

Conectando Saberes: Conhecimento, Eixos da Computação e Pensamento Sistêmico na Educação Básica

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.com, {marcelo.tibau, sean}@uniriotec.br

Resumo. Diante dos desafios da inserção da Computação na BNCC e da fragmentação dos saberes, o Pensamento Sistêmico (PS) surge como abordagem integradora que potencializa a visão crítica, a interconexão de saberes e a prática reflexiva de educadores. Este artigo analisa qualitativamente um arcabouço pedagógico que articula o PS aos eixos da Computação na formação de 21 educadores que concluíram a disciplina online gratuita Conectando Saberes na Era Digital, ofertada pela Fundação CECIERJ/CEDERJ no programa de formação continuada de professores. A análise qualitativa foi realizada a partir das redações reflexivas produzidas ao final da disciplina. Os resultados indicam transformações significativas nas práticas e identidades docentes, ressignificação crítica da tecnologia, desenvolvimento de visão transdisciplinar e emergência de postura investigativa.

Abstract. Facing the challenges of integrating Computing into Brazil's BNCC and the fragmentation of knowledge, Systems Thinking (ST) emerges as an integrative approach that enhances critical perspective, the interconnection of knowledge, and reflective practice among educators. This article provides a qualitative analysis of a pedagogical framework that articulates ST with the Computing axes in the formation of 21 educators who completed the free online course Connecting Knowledge in the Digital Age, offered by Fundação CECIERJ/CEDERJ within a continuing teacher education program. The qualitative analysis was based on reflective essays produced at the conclusion of the course. Results indicate significant transformations in teaching practices and professional identities, critical re-signification of technology, development of a transdisciplinary vision, and the emergence of an investigative stance.

1. Introdução

A sociedade contemporânea atravessa uma intensa revolução tecnológica, na qual a informação tornou-se central para processos sociais e econômicos [Castells 2000, Baygi et al. 2021], ampliando o papel da escola no desenvolvimento de sujeitos capazes de compreender, usar e refletir criticamente sobre sistemas digitais complexos [Smith et al. 2019, UNESCO 2017].

No Brasil, o tema ganhou relevância com a inclusão da Computação na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [BRASIL 2022], integrando a Computação de forma

transdisciplinar, promovendo uma leitura crítica da tecnologia como parte inseparável da vida em sociedade [Fagundes et al. 2023]. Entretanto, a implementação da BNCC enfrenta desafios estruturais que transcendem o domínio técnico: a formação docente ainda se mostra aquém das demandas da BNCC, e levantamento nacional indica que 72% dos professores da Educação Básica não se sentem preparados para abordar conteúdos da área em sala [IBGE 2023]. Essa lacuna é agravada por práticas marcadas pela segmentação curricular, dificultando a articulação entre conteúdos e competências digitais no cotidiano escolar.

Frente a esse cenário, o Pensamento Sistêmico (PS) apresenta-se como abordagem promissora, ampliando a visão pedagógica para além dos domínios de softwares, algoritmos e/ou ferramentas, articulando tecnologia, sociedade e meio ambiente [Easterbrook 2014, Kasser 2018, Hamidi et al. 2023]. Em especial, o PS enriquece o eixo Pensamento Computacional (PC), fundamentado em pilares como abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos [Wing 2006]. O potencial da integração entre PS e Computação propicia uma abordagem educativa que ultrapassa a dimensão técnica, favorecendo uma compreensão crítica e holística dos fenômenos digitais [Richmond 1993, Grover 2019]. Ao capacitar educadores com essa visão, amplia-se seu potencial de transformar a sala de aula em um espaço investigativo, ético e reflexivo.

Dessa forma, este artigo investiga como a integração do PS aos eixos da Computação pode fortalecer a formação dos professores da Educação Básica, promovendo práticas pedagógicas críticas, éticas e integrativas. A proposta explora uma abordagem pedagógica oriunda da experiência formativa de educadores cursistas, cujo impacto foi avaliado a partir de suas redações reflexivas.

Assim, o objetivo central do trabalho é apresentar a análise do impacto de um arcabouço pedagógico voltado para tal integração, identificando transformações na percepção, na prática docente e os desafios enfrentados. Para tal, o percurso textual deste artigo apresenta, na sequência, a seção Trabalhos Relacionados, seguida pelo Referencial Teórico e Conceitual. Posteriormente, são detalhadas a Metodologia da Pesquisa e a concepção da disciplina que serviu o artefato. Por fim, a Análise e Discussão dos Resultados precede as Considerações Finais.

2. Referencial Teórico e Conceitual

A atualização do currículo impulsionada pela presença da Computação na Educação Básica convoca ao desenvolvimento de novas práticas pedagógicas, orientadas a conciliar o domínio técnico com a análise crítica de sistemas complexos. Com o propósito de alicerçar a investigação, esta seção apresenta os três pilares do estudo: (1) a trajetória da Computação na BNCC, (2) os fundamentos conceituais do PS e (3) os obstáculos concretos na atualização do educador.

2.1. Eixos da Computação na BNCC

A homologação do complemento à BNCC dedicado à Computação, em 2022, oficializou um movimento pedagógico que alinha o Brasil às tendências educacionais globais, que tratam a área como uma nova forma de letramento essencial à cidadania [BRASIL 2022, Ribeiro et al. 2023]. Superando uma visão meramente instrumental, a BNCC estrutura o conhecimento em um tripé conceitual, inspirado em diretrizes consolidadas [SBC

2018, Wing 2006] em três eixos: (I) Mundo Digital, que envolve compreensão do hardware, software e redes; (II) Cultura Digital, que aborda aspectos como cidadania digital, ética e impactos sociais; e (III) Pensamento Computacional (PC), fundamentado em abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos, orientando a resolução de problemas.

A transversalidade proposta pela BNCC incentiva que esses eixos não se restrinjam a uma única disciplina, permeando todo o currículo, enriquecendo o aprendizado em matemática, ciências, artes e humanidades [Grover 2019]. Essa integração pode potencializar o raciocínio lógico e a capacidade de análise crítica de sistemas e fenômenos complexos [del Rey et al. 2021, Lindstrom et al. 2019]. Em última análise, o domínio dessas competências atua como um fator de inclusão, ampliando as oportunidades no mercado de trabalho e contribuindo para a redução das desigualdades em uma economia cada vez mais digitalizada [Son and Ha 2024, Chen et al. 2024, Liu and Zhou 2023].

Nesse contexto, o trabalho dialoga também com a tradição da pedagogia crítica e da tecnologia educativa, especialmente as contribuições de Seymour Papert e sua teoria do construcionismo [Papert 1980, Papert 1996, Elias and Lemos 2024]. Papert destaca a importância do aprendizado ativo, onde a construção do conhecimento ocorre através da manipulação concreta de objetos e da experimentação, particularmente no contexto da computação. O construcionismo enfatiza que o pensar é integrado ao fazer, alinhando-se à proposta de desenvolver nos educadores uma abordagem reflexiva, crítica e prática frente às tecnologias digitais. Essa perspectiva complementa os eixos da Computação na BNCC e potencializa a integração com o PS, ao promover uma pedagogia centrada no sujeito como agente ativo da aprendizagem e transformação social.

2.2. Pensamento Sistêmico (PS)

O PS representa uma ruptura paradigmática com a visão científica reducionista, que analisa fenômenos de forma fragmentada [Garbolino et al. 2018]. Embora com raízes no pensamento holístico da antiguidade [McGlacken-Byrne et al. 2022], o PS consolidou-se no século XX com a Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy, cujo propósito era desenvolver formulações conceituais aplicáveis empiricamente à realidade [Drack 2009]. Essa abordagem interdisciplinar busca compreender a complexidade a partir das interações, interdependências e ciclos de *feedback* que moldam o comportamento de um sistema como um todo [Kasser 2018, Capra 1996, de Vasconcellos 2003], permitindo transcender as fronteiras disciplinares [Bateson 1979].

Um sistema é composto por elementos, interconexões e um objetivo, sendo mais do que a soma de suas partes [Meadows 2008]. Adotar o PS requer uma mudança de modelos mentais para analisar processos de forma ampla [Senge 1990]. Isso fomenta habilidades cognitivas avançadas, como a análise de processos dinâmicos, a compreensão de atrasos e não-linearidades, e o desenvolvimento do raciocínio científico [Frank 2000, Sweeney and Sterman 2000].

Como uma competência de ordem superior para observar padrões em interações [Senge 1990], o PS tem suas aplicações em áreas, entre outras, como engenharia [Frank 2000, Zhao et al. 2009], saúde [Dolansky et al. 2020, Komashie et al. 2020, Peters 2014, Rocio et al. 2023, Thelen et al. 2023] e educação [D'eon and Silverman 2023, Gilissen et al. 2020, Jackson and Hurst 2021, Lavi and Dori 2019, Robischon

2019, Sanko et al. 2021]. Em síntese, o PS é essencial para lidar com a complexidade e a interdependência dos sistemas contemporâneos.

No contexto educacional, o PS oferece ferramentas para: 1. Desenvolver intervenções pedagógicas contextualizadas, considerando impactos em múltiplos níveis (sala de aula, gestão escolar, comunidade); 2. Mapear redes de influência entre atores educacionais, identificando sinergias e tensões no processo de ensino-aprendizagem; e 3. Antecipar consequências não intencionais, mediante análise de retroalimentações sistêmicas.

Para operacionalizar essa visão, [Kasser 2018] propõe uma estrutura de pensamento que abarca os pensamentos crítico, sistemático e sistêmico, fornecendo um modelo para a análise integrada. Expandindo os trabalhos de [Richmond 1993], [Kasser 2018] em “*Systems Thinker’s Toolbox: Tools for Managing Complexity*” oferece nove perspectivas divididas em quatro grupos, para investigar (ou observar) um sistema:

Perspectivas Externas: 1. *Quadro Geral* analisa o sistema em seu macroambiente, identificando seu propósito fundamental, limites e premissas; e 2. *Operacional* examina as funções primárias, mapeando as interações de entrada e saída com o ambiente externo.

Perspectivas Internas: 3. *Funcional* detalha os mecanismos e fluxos de informação internos que permitem ao sistema executar suas funções; e 4. *Estrutural* descreve a arquitetura do sistema, incluindo a organização de seus subsistemas e componentes.

Perspectivas Progressivas: 5. *Genérica* identifica padrões universais, comparando o sistema com outros de classe semelhante para transferir conhecimento; 6. *Contínuo* substitui visões binárias por espectros, reconhecendo gradações e variações; e 7. *Temporal* analisa a evolução do sistema, considerando sua trajetória passada, estado presente e projeções futuras.

Perspectivas Restantes: 8. *Quantitativa* utiliza métricas e dados numéricos para avaliar o desempenho e o impacto do sistema. 9. *Científica* sintetiza os achados das outras perspectivas para formular hipóteses e orientar intervenções baseadas em evidências.

Enquanto as oito primeiras perspectivas focam na descrição multidimensional de sistemas, a nona assume caráter prescritivo, orientando intervenções fundamentadas. A flexibilidade do modelo permite incorporar dimensões adicionais – como análises culturais ou emocionais – conforme exigências contextuais [Kasser 2018]. Essa adaptabilidade torna-o particularmente relevante para a educação, onde sistemas pedagógicos interagem com realidades sociotécnicas em constante mutação.

2.3. Desafios Estruturais na Conexão entre Tecnologia e Pedagogia

A implementação eficaz da Computação na BNCC esbarra em um desafio sistêmico: a dissonância entre as exigências de uma sociedade digital conectada e a persistência de modelos educacionais fragmentados [Gupta and Tiwari 2022]. A divisão curricular em “caixas” disciplinares isoladas impede a articulação fluida entre as competências digitais e os saberes tradicionais, frequentemente resultando em uma abordagem superficial da tecnologia, que não desenvolve a profundidade analítica necessária [Alves et al. 2019].

A análise deste cenário revela um ciclo de retroalimentação negativa: a formação docente inadequada ou inexistente para a área da Computação, combinada com a falta de políticas para atrair e manter talentos nas escolas, resulta em uma implementação

frágil e descontínua das diretrizes curriculares [Kuijpers et al. 2024]. Adicionalmente, a cultura avaliativa predominante, focada em métricas reducionistas, falha em mensurar e valorizar o desenvolvimento de competências complexas, como a capacidade de resolver problemas de forma sistêmica, desestimulando práticas pedagógicas inovadoras [Kwamie et al. 2024].

A superação dessas barreiras, portanto, exige mais do que a adoção de novas ferramentas; demanda uma reconfiguração da própria arquitetura pedagógica. A transição para um modelo educacional integrado depende da articulação de três pilares [Montefusco and Angeli 2024]: (1) uma formação docente de alta qualidade, que seja contínua, colaborativa e situada na prática escolar; (2) um redesenho curricular que promova a interdisciplinaridade; e (3) o desenvolvimento de modelos de avaliação formativa capazes de reconhecer e fomentar competências sistêmicas e digitais. É precisamente na interseção desses pilares que a presente pesquisa busca contribuir.

3. Trabalhos Relacionados

A complementariedade entre o PS a Computação tem sido cada vez mais reconhecida como uma valiosa alternativa para responder aos desafios educacionais contemporâneos. Essa relevância advém da necessidade de conciliar a complexidade técnica inerente às novas tecnologias com a indispensável reflexão crítica sobre seus múltiplos impactos. Pesquisas como as conduzidas por [Easterbrook 2014] e [Hamidi et al. 2023], lançaram bases para essa articulação. Seus achados demonstram como a complementariedade entre o PS e o PC pode notavelmente expandir a capacidade dos estudantes em abordar e solucionar problemas que emergem em contextos reais. Essa sinergia capacita os aprendizes a desvendar as interconexões que subjazem aos fenômenos digitais, indo além da mera sequência lógica.

Estudos como os de [Haas et al. 2020] e [Eidin et al. 2023], que investigaram o uso de simulações computacionais, por exemplo, demonstram uma priorização na aquisição de habilidades algorítmicas, muitas vezes em detrimento de uma reflexão mais profunda sobre os impactos sociais, éticos e ambientais da tecnologia. Como avanços metodológicos, observam-se importantes contribuições. Por exemplo, [Weintrop et al. 2016] propuseram uma taxonomia abrangente para a aplicação do PC em disciplinas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), enquanto [Shin et al. 2022] desenvolveram um *framework* para a modelagem sistêmica em aulas de ciências. Essas inovações, contudo, revelam uma concentração predominante em dimensões tecnicistas. Embora essas propostas representem avanços metodológicos na articulação entre Computação em STEM, elas frequentemente mantêm uma orientação pragmática e tecnocêntrica, focada na resolução de problemas disciplinares ou na modelagem computacional. Tais abordagens, ainda que relevantes, tendem a reproduzir lógicas reducionistas e raramente promovem uma reflexão crítica sobre os sistemas sociotécnicos mais amplos nos quais as tecnologias estão inseridas. Este trabalho se diferencia justamente por incorporar uma abordagem sistêmica transdisciplinar que integra dimensões epistemológicas, éticas e formativas, indo além do viés solucionista dominante.

A carência de propostas que articulem os três eixos da Computação na BNCC com abordagens sistêmicas limita o potencial transformador das diretrizes curriculares. Essa ausência de um arcabouço que conecte a lógica computacional à compreensão de sistemas

complexos resulta, frequentemente, em uma formação tecnicamente competente, porém com restrita criticidade. O presente estudo, portanto, distingue-se ao propor e validar uma integração mais abrangente entre o PS e os eixos da Computação, materializada em estratégias pedagógicas para a formação docente que visam à capacitação crítica. Respondendo à necessidade de equilibrar competências técnicas com a capacidade de análise crítica de sistemas complexos [Grover 2019], a principal contribuição desta pesquisa reside na validação empírica de um modelo formativo original e iterativo. Este modelo demonstra capacidade de desenvolver não apenas novas práticas pedagógicas, mas também de reconfigurar as identidades docentes em contextos reais de formação continuada.

4. Design e Percurso Formativo da Disciplina

A disciplina foi concebida como um artefato pedagógico para potencializar educadores e gestores da Educação Básica na integração entre Computação e PS, alinhando práticas docentes aos desafios da BNCC. Oferecida em ambiente online, a proposta promoveu uma formação transdisciplinar, reflexiva e situada. O arcabouço pedagógico não explicita uma metodologia para articular as nove perspectivas do PS aos três eixos da Computação da BNCC. Essa lacuna aponta para futuras investigações e o desenvolvimento de recursos que facilitem essa integração.

4.1. Concepção e Estrutura

A disciplina foi desenhada para atender educadores (e gestores) de todas as áreas do conhecimento. Sua premissa central é que, formar estudantes críticos capazes de atuar frente às complexidades do mundo digital, exige integrar os eixos da Computação com abordagens holísticas como o PS.

Com duração de 12 semanas e carga horária de 30 horas, o percurso formativo foi dividido em quatro etapas:

- **Fundamentos do Planejamento Pedagógico:** Introdução ao plano de aula como ferramenta estratégica e a importância da transdisciplinaridade.
- **Eixos da Computação:** Estudo dos três eixos da Computação na BNCC (Mundo e Cultura Digitais, e PC) com exemplos práticos.
- **Pensamento Sistêmico:** Exploração das nove perspectivas propostas por [Kasser 2018], com analogias práticas para aplicação em sala de aula.
- **Síntese com TPACK:** Apresentação do *framework* TPACK para reflexão integrada sobre tecnologia, pedagogia e conteúdo.

O percurso da disciplina foi organizado progressivamente, promovendo uma construção de conhecimento que partiu da prática docente e evoluiu para sínteses mais complexas e reflexivas.

4.2. Estratégia Avaliativa: Plano de Aula Iterativo

A estratégia central da disciplina foi um ciclo de construção e reconstrução de um plano de aula, promovido por meio de quatro atividades avaliativas:

- **AD-1 (Ponto de Partida):** Elaboração inicial de um plano de aula com base na prática já existente do educador.

- **AD-2 (Computação):** Revisão do plano de aula com a incorporação dos eixos da Computação.
- **AD-3 (Integração Sistêmica):** Nova reformulação, agora integrando as perspectivas do PS ao plano de aula.
- **AD-F (Reflexão Final):** Produção de uma redação reflexiva sobre a trajetória de aprendizagem e as mudanças percebidas.

Esse processo avaliativo foi concebido para promover a *práxis*: os educadores vão além de aprender novos conceitos: aplicam, reformulam e refletem sobre sua prática real. O plano de aula evolui como artefato formativo, ao mesmo tempo em que documenta o desenvolvimento do cursista em seu percurso formativo na disciplina.

4.3. Ambiente Virtual e Interação

A disciplina foi ofertada em ambiente online, com acesso a materiais multimodais (textos, vídeos e links). A interação foi fomentada por fóruns assíncronos, que estimularam o compartilhamento de experiências e a colaboração. O design do curso buscou valorizar o protagonismo do cursista e criar um ecossistema acolhedor, dinâmico e formativo. A disciplina está disponível em *e-book*, mediante solicitação por *e-mail* ao primeiro autor.

5. Metodologia da Pesquisa

Esta seção detalha o percurso metodológico adotado neste estudo. Apresenta-se a caracterização da pesquisa, o paradigma que a norteia, o contexto e os cursistas, bem como os procedimentos e instrumentos para a coleta e análise dos dados, explicitando as estratégias utilizadas para assegurar a qualidade e o rigor da investigação.

5.1. Caracterização e Abordagem da Pesquisa

O presente estudo é definido por uma abordagem qualitativa, cujo foco reside em gerar uma compreensão aprofundada de um processo experienciado pelos cursistas em seu ambiente conhecido [Creswell 2014]. Em vez de se ater a protocolos rígidos, a pesquisa qualitativa se legitima pela transparência e pela consistência das decisões dos pesquisadores, visando garantir a validade e a confiabilidade dos resultados [Diaz-Bazo 2019]. Assim, o planejamento desta pesquisa incorporou, desde o início, estratégias de controle de qualidade, como a descrição detalhada dos procedimentos e a triangulação de fontes de dados [Yin 2016].

5.2. A Pesquisa-Design-Formação

Este estudo adota a abordagem metodológica da Pesquisa-Design-Formação, que articula a criação de artefatos educacionais com o desenvolvimento profissional docente. Trata-se de uma vertente híbrida que integra dois movimentos: a Pesquisa em Design (*Design-Based Research*) e a Pesquisa-Formação.

A Pesquisa em Design orienta o processo iterativo de concepção, implementação e refinamento da disciplina, buscando simultaneamente resolver um problema prático e produzir conhecimento teórico sobre a integração entre Computação e PS [Plomp and Nieveen 2013, Simon 1981]. Já a Pesquisa-Formação valoriza o educador como sujeito ativo da investigação, promovendo reflexão contínua sobre suas próprias práticas [Cochran-Smith and Lytle 1999, Luckin et al. 2017]. A combinação dessas abordagens permitiu que o desenvolvimento do artefato pedagógico e a transformação dos cursistas ocorressem de maneira interdependente, por meio de ciclos reflexivos entre teoria e prática.

5.3. Contexto da Pesquisa e Cursistas

A pesquisa foi conduzida no contexto da disciplina Conectando Saberes na Era Digital, como parte integrante do Programa de Formação Continuada de Professores da Fundação CECIERJ/CEDERJ. Os cursistas são/foram educadores ou gestores da Educação Básica e licenciandos de diversas áreas, recrutados voluntariamente. A heterogeneidade do grupo foi intencional, buscando múltiplas perspectivas sobre o fenômeno estudado.

5.4. Procedimentos e Instrumentos de Coleta de Dados

Para assegurar a credibilidade da pesquisa [Coutinho 2008] e obter uma compreensão aprofundada do fenômeno, o estudo centrou-se em um instrumento de coleta de dados de grande densidade analítica: a redação reflexiva final (AD-F), documento produzido pelos concluintes ao término da disciplina.

A escolha por se restringir a redação reflexiva final justifica-se pelo seu potencial de capturar uma visão consolidada e metacognitiva da jornada formativa do cursista. Diferente de artefatos produzidos ao longo do processo, a redação final permitiu o acesso a uma reflexão amadurecida, na qual os concluintes puderam articular e avaliar a evolução de suas próprias percepções, os desafios encontrados e os benefícios da integração do PS aos eixos da Computação em suas práticas. Esta abordagem, focada na profundidade de um único e rico tipo de dado, alinha-se aos preceitos da pesquisa qualitativa que buscam compreender um fenômeno em seu contexto e a partir da perspectiva dos sujeitos envolvidos [Creswell 2014].

5.5. Procedimentos para Análise dos Dados

O corpo de dados qualitativos foi constituído exclusivamente pelas redações reflexivas (AD-F) produzidas pelos concluintes da disciplina. Para o tratamento desses dados, adotou-se a análise temática, método flexível e detalhado para identificar, analisar e relatar padrões (temas) em dados qualitativos [Reses and Mendes 2021, Braun and Clarke 2006]. A abordagem utilizada foi a indutiva, na qual os temas emergem diretamente dos dados, sem a utilização de um quadro de codificação preexistente, garantindo maior fidelidade às experiências dos participantes [Reses and Mendes 2021].

De forma detalhada, a metodologia de análise seguiu as seis fases da análise temática, conforme a abordagem de [Braun and Clarke 2006], um processo que envolve um constante movimento de avanço e recuo sobre os dados. As fases foram conduzidas da seguinte forma:

1. **Familiarização com os dados:** Imersão no corpus de dados por meio da leitura e releitura, com anotações de observações analíticas iniciais para aprofundar a compreensão do material;
2. **Criação de códigos iniciais:** Geração de rótulos para características importantes dos dados, capturando o conteúdo semântico (explícito) e o latente (ideias e suposições subjacentes);
3. **Busca por temas:** Análise dos códigos e sua combinação para formar temas abrangentes. Nesta fase, representações visuais como mapas temáticos foram utilizadas para organizar os agrupamentos de códigos;
4. **Revisão dos temas:** Verificação dos temas candidatos em relação aos extratos codificados e ao conjunto completo de dados, com seu devido refinamento;

5. **Definição e nomeação dos temas:** Análise detalhada para identificar a "essência" de cada tema, atribuindo-lhes nomes concisos e informativos; e
6. **Elaboração do relatório:** Construção da narrativa analítica, contextualizando os temas em relação à literatura e utilizando extratos de dados como evidência para fundamentar a análise.

A análise interpretativa dos dados foi conduzida exclusivamente pelos pesquisadores, assegurando a integridade e a intencionalidade reflexiva do processo. As categorias finais foram validadas pela ancoragem em trechos representativos dos discursos dos concluintes, favorecendo a construção de uma interpretação robusta e contextualizada do fenômeno investigado.

A análise buscou identificar temas emergentes relacionados aos objetivos da pesquisa, tais como: as dificuldades e facilidades na integração conceitual, as mudanças na percepção sobre o papel da tecnologia na educação e as potencialidades do PS como abordagem para a prática docente transdisciplinar.

Todos os procedimentos de pesquisa seguiram rigorosamente os preceitos éticos, incluindo a aprovação, junto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo o anonimato e a confidencialidade dos cursistas.

6. Análise e Discussão dos Resultados

A análise temática indutiva das 21 redações reflexivas, produzidas pelos concluintes ao final da jornada formativa na disciplina, revelou um processo consistente e profundo de desenvolvimento. Quatro temas centrais foram revelados e são apresentados sinteticamente na Tabela 1, que sumariza brevemente seu conteúdo e condensa sua frequência nas redações.

Tabela 1. Temas emergentes e sua frequência nas reflexões (n=21).

Tema	Descrição	Freq. (n)
Expansão da Visão Pedagógica	Mudança de uma abordagem fragmentada para uma visão integrada e transdisciplinar da prática docente.	91% (19)
Ressignificação do Papel da Tecnologia	Desenvolvimento de uma percepção crítica, ética e contextualizada da tecnologia em educação.	86% (18)
Desafios e Estratégias de Superação	Reconhecimento dos obstáculos epistemológicos e estruturais e adoção de posturas resilientes e criativas para superá-los.	95% (20)
Reconfiguração da Identidade Docente	Transformação crítica da identidade profissional, com ênfase na autonomia e postura investigativa.	100% (21)

Em seguida, cada um dos quatro temas é aprofundado e interpretado à luz dos objetivos da pesquisa. Para dar voz aos concluintes e ilustrar a força de cada achado, o tema é acompanhada por três citações consideradas pelos autores deste artigo como as mais representativas.

- **Expansão da Visão Pedagógica:** Presente em 91% dos relatos, este tema representa uma mudança epistemológica central, caracterizada pela transição da organização do ensino por conteúdos isolados para uma perspectiva integradora fundamentada no PS.

“Essa integração impactou diretamente o meu planejamento [...] as sequências de ensino passaram a formar competências, não apenas inserir ferramentas.”

“Em vez de trabalhar com conteúdos fragmentados ou competências isoladas, passei a enxergar o processo educativo como um sistema interdependente, onde cada conceito, prática e habilidade influencia diretamente outros elementos.”

“Percebi que o maior ganho foi sair da fragmentação e construir conexões verdadeiras entre os saberes.”

- **Ressignificação do Papel da Tecnologia:** Com 86% de incidência, emerge uma compreensão crítica da tecnologia, vista não só como meio instrumental, mas como parte integrante da formação humana e social.

“A tecnologia, mediada pelo Pensamento Sistêmico, tornou-se um meio para desenvolver competências profundas.”

“Ela (a tecnologia) passou de instrumento de transmissão de conteúdos a linguagem estruturante, capaz de potencializar formas de pensar, representar e interagir com o conhecimento.”

“Antes via a tecnologia como apoio; agora, compreendo sua potência estruturante.”

- **Desafios e Estratégias de Superação:** Identificado em 95% dos relatos, engloba os obstáculos enfrentados, principalmente a dificuldade em romper com lógica fragmentada e os limites materiais e institucionais, junto à emergência de posturas resilientes.

“Entre os principais desafios enfrentados, destaco a dificuldade inicial de romper com uma lógica linear e segmentada de ensino. A própria estrutura curricular da escola muitas vezes favorece essa compartimentalização.”

“Um dos maiores desafios que enfrentei foi justamente romper com o modelo tradicional de ensino tecnológico.”

“Um dos maiores desafios foi mudar meu próprio modelo mental, deixando para trás uma estrutura de planejamento linear”

- **Reconfiguração da Identidade Docente:** Unânime entre os participantes, este tema aponta para a emergência de uma identidade docente autônoma, reflexiva e investigativa.

“O docente precisa se apropriar e colocar esse conhecimento em prática [...], o que torna esse profissional difícil de ser substituído por um robô, [...] mas sim um ser pensante capaz de analisar e entender toda a complexidade presente em uma sala de aula.”

“Comecei com um pensamento e estou saindo totalmente diferente, com conhecimento para compartilhar e agora tenho autonomia para pesquisar sobre os temas que aprendi.”

Como síntese visual, a Figura 1 apresenta a nuvem de palavras gerada a partir do corpus das 21 redações reflexivas. A nuvem de palavras (Figura 1) evidencia visualmente os eixos centrais da experiência dos participantes. A proeminência dos termos “Pensamento Sistêmico”, “eixos da Computação”, “tecnologia”, “educação”, “aprendizagem” e “aluno” confirma que a reflexão docente se concentrou na aplicação de nova abordagem ao seu contexto prático. Palavras como “integração”, “prática”, “abordagem” e “sistema” destacam o foco no processo metodológico, enquanto a visibilidade do termo “desafio” corrobora um dos principais temas que emergiram da análise qualitativa. A nuvem, portanto, funciona como um panorama que antecipa a profundidade dos quatro temas centrais apresentados e discutidos.



Figura 1. Nuvem de palavras gerada a partir do corpus das 21 redações.

Cumprindo o objetivo, este artigo apresenta a análise qualitativa do impacto de um arcabouço pedagógico, desenhado para a integração do PS aos eixos da Computação, a partir da experiência formativa de educadores e gestores da Educação Básica brasileira. A análise, fundamentada nas redações reflexivas dos 21 concluintes da disciplina *Conectando Saberes na Era Digital*, que é parte integrante do Programa de Formação Continuada de Professores da Fundação CECIERJ/CEDERJ, demonstrou que a abordagem foi eficaz ao catalisar transformações significativas na prática docente. Tais mudanças foram evidenciadas pela expansão de uma visão pedagógica interconectada pela resignificação do papel

da tecnologia para além do instrumental e pela emergência de uma identidade profissional mais reflexiva e investigativa.

A principal contribuição deste estudo reside na articulação entre dois campos complementares - Computação e PS -, demonstrando que sua integração é capaz de promover uma abordagem educativa transdisciplinar, alinhada aos desafios da sociedade digital. Teoricamente, a pesquisa avança ao propor um modelo formativo que valoriza a complexidade e a criticidade na formação docente. No plano prático, valida-se uma disciplina replicável e adaptável a diferentes contextos de formação continuada.

Embora o modelo tenha sido testado em contexto de formação continuada, seus princípios estruturantes apresentam alto potencial de generalização. A natureza modular e progressiva do percurso formativo permite sua adaptação para programas de formação inicial de professores, especialmente em cursos de licenciatura com foco na BNCC. Investigações futuras poderão explorar tais desdobramentos em contextos variados, ampliando o alcance da abordagem.

Como limitação, destaca-se o foco em um grupo específico de concluintes e a ênfase nas percepções expressas em textos reflexivos. Por se tratar de um instrumento de autoavaliação, as redações finais podem estar sujeitas a vieses de desejabilidade social ou à tendência de enfatizar aspectos positivos da experiência formativa. Além disso, a ausência de observações diretas das práticas pedagógicas ou de triangulação com outros artefatos — como os planos de aula produzidos, fóruns de discussão ou entrevistas em profundidade — limita a compreensão do alcance real das transformações ocorridas. Tais restrições não invalidam os achados, mas indicam a necessidade de aprofundamento metodológico em estudos futuros, preferencialmente com estratégias mistas e acompanhamento longitudinal dos educadores em contexto de sala de aula.

Os achados desta pesquisa dialogam diretamente com diretrizes e políticas públicas em vigor. A proposta está alinhada, por exemplo, aos objetivos do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) para a área de Tecnologias da Informação e Comunicação, que preconiza materiais que integrem criticidade, transdisciplinaridade e protagonismo docente [BRASIL 2020]. Também converge com ações da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), que por meio de suas diretrizes para o ensino de Computação na Educação Básica [SBC et al. 2019], enfatiza a articulação entre os eixos da BNCC e a formação crítica do educador. Ademais, a proposta responde às recomendações do Ministério da Educação para formação continuada por meio de cursos alinhados às competências digitais docentes do Referencial da Unesco (DigCompEdu), promovendo práticas reflexivas, colaborativas e integradas a contextos reais.

Em síntese, este trabalho reforça a tese de que a integração entre Computação e PS representa um caminho promissor para formar educadores capazes de atuar de forma crítica, ética e inovadora frente às complexidades do século XXI.

Referências

- 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.

- Bateson, G. (1979). *Mind and Nature: A Necessary Unity*. Bantam Books, Toronto. Section: xii, 255 pages ; 21 cm.
- 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.
- BRASIL (2020). Guia Digital do Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).
- BRASIL, B. (2022). Computação - Complemento à BNCC.
- Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2):77–101.
- Capra, F. (1996). *A Teia da Vida. Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos*. Cultrix, São Paulo - SP.
- Castells, M. (2000). 5. the contours of the network society. *Foresight*.
- 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.
- Cochran-Smith, M. and Lytle, S. L. (1999). The Teacher Research Movement: A Decade Later. *Educational Researcher*, 28(7):15–25. Publisher: American Educational Research Association.
- Coutinho, C. P. (2008). A qualidade da investigação educativa de natureza qualitativa : questões relativas à fidelidade e validade. *Revista Educação Unisinos*. Accepted: 2008-06-02T15:52:29Z Publisher: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).
- Creswell, J. W. (2014). *Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa-: Escolhendo entre Cinco Abordagens*. Penso Editora.
- de Vasconcellos, M. J. E. (2003). *Pensamento Sistêmico: O Novo Paradigma da Ciência*. Papirus Editora.
- 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*.
- D'eon, J. C. and Silverman, J. R. (2023). Using systems thinking to connect green principles and United Nations Sustainable Development Goals in a reaction stoichiometry module. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1).
- Díaz-Bazo, C. (2019). Las estrategias para asegurar la calidad de la investigación cualitativa. El caso de los artículos publicados en revistas de educación. *Revista Lusófona de Educação*, 44(44). Number: 44.
- Dolansky, M. A., Moore, S. M., Palmieri, P. A., Singh, M. K., and Singh, M. K. (2020). Development and Validation of the Systems Thinking Scale. *Journal of General Internal Medicine*.
- Drack, M. (2009). Ludwig von Bertalanffy's early system approach. *Systems Research and Behavioral Science*, 26(5):563–572. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd.

- 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.
- Elias, C. and Lemos, A. (2024). *As Premissas Construcionistas de Seymour Papert e a Computação na Educação Básica: O que o Passado nos Ensina?*
- Fagundes, V. G., Campos, R. L. A., and Sasson, M. D. H. (2023). 3. base nacional comum curricular:. *Cadernos De Pesquisa*.
- Frank, M. (2000). Engineering Systems Thinking and Systems Thinking. *Systems Engineering*, 3(3):163–168. _eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/1520-6858%28200033%293%3A3%3C163%3A%3AAID-SYS5%3E3.0.CO%3B2-T>.
- Garbolino, E., Chéry, J.-P., and Guarnieri, F. (2018). The Systemic Approach: Concepts, Method and Tools. pages 1–30. Springer, Cham.
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M.-C. P. J., and Joolingen, W. R. v. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8):1253–1280.
- 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.
- 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.
- IBGE (2023). Pnad contínua educação.
- Jackson, A. and Hurst, G. A. (2021). Faculty perspectives regarding the integration of systems thinking into chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4):855–865.
- Kasser, J. E. (2018). *Systems Thinker's Toolbox: Tools for Managing Complexity*. CRC Press, Boca Raton.
- Komashie, A., Ward, J., Bashford, T., Dickerson, T., Kaya, G. K., Liu, Y., Kuhn, I., Günay, A., Kohler, K., Boddy, N., O'Kelly, E., Masters, J., Dean, J., Meads, C., and Clarkson, P. J. (2020). Systems approach to health service design, delivery and improvement: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*.

- 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.
- 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.
- Lavi, R. and Dori, Y. J. (2019). Systems thinking of pre- and in-service science and engineering teachers. *International Journal of Science Education*, 41(2):248–279.
- 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.
- Luckin, R., Clark, W., Avramides, K., Hunter, J., and Oliver, M. (2017). Using teacher inquiry to support technology-enhanced formative assessment: a review of the literature to inform a new method. *Interactive Learning Environments*, 25(1):85–97. Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1121152>.
- McGlacken-Byrne, D., Larkan, F., Mannan, H., Vallières, F., and Kodate, N. (2022). An Introduction to Systems Thinking. In *Systems Thinking for Global Health: How can systems-thinking contribute to solving key challenges in Global Health?* Oxford University Press. _eprint: <https://academic.oup.com/book/0/chapter/378661603/chapter-pdf/47121262/oso-9780198799498-chapter-1.pdf>.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea Green Publishing. Google-Books-ID: CpbLAgAAQBAJ.
- Montefusco, A. and Angeli, F. (2024). Turning complexity into a Delight to the Mind: An integrative framework for teaching and learning complex reasoning. *Management Learning*, page 28. Publisher: SAGE Publications Ltd.
- Papert, S. (1996). *The Connected Family: Bridging the Digital Generation Gap*. Atlanta, Ga. : Longstreet Press.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*. Basic Books, Nova York. Google-Books-ID: 1oPRDwAAQBAJ.
- Peters, D. H. (2014). The application of systems thinking in health: why use systems thinking? *Health Research Policy and Systems*.
- Plomp, T. and Nieveen, N. (2013). Educational Design Research Part A: An Introduction.
- Reses, G. and Mendes, I. (2021). Uma visão prática da análise temática: exemplos na investigação em multimídia em educação. *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: análise de dados (Vol. 3)*, pages 13–27. Accepted: 2022-09-29T08:54:02Z ISBN: 9789727896783 Publisher: UA Editora.
- 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.
- Robischon, M. (2019). Fostering Systems Thinking in Biological Education Using the Example of Plant Hormones. *BioEssays*, 41(11).
- Rocio, S., Paulina, E. M., Karol, R., Fernando, S. L., and Ingrid, G. (2023). Accelerating systems thinking in health: Perspectives from the region of the Americas. *Frontiers in Public Health*.
- Sanko, J. S., Gattamorta, K. A., Young, J., Durham, C. F., Sherwood, G., and Dolansky, M. A. (2021). A Multisite Study Demonstrates Positive Impacts to Systems Thinking Using a Table-top Simulation Experience. *Nurse Educator*, 46(1):29–33.
- SBC (2018). Diretrizes para Ensino de Computação na Educação Básica.
- SBC, Ribeiro, L., Castro, A., Fröhlich, A. A., Ferraz, C. A. G., Ferreira, C. E., Serey, D., Cordeiro, D. d. A., Aires, J., Bigolin, N., and Cavalheiro, S. (2019). Diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação para o Ensino de Computação na Educação Básica. Technical report, SBC - Sociedade Brasileira de Computação. Publication Title: Sociedade Brasileira de Computação.
- Senge, P. M. (1990). *The Fifth Discipline (Emerald Insight)*, volume 1. Publisher: MCB UP Ltd.
- 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.
- Simon, H. (1981). As Ciências do Artificial. *Arménio Amado*, (2^a).
- 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.
- Sweeney, L. B. and Serman, J. D. (2000). Bathtub Dynamics: Preliminary Results of a Systems Thinking Inventory. *International System Dynamics Conference, Bergen, Norway*.
- Thelen, J., Fruchtman, C. S., Bilal, M., Gabaake, K., Iqbal, S., Keakabetse, T. R., Kwamie, A., Mokalake, E., Mupara, L. M., Seitio-Kgokgwe, O., Zafar, S., and Munoz, D. C. (2023). Development of the Systems Thinking for Health Actions framework: a literature review and a case study. *BMJ Global Health*.
- UNESCO, D. L. (2017). *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem - UNESCO Digital Library*. UNESCO.

- 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.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Penso Editora.
- Zhao, Y. Y., Kasser, J. E., and Kitchins, D. (2009). Systems Engineering in the Conceptual Stage: A Teaching Case Study. *3rd Asia-Pacific Conference on Systems Engineering (APCOSE)*, Singapore.