As interfaces tangíveis do usuário (TUI - *Tangible User Interface*) são ferramentas adequadas para a interação com crianças, pois permitem a manipulação direta de objetos físicos, haja vista ser comum crianças brincarem, individualmente ou colaborativamente, com objetos físicos (blocos, material dourado, quebra-cabeças) para aprenderem diferentes habilidades [González-González et al. 2019]. As TUI permitem envolver vários dos sentidos dos estudantes (visão, tato, audição), consideradas mais acessíveis a crianças mais novas, iniciantes e pessoas com dificuldades de aprendizagem [Zuckerman et al. 2005] e aumentam a aprendizagem lúdica, o envolvimento e a reflexão [González-González et al. 2019].

Interfaces tangíveis é uma das formas de representar a informação, porém, há outras modalidades [Wu and Puntambekar 2012] e utilizar essas diversas modalidades para apresentar informações aos alunos é vantajoso, tendo em vista que essas informações são processadas ativamente [Ainsworth 2006]. Contudo, apenas a disponibilidade de várias representações não é suficiente para que os estudantes estabeleçam a relação entre elas e haja a aquisição de conhecimento [Herbert 2008, Rau et al. 2013]. Múltiplas representações externas podem ser muito exigentes para os alunos, especialmente quando são organizadas em diferentes objetos na tela [Schwonke et al. 2008]. Muitos alunos possuem dificuldade em relacionar os conteúdos apresentados em diferentes representações externas, apesar disso, compreender como essas diferentes representações externas se complementam pode contribuir com sua aprendizagem [Schneider et al. 2011].

Dessa forma, os alunos necessitam de diferentes suportes instrucionais, sendo necessário que estes suportes possuam recursos de adaptação das representações externas de modo a melhorar sua aprendizagem [Rau et al. 2019]. É possível fornecer este estilo de suporte por meio de sistemas tutores inteligentes (STI). Os STI possibilitam apoiar a aprendizagem de estudantes com várias representações externas, pois fornecem suporte individualizado para interações entre os estudantes e as representações [Rau et al. 2013].

Considerando o contexto exposto, surge a seguinte pergunta de pesquisa: **É possível e eficiente combinar sistemas tutores inteligentes, interfaces tangíveis e múltiplas representações externas na capacitação das funções executivas?**

2. Aspectos metodológicos

Neste trabalho, foi adotado o método *Design Science Research Methodology* (DSRM) proposto por [Peppers et al. 2007]. As etapas específicas deste método podem ser obser-

vadas na Figura 1. A etapa 1 consiste na problemática de como capacitar as FE dos aprendizes por meio de tecnologias computacionais em que a manipulação dos objetos possa ser direta. Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os conceitos envolvidos.

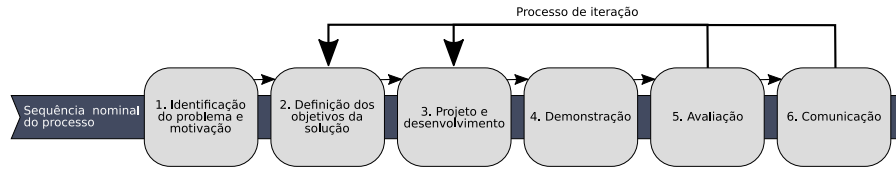


Figura 1. Processo metodológico. Fonte: Adaptado de [Peffer et al. 2007]

A etapa 2 refere-se à proposta da abordagem a ser desenvolvida por este estudo, em que permitirá o desenvolvimento de um sistema de interface tangível multi-representacional com aspectos de sistema tutor inteligente para a capacitação de FE. A etapa 3 consiste no desenvolvimento da abordagem e do sistema tangível que a implementa. A etapa 4 refere-se à realização do estudo piloto, o qual visa identificar possíveis melhorias e correções, além da análise da interferência do estado afetivo sobre as FE.

A etapa 5 consiste na execução do experimento, na coleta de dados, realização do pré e pós-teste e avaliação das FE. A etapa 6 envolve a elaboração de artigos científicos visando apresentar os resultados obtidos na pesquisa. Salienta-se que durante essas duas últimas etapas é possível retornar às etapas de definição dos objetivos e projeto.

3. Abordagem proposta

A abordagem proposta neste estudo, denominada CaFE-TaMTIn (Capacitação das Funções Executivas, Tangíveis, Multi-representacional e Tutores Inteligentes), pode ser observada na Figura 2. A interação inicial do aprendiz ocorrerá por meio de duas interfaces: a) interface gráfica e b) interface tangível. A interface gráfica será composta por um jogo educativo voltado para o ensino de conceitos matemáticos, utilizando múltiplas representações externas. Uma plataforma de aprendizagem baseada em jogos, que recorre a representações dinâmicas e multimodais de problemas matemáticos, pode reforçar as interações entre alunos e elementos do problema e assim, facilitar a representação e resolução de problemas matemáticos [Ke and Clark 2020].

A definição da utilização de um jogo educacional para a interface gráfica será baseada no trabalho apresentado por [Krause et al. 2020], o qual apresenta um modelo de inter-relação entre as FE e elementos presentes em jogos digitais, tais como mecânica do jogo, o qual busca converter situações em que é necessário o uso das FE para a linguagem dos jogos, e níveis de dificuldade, em que são utilizadas para graduar a dificuldade dos componentes executivos em videogames.

A interface tangível será composta por uma superfície capaz de reconhecer a presença de objetos, estilo “bloco” numerado. Estes blocos serão reconhecidos por meio de técnicas de visão computacional. A resolução dos desafios propostos no jogo será realizada pela manipulação destes blocos sobre a superfície. Optou-se pelo uso de TUI por ser uma ferramenta digital que permite explorar a espacialidade humana e ser de fácil utilização [Sharlin et al. 2004], além de possibilitar o desenvolvimento de novos formatos e combinações representacionais, aumentando o poder representacional para apoiar a aprendizagem [Price et al. 2008] e por permitir a manipulação direta dos objetos.

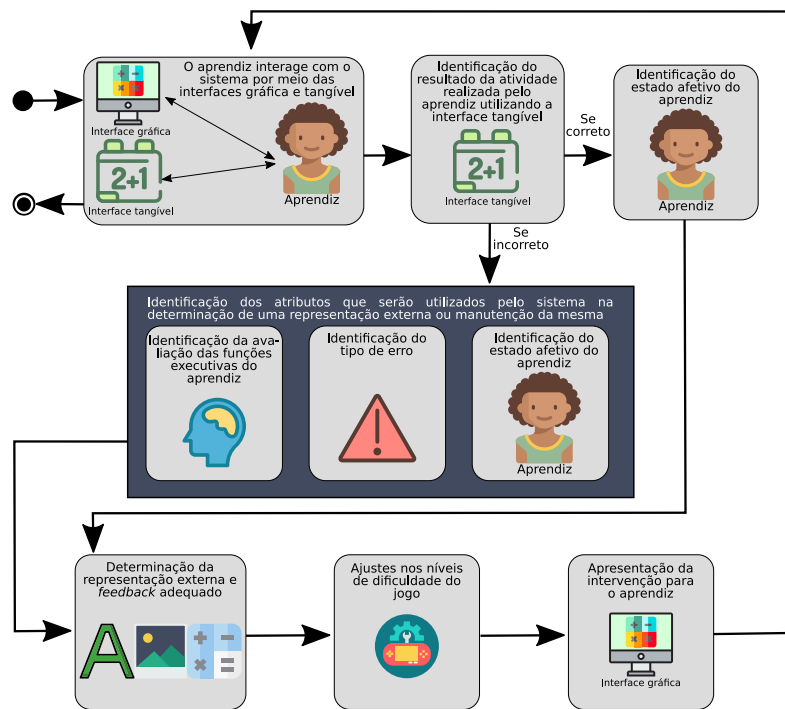


Figura 2. Abordagem proposta. Fonte: Autoria própria

Após o aprendiz posicionar os blocos na superfície e indicar que a resolução da atividade proposta está concluída, o sistema verificará se a resposta apresentada é a esperada ou não. Caso a resolução esteja correta, o sistema apresentará uma nova atividade ao aprendiz e realizará os ajustes para o avanço de dificuldade/fase/nível do jogo. Caso contrário, o sistema avaliará o ocorrido.

O núcleo da abordagem é caracterizada por três mecanismos básicos: a) identificação da avaliação das FE do aprendiz, sendo a avaliação realizada antecipadamente por testes padronizados e os valores obtidos servindo de dados de entrada para o STI; b) identificação do tipo de erro cometido, baseado na arquitetura para remediação de erros desenvolvida por [Leite et al. 2012], a qual possibilita classificar os erros cometidos pelos aprendizes durante a resolução da atividade proposta; e c) identificação do estado afetivo do aprendiz, o qual será baseado no modelo de inferência desenvolvido por [Gottardo and Pimentel 2018] utilizando expressões faciais capturadas pela *webcam*.

Com base nas informações sobre as FE, o tipo de erro cometido pelo aprendiz e seu estado afetivo, o sistema determinará o *feedback* apropriado, a representação externa adequada para a resolução da próxima atividade, a qual será apresentada para o aprendiz utilizando a interface gráfica e, caso seja necessário, será realizado ajustes nos níveis de dificuldade do jogo. Na fase de realização do experimento piloto, será realizado o estudo de como o estado afetivo interfere no desenvolvimento das FE.

4. Resultados esperados

Este trabalho objetiva a investigação sobre a combinação de sistemas tutores inteligentes, interfaces tangíveis e múltiplas representações externas. Estima-se o desenvolvimento de uma abordagem que possa, por meio da integração dessas três tecnologias, capacitar as

FE dos aprendizes. A abordagem ainda prevê o uso da identificação do estado afetivo dos aprendizes, o tipo de erro cometido durante a resolução das atividades propostas e o dados dos resultados dos testes sobre as FE.

Espera-se que o desenvolvimento desta abordagem possa servir de incentivo para o surgimento de novas pesquisas ou ferramentas, as quais possam ser utilizadas em benefício de aprendizes que possuam suas FE comprometidas.

Referências

- Ainsworth, S. (2006). Deft: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3):183–198.
- Comitê Científico do Núcleo Ciência Pela Infância (2016). *Funções executivas e desenvolvimento infantil: habilidades necessárias para a autonomia: estudo III*. Série Estudos do Comitê Científico - NCPI. Fundação Maria Cecília Souto Vidigal - FMCSV, São Paulo, first edition. Redação Joana Simões de Melo Costa... [et al.].
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1):135–168.
- Fitó, A. S. (2012). *Por que é Tão Difícil Aprender?: o Que São e Como Lidar Com os Transtornos de Aprendizagem*. Coleção psicologia, família e escola. Paulinas, São Paulo.
- Fonseca, V. d. (2014). Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Revista Psicopedagogia*, 31:236–253.
- González-González, C. S., Guzmán-Franco, M. D., and Infante-Moro, A. (2019). Tangible technologies for childhood education: A systematic review. *Sustainability*, 11(10).
- Gottardo, E. and Pimentel, A. (2018). Reconhecimento e adaptação à dinâmica de estados afetivos relacionados à aprendizagem. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 29(1):1223.
- Herbert, S. (2008). Where is the rate in the rule? *Australian Senior Mathematics Journal*, 22(2):28—36.
- Ke, F. and Clark, K. M. (2020). Game-based multimodal representations and mathematical problem solving. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1):103–122.
- Krause, K., Hounsell, M., and Gasparini, I. (2020). Um modelo para inter-relação entre funções executivas e elementos de jogos digitais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28(0):596–625.
- Krause, K. K. G. (2020). *Jogos Digitais e Funções Executivas: funções executivas*. Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, 2 edition. Produto Educacional.
- Leite, M., Pimentel, A., and Pietruchinski, M. (2012). Remediação de erros baseada em múltiplas representações externas e classificação de erros aplicada a objetos de aprendizagem inteligentes. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 23(1).

- Loures, D. A. M., Brandão, P. M. F., da Silva Vieira, A. M., and Silva, M. A. (2020). Funções executivas e as novas tecnologias digitais: Parceria de sucesso em prol da aprendizagem. *Humanidades & Inovação*, 7(5):264–271.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., and Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1):49–100.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., and Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3):45–77.
- Price, S., Sheridan, J. G., Falcao, T. P., and Roussos, G. (2008). Towards a framework for investigating tangible environments for learning. *International Journal of Arts and Technology*, 1(3/4):351–368.
- Rau, M. A., Alevén, V., and Rummel, N. (2013). How to use multiple graphical representations to support conceptual learning? research-based principles in the fractions tutor. In Lane, H. C., Yacef, K., Mostow, J., and Pavlik, P., editors, *Artificial Intelligence in Education*, pages 762–765. Springer Berlin Heidelberg.
- Rau, M. A., Zahn, M., Misback, E., and Burstyn, J. (2019). Adaptive support for representation skills in a chemistry ITS is more effective than static support. In Isotani, S., Millán, E., Ogan, A., Hastings, P., McLaren, B., and Luckin, R., editors, *Artificial Intelligence in Education*, pages 432–444, Cham. Springer International Publishing.
- Schneider, B., Jermann, P., Zufferey, G., and Dillenbourg, P. (2011). Benefits of a tangible interface for collaborative learning and interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3):222–232.
- Schwonke, R., Ertelt, A., and Renkl, A. (2008). Fostering the translation between external representations: Does it enhance learning with an intelligent tutoring program? In Zumbach, J., Schwartz, N., Seufert, T., and Kester, L., editors, *Beyond Knowledge: The Legacy of Competence*, pages 117–119, Dordrecht. Springer Netherlands.
- Sharlin, E., Watson, B., Kitamura, Y., Kishino, F., and Itoh, Y. (2004). On tangible user interfaces, humans and spatiality. *Personal Ubiquitous Comput.*, 8(5):338–346.
- Wu, H. and Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6):754–767.
- Young, A. R., Gurm, M. K., and O’Donnell, K. A. (2017). Assessing executive functions in young children. In Hoskyn, M. J., Iarocci, G., and Young, A. R., editors, *Executive Functions in Children’s Everyday Lives: A Handbook for Professionals in Applied Psychology*, chapter 3, pages 21–37. Oxford University Press, New York.
- Zuckerman, O., Arida, S., and Resnick, M. (2005). *Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-Inspired Manipulatives*, page 859–868. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.