

Do papel à tela: um comparativo de desempenho em desafios de programação no Ensino Fundamental

Waldecir da Silva Martins¹, Jeniffer Macena^{1,2},
Fernanda Pires¹, Marcela Pessoa¹

¹Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA)
ThinkTED Lab - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Emergentes

²Instituto de Computação – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus – AM – Brasil

{wdsml.lic22, fpires, mspessoa}@uea.edu.br

{jeniffer.souza}@icompu.ufam.edu.br,

Abstract. *This study investigates how different media (paper and the Robomind digital environment) impact the performance of 8th and 9th-grade students in solving problems involving logical reasoning and abstraction. To this end, an exploratory study was conducted using an action research methodology and a qualitative and quantitative approach, in which students performed equivalent challenges in both media, accompanied by direct observation. The results indicate that there was better performance in the Robomind digital environment due to the immediate feedback and the possibility of testing and correcting the commands several times, which facilitated the construction of solutions, while in the paper environment, students had more difficulty interpreting the statements, planning the steps and structuring algorithms.*

Resumo. *Este trabalho investiga como diferentes suportes (papel e ambiente digital Robomind) impactam o desempenho de estudantes do 8º e 9º ano na resolução de problemas que envolvem raciocínio lógico e abstração. Para isso, foi conduzido um estudo exploratório, com metodologia de pesquisa-ação e abordagem qualitativa e quantitativa, no qual os estudantes realizaram desafios equivalentes em ambos os suportes, acompanhados de observação direta. Os resultados indicam que houve melhor desempenho no ambiente digital Robomind, devido ao feedback imediato e da possibilidade de testar e corrigir os comandos várias vezes, o que facilitou a construção das soluções, enquanto no papel os estudantes apresentaram mais dificuldades para interpretar os enunciados, planejar os passos e estruturar algoritmos.*

1. Introdução

Nos últimos anos, a inserção de tecnologia no processo de aprendizagem tem sido uma discussão recorrente em discussões sobre práticas pedagógicas [Rocha 2021], apontando para o desenvolvimento positivo dos estudantes na educação básica. No entanto, incorporar conceitos relacionados à computação vai além do uso de ferramentas tecnológicas, abrangendo também o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC), que é fundamental na formação dos estudantes [Papert 1980]. Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) nas competências gerais reforça a necessidade de promover

habilidades como raciocínio lógico e resolução de problemas, alinhando-se com os fundamentos de PC [Wing 2006].

Por outro lado, pesquisas indicam que lidar com programação é complexo, pois exige do estudante a capacidade de abstrair problemas [Robins 2019a]. Nesse processo, o uso de ferramentas de apoio, como ambientes de programação ou representações visuais, contribui para o desenvolvimento do raciocínio lógico e na formulação de soluções algorítmicas [da Silva et al. 2021]. No entanto, é necessário refletir sobre quais recursos utilizar em cada etapa da aprendizagem. Por exemplo, atividades que envolvem a criação de esquemas, como fluxogramas, favorecem a organização do pensamento e a compreensão do problema. A partir desse entendimento, o estudante consegue avançar para a escrita de códigos de forma mais estruturada [Carr 2020].

Para contornar as dificuldades enfrentadas por estudantes, como na interpretação de desafios, complexidade da questão ou excesso de informação, alguns pesquisadores têm investigado esse processo de facilitar o processamento da informação. No estudo discutido por Robins, Margulieux e Morrison [2019], é destacada a importância de compreender como fatores cognitivos, como carga cognitiva, atenção e memória, impactam o processo de aprendizagem da computação e da resolução de problemas. Essa perspectiva indica a necessidade de oferecer suportes que favoreçam a construção de raciocínios mais sólidos e estratégias eficientes na resolução de desafios em programação [Joyner et al. 2019, Melo et al. 2025].

Considerando a importância de identificar as diferentes estratégias adotadas pelos estudantes e, quando necessário, realizar intervenções para apoiar sua aprendizagem [Glassman et al. 2015], este trabalho apresenta um relato de experiência baseado em uma metodologia de pesquisa-ação. O objetivo é responder à seguinte questão de pesquisa (QP): “Como diferentes tipos de suporte (papel e ambiente digital) podem impactar o desempenho de estudantes do Ensino Fundamental na resolução de problemas que envolvem raciocínio lógico e abstração?”. O artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 o embasamento teórico e trabalhos relacionados sobre PC, processos cognitivos e estratégias de programação; na Seção 3 é apresentada a metodologia; na Seção 4 são descritos os resultados e análises; e na Seção 5, as considerações finais.

2. Referencial Teórico e Trabalhos Relacionados

O desenvolvimento de habilidades como abstração, raciocínio lógico e resolução de problemas está relacionado aos processos cognitivos que sustentam a aprendizagem, pois alguns fatores como carga cognitiva e atenção são importantes para o sucesso durante a aprendizagem de conceitos computacionais [Sweller 1988]. Compreender como os estudantes processam informações, lidam com a memória de trabalho e aplicam estratégias de resolução é fundamental para desenvolver práticas pedagógicas que facilitem no processo de construção do aprendizado [Mayer 2009]. Estudantes aprendem programação em ambientes analógicos e digitais por meio da construção de modelos mentais e do desenvolvimento de raciocínio lógico. Atividades em papel tendem a favorecer a reflexão e a abstração, pois reduzem distrações e a sobrecarga cognitiva associada à aprendizagem de novas sintaxes e estruturas computacionais [Robins 2019b]. Por outro lado, o ambiente digital oferece vantagens na experimentação e na visualização dinâmica dos resultados, promovendo o aprendizado por tentativa e erro, além de facilitar a compreensão

de comportamentos e paradigmas computacionais [Krishnamurthi and Fisler 2019].

A literatura sobre o aprendizado de programação e raciocínio lógico constata que o ambiente digital, além de oferecer interatividade, também modifica o processo de aprendizagem [Monteiro and Holanda 2023]. Autores como Resnick et al. [2009] destacam que ambientes digitais de programação, como o Scratch, favorecem o processo de aprendizagem ao proporcionar *feedback* imediato e incentivar a experimentação contínua. Esses ambientes permitem que os estudantes modifiquem e iterem suas soluções, o que contribui para reduzir a sobrecarga cognitiva e promover o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas.

Além disso, pesquisas recentes contribuem com essa análise ao investigar como tipos diferentes de suporte impactam o processo de aprendizagem. Em Cárdenas-Cobo et al. [2021], foi realizado um quase-experimento com estudantes universitários, para comparar grupos que aprenderam lógica utilizando Python e Scratch. Os resultados demonstraram que o grupo que utilizou Scratch apresentou melhor compreensão dos conceitos devido à natureza visual e com *feedback* imediato da ferramenta. De forma semelhante o estudo de Pengelley et al. [2024] apresenta uma revisão teórica sobre efeitos da carga cognitiva em atividades realizadas em computador e papel explicando que o meio de realização influencia diretamente os processos cognitivos.

Em contrapartida, suportes analógicos exigem um esforço cognitivo elevado, pois não oferecem retorno instantâneo, forçando o estudante a antecipar mentalmente os passos e possíveis erros [Mayer 2009]. A possibilidade de testar soluções, receber *feedback* visual e ajustar comandos sucessivamente permite um modelo de aprendizado baseado na experimentação. Esse processo permite que os estudantes desenvolvam habilidades de abstração de forma incremental [Grover and Pea 2013]. Essa diferença no processo em comparação ao suporte analógico pode impactar diretamente no desempenho e na percepção do estudante sobre a dificuldade da tarefa.

Diante disso, este trabalho busca analisar como os diferentes suportes (analógico e digital) impactam no desenvolvimento da abstração e do raciocínio lógico no contexto do Ensino Fundamental, a partir de uma aplicação prática em sala de aula, buscando compreender como influenciam diretamente tanto o desempenho quanto a percepção dos estudantes em um contexto educacional real.

3. Metodologia e Descrição do Estudo

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa, apresentando os objetivos da intervenção, a definição do público-alvo, os instrumentos e os procedimentos utilizados, bem como o planejamento da aplicação dos testes, a execução das atividades em suportes analógico e digital, e os critérios para análise dos dados.

O objetivo desta experiência foi analisar como diferentes suportes (analógico e digital) impactam o desempenho e as percepções de estudantes do Ensino Fundamental II (EFII) durante a resolução de problemas que exigem raciocínio lógico e abstração. Para isso, foi desenvolvida uma intervenção composta por duas atividades equivalentes, uma aplicada em papel e outra em ambiente digital, utilizando o software *Robomind*¹. A

¹Disponível em: <https://www.robomind.net/en/download.html>

proposta busca compreender o desempenho dos estudantes em cada tipo de suporte, bem como analisar de que modo o meio de realização influencia seus processos de resolução dos problemas para exercícios que envolvam raciocínio lógico.

3.1. Contexto da Pesquisa

O trabalho foi conduzido por um estudante de Licenciatura em Computação no âmbito da disciplina de “Estágio Supervisionado I” da Universidade do Estado do Amazonas. O estudante desenvolveu a pesquisa no Colégio Dom Bosco, instituição privada da rede salesiana. A escola está localizada em Manaus, Amazonas, e atende desde a Educação Infantil até o Ensino Médio. A seleção da escola ocorreu por conveniência, decorrente de um vínculo de estágio na instituição, o que viabilizou acesso, autorização e acompanhamento pedagógico em tempo hábil. A escolha das turmas ocorreu após uma pesquisa de campo, realizada por meio do acompanhamento das aulas, na qual foram identificadas dificuldades dos estudantes na resolução de problemas que exigem raciocínio lógico e habilidades de abstração. Diante desse diagnóstico, constatou-se a necessidade de uma intervenção pedagógica. Participaram da pesquisa quatro turmas, sendo duas do 8º ano (8ºA e 8ºB) e duas do 9º ano (9ºA e 9ºB), totalizando 98 estudantes, 59 estudantes do 8º ano e 39 do 9º ano. A faixa etária dos participantes variou entre 12 e 13 anos para o 8º ano e entre 13 e 14 anos para o 9º ano. Os estudantes já possuíam algum contato prévio com ambientes de programação, como o Scratch, utilizado em atividades da escola. Entretanto, não possuíam experiência anterior com o ambiente *Robomind*, que foi utilizado na aplicação digital da pesquisa.

3.2. Desenho da Intervenção

O estudo é de natureza exploratória, com abordagem qualitativa e quantitativa, estruturada sob os princípios da pesquisa-ação, pois envolve a aplicação de uma intervenção pedagógica, realizada no ambiente escolar, focando tanto a compreensão do ambiente escolar, quanto a reflexão sobre a prática.

O desenho da intervenção foi estruturado em três etapas sequenciais, permitindo a análise do desenvolvimento das habilidades de pensamento computacional, abstração e raciocínio lógico. A primeira etapa consistiu na aplicação de um teste diagnóstico de pensamento computacional, baseado em questões do Desafio Bebras Brasil. A segunda etapa foi composta por um teste específico de abstração, aplicado em papel, com foco na capacidade dos estudantes de realizar previsões de trajetórias e raciocínio espacial. Por fim, na terceira etapa, os estudantes realizaram um teste digital no *Robomind*, utilizando os mesmos desafios da etapa anterior, agora adaptados para o ambiente de programação, que oferece *feedback* visual e permite múltiplas tentativas.

Todas as atividades foram conduzidas em momentos distintos, com duração média de 50 minutos por aula, seguindo a mesma ordem para todas as turmas envolvidas (8ºA, 8ºB, 9ºA e 9ºB). A Figura 1 apresenta um resumo visual do fluxo da intervenção realizada.

Na etapa de **Teste Bebras** foram localizadas as provas referentes às avaliações do Pensamento Computacional (PC) no ano de 2024 no site² em sua 3ª edição. Após isso, baixou-se a prova da categoria *Cadets* (estudantes dos 8º e 9º anos EFII). Já na

²<https://www.bebasbrasil.com.br/provasanteriores>



Figura 1. Fluxo de intervenção.

etapa de **Teste Abstração (Papel)**, foi selecionado um conjunto de questões do site Bebras, cujos itens avaliativos envolviam previsões de trajetória e raciocínio espacial. Esses exercícios consistem na locomoção de objetos que se movimentam entre pontos de um mapa quadriculado, por exemplo, o caminho percorrido de A e B através de comandos pré-determinados (Figura 4(a)).

A terceira etapa, **Teste no Robomind**, foi realizada no laboratório de informática da escola, onde os estudantes utilizaram os computadores disponíveis. Os desafios foram disponibilizados em um documento separado, enquanto o software permanecia aberto para poderem resolver os exercícios. O documento³ apresenta o enunciado de cada desafio, contextualizado para que o personagem realize determinados movimentos, além da lista dos comandos permitidos, como *andarFrente*, *virarEsquerda*, *virarDireita*, *pegarDispositivo*, *repetir(n)*, *pintarBranco* e *pararPintar*. Também acompanha o material uma imagem contendo o mapa do ambiente, que serve para contextualizar e orientar os estudantes na execução das atividades.

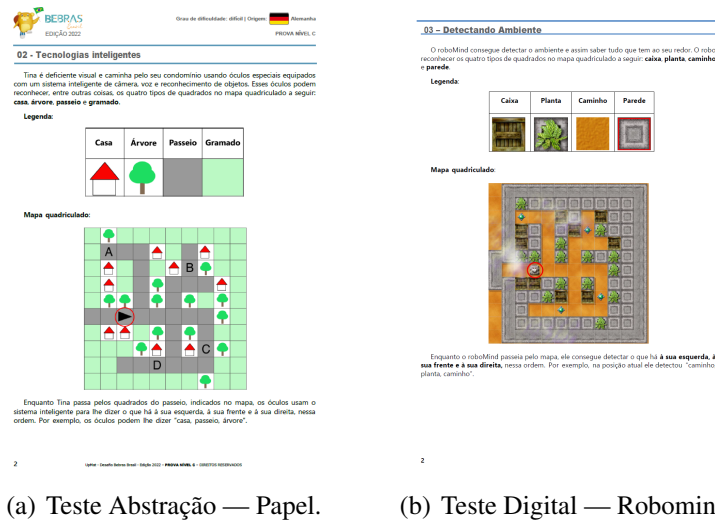
3.3. Materiais e Ferramentas

A definição dos materiais e ferramentas seguiu as seguintes etapas:

- **Planejamento da atividade:** antes da aplicação, foi realizado o planejamento. Após a definição dos objetivos, selecionaram-se as questões do teste de abstração a partir do banco de questões do Bebras. A escolha concentrou-se em desafios de previsão de trajetória. Já o teste no *Robomind* foi elaborado como uma adaptação direta dessas mesmas questões;
- **Desenvolvimento dos Materiais:** após a seleção de questões, foram desenvolvidos os seguintes materiais: i) Teste de Abstração em Papel, composto por cinco questões objetivas; ii) Teste Digital no *Robomind*, composto por três questões e adaptados para linguagem de programação visual, como ilustrado na Figura 2;
- **Ambiente e Recursos:** para a aplicação em papel, utilizou-se uma sala de aula equipada com um projetor para exibição dos enunciados. Para a aplicação digital, utilizou-se o laboratório de informática da escola, com computadores disponíveis e o software *Robomind* previamente instalado;
- **Instrumentos de Registro:** foram elaborados gabaritos impressos para os testes em papel e planilhas digitais no Google Planilhas para o registro dos dados coletados, incluindo acertos, erros e tempo de execução⁴.

³Teste Robomind - Link para o documento

⁴A planilha está disponível em: Google Planilhas.



(a) Teste Abstração — Papel.

(b) Teste Digital — Robomind.

Figura 2. Testes Elaborados.

3.4. Procedimentos de Aplicação

A aplicação da intervenção ocorreu no mês de junho de 2025, nas turmas do 8ºA, 8ºB, 9ºA e 9ºB do Ensino Fundamental. Cada turma participou de três sessões, com duração média de 50 minutos. Na primeira sessão, foi aplicado um teste de pensamento computacional em papel, composto por doze questões do Desafio Bebras Brasil. Na segunda, os estudantes realizaram um teste de abstração com cinco questões, também em papel, focado em previsão de trajetórias e raciocínio sequencial. A terceira sessão ocorreu no laboratório de informática, utilizando o ambiente Robomind, onde os estudantes resolveram três desafios equivalentes aos do teste anterior, agora programando e testando soluções no formato digital. Ao todo, foram realizadas doze sessões de aplicação, considerando três encontros para cada uma das quatro turmas. Durante esse processo, foram registradas algumas ausências, dos 59 estudantes do 8º ano, sete não participaram da atividade digital por ausência no dia da aplicação. No 9º ano, dos 39 estudantes, treze não realizaram o teste no *Robomind* pelo mesmo motivo.

Em todas as etapas, os dados foram registrados, e, para os testes em papel foram utilizados gabaritos impressos, enquanto na etapa digital os registros incluíram os códigos desenvolvidos pelos estudantes, os comandos utilizados, as tentativas realizadas e se obtiveram sucesso na execução da tarefa proposta. Posteriormente, todos os dados foram organizados em planilhas para análise dos resultados. A Figura 3 apresenta registros feitos durante a realização das sessões com os estudantes.

3.5. Instrumentos de Coleta de Dados

Para a análise dos resultados da intervenção, foram utilizados instrumentos de coleta de dados tanto para informações quantitativas, quanto qualitativas, permitindo uma melhor avaliação do desempenho e das percepções dos estudantes. O processo de avaliação incluiu a disponibilização de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Pais ou Responsáveis Legais, garantindo a confidencialidade e a ética da participação dos estudantes.

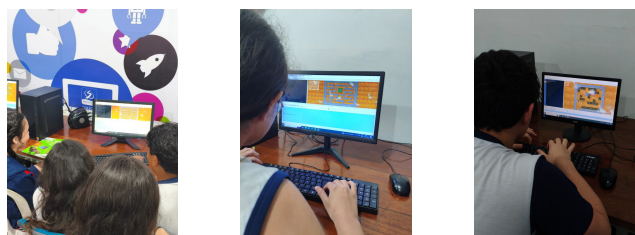


Figura 3. Registros da Aplicação.

No âmbito quantitativo, foram registrados os seguintes dados: i) O número de acertos e erros obtidos pelos estudantes nos testes aplicados, tanto no suporte analógico (papel), quanto no digital (Robomind), e ii) O tempo gasto na resolução das atividades em ambas as modalidades. No que se refere aos dados qualitativos, a coleta baseou-se em: (i) observações diretas realizadas durante a execução das atividades, considerando aspectos como o nível de engajamento dos estudantes, as (ii) estratégias adotadas para resolução dos desafios e (iii) como interagiam com os diferentes suportes.

3.6. Análise dos Dados

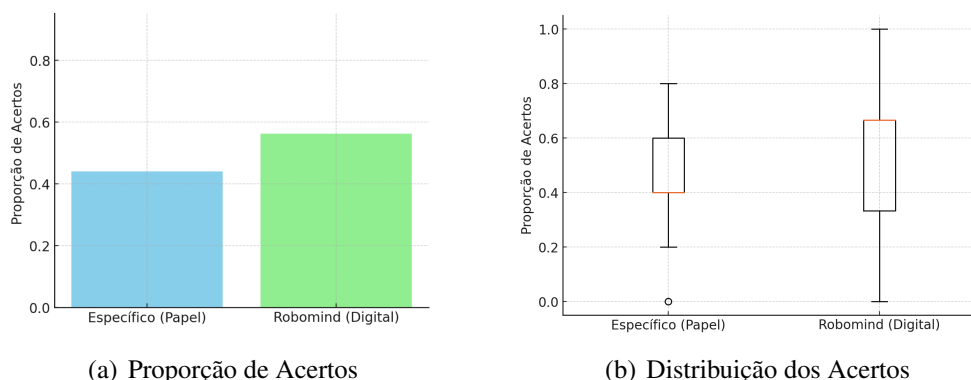
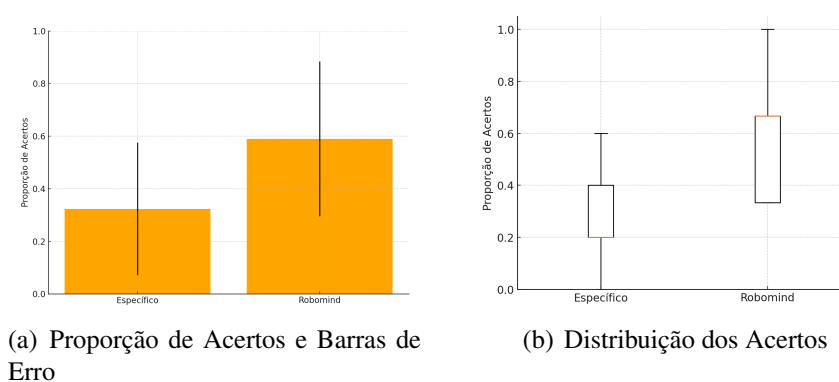
A análise dos dados obtidos na intervenção considerou a comparação dos desempenhos dos estudantes nas atividades realizadas em dois suportes: analógico (teste específico em papel) e digital (atividade no *Robomind*). A abordagem adotada foi quantitativa, com apoio de estatística descritiva com o teste estatístico *t de Student* para amostras pareadas, pois os mesmos estudantes participaram das duas atividades.

Para garantir a comparabilidade, os dados foram normalizados em função do total de questões de cada teste (cinco no teste específico e três no ambiente *Robomind*), convertendo os resultados em proporções de acertos.

Os dados do 8º ano evidenciam um desempenho médio de 44% de acertos no teste específico (papel) e de 56% no *Robomind* (digital). A aplicação do *t de Student* para amostras pareadas resultou em um valor de $t = 2,72$, com $p = 0,009$, sendo esse valor abaixo de 0,05, o que indica significância estatística, indica que há uma diferença estatisticamente significativa entre os desempenhos nos dois suportes, pois esse valor evidencia que o evento observado que constata melhor desempenho no *Robomind* não ocorreu por acaso. A Figura 4 ilustra as diferenças. O *boxplot* mostra uma maior concentração de acertos no Robomind, enquanto o gráfico de barras destaca visualmente a superioridade do desempenho médio no suporte digital.

De forma semelhante, no 9º ano, os resultados apontaram uma média de 32,3% de acertos no teste específico em papel e de 58,9% no ambiente *Robomind*. O teste *t de Student* apresentou um valor de $t = 3,81$ com $p = 0,0025$, valor abaixo de 0,05, novamente indicando uma diferença estatisticamente significativa a favor do suporte digital, conforme ilustrado na Figura 5.

Os gráficos do 9º ano mostram dispersão nos acertos no teste em papel, evidenciada pelas barras de erro mais longas e pela amplitude do *boxplot*. No *Robomind*, os resultados estão mais concentrados em proporções mais altas de acertos, com menores barras de erro e uma melhor distribuição.

**Figura 4. Desempenho 8º ano.****Figura 5. Desempenho 9º ano**

4. Resultados e Discussões

Em todas as turmas participantes, os resultados demonstram que os estudantes apresentaram melhor desempenho no ambiente digital *Robomind* em comparação ao teste em papel. Esse comportamento pode estar relacionado às características interativas do ambiente, que oferece *feedback* imediato ao executar código e a possibilidade de múltiplas tentativas, favorecendo processos de teste e ajuste durante a resolução dos problemas. Os testes estatísticos refletem um efeito consistente da mudança de suporte no desempenho dos estudantes em tarefas que envolvem habilidades de abstração.

No 8º ano, no teste inicial Bebras, a média de acertos foi de 4,18 de 12 questões (34,83%), e no teste de Abstração no Papel foi 2,19 de 5 (43,8%). No 9º ano, no Bebras foi de 2,69 (22,41%) e, no teste de papel, 1,94 (38,8%). Constatou-se que o teste de papel obteve um melhor resultado em comparação ao teste do Bebras. Um dos possíveis motivos para o desempenho no Bebras ter sido inferior foi a quantidade de questões (12) e a pressão temporal para finalizar a atividade em tempo hábil (50 minutos). Além disso, as questões eram distribuídas em níveis de dificuldade (fácil, médio e difícil). Já o teste em papel, com menor número de itens, apresentava um nível de dificuldade mais básico.

Dados obtidos durante o teste específico no papel, apresentados na Tabela 1 apresentam uma amostra de resoluções utilizando os comandos de Robomind. Por exemplo, verifica-se que no código 1 o estudante considerou uma resolução que não exige uma abstração de esquemas para laços de repetição, mas realiza mais esforço operacional ao

Tabela 1. Avaliação dos códigos e seus comandos utilizados.

4.1. Lições Aprendidas pelo aluno de licenciatura

Desenvolvimento da tomada de decisão: foi necessário revisar as estratégias criadas, principalmente diante de situações como dificuldades técnicas ou dúvidas. Isso

contribuiu para o desenvolvimento da capacidade de tomar decisões rápidas, aprimorando a prática como educador.

4.2. Desafios encontrados

No decorrer da aplicação, foram enfrentados alguns desafios, descritos abaixo:

Ausência e Descontinuidade: um desafio foi lidar com a ausência de alguns estudantes em uma das etapas, o que influenciou a análise dos dados e a condução de uma avaliação precisa.

Limitações Técnicas: apesar dos benefícios do ambiente digital, surgiram dificuldades relacionadas à infraestrutura, como falhas nos computadores, que frequentemente travavam, exigindo a interrupção das atividades, reinício dos testes ou, em alguns casos, a reinstalação do Robomind, o que demandou adaptações durante as aulas.

Dificuldades na Interpretação dos Enunciados: alguns estudantes apresentaram dificuldade na leitura e interpretação dos desafios, especialmente nos testes feitos em papel, o que demandou intervenções para esclarecer os enunciados sem comprometer o propósito da avaliação.

Validade e Generalização: por ter sido realizado em uma escola privada, os achados são indicativos e não conclusivos para realidades com recursos mais limitados; a efetividade precisa ser verificada em escolas com menor infraestrutura, sobretudo na rede pública. Para mitigar esse viés: (i) priorizamos atividades e recursos de baixo custo e melhor disponibilidade; e (ii) recomendamos replicações em escolas públicas com caracterização contextual equivalente, a fim de constatar os efeitos observados em diferentes cenários.

5. Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma intervenção, com foco na análise da influência de tipos diferentes de suporte (papel e digital) na resolução de desafios de abstração. A partir da aplicação, foi possível compreender os impactos que diferentes ambientes proporcionam no desempenho dos estudantes. Além disso, os resultados destacaram a importância do Robomind, no processo de resolução de problemas que envolvem a habilidade de abstração, evidenciando uma melhora estatisticamente significativa no desempenho dos estudantes nesse suporte. O estudo apresenta algumas limitações, como: i) curto período de intervenção, pois, pelo fato de se concentrar em atividades mais pontuais, não houve um acompanhamento contínuo, limitando a avaliação do desenvolvimento das habilidades do estudante a longo prazo; ii) as questões do Robomind foram inspiradas no teste de papel, o que pode influenciar quanto à facilidade de resolver os exercícios já vistos anteriormente.

Os resultados revelam implicações pedagógicas importantes, indicando que a escolha do suporte interfere nos processos cognitivos e na necessidade de avaliações alinhadas às habilidades dos estudantes, evitando sobrecarga causada por infraestrutura limitada ou enunciados complexos. Em trabalhos futuros pretende-se investigar de que forma diferentes suportes impactam a carga cognitiva em atividades de abstração, raciocínio lógico e esforço mental.

6. Agradecimentos

As pessoas autoras agradecem à Universidade do Estado do Amazonas pelo apoio institucional e à PROPESP - UEA pelo suporte financeiro. Agradecemos também aos colegas do ThinkTED Lab pelas contribuições e discussões que enriqueceram este trabalho.

Referências

- Cárdenas-Cobo, J., Puris, A., Novoa-Hernández, P., Parra-Jiménez, Á., Moreno-León, J., and Benavides, D. (2021). Using scratch to improve learning programming in college students: A positive experience from a non-weird country. *Electronics*, 10(10):1180.
- Carr, N. (2020). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. WW Norton & Company.
- da Silva, T. R., Barros, I. S., Sousa, L. K. D. S., Sá, A. L. D., Silva, A. F. M., Araujo, M. C. S., and da Silva Aranha, E. H. (2021). Um mapeamento sistemático sobre o ensino e aprendizagem de programação. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 19(1):156–165.
- Glassman, E. L., Scott, J., Singh, R., Guo, P. J., and Miller, R. C. (2015). Overcode: Visualizing variation in student solutions to programming problems at scale. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 22(2):1–35.
- Grover, S. and Pea, R. (2013). Computational thinking in k–12: A review of the state of the field. *Educational researcher*, 42(1):38–43.
- Joyner, D., Arrison, R., Ruksana, M., Salguero, E., Wang, Z., Wellington, B., and Yin, K. (2019). From clusters to content: Using code clustering for course improvement. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 780–786.
- Krishnamurthi, S. and Fisler, K. (2019). Programming paradigms and beyond. In Fincher, S. A. and Robins, A. V., editors, *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*, pages 377–423. Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Melo, R., Souza, T., Oliveira, E., Galvao, L., Pessoa, M., and Fernandes, D. (2025). Explorando o uso de llms para rotular estratégias de programação. In *Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP)*, pages 178–190. SBC.
- Monteiro, V. A. and Holanda, M. (2023). Pensamento computacional e scratch: Um relato de experiências com estudantes do ensino médio público no distrito federal. In *Anais do III Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 254–261. SBC.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, New York.
- Pengelly, J., Whipp, P. R., and Malpique, A. (2024). A testing load: a review of cognitive load in computer and paper-based learning and assessment. *Technology, Pedagogy and Education*, 34(1):1–17.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., et al. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11):60–67.

- Robins, A. V. (2019a). 12 novice programmers and introductory programming. *The Cambridge handbook of computing education research*, page 327.
- Robins, A. V. (2019b). Novice programmers and introductory programming. In Fincher, S. A. and Robins, A. V., editors, *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*, pages 327–376. Cambridge University Press.
- Rocha, M. S. A. (2021). A influência da tecnologia na educação. *Tecnologias e mídias digitais na educação: conceitos práticos e teóricos*, page 7.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2):257–285.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Commun. ACM*, 49(3):33–35.