

Pensamento Sistêmico e Eixos da Computação na Educação Básica Brasileira: Um Relato de Experiência de Minicurso

Antonio Alexandre Lima^{1,2}, Marcelo Tibau¹, Sean W. M. Siqueira¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) – Av. Pasteur, 458 – 22290-250 – Rio de Janeiro – Brazil

² Faculdade de Formação de Professores (FFP) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – R. Francisco Portela, 1470 – 24435-005 – São Gonçalo – RJ – Brazil

profaalima@gmail.br, {marcelo.tibau, sean}@uniriotec.br

Resumo. *Este artigo relata a experiência de um minicurso que integrou o Pensamento Sistêmico (PS) aos eixos da Computação em práticas educacionais, promovendo compreensão crítica e holística. Estruturado em sete blocos temáticos, abordou os eixos da Computação e as nove perspectivas do PS de Kasser. A avaliação incluiu atividades participativas e reflexivas, evidenciando a eficácia da metodologia na formação de educadores para os desafios da era digital. Este estudo oferece uma contribuição significativa ao campo da Educação em Computação, ao apresentar uma abordagem metodológica que conecta PS aos eixos da Computação, fornecendo subsídios teóricos e práticos para aprimorar o design curricular e fortalecer a prática pedagógica.*

Abstract. *This paper presents the experience of a mini-course that integrated Systems Thinking (ST) to the axes of Computing into educational practices, fostering critical and holistic understanding. Structured into seven thematic blocks, it addressed the Computing axes and the nine perspectives of ST outlined by Kasser. The evaluation included participatory and reflective activities, demonstrating the methodology's effectiveness in preparing educators to address the challenges of the digital era. This study makes a significant contribution to the field of Computing Education by presenting a methodological approach that connects Systems Thinking (ST) to the axes of Computing, offering theoretical and practical foundations to enhance curriculum design and strengthen pedagogical practice.*

1. Introdução

A sociedade contemporânea experimenta transformações profundas e aceleradas nas esferas da atividade humana [Freund 2010, Baygi et al. 2021]. No centro dessas mudanças encontra-se o crescente desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação, que catalisam e direcionam a evolução contínua da sociedade [Castells 2000, Smith et al. 2019]. Os desafios atuais requerem abordagens que transcedem as fronteiras disciplinares tradicionais, demandando indivíduos capazes de navegar com desenvoltura pela transdisciplinaridade. Impulsionada pelos avanços tecnológicos, pela globalização e pela dinâmica do ecossistema socioeconômico, essa transformação exige que os indivíduos possuam uma combinação de habilidades técnicas, digitais e sociais [Akimova et al. 2019, Ryazanova 2023].

Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) abarca, tanto um papel de coesão das práticas educacionais brasileiras, quanto de promoção de mudança do aprendizado mecânico tradicional - pelo conteúdo - para o foco em competências. Esses papéis representam a busca pela abrangência e modernização do currículo, de maneira que os estudantes da Educação Básica sejam expostos às habilidades relevantes, em atendimento às demandas contemporâneas [Fagundes et al. 2023].

A Computação catalisa mudanças nos paradigmas educacionais [Khan et al. 2023]. Contudo, a fragmentação disciplinar limita a compreensão integral dos sistemas presentes no mundo contemporâneo [Bertalanffy 2010]. Essa fragmentação, aliada à tendência histórica da humanidade em buscar o domínio e o controle sobre o natural e o social [Capra and Luisi 2020, Feenberg 2003], exige reflexão e revisão dos modelos educacionais. A busca por uma educação integrativa demanda a superação de uma visão instrumentalista da tecnologia, abrindo espaço para uma abordagem abrangente e integrativa, que seja capaz de reconhecer as inerentes interconexões da vida [Capra and Luisi 2020]. Ao invés da busca pelo domínio, a tecnologia pode ser, sabiamente, convidada a ser uma ferramenta para a cooperação e a coexistência entre o mundo natural e o social [Latour 1999, Latour 1993, Suchman 1999].

Nesse contexto, o Pensamento Sistêmico (PS) surge como um domínio inclusivo para lidar com desafios complexos, promovendo uma visão holística essencial à formação de cidadãos conscientes e engajados [Hossain et al. 2020, Mambrey et al. 2020, Voulvoulis et al. 2022, Cabrera et al. 2023]. Quando integrado aos eixos da Computação, o PS enriquece as estratégias educacionais, fortalecendo habilidades computacionais e colaborativas, essenciais para um futuro sustentável e alinhadas aos objetivos da educação para o desenvolvimento sustentável [UNESCO 2017, Kurent and Avsec 2024]. Essa abordagem é particularmente eficaz na educação transdisciplinar, onde apoia a integração de diversos sistemas de conhecimento, permitindo que os estudantes enfrentem desafios complexos de sustentabilidade, como mudanças climáticas e segurança alimentar [Gugerell et al. 2023, Campbell and Feldpausch 2023, Jerome et al. 2024, Hasyimi et al. 2024]. Para tal, é necessário desenvolver estruturas, habilidades e tecnologias de PS para o público mais amplo, incluindo educadores, para preencher a lacuna entre a natureza dos problemas e a capacidade de compreendê-los e resolvê-los [Richmond 1993, Checkland and Haynes 1994, Kaminske et al. 2020, Irving et al. 2023]

Este artigo apresenta os resultados de um minicurso voltado a educadores interessados em incorporar o complemento da Computação à BNCC na Educação Básica, explorando de forma inovadora a integração do PS com os eixos da Computação. A proposta parte da premissa de que uma abordagem abrangente e integrativa não apenas amplia a compreensão e aplicação dos conteúdos escolares, mas também supera as limitações inerentes às práticas educacionais fragmentadas e descontextualizadas. Por meio de uma metodologia estruturada em blocos temáticos interconectados, o estudo buscou demonstrar como a articulação entre PS e Computação pode contribuir para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes, promovendo competências analíticas, críticas e colaborativas indispensáveis para atender às exigências contemporâneas da era digital. Essa integração foi evidenciada através de atividades práticas e reflexivas, que visaram fortalecer o domínio técnico dos participantes e promover uma visão mais holística e in-

terdisciplinar do processo de ensino-aprendizagem.

2. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos citados nesta seção exploram a relação entre o PS e um dos eixos da Computação, o Pensamento Computacional (PC), a partir de diferentes perspectivas, destacando como a integração dessas abordagens pode potencializar a aprendizagem e a resolução de problemas complexos. Por exemplo, [Easterbrook 2014] e [Hamidi et al. 2023] enfatizam a complementaridade entre PS e PC, defendendo uma visão mais holística para lidar com desafios contemporâneos. De forma complementar, [Weintrop et al. 2016] e [Shin et al. 2022] estruturaram *frameworks* e definições que exploram a aplicação do PC no ensino de ciências e modelagem, reforçando o potencial educativo dessa integração.

Adicionalmente, estudos como os de [Haas et al. 2020] e [Eidin et al. 2023] utilizam modelos computacionais como ferramentas para o desenvolvimento de habilidades sistêmicas em estudantes, demonstrando como atividades práticas e contextuais podem promover aprendizagens significativas. No entanto, observa-se que grande parte da literatura existente tende a concentrar-se em aspectos técnicos e metodológicos, privilegiando a construção de modelos computacionais ou *frameworks* teóricos, muitas vezes em detrimento de abordagens mais integradas e transdisciplinares.

Neste contexto, o minicurso apresentado no presente artigo se destaca ao propor uma abordagem inovadora que articula o PS aos três eixos da Computação de maneira integrada. Essa proposta busca estimular uma visão conectada e transdisciplinar, alinhada aos amplos e complexos desafios da sociedade contemporânea, promovendo práticas pedagógicas mais inclusivas e efetivas.

3. Histórico e Referencial Teórico

A seção aborda o papel do complemento da Computação à BNCC, destacando sua relevância para o desenvolvimento de habilidades contemporâneas, promovendo alfabetização digital. Complementada pelo PS, a abordagem visa superar lacunas educacionais, favorecendo a análise holística e a transdisciplinaridade. A seção explora também desafios pedagógicos, como a necessidade de metodologias inovadoras e currículos mais inclusivos, enfatizando a urgência de reformas para preparar estudantes e educadores diante da complexidade social e tecnológica atual.

3.1. BNCC e os Eixos da Computação

A BNCC experimentou uma significativa evolução em sua estruturação normativa. Com sua homologação inicial em 2017, alcançou um marco histórico em 2022 com a aprovação, pelo Conselho Nacional de Educação, do Complemento da Computação à BNCC [BRASIL 2022], que se alinha à quinta competência geral da BNCC [Ribeiro et al. 2023]. Essa implementação representa mais um desenvolvimento na educação brasileira ao organizar a Computação em três eixos: o **Mundo Digital**, que contempla o arcabouço teórico-prático das tecnologias digitais; o **Pensamento Computacional** (PC), que estabelece uma abordagem metodológica analítica e sistemática para a resolução de problemas, incorporando habilidades como abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos; e a **Cultura Digital**, que aborda as com-

plexas relações sociais e culturais mediadas pela tecnologia no contexto contemporâneo [Wing 2006, SBC 2018].

Essa inclusão se alinha às tendências globais, nas quais a Computação é reconhecida como parte dos elementos para o desenvolvimento de habilidades associadas à sociedade contemporânea. A Computação na BNCC é apoiada por pesquisadores que destacam seu papel no aprimoramento de habilidades analíticas e críticas [Ribeiro et al. 2023, del Rey et al. 2021, Lindstrom et al. 2019]. Além disso, a integração da Computação pode se estender a outras disciplinas, promovendo uma abordagem educacional transdisciplinar [Grover 2019].

A Computação na educação apresenta-se como mais um elemento para o desenvolvimento da alfabetização digital dos estudantes. Essa alfabetização compreende mais um conjunto diversificado de habilidades, abrangendo desde a coleta, análise e interpretação até a apresentação de dados, aspectos evidenciados no contexto da prática científica [Son and Ha 2024]. A natureza e o conjunto dessas habilidades transcendem o âmbito acadêmico, impactando positivamente na empregabilidade dos estudantes, uma vez que estudos demonstram uma correlação positiva entre a alfabetização digital, a melhoria dos níveis de renda e a redução de disparidades socioeconômicas [Chen et al. 2024, Liu and Zhou 2023].

3.2. Pensamento Sistêmico (PS)

O PS emerge como estrutura para lidar com a inerente amplidão e complexidade do mundo contemporâneo, transpondo a análise fragmentada e reducionista em direção a uma compreensão holística dos fenômenos. Em contraste com o Pensamento Linear, que se concentra em isolar variáveis e analisar causas e efeitos, o PS busca abranger e compreender as interações e interconexões entre as partes de um sistema, bem como as relações do sistema com o seu ambiente.

No contexto da educação, o PS se mostra relevante, dadas as complexidades inerentes ao ambiente educacional. A abordagem das perspectivas do PS permite aos educadores: (1) Desenvolver soluções inovadoras que levem em conta as interconexões e os impactos em todo o sistema e (2) Compreender as inter-relações entre os diversos atores do sistema educacional (estudantes, educadores, gestores, famílias, comunidade) e como essas interações influenciam o processo de ensino-aprendizagem; Analisar os problemas educacionais de forma holística, considerando suas causas e consequências em diferentes níveis do sistema [Kasser 2018].

Em sua obra “*Systems Thinker’s Toolbox: Tools for Managing Complexity*”, [Kasser 2018] apresenta nove perspectivas para auxiliar na análise e compreensão de sistemas e situações complexas. Essas perspectivas foram inspiradas nos sete fluxos de PS de [Richmond 1993], que proporcionam uma abordagem holística, conduzindo a uma visão mais completa do objeto (ou sistema) em estudo. As nove perspectivas são: (1) **Quadro Geral**: Concentra-se no contexto amplo do sistema, identificando seu propósito, as entidades que interagem com ele, seus limites e as premissas relacionadas a esses limites; (2) **Operacional**: Examina as funções e missões do sistema, tanto em condições normais quanto em situações de contingência, descrevendo como o sistema opera e interage com seu ambiente; (3) **Funcional**: Analisa as funções internas do sistema, revelando os processos e mecanismos que ocorrem dentro dele. Essa perspectiva se assemelha à visão de

“caixa branca”, explorando o funcionamento interno do sistema; (4) **Estrutural**: Explora a organização física e lógica do sistema, incluindo hierarquias, componentes, subsistemas, interconexões, arquitetura e estrutura da informação; (5) **Genérica**: Busca similaridades entre o sistema em estudo e outros sistemas, identificando padrões, características e comportamentos comuns. Essa perspectiva auxilia na compreensão do sistema como uma instância de uma classe de sistemas, aproveitando lições aprendidas em outros contextos; (6) **Continuo**: Enfatiza as diferenças e alternativas existentes, reconhecendo a natureza dinâmica dos sistemas. Essa perspectiva explora os graus de variação e as múltiplas possibilidades, desafiando a visão dicotômica de “certo ou errado”; (7) **Temporal**: Aborda o sistema em diferentes momentos: passado, presente e futuro. Analisa a evolução do sistema ao longo do tempo, considerando padrões de comportamento, tendências e possíveis cenários futuros; (8) **Quantitativa**: Concentra-se nos aspectos numéricos (absolutos e relativos) do sistema, utilizando métricas, indicadores e dados para análise e compreensão. Essa perspectiva busca quantificar e mensurar as características, o desempenho e os resultados do sistema; e (9) **Científica**: Representa a síntese das percepções obtidas nas outras perspectivas, formulando hipóteses, conclusões e *insights* sobre o sistema. Essa perspectiva busca gerar conhecimento a partir da análise sistêmica, propondo soluções e testando as inferências realizadas.

As oito primeiras perspectivas apresentadas são de caráter descritivo, enquanto a nona possui um enfoque prescritivo. Juntas, as nove perspectivas oferecem uma estrutura analítica abrangente que funciona como uma lente para a compreensão e análise de sistemas complexos. Além disso, dependendo do contexto, outras perspectivas podem ser incorporadas para enriquecer a análise, como as perspectivas emocional, cultural e pessoal [Kasser 2018].

3.3. Desafios Pedagógicos

O conteúdo educacional tradicional, em geral, carece de preparar adequadamente os estudantes para as complexidades das carreiras modernas e os desafios sociais, destacando lacunas significativas que exigem metodologias de ensino inovadoras e práticas. Uma grande lacuna é a falta de integração do PC e das habilidades digitais entre as disciplinas, que são essenciais no mundo atual impulsionado pela tecnologia. Apesar da crescente demanda por educação em PC na Educação Básica, há uma carência de abordagens holísticas, o que limita o ensino eficaz de habilidades algorítmicas e de programação [Gupta and Tiwari 2022, Alves et al. 2019].

A abordagem sistêmica na educação revela questões estruturais que impedem o recrutamento e a retenção eficazes de educadores, sugerindo que intervenções sistêmicas são necessárias para resolver essas questões [Kuijpers et al. 2024]. Além disso, a integração da complexidade e do PC nos currículos educacionais é escassa, mas reconhcidamente relevante para o desenvolvimento de habilidades analíticas e resiliência em face dos desafios globais [Kwamie et al. 2024, Montefusco and Angeli 2024].

4. O Minicurso

Com duração de duas horas, o minicurso ocorreu na manhã do dia 18 de outubro de 2024. As duas horas do minicurso foram contínuas e sem intervalos, garantindo um fluxo coeso das discussões e favorecendo a imersão dos participantes nos conceitos abordados.

4.1. Ambiente

A Semana de Integração Acadêmica (SIA) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) acolheu o minicurso objeto deste artigo. A SIA é um evento anual de cinco dias úteis que promove a troca de saberes e a divulgação científica e tecnológica. Suas atividades incluem apresentações de trabalhos, palestras, minicursos, mesas-redondas, oficinas e exposições, fortalecendo a conexão entre pesquisa, ensino e extensão.

Aberta a estudantes, educadores, pesquisadores e à comunidade externa, a SIA incentiva a participação estudantil por meio da apresentação de produções acadêmicas e culturais. Para educadores e pesquisadores, representa uma oportunidade de compartilhar estudos e estabelecer parcerias. Já para o público externo, democratiza o acesso ao conhecimento e fomenta práticas extensionistas com impacto social direto.

4.2. Estrutura

O minicurso adotou uma abordagem pedagógica que combinou fundamentação teórica, interações práticas e reflexões críticas, distribuídas em sete blocos temáticos interconectados. O tempo destinado em cada um dos blocos está indicado logo após seu título.

(1) Contextualização da BNCC - 5min: Este bloco situou os participantes no cenário educacional brasileiro, destacando a relevância dos eixos da Computação na Educação Básica. Além de apresentar os fundamentos legais e pedagógicos que orientam a integração desses temas, a BNCC foi apresentada como o marco normativo essencial para o desenvolvimento das competências previstas nos eixos da Computação;

(2) Introdução aos Eixos da Computação - 20min: Este bloco estruturou uma base conceitual sólida, abordando os princípios fundamentais dos eixos da Computação — Pensamento Computacional, Cultura Digital e Mundo Digital — de forma acessível e alinhada ao contexto escolar. Para isso, exemplos práticos foram utilizados para evidenciar sua aplicabilidade, favorecendo uma compreensão contextualizada e significativa;

(3) Elaboração de Mapa Mental - 15min: Explorando estratégias ativas de aprendizagem, este bloco propôs a elaboração individual de um mapa mental como recurso para organizar e sistematizar o conhecimento de maneira visual e hierárquica. Para essa atividade, os participantes receberam uma folha em branco, enquanto um slide com o resumo dos eixos da Computação permaneceu exposto como referência. Dessa forma, foram incentivados a estruturar graficamente os conceitos apresentados, promovendo uma compreensão mais integrada e reflexiva dos conteúdos abordados;

(4) Apresentação das Perspectivas do PS - 30min: Nesta etapa, os participantes foram introduzidos às perspectivas do PS, ampliando os conceitos previamente explorados sob uma ótica sistêmica. O bloco destacou a importância do PS para a análise crítica e para a resolução de problemas em contextos complexos, conectando-se aos eixos da Computação;

(5) Integração do PS com os Eixos de Computação - 20min: Este bloco pôde ser considerado como o ponto alto do minicurso, ao trazer uma aplicação prática - a preparação de *cookies* - de como o PS e os eixos da Computação podem se integrar. A sinergia entre a visão holística do PS e os eixos da Computação foi explorada, permitindo que os participantes identificassem interações e impactos mútuos entre essas dimensões e percebessem esses conceitos numa situação prática;

(6) Interconexão dos Conceitos e Segunda Fase de Mapas Mentaais - 15min: Nesta etapa os participantes buscaram ampliar o mapa mental do bloco (3) com as perspectivas do PS. Essa atividade serviu para ilustrar como o PS e os eixos da Computação

podem ser integrados de forma significativa. Os participantes revisitaram seus mapas mentais, enriquecendo-os com os conceitos interconectados; e (7) **Coleta de Feedback dos Participantes** - 15min: O bloco final foi dedicado à avaliação do minicurso, conduzida de forma não estruturada e baseada em interações espontâneas. Os participantes foram convidados a refletir livremente sobre a experiência, compartilhando percepções sobre os aspectos positivos e sugerindo possíveis melhorias. Embora não tenha havido um conjunto fixo de questões, foram estimuladas discussões abertas sobre a aplicabilidade dos conceitos abordados, a clareza dos conteúdos apresentados e a relevância da abordagem adotada. Essa etapa forneceu insights qualitativos valiosos sobre o impacto formativo do minicurso e permitiu a troca de percepções entre os participantes.

O bloco final foi dedicado à avaliação do minicurso. Os participantes foram convidados a refletir sobre a experiência, apontando tanto os aspectos positivos quanto as oportunidades de melhoria. Essa etapa forneceu dados valiosos para a análise do impacto formativo e conciliou os aprendizados, promovendo o compartilhamento de percepções entre os participantes.

4.3. Estratégia

Considerando o público-alvo heterogêneo do evento e a necessidade de alinhar a dinâmica do minicurso às demandas atuais da educação, optou-se por não utilizar exemplos diretamente ligados aos conteúdos da Educação Básica. Em vez disso, as atividades foram desenvolvidas a partir de uma situação cotidiana e acessível: a preparação de *cookies*. Essa escolha permitiu explorar os eixos da Computação em um contexto prático, evidenciando como o PS pode complementar e enriquecer a aplicação de conceitos abrangentes e integrados.

Ao utilizar um exemplo simples e familiar a todos os participantes, os conceitos abordados durante o minicurso foram apresentados de forma concreta, facilitando sua associação a situações do cotidiano. Essa abordagem buscou promover uma compreensão mais clara e aplicável dos conteúdos, incentivando os participantes a refletirem sobre sua relevância no contexto educacional. Além disso, a atividade prática serviu como um ponto de partida para demonstrar a importância das conexões entre o PS e os eixos da Computação, reforçando a integração entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem.

4.4. Método de Pesquisa, Coleta e Análise de Dados

O presente estudo adotou uma abordagem qualitativa, fundamentada nos pressupostos da pesquisa exploratória e descritiva, com o objetivo de investigar a eficácia da estrutura e potencial de transdisciplinaridade do minicurso. A opção pelo método qualitativo justifica-se pela necessidade de compreender em profundidade as percepções, experiências e interações dos participantes, considerando o contexto educacional como um ambiente dinâmico e complexo. Métodos qualitativos são apropriados para explorar fenômenos sociais em seus contextos naturais, permitindo captar nuances e significados subjetivos que frequentemente escapam às abordagens [Flick 2008].

A coleta de dados foi realizada pelo ministrante em etapas ao longo do minicurso, através de manifestações espontâneas dos participantes. Ao iniciar, foram feitas perguntas com o objetivo de traçar o perfil e identificar os conhecimentos prévios dos participantes

e suas expectativas em relação ao minicurso. Os mapas mentais tiveram duas atuações: como ferramenta pedagógica e instrumento de coleta de dados qualitativos, promovendo engajamento ativo e revelando o grau de internalização dos conceitos pelos participantes.

Por fim, foi realizada a coleta de *feedback*, sendo os participantes convidados a manifestar verbalmente suas impressões do minicurso, tais como a dinâmica, o conteúdo e sua disposição/organização. Essa abordagem teve como objetivo captar reações autênticas, que enriqueceram a análise interpretativa dos dados.

A análise dos dados coletados durante o minicurso adotou uma abordagem qualitativa, de caráter interpretativo e exploratório. Embora não tenha sido utilizada uma técnica formalmente estruturada, o processo foi orientado por práticas analíticas voltadas para a identificação de padrões e tendências emergentes nos relatos e nas produções dos participantes. O foco esteve na valorização das percepções e do conhecimento compartilhado pelos participantes, em diálogo com as observações e reflexões do ministrante, buscando captar as nuances e os significados subjacentes às experiências vivenciadas no minicurso. Essa abordagem permitiu uma interpretação contextualizada dos dados, alinhada ao caráter dinâmico e reflexivo do processo educativo.

5. Resultados e Discussões

O minicurso foi ministrado para cinco participantes com os seguintes perfis: Um estudante de pós-doc, um de pós-graduação e um de graduação em Sistemas de Informação (SI), e dois estudantes em períodos finais de Pedagogia (futuros professores da Educação Básica). Todos os participantes são estudantes da UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. O estudante de pós-graduação teve a motivação advinda da sua linha de pesquisa em Pensamento Computacional; os estudantes de Pedagogia tiveram como motivação o interesse em fazer o seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sobre a implementação da Computação na educação brasileira; o estudante de pós-doc tem interesses acadêmicos na ampliação dos eixos da Computação, o que também motivou a presença do seu orientando - estudante de graduação em SI.

5.1. *Feedback* dos Participantes

A análise evidenciou a eficácia da integração entre o PS e os eixos da Computação, destacando sua relevância para o desenvolvimento de competências analíticas e críticas. Os participantes reconheceram a clareza e a coerência dessa articulação, enfatizando sua aplicabilidade no contexto educacional, tanto para a prática docente quanto para o aprendizado discente.

A abordagem criativa e interativa do minicurso foi amplamente valorizada, com destaque para o uso de mapas mentais, atividades participativas e exemplos não convencionais, como a preparação de *cookies* em família. A coleta de percepções ocorreu de maneira espontânea e não estruturada, por meio de interações durante e após as atividades, permitindo captar *insights* sobre a clareza dos conteúdos, a aplicabilidade dos conceitos e as sugestões de aprimoramento.

Uma recomendação recorrente foi a ampliação da duração do minicurso para aprofundamento dos temas, especialmente na interseção entre PS e Computação. Foram sugeridos módulos avançados, maior carga horária e atividades práticas mais extensivas, como estudos de caso e projetos colaborativos.

5.2. Análise dos Mapas Mentais

Visualmente, os mapas mentais seguiram a estrutura apresentada na exposição dos conceitos, com cada eixo da Computação gerando seus respectivos elementos. Ao longo do minicurso, os mapas mentais demonstraram uma progressão clara no entendimento conceitual dos participantes. Nos mapas elaborados no terceiro bloco, observou-se uma organização inicial voltada principalmente para os eixos da Computação. Já nos mapas finais, houve maior profundidade conceitual e um número significativo de interconexões entre o PS e os eixos da Computação. Essa evolução reflete a eficácia da estrutura em blocos temáticos e das atividades práticas na promoção de um entendimento mais crítico e integrado.

A análise dos mapas mentais foi conduzida com base em uma abordagem qualitativa temática e estrutural. Elementos centrais relacionados ao PS e aos eixos da Computação foram identificados e codificados, enquanto métricas estruturais, como número de nós, níveis hierárquicos e interconexões, foram utilizadas para avaliar a complexidade e a profundidade dos mapas. Essa análise indicou que os participantes foram capazes de integrar com sucesso os conceitos explorados ao longo do minicurso, embora o grau de integração tenha variado entre os indivíduos. Os resultados obtidos confirmam o potencial dos mapas mentais como uma ferramenta pedagógica no contexto educacional. Além de facilitarem a organização e a sistematização de informações, promovem a reflexão crítica e a integração de conhecimentos, contribuindo para um aprendizado mais significativo e conectado às demandas contemporâneas.

5.3. Contribuições e Implicações

As contribuições desta investigação vão além da análise específica do minicurso, propondo um modelo pedagógico replicável para a educação em Computação. O estudo oferece subsídios para educadores e pesquisadores interessados em integrar o Pensamento Sistêmico (PS) aos eixos da Computação, alinhando-se às diretrizes da BNCC e ampliando sua aplicação em contextos educacionais diversos.

A metodologia adotada equilibrou fundamentação teórica e atividades interativas, organizando-se em sete blocos temáticos que exploraram conexões conceituais e práticas entre o PS e os eixos da Computação. Estratégias como mapas mentais e reflexões críticas estimularam a aprendizagem ativa, favorecendo uma abordagem mais conectada e contextualizada. A estrutura clara do curso permite sua adaptação a diferentes níveis de ensino e realidades socioculturais, consolidando-se como um modelo flexível para a prática docente.

A integração entre PS e ensino de Computação amplia a compreensão crítica dos eixos tecnológicos, promovendo conexões transdisciplinares e um aprendizado mais contextualizado. Essa associação favorece a análise de sistemas complexos, estimulando o pensamento crítico, a modelagem computacional e a resolução estruturada de problemas. Além disso, ao enfatizar a interconectividade entre diferentes áreas do conhecimento, o PS permite que a Computação seja abordada de maneira mais abrangente, superando visões tecnicistas e reducionistas que frequentemente a restringem a habilidades instrumentais, operacionais e algorítmicas.

Essa perspectiva metodológica possibilita uma formação educacional mais integrada e significativa, preparando os estudantes para serem capazes de interpretar e atuar

de forma crítica em um mundo interligado e dinâmico. A articulação PS + Computação com outras áreas do saber potencializa o desenvolvimento de competências analíticas e sistêmicas e fortalece a formação de sujeitos críticos, capazes de compreender e atuar, considerando os impactos das tecnologias na sociedade. Assim, a adoção de abordagens que combinam PS e Computação contribui para um ensino inovador, transdisciplinar e alinhado às demandas contemporâneas.

Do ponto de vista pedagógico, destaca-se a importância de reformas conduzidas por educadores da Educação Básica, incorporando metodologias colaborativas, interativas e fundamentadas em abordagens sistêmicas. Essas mudanças são essenciais para alinhar o ensino às demandas do século XXI, promovendo um aprendizado crítico e contextualizado.

6. Considerações Finais

Este artigo expõe os resultados de um minicurso que apresentou uma proposta de integração do PS com os eixos da Computação na Educação Básica, estruturado em blocos temáticos interconectados. A proposta buscou promover uma compreensão integrada dos conceitos computacionais e sistêmicos, evidenciando sua aplicabilidade em práticas pedagógicas alinhadas às demandas contemporâneas. Os resultados qualitativos, baseados nas percepções dos participantes, indicaram que a metodologia favoreceu a consolidação dos conceitos por meio de estratégias como a elaboração de mapas mentais, que se mostrou eficaz para organizar e ampliar a compreensão dos temas abordados. A abordagem prática e reflexiva contribuiu para o engajamento dos participantes e para a aprendizagem significativa.

Entre as limitações, destaca-se a ausência de uma análise de dados sistematizada, que pode ter restringido a generalização dos resultados. Apesar disso, a transparência metodológica na descrição do contexto e das estratégias adotadas buscou minimizar esse impacto.

Sugere-se, para futuros estudos, a ampliação da duração do minicurso para permitir maior aprofundamento dos conteúdos, além da inclusão de exemplos práticos mais diversos, conectados a contextos locais e globais. Recomenda-se também a realização de pesquisas que explorem a integração do PS em projetos transdisciplinares, currículos escolares e programas de formação docente, ampliando o alcance e a aplicabilidade das estratégias propostas.

Este trabalho renova e reforça a relevância da articulação entre PS e Computação como uma abordagem que potencializa práticas pedagógicas mais conectadas às necessidades de um mundo globalizado e em constante transformação.

Referências

- Akimova, I., Gavrilina, E., and Opletina, N. (2019). New technological wave and challenges to professional education: Signals from the labour market. In *2nd International Conference on Contemporary Education, Social Sciences and Ecological Studies (CESSES 2019)*, pages 15–18. Atlantis Press.
- Alves, N. D. C., Von Wangenheim, C. G., and Hauck, J. C. (2019). Approaches to assess computational thinking competences based on code analysis in k-12 education: A systematic mapping study. *Informatics in Education*, 18(1):17.

- Baygi, R. M., Introna, L. D., and Hultin, L. (2021). Everything flows: Studying continuous sociotechnological transformation in a fluid and dynamic digital world. *MIS Quarterly*, 45(1):423–452.
- Bertalanffy, L. v. (2010). *Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, Desenvolvimento e Aplicações - General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Vozes.
- BRASIL, B. (2022). Computação - Complemento à BNCC.
- Cabrera, D., Cabrera, L. L., and Midgley, G. (2023). The four waves of systems thinking. *Journal of Systems Thinking*, pages 1–51.
- Campbell, C. and Feldpausch, G. (2023). 3. teaching nutrition and sustainable food systems: justification and an applied approach.
- Capra, F. and Luisi, P. L. (2020). *Visão Sistêmica da Vida: Uma Concepção Unificada e suas Implicações Filosóficas, Políticas, Sociais e Econômicas*. Editora Cultrix.
- Castells, M. (2000). 5. the contours of the network society. *Foresight*.
- Checkland, P. and Haynes, M. G. (1994). 5. varieties of systems thinking: The case of soft systems methodology. *System Dynamics Review*.
- Chen, Z., Cui, R., Tang, C., and Wang, Z. (2024). Can digital literacy improve individuals' incomes and narrow the income gap? *Technological Forecasting and Social Change*, 203:123332.
- del Rey, Y. A. R., Cambinda, I. N. C., Deco, C., Bender, C., Avello-Martínez, R., and Villalba-Condori, K. O. (2021). 2. developing computational thinking with a module of solved problems. *Computer Applications in Engineering Education*.
- Easterbrook, S. (2014). From Computational Thinking to Systems Thinking: A conceptual toolkit for sustainability computing. In *Proceedings of the 2014 conference ICT for Sustainability*, pages 235–244. Atlantis Press. ISSN: 2352-538X.
- Eidin, E., Bowers, J., Damelin, D., and Krajcik, J. (2023). The Effect of Using Different Computational System Modeling Approaches on Applying Systems Thinking. In *Frontiers in Education*, volume 8, page 1173792. Frontiers.
- Fagundes, V. G., Campos, R. L. A., and Sasson, M. D. H. (2023). 3. base nacional comum curricular: *Cadernos De Pesquisa*.
- Feenberg, A. (2003). O Que é a Filosofia da Tecnologia? In *O Que é a Filosofia da Tecnologia?*, Komaba.
- Flick, U. (2008). *Introdução à pesquisa qualitativa-3*. Artmed editora.
- Freund, P. (2010). 1. capitalism, time-space, environment, and human well-being: Envisioning ecosocialist temporality and spatiality. *Capitalism Nature Socialism*.
- Grover, S. (2019). Thinking about computational thinking: Lessons from education research. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 1283–1283.
- Gugerell, K., Radinger-Peer, V., and Penker, M. (2023). 2. systemic knowledge integration in transdisciplinary and sustainability transformation research. *Futures*.

- Gupta, S. and Tiwari, A. A. (2022). A design-based pedagogical framework for developing computational thinking skills. *Journal of Decision Systems*, 31(4):433–450.
- Haas, A., Grapin, S. E., Wendel, D., Llosa, L., and Lee, O. (2020). How Fifth-Grade English Learners Engage in Systems Thinking Using Computational Models. *Systems MDPI*, 8(4):47. Number: 4 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Hamidi, A., Mirijamdotter, A., and Milrad, M. (2023). A Complementary View to Computational Thinking and Its Interplay with Systems Thinking. *Education Sciences - MDPI*, 13(2):201.
- Hasyimi, V., Putro, U. S., Novani, S., and Hendriadi, A. (2024). Critical systems thinking for managing complexity of food security. *Systems Research and Behavioral Science*.
- Hossain, N. U. I., Dayarathna, V. L., Nagahi, M., and Jaradat, R. (2020). Systems thinking: A review and bibliometric analysis. *Systems*, 8(3):23.
- Irving, M. J., Pescud, M., Howse, E., Haynes, A., and Rychetnik, L. (2023). Developing a systems thinking guide for enhancing knowledge mobilisation in prevention research. *Public Health Research & Practice*, 33(2).
- Jerome, L., Paterson, S., von Stamm, B., and Richert, K. (2024). Making transdisciplinarity work for complex systems: A dynamic model for blending diverse knowledges. *Futures*, page 103415.
- Kaminske, A. N., Kuepper-Tetzl, C. E., Nebel, C. L., Sumeracki, M. A., and Ryan, S. P. (2020). 6. transfer: A review for biology and the life sciences. *CBE- Life Sciences Education*.
- Kasser, J. E. (2018). *Systems thinker's toolbox: Tools for managing complexity*. CRC Press.
- Khan, S., Ramsey, P., and Khan, M. (2023). 1. embracing educational transformation: exploring personalised, collaborative and contextualised education through dilemma theory. *Innovations in Education and Teaching International*.
- Kuijpers, A. J., Dam, M., and Janssen, F. J. (2024). A systems thinking approach to capture the complexity of effective routes to teaching. *European Journal of Education*, 59(2):e12623.
- Kurent, B. and Avsec, S. (2024). 1. synergizing systems thinking and technology-enhanced learning for sustainable education using the flow theory framework. *Sustainability*.
- Kwamie, A., Causevic, S., Tomson, G., Sie, A., Sauerborn, R., Rasanathan, K., and Ottersen, O. P. (2024). Prepared for the polycrisis? the need for complexity science and systems thinking to address global and national evidence gaps. *BMJ Global Health*, 9(9):e014887.
- Latour, B. (1993). *We Have Never Been Modern*. Harvard University Press.
- Latour, B. (1999). *Ciência em Ação*. Editora Unesp.
- Lindstrom, D., Schmidt-Crawford, D. A., and Thompson, A. (2019). 9. computational thinking in content areas and feminine craft. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*.

- Liu, B. and Zhou, J. (2023). Digital literacy, farmers' income increase and rural internal income gap. *Sustainability*, 15(14):11422.
- Mambrey, S., Timm, J., Landskron, J. J., and Schmiemann, P. (2020). The impact of system specifics on systems thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(10):1632–1651.
- Montefusco, A. and Angel, F. (2024). Turning complexity into a delight to the mind: An integrative framework for teaching and learning complex reasoning. *Management Learning*, page 13505076241258932.
- Ribeiro, L., Foss, L., Cavalheiro, S. A. D. C., Kniphoff da Cruz, M. E. J., and Soares de França, R. (2023). The brazilian school computing standard. In *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, SIGCSE 2023, page 53–58, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Richmond, B. (1993). Systems Thinking: Critical Thinking Skills for the 1990s and Beyond. *System dynamics review*, 9(2):113–133.
- Ryazanova, G. N. (2023). 3. features and challenges of the modern labor market.
- SBC (2018). Diretrizes para Ensino de Computação na Educação Básica.
- Shin, N., Bowers, J., Roderick, S., McIntyre, C., Stephens, A. L., Eidin, E., Krajcik, J., and Damelin, D. (2022). A Framework for Supporting Systems Thinking and Computational Thinking Through Constructing Models. *Instructional Science*, 50(6):933–960.
- Smith, L. G., Livingstone, A. G., and Thomas, E. F. (2019). Advancing the social psychology of rapid societal change. *British Journal of Social Psychology*, 58(1):33–44.
- Son, M. and Ha, M. (2024). Development of a digital literacy measurement tool for middle and high school students in the context of scientific practice. *Education and Information Technologies*, pages 1–24.
- Suchman, L. (1999). Human/Machine Reconsidered. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*.
- UNESCO, D. L. (2017). *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem - UNESCO Digital Library*. UNESCO.
- Voulvoulis, N., Giakoumis, T., Hunt, C., Kioupi, V., Petrou, N., Souliotis, I., Vaghela, C., et al. (2022). Systems thinking as a paradigm shift for sustainability transformation. *Global Environmental Change*, 75:102544.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., and Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1):127–147.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.