

Aware Knowledge Retention Model para investigação de relações entre o pensamento computacional e a criatividade

Laura Sthefany Colombo

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Câmpus Araraquara, Araraquara, SP, Brasil

Gislaine Cristina Micheloti Rosales

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Câmpus Araraquara, Araraquara, SP, Brasil

Janaína Cintra Abib

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Câmpus Araraquara, Araraquara, SP, Brasil

Ednilson Geraldo Rossi

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Câmpus Araraquara, Araraquara, SP, Brasil

Resumo: O *Aware Knowledge Retention Model*, um modelo de fixação do conhecimento, contempla quatro dimensões da aprendizagem: Compreender, Reproduzir, Aplicar e Avaliar. Nele, o aumento da capacidade de abstração de problemas e a proposição de soluções algorítmicas mais elaboradas são progressivamente estimulados à medida que os alunos são expostos às práticas associadas. Isto posto, com o objetivo de investigar as relações entre o desenvolvimento de competências para a resolução de problemas computacionais e o desenvolvimento do pensamento computacional e do pensamento criativo e validar a hipótese de que estes temas têm os seus desenvolvimentos associados, este trabalho aplicou o referido modelo a estudantes do ensino superior, na disciplina Algoritmos e Programação. Estratégias de ensino e aprendizagem foram utilizadas ao longo do curso nas amostras de controle, bem como instrumentos de avaliação para determinar o progresso dos alunos participantes da pesquisa e identificar possíveis relações entre as variáveis do estudo.

Palavras-chave: Habilidades de Programação. Pensamento Algorítmico. Pensamento Criativo.

Abstract: The Aware Knowledge Retention Model, a knowledge fixation model, contemplates four dimensions of learning: Understand, Reproduce, Apply and Evaluate. In it, the increase in problem abstraction skills and the proposition of more elaborate algorithmic solutions is progressively encouraged as students are exposed to associated practices. That said, with the aim of investigating the relationships between the development of skills for solving computational problems and the development of computational thinking and creative thinking and validating the hypothesis that these topics have their associated developments, this work applied the aforementioned model to higher education students, in the discipline Algorithms and Programming. Teaching and learning strategies were used throughout the course in the control samples, as well as assessment instruments to determine the progress of the students participating in the research and to identify possible relationships between the study variables.

Keywords: *Programming Skills. Algorithmic Thinking. Creative Thinking.*

INTRODUÇÃO

Para Bocconi et al. (2016) pensamento computacional (PC) é um processo de pensamento (ou uma habilidade de pensamento humano) que usa abordagens analíticas e algorítmicas para formular, analisar e resolver problemas.

Vários conceitos e habilidades estão vinculados ao PC, tais como: capacidade de abstração (Barr e Stephenson, 2011; Lee et al., 2011; Grover e Pea, 2013; Selby e Woppard, 2013; Angeli et al., 2016), desenvolvimento do pensamento algorítmico (Selby & Woppard, 2013) e desenvolvimento de algoritmos, automação (Barr e Stephenson, 2011; Lee et al., 2011), decomposição (Barr e Stephenson, 2011; Grover e Pea, 2013; Selby e Woppard, 2013; Angeli et al., 2016), depuração (Grover e Pea, 2013), generalização (Selby e Woppard, 2013; Angeli et al., 2016), análise (Lee et al., 2011), programação/codificação. A programação/codificação, como um

componente do PC, pode ser vista como uma ferramenta de aprendizagem possivelmente presente no currículo escolar obrigatório, inclusive sendo abordado como habilidade transversal.

Ademais, diversos estudos apontam que o pensamento criativo (Israel-Fishelson et al., 2021) está relacionado com o pensamento computacional e há influências em ambos os sentidos. Amabile e Pillemer (2012) apontam que a criatividade pode ser afetada por fatores externos, que seriam as influências dos fatores socioambientais e fatores individuais, os quais incluem: (i) habilidades no domínio (habilidade técnica, talento inato); (ii) habilidades relevantes para a criatividade, como o estilo cognitivo flexível, personalidade, persistência; e, (iii) motivação para realização de tarefas. Conforme as autoras, o componente externo, ambiente social, pode influenciar cada um dos componentes individuais. Todavia, a influência mais imediata e prevalente do ambiente é exercida sobre o componente motivacional. Assim, a criatividade pode ser vista como um processo cognitivo e social, e ainda como uma habilidade que pode ser aprendida, praticada e melhorada.

O objetivo principal desta pesquisa consistiu em investigar relações e associações entre o desenvolvimento de habilidades e competências para a solução de problemas computacionais e o desenvolvimento do pensamento criativo. Como

objetivo secundário, esta pesquisa coletou dados que permitiram a avaliação do modelo de fixação do conhecimento.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A taxonomia de Bloom (Bloom 1956/2001) utiliza seis níveis de classificação da aprendizagem cognitiva que vão desde ganhar conhecimento em seu nível mais fundamental – ao compreender ideias e fatos básicos, ser capaz de aplicar a aprendizagem na resolução de problemas, ser capaz de analisar ideias de novas maneiras – e em um nível mais sofisticado – ao ser capaz de avaliar opiniões e ideias e fazer apreciações com base em evidências e critérios objetivos.

Brown et al. (2018) afirmam que o alicerce da aprendizagem se forma ao colocar os novos conhecimentos em um contexto mais amplo, dando significado a ele e conectando-o a algo concreto que o aluno já sabe. Para isso, pode-se extrair

as ideias essenciais dos novos conteúdos e organizá-las em um modelo mental conectando esse modelo aos conhecimentos prévios. O uso de práticas diferenciadas e intercaladas a fim de extrair “regras” ou princípios básicos que diferenciam os tipos de problemas é mais eficiente que a pura repetição.

Nesta abordagem, é possível considerar que a aprendizagem ocorre a partir de três etapas: a codificação, a consolidação e a recuperação (Brown et al., 2018). A codificação é o processo de converter percepções sensoriais em representações significativas no cérebro. A consolidação é o processo de fortalecimento das representações mentais para a memória de longo prazo, onde o cérebro reorganiza e estabiliza os vestígios de memória. Isso pode levar muitas horas e envolve o processamento mais profundo dos novos conteúdos em que o cérebro dá significado e faz conexões com experiências passadas e outros conhecimentos de longo-prazo armazenados na memória. A recuperação envolve a associação de pistas eficientes que permitem a recuperação da informação e do conhecimento já consolidado.

Outrossim, pode-se afirmar que a aprendizagem de novos conhecimentos ocorre a partir da conexão desses com o que já sabemos. Exposição espaçada e intercalada aos conteúdos e sua revisitação em diferentes momentos, auxilia na percepção e detecção de suas diferenças e semelhanças e conduz à representações mais complexas. A aprendizagem intercalada de conteúdos (Rohrer e Taylor, 2007; Kantak et al. 2010) aumenta as habilidades de diferenciação e indução e constroem novas conexões permitindo a fixação dos novos conhecimentos na memória de longo prazo.

METODOLOGIA

Conforme mencionado, o modelo de fixação do conhecimento, *Aware Knowledge Retention Model* (AKRModel), possui quatro dimensões, que são:

Compreender, a primeira dimensão do modelo, está relacionada à habilidade de domínio cognitivo e inclui o entendimento do significado de algo novo, neste estudo os novos conceitos e conteúdos de programação são introduzidos de forma gradual, porém não linear.

Reproduzir, sendo a segunda dimensão, consiste na consolidação dos conhecimentos a fim de torná-los recuperáveis a longo prazo. Neste estudo, consiste

na proposição de soluções algorítmicas para problemas computacionais semelhantes ao que foi apresentado e explicado anteriormente.

Aplicar é a terceira habilidade a ser desenvolvida e consiste em aplicar os conhecimentos construídos anteriormente para a resolução de problemas novos e mais complexos.

Avaliar, quarta e última habilidade, além de avaliar novos problemas computacionais em contextos inéditos e mais complexos, propõe uma melhor solução a partir da avaliação de diferentes possibilidades. Também inclui, nesta categoria, a avaliação de soluções propostas por seus pares e a identificação de vantagens e desvantagens.

Ao longo de um semestre letivo, 38 alunos da disciplina Algoritmos e Programação foram submetidos a estratégias de ensino e aprendizagem baseadas no modelo AKR. A apresentação de novos conteúdos na disciplina ocorreu de forma gradual, e não linear, a partir da utilização de recursos visuais, gráficos, sonoros, animação e dinâmicas entre pares. Foram realizadas 8 dinâmicas ao longo da disciplina envolvendo diferentes estratégias: a construção de algoritmos em pares de forma cooperativa; a competição entre times para apresentação de algoritmos otimizados; e, a interpretação e correção de algoritmos construídos por outros times.

Outra ferramenta utilizada foi a apresentação e socialização de resultados entre os alunos. Esta técnica foi utilizada em 3 momentos durante o curso e contribuiu para a expansão das possibilidades de abstração de situações/problemas.

A compreensão dos conteúdos e a capacidade de generalização e decomposição foi avaliada de diferentes formas: (1) pela observação da professora durante as aulas; (2) a partir de resultados de avaliações semanais, em sua maioria questionários de resposta rápida envolvendo os conceitos aprendidos; (3) a partir de listas de exercícios para resolução de problemas computacionais com enunciados elaborados e com feedback individual ou coletivo; (4) pela realização de provas teóricas e práticas e, por fim, (5) da elaboração de mapas mentais usando 10 minutos finais de cada aula onde os alunos sintetizavam o conteúdo recém visto e estabelecia conexões entre outros que já tinham.

As ferramentas utilizadas possibilitaram explorar os níveis de compreensão, reprodução e aplicação dos conteúdos estudados. A quarta dimensão do model

AKR, (avaliar) foi explorada a partir da socialização de resultados e soluções, seguidas por discussões e reelaboração de algoritmos.

À medida que a disciplina avançou ao longo do semestre letivo, foram apresentados problemas com maior grau de dificuldade e complexidade, para que, partindo de palpites corretos ou equivocados, o conteúdo inicial desenvolvesse uma retenção mais duradoura com as correções e instigações da professora.

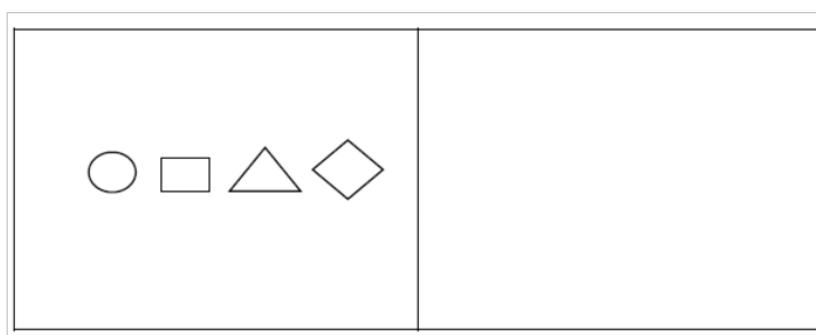
Avaliação do desenvolvimento da criatividade

O desenvolvimento da criatividade foi avaliado a partir da aplicação de dois questionários (diagnóstico e final), com um intervalo de 4 meses.

Nos questionários de criatividade, contou-se com questões dissertativas e de ilustração, uma vez que a criatividade pode se manifestar através tanto da linguagem verbal quanto não-verbal. A seguir, as figuras 1 e 2 exemplificam questões utilizadas.

FIGURA 1. Exemplo de questão de ilustração presente no questionário de criatividade.

2. Combine como quiser as figuras dadas no primeiro quadro (esquerda) para formar uma figura no segundo quadro (direita). Você deve usar as figuras dadas e pode repeti-las conforme desejar.



Fonte: elaborado pelos autores.

FIGURA 2. Exemplo de questão dissertativa presente no questionário de criatividade.

6. (3 min) Esta atividade lhe dá a chance de ver como você é bom para descobrir coisas que não sabe e em fazer suposições sobre as possíveis causas e consequências dos acontecimentos. Olhe a foto. O que está acontecendo? O que você pode dizer com certeza? O que você precisa saber para entender o que está acontecendo? O que fez isso acontecer? Qual será o resultado? Não tem certo ou errado, use sua imaginação! Use 3 minutos apenas e não mais ou menos.



Fonte: ilustração do *Portal Fantasy* no rafy A¹.

Considerou-se as seguintes habilidades na avaliação dos questionários de criatividade: a Fluência (número de ideias), a Flexibilidade (diferentes categorias de ideias), a Elaboração (adição de detalhes à resposta), a Originalidade (resposta não comuns) e a Expressão (apresentação entendível da ideia), conforme a teoria de Guilford (1960). Em cada questão, a presença, ou não, de cada uma das características criativas citadas foi tabulada com os valores 1, 0,5 ou 0, sendo 1 a presença mais intensa da característica e 0 a ausência. Deste modo, foi possível avaliar não apenas a média geral da amostra, mas os casos individuais também.

Avaliação do desenvolvimento do PC

A avaliação do PC considerou o desenvolvimento de habilidades de Pensamento Algorítmico, Resolução de Problemas, Pensamento Lógico,

¹ Disponível em: <http://www.rafy-a.com/2019/10/the-portal-fantasy-photo-manipulation.html>. Acesso em: 27 fev. 2023.

Modularização e Abstração. Conforme citado, a avaliação dessas habilidades foi realizada de forma processual a partir de instrumentos diversificados que possibilitaram avaliação quantitativa e qualitativa da aprendizagem sobre PC, tais como prova escrita, prova prática em laboratório de informática, dinâmicas em equipes, socialização de resultados, discussões.

Todavia, a fim de quantificar e possibilitar comparação dos alunos no início e ao final do curso, foram aplicados dois questionários (diagnóstico e final), com intervalo de 4 meses semelhantemente aos questionários de criatividade, envolvendo questões relacionadas às habilidades do desenvolvimento de algoritmos e do pensamento computacional na solução de problemas cotidianos. As questões teóricas e práticas presentes consideraram a produção de algoritmos em formato gráfico, textual e usando linguagem de programação C, além de exercícios de lógica matemática e lógica de programação, conforme conteúdos trabalhados na disciplina durante o semestre.

As questões de ambos os questionários, incluindo avaliações qualitativas, foram mensuradas de 0 a 10 para facilitar a análise quantitativa e apresentação de resultados. Os instrumentos utilizados possibilitaram avaliação do grupo e avaliação individual sobre as habilidades. As figuras 3 e 4 abaixo exemplificam questões utilizadas:

FIGURA 3. Exemplo de questão presente no questionário de PC.

Faça um algoritmo (português estruturado ou linguagem C) que calcule a seguinte soma.

$$S = \frac{1}{1} - \frac{2}{4} + \frac{3}{9} - \frac{4}{16} + \frac{5}{25} - \frac{6}{36} \dots - \frac{10}{100}$$

Fonte: elaborado pelos autores.

FIGURA 4. Exemplo de questão presente no questionário de PC.

Escreva um algoritmo que gere a série de FIBONACCI até o Enésimo termo. Utilize modularização SEM passagem de parâmetro e SEM retorno. O programa deve garantir que o usuário informe um número positivo e tratar possíveis erros de entrada. A série de Fibonacci é formada pela sequência: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ...

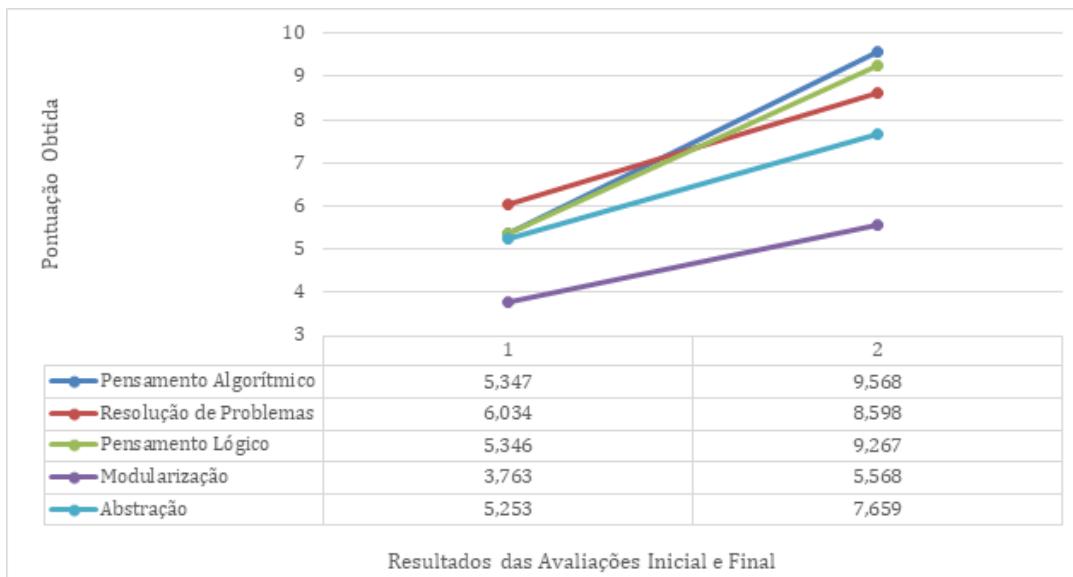
Fonte: elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo avaliou os efeitos da aplicação do AKRModel a 38 alunos do Curso Superior de Análise e Desenvolvimento de Sistemas. A avaliação dos dados coletados demonstrara que o modelo, e suas práticas inerentes, contribuiu para o desenvolvimento do PC e que os alunos apresentaram aumento significativo de habilidades do pensamento computacional consciente, conforme apresenta a Figura 3.

As variáveis Pensamento Algorítmico e Pensamento Lógico tiveram aumentos mais significativos, 4,221 e 3,921, médias respectivas, talvez por serem as habilidades mais abordadas e trabalhadas durante o estudo. As habilidades de Resolução de Problemas e Abstração tiveram diferença de 2,564 e 2,406, respectivamente. Por fim, a Modularização teve aumento mais tímido, de 1,805, o que se justifica pela abordagem mais superficial e com menor tempo de desenvolvimento desta habilidade.

FIGURA 3. Resultados obtidos nas avaliações inicial e final do PC.

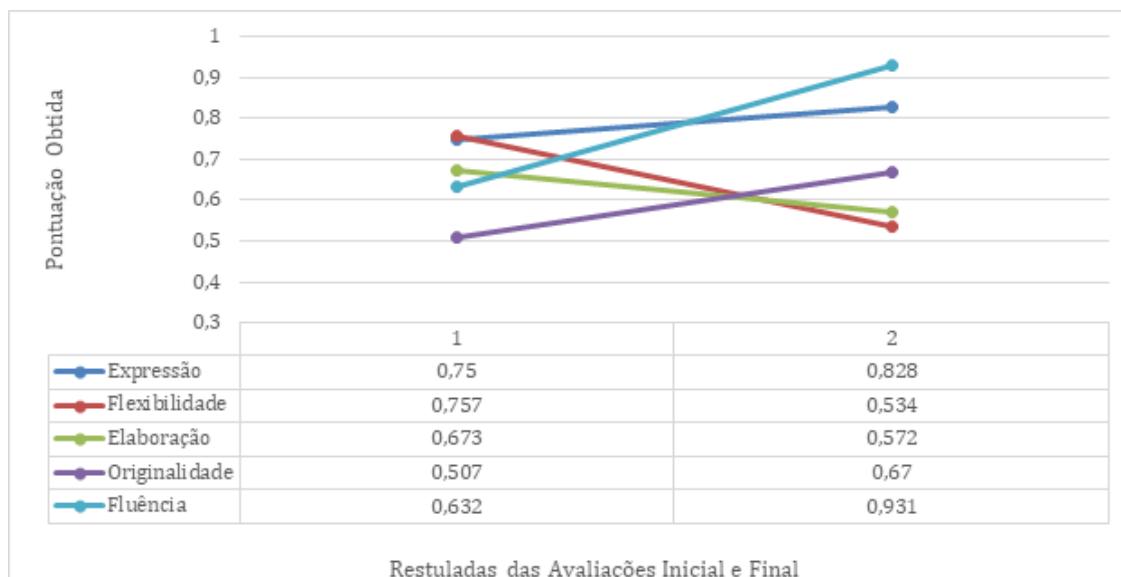


Fonte: elaborado pelos autores.

A análise dos resultados obtidos nos questionários com relação à criatividade e pensamento criativo mostrou que no desenvolvimento das características de Fluência, Originalidade e Expressão quase todos os alunos apresentaram resultados melhores no segundo questionário, aplicado ao final do curso. Enquanto os resultados referentes à Elaboração e Flexibilidade foram mais variados e registraram-se regressos consideráveis.

A comparação das médias das características dos questionários foi registrada conforme Figura 4.

FIGURA 4. Resultados obtidos nas avaliações inicial e final da criatividade e do pensamento criativo



Fonte: elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados apresentados, constatou-se que, no contexto do AKRModel utilizado, determinadas características criativas são desenvolvidas à medida que se desenvolve o pensamento computacional e as habilidades para a solução de problemas computacionais. São essas características: Expressão, Originalidade e Fluência. Uma possível explicação para o regresso de alguns alunos no quesito Elaboração é o aprimoramento de uma linguagem mais direta e objetiva nas respostas.

Dada a importância e atualidade do tema proposto e as diversas questões abertas sobre o assunto, acredita-se que este trabalho tem potencial para contribuir com futuras pesquisas e oferecer evidências importantes para o desenvolvimento de novas pesquisas, ferramentas e *frameworks* para apoio ao desenvolvimento do pensamento computacional e da criatividade computacional.

REFERÊNCIAS

- AMABILE, T. M.; PILLEMER, J. **Perspectives on the Social Psychology of Creativity.** *Journal of Creative Behavior.* v.46, n. 1, p.3-15. 2012.
- ANGELI, C., et al. **A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework- Implications for Teacher Knowledge.** *Educational Technology & Society.* p.47–57. 2016.
- BARR, D.; HARRISON, J.; CONERY, L. **Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone.** *Learning & Leading with Technology.* p.20–23. 2011.
- BLOOM, B. S. **Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain.** New York: David McKay Co Inc. 1956.
- BOCCONI, S. et al. **Developing Computational Thinking in Compulsory Education.** European Commission. 2016.
- BROWN, P. C.; ROEDIGER III, H. L.; MCDANIEL, M. A. **Fixe o conhecimento: a ciência da aprendizagem bem sucedida.** Tradução: Henrique de Oliveira Guerra; revisão técnica: Claudio de Moura Castro. 2018.
- GROVER, S.; PEA, R.. **Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field.** *Educational Researcher.* p.38–43. 2013.
- GUILFORD, J. P. **The structure of the intellect model: its use and implications.** New York: McGraw-Hill. 1960.
- ISRAEL-FISHELSON R., et al. **The Associations Between Computational Thinking and Creativity: The Role of Personal Characteristics.** *Journal of Educational Computing Research;* p.1415-1447. 2021
- KANTAK S. S. et al., **Neural substrates of motor memory consolidation dépend on practice structure.** *NAture Neuroscience,* v. 13, n. 8, p. 923-925. 2010.

LEE, I., et al. **Computational thinking for youth in practice.** ACM Inroads. p.32–37. 2011.

PEDROSA D., et al. **Co-regulated Learning in Computer Programming: Students Co-reflection About Learning Strategies Adopted During an Assignment.** In: Tsitouridou M., A. Diniz J., Mikropoulos T. (eds) Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education. TECH-EDU. Communications in Computer and Information Science, vol. 993. Springer, Cham. 2019.

ROHRER, D.; TAYLOR, K. **The shuffling of mathecatics problems improves learning;** **Instructional Science.** v. 35, p. 481-498. 2007.

SELBY, C. C., & WOOLLARD, J.. **Computational Thinking: The Developing Definition.** University of Southampton (E-prints). 2013.

TORRANCE, E.P. **The Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual.** Lexington, Mass.: Personnel Press. 1966