

Recomendações para grupos que fomentam o Pensamento Computacional

Silvia Roberta de Jesus Garcia¹, Marcos Augusto Francisco Borges¹

¹Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Limeira – SP – Brasil

s208507@dac.unicamp.br, marcosborges@ft.unicamp.br

Abstract. *In today's society, computing has become ubiquitous and its integration into the educational approach is of paramount importance. The objective of this project was to identify best practices to provide a set of recommendations for groups and reference sites on Computational Thinking, with the aim of expanding educational opportunities. These recommendations propose solutions, methods and practices related to Computational Thinking for the training of teachers, young people and children. The recommendations were applied in a case study in the Learning, Creativity and Technology Project (ACT), whose purpose is to disseminate Computational Thinking in Brazil. The application of the recommendations in the case study was evaluated by teachers and education professionals, who indicated that the recommendations proposed in this study can be useful for groups and projects that aim to disseminate Computational Thinking in education.*

Resumo. *Na sociedade atual, a computação tornou-se ubíqua e sua integração na abordagem educacional é de suma importância. O objetivo deste projeto foi identificar as melhores práticas para fornecer um conjunto de recomendações para grupos e sites de referência sobre Pensamento Computacional, com o intuito de ampliar as oportunidades educacionais. Essas recomendações propõem soluções, métodos e práticas relacionadas ao Pensamento Computacional para a formação de professores, jovens e crianças. As recomendações foram aplicadas em um estudo de caso no Projeto Aprendizado, Criatividade e Tecnologia (ACT), cujo propósito é disseminar o Pensamento Computacional no Brasil. A aplicação das recomendações no estudo de caso foi avaliada por professores e profissionais da educação, os quais indicaram que as recomendações propostas neste estudo podem ser úteis para grupos e projetos que visam disseminar o Pensamento Computacional na educação.*

1. Introdução

O conceito de "Pensamento Computacional" (PC ou *Computational Thinking*, em inglês) ganhou destaque com a publicação do artigo da pesquisadora Jeannette Wing (WING, 2006). Nesse artigo, Wing destaca que o PC é uma habilidade essencial para todos e não apenas para profissionais da computação.

No Século XXI, em todas as áreas de atuação, os indivíduos precisarão cada vez mais desenvolver uma variedade de habilidades essenciais, tais como pensamento crítico, criatividade, comunicação, colaboração, flexibilidade e adaptabilidade. Essas

habilidades, entre outras, são fundamentais no contexto do PC e desempenham um papel crucial na resolução de problemas. É importante que os cidadãos sejam preparados o mais cedo possível para aplicar esse tipo de pensamento, a fim de enfrentar os desafios do mundo moderno. (FERREIRA, RIBEIRO, CAVALHEIRO, 2019).

De acordo com o Ministério da Educação (MEC, 2021), a computação não deve ser considerada um privilégio, mas sim um direito de todos os estudantes brasileiros, levando em consideração suas singularidades, necessidades e diversas modalidades educacionais. Nessa visão, é crucial adotar medidas que promovam benefícios para o sistema educacional no Brasil. Essas ações abrangem desde garantir infraestrutura adequada nas escolas públicas até incentivar o desenvolvimento das habilidades de PC, além de investir na capacitação de professores, multiplicadores e demais interessados na área.

O principal objetivo deste projeto foi identificar estratégias para aprimorar sites de conteúdo que promovem a integração do PC em atividades de ensino, visando apoiar e incentivar professores, multiplicadores e demais interessados na utilização dos materiais desenvolvidos. Este projeto propõe um conjunto de recomendações advindas de um mapeamento de ações conduzidas por grupos que atuam com PC no Brasil e no mundo; de análises realizadas nas ações promovidas no Projeto Aprendizado, Criatividade e Tecnologia (ACT) e de avaliações realizadas com professores e profissionais da educação. As recomendações selecionadas visam propor práticas, de modo a apoiar grupos que visam a disseminação do PC na educação e consequentemente ampliar as oportunidades educacionais tanto na educação básica quanto na inclusão.

Este trabalho está organizado em Seções. A Seção 2 discute o PC e as habilidades do Século XXI. A Seção 3 apresenta os materiais e métodos utilizados para elaboração do guia de recomendações. A Seção 4 destaca o guia de recomendações desenvolvido. A Seção 5 destaca as avaliações das recomendações aplicadas no site do Projeto ACT. Por fim, a Seção 6 destaca as conclusões do estudo.

2. Pensamento Computacional e Habilidades do Século XXI

De acordo com Vallance e Towndrow (2016), o PC é uma habilidade que todos devem adquirir para serem eficazes no ambiente de trabalho e estarem preparados para utilizar o mundo digital. O PC é uma competência transversal e complexa que vai além do mero uso de computadores e da escrita de código, sendo considerado um meio ideal para o desenvolvimento de diversas habilidades (NOURI et al., 2020). Dentre essas habilidades, destacam-se aquelas conhecidas como habilidades do Século XXI.

As habilidades do Século XXI são abordadas por diferentes perspectivas que se complementam e reforçam a importância do PC na sociedade atual. O processo de aprendizagem dos fundamentos computacionais e o desenvolvimento do PC envolvem a capacidade de construir modelos e sistematizar a resolução de problemas, além de promover o desenvolvimento de habilidades como argumentação, trabalho cooperativo e análise crítica (BORGES, et al., 2021, p.1).

De acordo com Vallance e Towndrow (2016), as habilidades mais valorizadas no Século XXI incluem:

- Habilidades tecnológicas: referem-se à capacidade de utilizar e compreender o uso de tecnologias, como computadores, dispositivos móveis e sistemas, que são

fundamentais em muitas profissões atualmente;

- Habilidades de comunicação: envolvem a capacidade de se comunicar de forma clara, seja por escrito ou verbalmente;
- Resolução de problemas e pensamento crítico: abrangem a habilidade de analisar informações, identificar problemas e propor soluções eficientes;
- Aprendizado contínuo: diz respeito à capacidade de aprender de forma constante e manter-se atualizado, sendo crucial para o sucesso profissional a longo prazo;
- Trabalho em equipe: refere-se à habilidade de colaborar de forma eficaz em equipe;
- Adaptabilidade e flexibilidade: compreendem a capacidade de se adaptar a mudanças e lidar com incertezas, sendo essenciais em ambientes dinâmicos.

Desse modo, identifica-se que o PC está associado as habilidades do Século XXI. Considerando o objetivo do presente projeto, um guia de recomendações para sites e práticas que fomentam o PC desempenha um papel importante. Desse modo amplia-se as oportunidades educacionais, auxiliando a promoção de publicações de materiais que auxiliem no desenvolvimento de habilidades para lidar com os desafios do mundo digital.

3. Materiais e métodos

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para identificação e elaboração das recomendações. Primeiramente, este estudo buscou identificar as práticas conduzidas por grupos que atuam com a disseminação do PC. Foi então conduzido um levantamento sistemático e pesquisas diretas. No levantamento sistemático, foi possível identificar 25 grupos¹ que atuam com PC ao redor do mundo. Para identificar grupos que atuam no Brasil foi realizada uma pesquisa no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) no Brasil, que identificou 44 grupos². Por fim, por meio de pesquisas diretas, foi possível identificar um total de 51 grupos, considerando associações, redes e eventos que promovem o PC em ambientes acadêmicos, por meio de publicações científicas, bem como grupos não acadêmicos e do setor privado, que desempenham um papel fundamental na condução de atividades relacionadas ao PC. No total, este trabalho identificou 120 grupos que atuam com a disseminação do PC na educação.

Posteriormente, as ações conduzidas no Projeto ACT foram observadas para análise das práticas realizadas e para identificação de possíveis recomendações. Entre as ações realizadas destacam-se: manutenção de um grupo de discussões envolvendo pessoas interessadas na educação de todo o Brasil; desenvolvimento de métodos relacionados ao PC; realização de oficinas e formações presenciais e online; atualização de informativos e divulgação de conteúdos em canais de comunicação e pesquisas acadêmicas.

Por fim, um Estudo de caso foi aplicado no Projeto ACT. A proposta foi aplicar as recomendações selecionadas no estudo, no site oficial do projeto. Posteriormente,

¹ [Grupos Prisma](#)

² [Grupos DGP Brasil](#)

foram realizadas avaliações do site, com a participação de 154 professores e profissionais da educação para verificação da efetividade das recomendações.

4. Resultados

A elaboração do guia de recomendações para sites que fomentam o PC tem como propósito auxiliar no desenvolvimento e disseminação dessa habilidade essencial na sociedade atual. Neste projeto, o guia de recomendações desenvolvido intitulado “*Guia de recomendações para grupos que atuam com Pensamento Computacional*”³ visa fornecer diretrizes e boas práticas que auxiliam na efetividade de sites que promovem o PC.

Após a conclusão do levantamento sistemático e das pesquisas diretas, uma análise das práticas conduzidas pelos grupos identificados foi realizada, o que proporcionou a identificação das recomendações R1 a R7. A Tabela 1 apresenta as recomendações caracterizadas com a sigla R e a sequência numérica.

Tabela 1. Recomendações identificadas no levantamento sistemático

Id	Descrição	Justificativa
R1	Planejamento de Site para fomentar o PC	Considere no planejamento de um site, a usabilidade e as necessidades do usuário para garantir a eficiência na comunicação de informações e na criação de uma experiência positiva. Dê importância ao layout e à organização das informações, estabelecendo uma ordem clara que facilite a navegação e a localização rápida das informações.
R2	Formas de consultas aos conteúdos publicados em site	Disponibilize formas de consultas aos conteúdos publicados no site, incluindo a possibilidade de realizar pesquisas avançadas para facilitar as consultas e apresente adequadamente as informações sobre os conteúdos disponíveis.
R3	Formações em PC para Professores	Apoie a formação de professores no contexto de PC, incluindo a divulgação de notícias sobre tecnologias na educação em site. Promova a formação continuada que capacite os professores a compreenderem questões técnicas relacionadas ao PC e integre-as aos conteúdos curriculares.
R4	Robótica no processo de aprendizagem	Insira a Robótica no processo de ensino-aprendizagem. Utilize a Robótica Educacional como uma ferramenta interdisciplinar e motivacional, visto sua importância e capacidade em auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Permita que os alunos sejam inseridos tecnologicamente na cultura digital, transformando informação em conhecimento. Promova atividades lúdicas utilizando kits de robótica, proporcionando colaboração, resolução de problemas, criatividade, pensamento crítico, entre outros.
R5	Parcerias com redes que fomentam o PC	Estabeleça parcerias com redes e clubes de ensino de programação que utilizem Scratch, HTML/CSS, Python, entre outros. Lembre-se que o PC é uma abordagem interdisciplinar que integra conceitos de lógica, computação e programação, e incentiva o desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas, pensamento crítico, colaboração e criatividade. Busque grupos e redes que ofereçam parcerias e disponibilizem tutoriais e materiais online.
R6	Elaboração de tutoriais online	Elabore e disponibilize tutoriais online em texto e vídeo. A plataforma MIT App Inventor é um exemplo desse tipo de aplicação. Atualmente, a plataforma recebe mais de um milhão de visitantes mensais de 195 países, que criam quase 30 milhões de aplicativos. Desenvolva novos métodos e disponibilize tutoriais com atividades diversas em site, inclua a criação de um canal no YouTube para promover a utilização dos conteúdos desenvolvidos.

³ <https://liag.ft.unicamp.br/rt/guia-site-pc/>

R7	Elaboração de atividades desplugadas	Utilize atividades desplugadas para o público de ensino infantil e para atender regiões com acesso limitado a computadores e tecnologias. Através da computação desplugada, é possível difundir conhecimentos em Ciência da Computação (CC). Utilize essa abordagem na educação infantil para desenvolver habilidades de raciocínio lógico e PC. O objetivo dessas técnicas é promover a disseminação do conhecimento em CC, sem a necessidade de utilizar computadores ou outros meios digitais.
-----------	--------------------------------------	---

As ações conduzidas no Projeto ACT foram observadas por este projeto. Após a realização de oficinas online e presenciais que promovem o PC, algumas recomendações adicionais foram identificadas. A Tabela 2 destaca as recomendações advindas das ações promovidas no Projeto ACT identificadas pelas siglas R8 a R11.

Tabela 2. Recomendações identificadas nas ações conduzidas no Projeto ACT

Id	Descrição	Justificativa
R8	Promoção de oficinas online para Educadores	Promova oficinas online para educadores em plataformas e tecnologias que desenvolvam habilidades relacionadas ao PC. Inclua temas como Scratch e App Inventor para programação em blocos, lógica de programação e Github, desenvolvimento web com HTML/CSS, introdução à programação com Python, entre outros.
R9	Implantação do <i>Web Analytics</i> em site	Implemente a ferramenta <i>Web Analytics</i> para coletar, analisar e obter métricas dos acessos realizados em site. O <i>Web Analytics</i> oferece uma análise comportamental dos visitantes em uma página <i>web</i> , que permite identificar tendências na navegação. Através do <i>Web Analytics</i> , você poderá identificar, por exemplo, se o design de uma página na Internet está atraindo usuários e quais os períodos com mais acessos realizados. Os dados são apresentados em formatos gráficos e textuais, que possibilita a elaboração de estratégias para divulgação de conteúdo.
R10	Publicação de conteúdo em site	Disponibilize os materiais produzidos no projeto de forma online, publicando-os no site oficial do projeto. Armazene o conteúdo no site oficial para utilizá-lo como reforço no aprendizado dos participantes das oficinas e para promover um maior alcance e utilização dos materiais por meio de estratégias de divulgação contínua.
R11	Divulgações de conteúdos produzidos e publicados em site	Realize divulgações constantes de conteúdo. Ao ampliar a quantidade de divulgações no site oficial, redes sociais e nas redes de contatos educacionais, você promoverá um aumento nas visualizações e possibilitará uma maior utilização dos conteúdos publicados no site. Promova de modo contínuo ações de divulgação digital do conteúdo elaborado.

Um Estudo de caso foi aplicado no Projeto ACT. O site do ACT foi reformulado com o objetivo de ampliar a quantidade de acessos e a motivação na utilização dos conteúdos desenvolvidos. As melhorias que foram aplicadas no site, se basearam em algumas das recomendações propostas por esta pesquisa, tais como:

- R1: novo layout e reorganização das informações seguindo a seguinte ordem: links importantes, informações de identificação do projeto ACT, acesso aos materiais disponíveis no site, publicações de notícias no contexto tecnologia na educação, publicação de atalhos para os métodos desenvolvidos, contatos, e por fim, localização do ACT;
- R2: implantação de um sistema de consultas, utilizando filtros, para realização de buscas aos conteúdos publicados no site do ACT de acordo com as necessidades e aplicações do usuário;

- R3: divulgação de notícias no contexto de aplicações de tecnologias na educação, de modo a atualizar professores e interessados no contexto tecnológico na educação básica;
- R6: tutoriais e vídeo-aulas foram disponibilizados sobre os métodos desenvolvidos pela equipe do ACT, de modo a ampliar o interesse na utilização dos conteúdos;
- R10: todo conteúdo desenvolvido pela equipe do ACT, desde artigos publicados, métodos e jogos online educacionais no contexto de PC, foram publicados no site, com o intuito de promover a divulgação e acesso aos conteúdos.

A Figura 1 apresenta a interface do site construída para o estudo de caso.

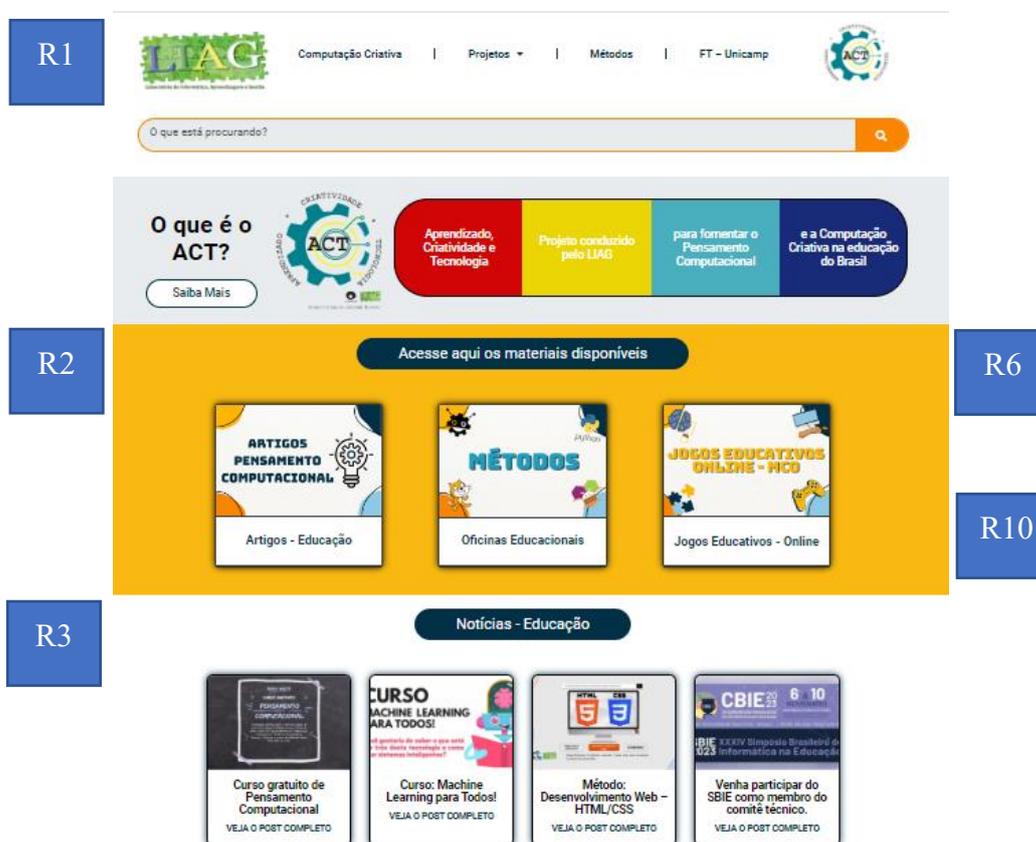


Figura 1. Interface do site do Projeto ACT atualizada para o estudo de caso

5. Análise das Avaliações

De modo a obter avaliações sobre a efetividade das recomendações aplicadas no site do Projeto ACT, este estudo realizou uma pesquisa, tendo a participação de 154 professores atuantes em diversas áreas e etapas de ensino. Os dados foram coletados no período de 17 a 21 de fevereiro de 2023. O propósito foi identificar as avaliações em

relação as funcionalidades, organização e interesse na utilização dos materiais disponíveis no site ACT.

Foram informadas aos participantes duas versões do site para avaliação. De modo a evitar qualquer tipo de viés nos resultados, dois formulários com links intercalados foram apresentados. Um dos formulários apresentou primeiramente o site novo e o outro formulário apresentou primeiro o site antigo. Vale ressaltar que os participantes não tinham informações sobre qual era o site antes das alterações e qual era o site após as alterações feitas pelo projeto. Ambos os formulários foram enviados considerando 50% de participação para cada. Para o site novo, a avaliação do site apresentou 153 respostas positivas, somando critérios como "Ótima" (41%) e "Boa" (37%), conforme ilustra a Tabela 3. Para a interface antiga do site, a avaliação foi proporcional, 149 respostas apresentaram avaliação positiva de acordo com a somatória dos critérios "Ótima" (36%) e "Boa" (40%).

Vale ressaltar os comentários extras coletados na avaliação referente a versão antiga do site, tais como, "*O site apresentado é inferior ao outro site*"; "*As informações estão desorganizadas*"; "*Os redirecionamentos para outras páginas e materiais estão confusos*"; "*Não gostei da escolha de cores*". Também é importante destacar que para o critério "As informações estão desorganizadas" houve aumento de respostas em relação ao novo site, apresentado 9 vezes.

Tabela 3. Avaliações sobre a Interface do site novo e do site antigo do ACT

Avaliações interface – Site novo x Site antigo		
Opções	Site novo	Site antigo
Ótima, é possível facilmente acessar informações de interesse	41%	36%
Boa, é de fácil acesso	37%	40%
As informações estão claras e bem apresentadas	19%	15%
Regular, não é possível compreender as informações	2%	3%
As informações estão desorganizadas	0%	5%
O site é de difícil acesso	0,5%	0%
Não encontrei informações de meu interesse	0%	0,5%
Não compreendi para que servem as informações	0%	0%

De modo a extrair uma análise geral sobre os dados coletados, foi realizada uma análise da média dos itens avaliados e identificou-se que em comparação ao site antigo, o novo site obteve 5% a mais respostas positivas e 90% menos respostas negativas. A Tabela 4 apresenta os dados da análise comparativa das avaliações dos sites.

Tabela 4. Análise comparativa das avaliações dos sites

Sites	Positivo	Negativo
Novo	196	1
Antigo	185	10

Após a realização do estudo de caso no projeto ACT, novas recomendações foram observadas advindas das avaliações realizadas com professores e profissionais da educação que atuam em diversas áreas da educação. Tais recomendações são apresentadas na Seção 5.1.

5.1 Recomendações identificadas nas Avaliações

Após a realização do estudo de caso no Projeto ACT, novas recomendações foram observadas advindas das avaliações realizadas. Tais recomendações, são advindas das sugestões identificadas pelos participantes da pesquisa. A Tabela 5 apresenta as recomendações identificadas com as siglas R12 a R17.

Tabela 5. Recomendações identificadas nas avaliações

Id	Descrição	Justificativa
R12	Divulgações de plataformas para PC	Divulgue plataformas contendo descrições e funcionalidades. Diante do constante avanço nas tecnologias educacionais e do grande volume de plataformas e materiais disponíveis na Internet, faça divulgações pontuais para ampliar o interesse do usuário e promover a motivação na utilização de novos recursos tecnológicos.
R13	Formações em Jogos Educacionais para Professores	Promova formações no contexto de jogos educacionais, fundamentais devido ao cenário tecnológico atual dos jogos virtuais. São inúmeras as aplicações disponíveis para utilizar jogos que promovam o aprendizado em áreas diversas. Para uma melhor aplicação nesse contexto, utilize um sistema de consultas que auxilie na busca de acordo com a necessidade e o contexto da aplicação. Organize o conteúdo de forma pontual e por área de conhecimento e aplicações.
R14	Rede de contato com Instituições de ensino	Mantenha rede de contato com Instituições de Ensino, Secretaria da Educação, professores e interessados na disseminação do PC na educação. Isso permitirá a criação de possíveis parcerias para a realização de oficinas presenciais ou online, workshops, divulgação de eventos e materiais, entre outros.
R15	Atualização de conteúdos em site	Atualize constantemente os conteúdos publicados em site, considere a rapidez de atualizações em plataformas e ferramentas tecnológicas atuais para o desenvolvimento de novos conteúdos e versões. Essa estratégia possibilita ampliar o engajamento e o interesse no projeto e utilização dos conteúdos disponibilizados em site.
R16	Organização da base de dados por faixa etária e descrição detalhada dos materiais	Organize a base de dados por faixa etária. Além disso, aumente o detalhamento das descrições dos conteúdos e métodos publicados, inclua dados específicos das publicações, por exemplo, em artigos descreva: autor, ano, revista, entre outros. Adicione descrições específicas dos materiais publicados.
R17	Promoção de ações presenciais e online	Promova ações tanto na modalidade online como presencial. A realização de oficinas à distância (online) é muito válida, considerando a praticidade que o contexto virtual proporciona, permitindo quebrar barreiras geográficas e ampliar o alcance. No entanto, é importante destacar a dificuldade de acesso tecnológico para crianças e jovens carentes, o que reforça a necessidade de parcerias com Instituições de Ensino e ações presenciais.

6. Conclusão

O PC é uma habilidade cognitiva que capacita os indivíduos a analisarem problemas de forma sistemática e desenvolverem soluções utilizando ferramentas e técnicas de computação. É considerada uma das competências fundamentais para impulsionar o progresso da sociedade em diversos campos de atuação.

Embora a CC apresente boas perspectivas no mercado de trabalho atual, as iniciativas voltadas para o desenvolvimento do PC não se limitam apenas à formação de programadores. Elas englobam o aprimoramento de habilidades relevantes para todos os indivíduos no Século XXI. Essas ações visam capacitar as pessoas a enfrentarem os desafios do mundo moderno, promovendo competências como resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade, comunicação e colaboração, independentemente da área de atuação profissional.

O objetivo deste projeto foi propor um conjunto de recomendações com o intuito de aprimorar sites, tais como o do Projeto ACT, visando motivar educadores e multiplicadores a utilizar conteúdos que promovam o PC.

Um estudo de caso foi aplicado no Projeto ACT, de modo a aplicar e avaliar as recomendações identificadas no estudo. Posteriormente, professores avaliaram o site e foi observado que as mudanças realizadas com base nas recomendações foram, de forma geral, positivas. Conclui-se desse modo, que as recomendações identificadas podem servir de apoio para outros grupos e sites que buscam promover o PC no Brasil.

O presente estudo pode ser importante no contexto da educação ao apoiar a divulgação de conhecimentos tão relevantes para a sociedade atual. As contribuições desta pesquisa buscam subsidiar a difusão do PC na educação, com a expectativa de trazer benefícios para grupos e indivíduos que promovem o PC na educação.

Referências

- BORGES, M. et al. LIAG. Pensamento Computacional, 2021. Disponível em: <<https://liag.ft.unicamp.br/rt/pensamento-computacional/>>. Acesso em: 27 Dezembro 2021.
- DEMO, P. Habilidades do Século XXI. SENAC, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://bts.senac.br/bts/article/view/269/268>>. Acesso em: 12 de Janeiro de 2023.
- FERREIRA, C; RIBEIRO, L; CAVALHEIRO, S. Pensamento Computacional. Revista da Sociedade Brasileira de Computação - Brasil, Computação na Educação Básica, SBC, n. 41, pág. 10, Dezembro de 2019.
- GARCIA, S; BORGES, M. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 33., 2022, Manaus. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022.
- MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO; CNE CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. Distrito Federal, aprovado pela Câmara em 2021. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=182481-texto-referencia-normas-sobre-computacao-na-educacao-basica&category_slug=abril-2021-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2022.

- NOURI, J.; ZHANG, L.; MANNILA, L.; NORÉN, E. Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K- 9. *Educ. Inq.* 2020, 11, 1–17.
- VALLANCE, M., and TOWNDROW, P. A. (2016). Pedagogic transformation, student-directed design and computational thinking. *Pedagogies: An International Journal*, 11(3), 218–234.
- WING, J. M. (2006). Computational Thinking. Carnegie Mellon University, *COMMUNICATIONS OF THE ACM* March 2006/Vol. 49, No. 3.
- WING, J. M. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, November 2008. 3717-25.