

# Uma Proposta de Instrumento Avaliativo para Identificar Habilidades do Pensamento Computacional por meio da Computação Física

Almir de Oliveira Costa Junior, José Anglada Rivera

adjunior@uea.edu.br, jose.anglada@ifam.edu.br

Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET), Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Manaus, AM

## RESUMO

O Pensamento Computacional (PC) tem ganhado cada vez mais destaque em estudos nacionais, visto que a publicação de legislações específicas consolidam a Computação como Ciência Básica em nosso país. Diante disso, estudos corroboram com a ideia de que será necessário investir no desenvolvimento de estratégias educacionais e materiais didático-tecnológicos. Além disso, as diretrizes para a formação inicial de professores já sinalizam que o PC deve fazer parte do conjunto básico de habilidades a ser desenvolvida nos futuros professores. Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta de instrumento avaliativo (TPC-CF) para identificar evidências do desenvolvimento do Pensamento Computacional em acadêmicos de Licenciatura, por meio de atividades que envolvam a Computação Física. Os resultados obtidos durante o processo de validação do instrumento com acadêmicos de Licenciatura em Computação, apresentam evidências significativas de que a abordagem utilizada no teste pode se constituir como efetiva para essa finalidade.

## PALAVRAS-CHAVE

Pensamento Computacional, Computação Física, Instrumentos Avaliativos, Formação de Professores

## 1 INTRODUÇÃO

Com a publicação da Resolução N° 2 do CNE, de 20 de dezembro de 2019, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica no Brasil e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação), novas competências docentes foram propostas na perspectiva de que os futuros professores estejam habilitados a formar os indivíduos para a sociedade contemporânea.

Dentre elas, os licenciandos de todas as áreas de conhecimento devem ser capazes de possuir uma “*Compreensão básica dos fenômenos digitais e do Pensamento Computacional, bem como de suas implicações nos processos de ensino e aprendizagem na contemporaneidade*” [8].

Em se tratando especificamente do Pensamento Computacional (PC), há de se considerar ainda as legislações específicas sobre o ensino de Computação na Educação Básica no Brasil, como por

exemplo, as Normas sobre Computação na Educação Básica (NCEB) (Complemento à BNCC – Parecer CNE/CEB n° 2/2022) e a Lei N° 14.533, de 11 de janeiro de 2023, que instituiu a Política Nacional de Educação Digital (PNED). Nesse sentido, novos desafios e perspectivas do ponto de vista da Educação em Computação (EC) se apresentam em nosso país.

Quando analisamos o art. 3° da PNED, é possível observar que o eixo Educação Digital Escolar preconiza o “[...] estímulo ao letramento digital e informacional e à *aprendizagem de computação, de programação, de robótica* e de outras competências digitais” [vetado parcialmente - Mensagem Presidencial n° 32 de 2023]. Além disso, os incisos I e II do art. 3° reforçam ainda que para atingir este objetivo deverão ser desenvolvidas ações que envolvam as habilidades e competências relacionadas ao: “*I - Pensamento computacional (PC) [...] aplicação de fundamentos da computação para alavancar e aprimorar a aprendizagem e o pensamento criativo e crítico nas diversas áreas do conhecimento; e II - Mundo digital, que envolve a aprendizagem sobre hardware, como computadores, celulares e tablets [...]*” [34].

Diante desse contexto, estudos têm apontado diversos desafios para a implementação das NCEB na Educação Básica, dentre eles, estaria a necessidade de se repensar a formação inicial de professores [10–12, 22], para que eles sejam capazes de colocar em prática as habilidades propostas por esses documentos normativos. Nesse contexto, será necessário estabelecer estratégias educacionais, materiais didático-tecnológicos e instrumentos que possam mensurar o desenvolvimento das habilidades do PC nos acadêmicos de licenciatura [10–12, 22]. Sobre esse último aspecto, alguns estudos ponderam que pouco se sabe como medir as habilidades do PC e se faz necessário investir no desenvolvimento de instrumentos com essa finalidade [16, 37, 38, 45].

Considerando esse contexto dos desafios a serem enfrentados no desenvolvimento das habilidades do Pensamento Computacional na Educação Básica do Brasil, e por consequência, na formação inicial dos futuros professores, este artigo apresenta uma proposta de instrumento avaliativo (TPC-CF) para identificar evidências do desenvolvimento do Pensamento Computacional em acadêmicos de Licenciatura, por meio de atividades que envolvam a Computação Física. Para apresentar estes resultados, o artigo está organizado como segue. Os trabalhos relacionados são apresentados na Seção 2. A proposta de teste encontra-se descrita na Seção 3. Os resultados da validação são apresentados na seção 4. Por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 5.

Fica permitido ao(s) autor(es) ou a terceiros a reprodução ou distribuição, em parte ou no todo, do material extraído dessa obra, de forma verbatim, adaptada ou remixada, bem como a criação ou produção a partir do conteúdo dessa obra, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos os devidos créditos à criação original, sob os termos da licença CC BY-NC 4.0.

*EduComp'24, Abril 22-27, 2024, São Paulo, São Paulo, Brasil (On-line)*

© 2024 Copyright mantido pelo(s) autor(es). Direitos de publicação licenciados à Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

### 2.1 Sobre o Pensamento Computacional

Atualmente, existem diversas iniciativas pelo mundo com a proposta de inserir a Computação nos currículos das escolas. Em sua grande maioria, estes currículos defendem o Pensamento Computacional como um elemento fundamental no desenvolvimento de habilidades e competências computacionais [1, 2, 18, 24, 42].

Evidenciado por Janette Wing, o termo “Pensamento Computacional” se popularizou através de um artigo da autora publicado em uma revista muito influente no âmbito acadêmico da Computação (*Communications of the ACM*). No texto, ela argumentava e discutia a maneira que os cientistas da Computação pensavam sobre o mundo e que isto poderia ser útil para outros contextos [43].

Embora muitas pesquisas relatem que o PC estaria limitado a utilização de habilidades cognitivas (e metacognitivas) utilizadas pelos cientistas da Computação para resolver problemas [38], isso estaria de certo modo em contradição com a maioria das ideias de Seymour Papert. Embora ele não tenha definido claramente o que seria o PC, Papert advoga na maioria de seus estudos pelo uso efetivo do computador (fundamentos e tecnologias) para resolver problemas, pensando computacionalmente [37].

Nesse contexto, apesar do termo ter ganhado notoriedade por meio das publicações de Wing, pode-se verificar que as ideias do PC já eram evidenciadas por Seymour Papert no artigo “*Twenty things to do with a computer*”, contudo, não tinham sido descritas com este termo [31]. Mais tarde, Papert também utilizaria o termo “Pensamento Computacional” em seu livro “*Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*” [32], para reafirmar que os computadores em si, deveriam fazer parte do dia a dia das pessoas, com o propósito de resolver problemas diversos.

Ainda que existam múltiplas interpretações para o PC, tendo em vista que se trata de um conceito ainda em desenvolvimento e consolidação, Grover e Pea (2013) afirmam que a maioria dos pesquisadores e educadores tem chegado a um consenso de que os principais elementos amplamente aceitos como constituintes do PC, e que constituem a base da maioria dos currículos que visam apoiar o seu desenvolvimento, bem como, sua avaliação, consideram que ele deve envolver 9 elementos:

Abstrações e generalizações de padrões; Processamento sistemático de informações; Sistemas de símbolos e representações; Noções de controle de fluxo em algoritmos; Decomposição de problemas estruturados; Pensamento iterativo, recursivo e paralelo; lógica condicional; Eficiência e restrições de desempenho; Depuração e detecção sistemática de erros [20].

Por sua vez, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) em parceria com a *Computer Science Teachers Association* (CSTA), também propõem nove Experiências de Aprendizagem do Pensamento Computacional. Nelas, são descritas as principais habilidades que devem fazer parte de atividades que envolvam a resolução de problemas por meio do Pensamento Computacional:

Coleta de Dados; Análise de dados; Representação de dados; Decomposição do problema; Abstração; Algoritmos & Procedimentos; Automação; Simulação e Paralelização [14].

Ainda que não exista um consenso unificado sobre o conceito operacional do PC [16, 19, 37, 38, 40], assim como, um conjunto único de habilidades, pesquisas lideradas por instituições como a Code.Org [9], BBC Learning (2015) [3] e *Computer At School* [13], bem como, das pesquisas de Liukas (2015) [25] e Brackmann (2017) [4], sinalizam que o PC pode ser essencialmente constituído de quatro “pilares”: 1 – abstração, 2 – reconhecimento de padrões, 3 – decomposição e 4 – algoritmos.

Apesar das diversas características apresentadas anteriormente, estudos reconhecem que não existe uma ideia clara sobre como incorporar o PC nos sistemas educacionais em seus diferentes níveis de ensino [37]. Da mesma forma, existe uma enorme lacuna sobre como medir e avaliar o PC [16, 37, 38, 45]. Avaliar a sua aquisição de forma eficaz é importante para integração bem sucedida de currículos e demais iniciativas [21, 38].

### 2.2 Sobre a Computação Física

De acordo com alguns estudos, o termo Computação Física (CF) foi citado pela primeira vez em 2004 por O’Sullivan e Igoe, em sua obra intitulada “*Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*” [44].

De maneira geral, O’Sullivan e Igoe [29] a definem como sendo o processo de criação de uma “conversa” entre o mundo físico e o mundo virtual do computador. Ou seja, projetos que envolvam a CF, permitem utilizar entradas/saídas de sensores e atuadores para estabelecer uma comunicação com o mundo físico, principalmente se estes protótipos apresentam algum nível de interação com componentes eletrônicos de percepções visuais, sonoras e táteis [6, 15, 44].

Por estar baseada na utilização de conceitos abstratos (programação) e concretos (tangíveis), a CF pode favorecer a interatividade e a compreensão de vários conceitos da Computação [44]. Como exemplo, os indivíduos que a utilizem podem desenvolver uma compreensão mínima sobre o processamento de informações físicas, coletadas por meio de sensores e da ação de atuadores [7].

Além disso, Przybilla e Romeike (2017) preconizam que a tangibilidade pode ser considerada um aspecto extremamente importante, já que ela pode auxiliar na compreensão/relação do código-fonte e sua aplicação. Nesse sentido, algumas experiências têm corroborado com a ideia de que plataformas *open-source*, como o Arduino, podem propiciar ambientes de experimentação de baixo custo, envolvendo a programação e a prototipagem de componentes eletrônicos, sem a complexidade e/ou os níveis abstratos de compreensão [7, 17, 44].

## 3 A PROPOSTA DE TESTE

Nesta seção, são apresentados o contexto da proposta de teste, o objetivo, a estrutura, a organização, os instrumentos de validação e os resultados encontrados.

### 3.1 O Contexto da Proposta

Considerando a necessidade de se estabelecer instrumentos avaliativos que possam ser utilizados para medir o nível de desenvolvimento das habilidades do Pensamento Computacional das NCEB, apresentamos a seguir uma proposta de teste fundamentado em recursos da Computação Física.

Nosso Teste de Pensamento Computacional com Computação Física (a partir de agora, TPC-CF) é descrito e apresentado em um contexto da formação inicial de acadêmicos de licenciatura, já que estes deverão propiciar experiências engajadas com essas habilidades em suas futuras práticas docentes. Embora o teste tenha sido concebido em um contexto para a formação de professores, acreditamos que sua estrutura e finalidade poderá ser adaptada para contextos que envolvam alunos da Educação Básica.

Como inspiração, o teste foi elaborado a partir da proposta do Teste de Pensamento Computacional (TPC) de Román-Gonzalez, que propõe um instrumento para medir o nível de aptidão para o desenvolvimento do PC no indivíduo [37].

Román-Gonzalez propõe um teste composto por 28 questões, que visam abordar 7 conceitos computacionais: direções básicas (4 itens); Loops – ‘repetir x vezes’ (4 itens); Loops – ‘repetir até’ (4 itens); Condicional simples – ‘se’ (4 itens); Condicional composta – ‘se/senão’ (4 itens); Enquanto – ‘enquanto’ (4 itens) e Funções simples (4 itens) [37]. Sua proposta foi alinhada aos conceitos básicos estabelecidos pela CSTA para o ensino de Ciência da Computação para um público de 12 a 13 anos [39].

De maneira geral, as questões do TPC de Róman-Gonzalez são apresentadas em um dos dois ambientes gráficos ou interfaces: "O Labirinto"(23 itens) e "A Tela"(5 itens). Em relação ao estilo das alternativas de respostas, elas são apresentadas em um destes dois estilos: "Visual por setas"(8 itens) ou "Visual por blocos"(20 itens) [37]. Ou seja, o teste considera apenas representações visuais abstratas dos problemas lógicos que devem ser resolvidos.

No TPC-CF, consideramos além das representações visuais, os equipamentos de *hardware* que permitiriam visualizar as saídas de dados dos problemas lógicos propostos. Dessa forma, o teste é composto por 34 questões que envolvem representações de algoritmos, elaborados com o ambiente de programação em blocos PictoBlox e as prototipagens de circuitos eletrônicos com o Arduino, construídas a partir de modelagens no *software* Fritzing.

Nesse contexto, as 34 questões abordam essencialmente (mas não limitado à) os seguintes conceitos: algoritmos – sequência de passos; estruturas de repetição (sempre e repita); estruturas de seleção simples (SE) e composta (SE/SENÃO); entrada, processamento e saída de dados; funções simples; variáveis; lógica computacional; portas digitais/análogicas e prototipagem de circuitos. Estes conceitos foram definidos com base nas principais habilidades do eixo Pensamento Computacional das Normas sobre Computação na Educação Básica.

### 3.2 O Objetivo do Teste

De maneira geral, o teste tem como objetivo identificar o nível de desenvolvimento de habilidades do Pensamento Computacional por meio de atividades que envolvam a Computação Física.

Nessa perspectiva, o teste considera como definição mais ampla, que: *O Pensamento Computacional é a capacidade de formular e resolver problemas utilizando Conceitos e/ou Recursos Tecnológicos da Computação.*

- Os **Conceitos** podem estar fundamentados na utilização da sintaxe lógica das linguagens de programação, tais como: sequência de passos, estruturas de repetição, iterações, condicionais (estruturas de seleção), funções e variáveis.

- Os **Recursos Tecnológicos** podem envolver, mas não estão limitados a estes, as linguagens e ambientes de programação – *Softwares* e equipamentos de *Hardware* (Ex. Microcontroladores, sensores, atuadores, etc.).

Em nosso caso, o teste propõe uma abordagem para mensurar as habilidades do PC por meio do desenvolvimento de atividades que envolvam a criação de algoritmos utilizando uma linguagem de programação visual (em blocos), com o objetivo de manipular as interfaces de entrada e saída de dados de equipamentos de *hardware*, como o Arduino.

Ou seja, em nossa proposta de teste consideramos que o *Pensamento Computacional é a capacidade de formular e resolver problemas por meio da utilização da Computação Física.*

Tal estratégia é fundamentada na ideia de que por meio do desenvolvimento de atividades práticas envolvendo artefatos tangíveis, como é o caso da Computação Física, as habilidades cognitivas do Pensamento Computacional podem ser melhor experienciadas e evidenciadas. Ou seja, considerando que a Computação Física tem como principal fundamento a utilização de equipamentos de *hardware* como os microcontroladores, sensores e atuadores, a compreensão da relação entrada, processamento e saída de dados, pode ser um fator crucial para o entendimento da aplicação prática da sintaxe lógica das linguagens de programação.

De certo modo, essa abordagem do teste apresenta consonância com algumas das principais ideias da Máquina de Turing Universal (MTU). Para Turing, a MTU capta completamente o que significa realizar uma tarefa por meios algorítmicos. Isto é, se um algoritmo pode ser executado em qualquer peça de *hardware* (digamos, um computador pessoal moderno), então existe um algoritmo equivalente para uma Máquina de Turing Universal que executa exatamente a mesma tarefa que o algoritmo executado no computador pessoal [28].

Esta afirmação, conhecida como Tese de Church-Turing em homenagem a Turing e outro pioneiro da Ciência da Computação, Alonzo Church, afirma a equivalência entre o conceito físico de qual classe de algoritmos pode ser executada em algum dispositivo físico com o conceito matemático rigoroso de uma MTU.

Do ponto de vista prático em um cenário educacional, acreditamos que essa abordagem também apresenta singularidades com as pesquisas de Seymour Papert. Embora ele não tenha definido claramente o que seria o Pensamento Computacional (*Computational Thinking*) em sua obra "*Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*" [32], Papert preconizava claramente o uso efetivo do computador, não apenas as atividades cognitivas para resolver problemas concretos.

Isso pode claramente ser evidenciado por meio do seu Ambiente Logo, onde algoritmos deveriam ser elaborados para atingir um objetivo, cujo resultado poderia ser visualizado em forma de saída de dados, representada graficamente. Mais tarde, esse ambiente disponibilizaria uma maneira de se comunicar com o mundo físico por meio de artefatos robóticos. Para Papert esses artefatos se constituiriam como "*objetos com os quais raciocinar*" [30, 36]. Os fundamentos da utilização de artefatos dessa natureza na educação, baseiam-se justamente nas relações entre sujeito e instrumento físico [33].

### 3.3 A Estrutura e Organização do Teste

De maneira geral, as questões compartilham de uma estrutura básica composta de: i - Enunciado, ii - Prototipagem do circuito eletrônico e iii - Código básico de instruções. Em alguns casos, há questões que apresentam interfaces de entrada e saída de dados. Além disso, as alternativas das repostas apresentam no máximo 4 opções. A Tabela 1 apresenta um resumo da estrutura organizacional de cada uma das questões do teste.

**Tabela 1: Estrutura das questões do TPC-CF**

Estrutura da Questão	Questões	Total
Enunciado textual + Prototipagem do Circuito + Código Básico - Completar com a instrução que falta no código básico	3, 4, 17, 18, 24, 28, 29	7
Enunciado textual + Prototipagem do Circuito - Indicar o código básico	1, 14, 15, 25, 26	5
Enunciado textual + Código Básico - Indicar o erro na prototipagem do circuito	7, 8, 9, 10, 19, 20, 21, 22, 32, 33, 34	11
Enunciado textual + Prototipagem do circuito + Interface de entrada - Indicar o código básico ou a instrução errada no código básico	5, 6	2
Enunciado textual + Prototipagem do circuito - Indicar a instrução errada no código básico	2, 16, 23, 27	4
Enunciado textual + Prototipagem do circuito + Interface de entrada - Indicar o código básico	30	1
Enunciado textual + Prototipagem do circuito + Código Básico + Interface de entrada - Indicar a(s) função(s)	11	1
Enunciado textual + Prototipagem do circuito + Funções básicas - Indicar o código básico	12	1
Enunciado textual + Prototipagem do circuito + Interface de saída ou entrada + Código básico - Indicar a saída	13, 31	2

Em relação ao tipo de questão, elas foram elaboradas considerando 4 objetivos principais: Sequência de Passos, Conclusão, Depuração e Análise. A Tabela 2 apresenta o quantitativo de questões por tipo.

- **Sequência de Passos:** Estabelecer um conjunto ordenado e lógico de instruções para que o circuito execute o seu objetivo.
- **Conclusão:** Completar um conjunto incompleto de instruções, para permitir sua efetiva execução com base na modelagem do circuito.
- **Depuração:** Identificar instruções incorretas, bem como, erros na prototipagem do circuito.
- **Análise:** Realizar a análise do código e da prototipagem do circuito para identificar a saída de dados.

Levando em consideração as limitações de espaço neste artigo, apresentamos a seguir um exemplo de questão utilizado no TPC-CF. Nesse sentido, exemplificaremos utilizando a questão 29 para ilustrar o objetivo, a estrutura organizacional da questão, os recursos utilizados e os conceitos abordados. As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente um exemplo do contexto do enunciado da questão 29, bem como, as alternativas com as opções de repostas para essa

**Tabela 2: Distribuição das questões por tipo**

Tipo	Questões	Total
Sequência de Passos	1, 5, 14, 15, 25, 26, 30	7
Conclusão	3, 4, 11, 17, 18, 24, 28, 29	8
Depuração	2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 32, 33, 34	17
Análise	13, 31	2

questão. O teste completo pode ser acessado através deste link: <http://tinyurl.com/4amty92n>.

- **Objetivo da questão 29:** Identificar a instrução que está faltando no código básico, para permitir que o eixo do servomotor seja movimentado entre 0° a 180° graus no máximo 5 vezes, com um intervalo de 1 segundo entre cada uma das posições.
- **Conceitos da Computação Envolvidos:** Algoritmos (sequência de passos), estruturas de repetição, operadores relacionais e matemáticos (=, > e +), hardware - Portas Digitais (PWM), processamento e saída de dados.
- **Outros Conceitos:** Eletrônica básica, prototipagem de circuitos, atuadores - servomotor, geometria - ângulos e corrente contínua (CC).
- **Tipo de Questão:** Conclusão
- **Resposta:** Alternativa B

Além disso, a Tabela 3 apresenta um conjunto de habilidades do eixo Pensamento Computacional das Normas sobre Computação na Educação Básica (NCEB), que poderiam estar parcialmente ou totalmente envolvidas nessa questão. Embora a proposta de teste tenha sido validada com acadêmicos de Licenciatura em Computação, entendemos que essa correlação com as habilidades do PC nas NCEB, corrobora com a necessidade de propiciar à este profissional uma formação adequada e em consonância com aquilo que ele deverá desenvolver em seus futuros alunos na Educação Básica.

**Tabela 3: Habilidades associadas ao eixo PC nas NCEB**

Nível de Ensino	Código	Habilidade
6° ano	EF06CO02	Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação.
6° ano	EF06CO03	Descrever com precisão a solução de um problema, construindo o programa que implementa a solução descrita.
7° ano	EF07CO05	Criar algoritmos fazendo uso da decomposição e do reuso no processo de solução de forma colaborativa e cooperativa e automatizá-los usando uma linguagem de programação.

Ainda que o teste tenha como objetivo identificar evidências de habilidades do PC, acreditamos que ele também poderá se constituir como instrumento para mensurar o desenvolvimento da habilidade EM13CO16 da NCEB, que preconiza o "Desenvolvimento de projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores".

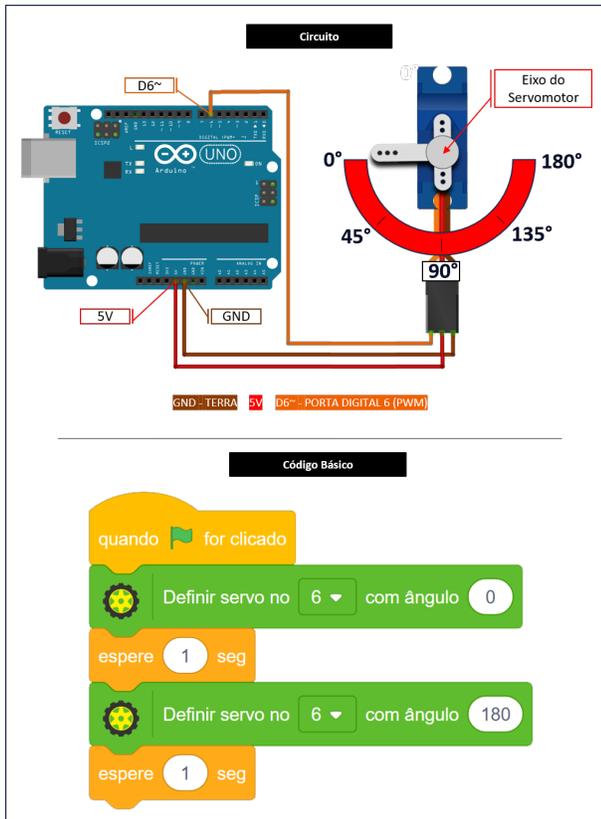


Figura 1: Contextualização do enunciado da questão 29

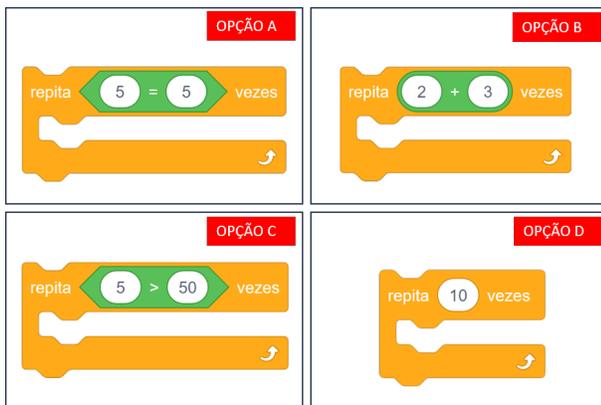


Figura 2: Alternativas de respostas da questão 29

## 4 A VALIDAÇÃO

Nesta seção são apresentados os principais resultados encontrados no processo de validação do TPC-CF. Nesse sentido, inicialmente são descritos o contexto desta validação, os instrumentos utilizados, e por fim, são elencados os principais resultados encontrados em cada uma das etapas de validação.

### 4.1 O Contexto

No processo de validação estiveram envolvidos 5 acadêmicos (3 homens e 2 mulheres) de Licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Durante o período de validação, eles possuíam idade entre 22 e 25 anos (idade média de 23,6 anos).

Estes avaliadores encontravam-se desperiodizados, ou seja, já haviam ultrapassado o tempo mínimo para concluir todas as disciplinas da estrutura curricular do curso. Além disso, durante a execução das etapas de validação, eles já haviam cursado a maior parte das disciplinas relacionadas a Computação (Tabela 4).

Tabela 4: Disciplinas cursadas pelos avaliadores

Disciplina	Avaliador				
	1	2	3	4	5
Introdução a Programação de Computadores	X	X	X	X	X
Introdução a Computação	X	X	X	X	X
Matemática Discreta	X	X	X	X	X
Programação de Computadores e Algoritmos	X	X	X	X	X
Fundamentos Teóricos da Computação	X	X	X	X	X
Projetos de Programas	X	X	X	X	X
Algoritmos e Estrutura de Dados I	X	X	X	X	X
Algoritmos e Estrutura de Dados II	X	X	X	-	X
Banco de Dados I	-	X	-	-	X
Modelagem e Projeto de Sistemas	X	X	X	X	X
Projeto e Análise de Algoritmos	-	X	-	-	X
Organização e Arquitetura de Computadores	X	X	X	X	X
Engenharia de Software	-	X	X	X	X
Interação Homem Computador	-	-	X	X	X
Sistemas Operacionais	X	X	X	X	X
Redes de Computadores	X	X	X	X	X

Por fim, destaca-se que os avaliadores já haviam cursado a disciplina de Tópicos Avançados em Informática e Educação. Por se tratar de uma disciplina com ementa "Aberta", o professor tem a liberdade de abordar temáticas atuais e que corroboram com a formação deste futuro profissional. Nesse sentido, ao cursarem esta disciplina os avaliadores puderam ter um contato mais aprofundado com as habilidades do Pensamento Computacional, fazendo o uso de atividades plugadas por meio da utilização do ambiente de programação em blocos PictoBlox e o microcontrolador Arduino. Dessa forma, por já terem vivenciado experiências com estas ferramentas, eles foram convidados a participar desse processo de validação da proposta de teste.

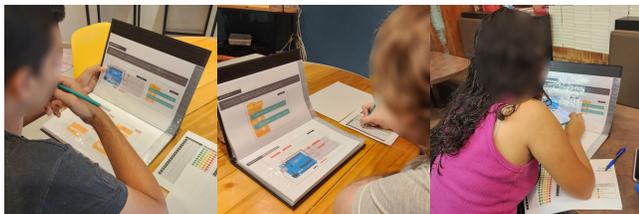
### 4.2 Os Instrumentos

Nesta seção são apresentadas as 3 etapas de validação do TPC-CF: i - Responder as questões do TPC-CF, ii - Responder um questionário para identificar os níveis de motivação diante do teste e iii - Responder o questionário para avaliar o objetivo e o propósito do TPC-CF.

4.2.1 A Aplicação do TPC-CF. Inicialmente, convidamos os avaliadores para responder as 34 questões do TPC-CF. Para isso, cada uma das questões foi impressa, dividida em duas partes: i - Enunciado e ii - Alternativas das respostas. Essa estratégia foi adotada na perspectiva de possibilitar uma melhor visualização das informações contidas em cada uma das questões.

Além disso, o teste foi organizado em uma pasta catálogo, para que o material pudesse ser melhor conservado e reaproveitado em

cada uma das aplicações. Destaca-se ainda que não foi estipulado um tempo mínimo e máximo para que eles respondessem à todas as questões. A Figura 3 apresenta alguns avaliadores respondendo as questões do teste.



**Figura 3: Avaliadores respondendo as questões do TPC-CF**

Para coletar as respostas foi elaborada e disponibilizada a cada um dos avaliadores uma folha de gabarito. Nela, eles deveriam indicar a alternativa que correspondia a sua resposta para cada uma das questões do teste. Além disso, eles deveriam indicar o nível de dificuldade que haviam encontrado em cada uma das questões. Tal dificuldade deveria levar em consideração uma escala de 1 (Muito Fácil) à 5 (Muito Difícil). A Tabela 5 apresenta uma síntese das respostas de cada um dos avaliadores para as 34 questões do teste e uma média da dificuldade informada por eles.

De maneira geral, o tempo médio de execução do teste por cada um dos avaliadores foi de 35,2 minutos (total de 176 minutos - soma de todos os avaliadores). Além disso, observa-se ainda que o tempo mínimo de execução do teste foi de 30 minutos e o máximo de 40.

**4.2.2 A Avaliação da Motivação.** Nesta segunda etapa os avaliadores foram convidados a responder um questionário com o objetivo de identificar aspectos relacionados a motivação diante da realização do TPC-CF.

De maneira geral, o questionário era composto por 36 questões e foram adaptadas e traduzidas do instrumento IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) [26]. Tal instrumento é baseado na utilização do modelo ARCS de Design Motivacional, cuja concepção é fundamentada em uma extensa revisão de literatura motivacional, que levou a um agrupamento de conceitos motivacionais organizados em quatro constructos: (A) atenção, (R) relevância, (C) confiança e (S) satisfação [23].

De acordo com Keller (2009), cada uma das quatro subescalas pode ser utilizada e pontuada de forma independente. Dessa maneira, a pontuação também poderá ser agrupada em uma escala total, o que poderia indicar o nível geral de motivação. O estudo ainda pondera que não existe uma escala predefinida para indicar um nível de pontuação baixa ou alta.

Embora o IMMS tenha sido concebido inicialmente para ser utilizado em ambientes que envolvam o uso de materiais instrucionais, as questões foram traduzidas e adaptadas para o contexto de aplicação do TPC-CF. Nesse sentido, na maioria das questões foram substituídos apenas o termo "Esta lição" por "O teste ou Este teste". Dessa forma, o objetivo da questão e o constructo a ser mensurado em cada uma delas se mantiveram inalterados com as adaptações realizadas. O conjunto de questões adaptadas pode ser encontrado neste link: <http://tinyurl.com/4amty92n>.

**Tabela 5: Resultados dos avaliadores no TPC-CF**

Questão	Avaliador					Média do Nível de Dificuldade
	1	2	3	4	5	
1	X	X	X	X	X	1
2	X	X	X	X	X	1,4
3	X	X	X	X	X	1
4	X	X	X	X	X	1
5	X	X	X	X	X	1,6
6	X	X	X	X	X	2,2
7	X	X	X	X	X	1,6
8	X	X	X	X	X	2,6
9	X	X	X	X	X	1,8
10	X	X	X	X	X	1,8
11	X	X	X	X	X	2,4
12	X	X	X	X	X	1,6
13	-	X	X	X	X	2
14	X	X	X	X	X	2,4
15	X	X	X	X	X	2
16	X	X	X	X	X	1,4
17	X	X	X	X	X	1,6
18	X	X	X	X	X	1,4
19	X	X	X	X	X	2,4
20	X	-	X	X	X	2
21	X	X	X	X	X	1,8
22	X	X	X	X	X	1,6
23	X	X	X	X	X	2,4
24	X	X	X	X	-	1,6
25	X	X	X	X	X	1,4
26	X	X	X	X	-	1,4
27	X	X	-	X	X	1,8
28	X	X	X	X	X	1,2
29	X	X	X	X	X	1,6
30	X	X	X	X	X	1,4
31	X	X	X	X	X	3,2
32	X	X	X	X	X	1,6
33	X	X	X	X	X	2,2
34	X	-	-	-	X	2
<b>Total de Acertos</b>	33	32	32	33	32	

Sobre a pontuação de cada uma das questões, as alternativas foram definidas utilizando uma escala de 1 a 5, onde cada item representa um nível de concordância que deveria ser escolhido pelo avaliador, de acordo com sua percepção em relação à questão diante do processo de execução do teste.

Nesse sentido, a escala representou respectivamente: 1 - Discordo Totalmente, 2 - Discordo Parcialmente, 3 - Nem Discordo, Nem Concordo, 4 - Concordo Parcialmente e 5 - Concordo Totalmente. Destaca-se ainda que a pontuação das questões 3, 7, 12, 15, 19, 22, 26, 29, 31 e 34, precisou ser recodificada antes da análise dos dados [26]. Dessa maneira, a pontuação final dessas questões deveria ser invertida e representar respectivamente: 1 = 5, 2 = 4, 4 = 2 e 5 = 1.

A análise dos resultados é baseada em uma perspectiva da descrição de variáveis ordinais, que foram organizadas e tabuladas em função da frequência de respostas para cada item das perguntas do questionário. A Tabela 6 apresenta a distribuição das questões em cada um dos 4 constructos do modelo ARCS.

Considerando que o questionário foi respondido por 5 avaliadores e que a pontuação máxima de uma questão seria 5 (Concordo totalmente), cada uma das questões poderia receber um total máximo de 25 pontos (5 x 5). Dessa forma, a quantidade total de questões

**Tabela 6: Distribuição das questões no Modelo ARCS**

Constructo	Questões	T. Questões
Atenção (A)	2, 8, 11, 12, 15, 17, 20, 22, 24, 28, 29, 31	12
Relevância (R)	6, 9, 10, 16, 18, 23, 26, 30, 33	9
Confiança (C)	1, 3, 4, 7, 13, 19, 25, 34, 35	9
Satisfação (S)	5, 14, 21, 27, 32, 36	6

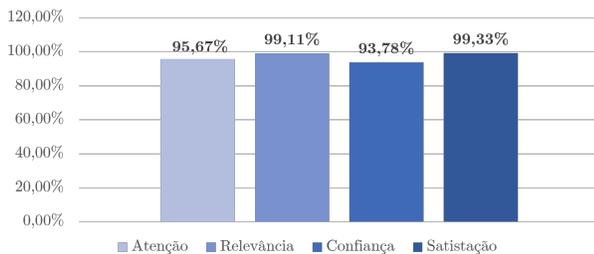
para cada um dos constructos (conforme Tabela 6) foi multiplicada pelo total máximo de pontos em cada uma das questões. A Tabela 7 apresenta um resumo da pontuação máxima atingida em cada um dos constructos e a diferença em relação ao máximo de pontos que poderia ser alcançado.

**Tabela 7: Resultados da aplicação do IMMS**

	Atenção	Relevância	Confiança	Satisfação
T. Alcançado	287	223	211	149
Diferença	13	2	14	1
Total Ideal	300	225	225	150

**Tabela 8: Resultados em Porcentagem - IMMS**

Atenção	Relevância	Confiança	Satisfação	Motivação Total
95,67%	99,11%	93,78%	99,33%	96,97%



**Figura 4: Porcentagem alcançada nos constructos do IMMS**

Na perspectiva de apresentar uma melhor visualização dos resultados, a Tabela 8 e a Figura 4 apresentam os dados em termos de porcentagem em relação ao total ideal para cada um dos constructos.

**4.2.3 A Avaliação do Objetivo do TPC-CF.** Nessa etapa os avaliadores foram convidados a preencher um questionário contendo 35 perguntas. Tal instrumento tinha como objetivo principal coletar informações a respeito da percepção dos avaliadores em relação ao objetivo, conceitos abordados, organização das questões, recursos textuais e visuais, bem como, a utilização do teste em outros contextos educacionais. Além disso, foram coletadas informações na perspectiva de caracterizar o perfil dos avaliadores (P1, P2, P3 e P4). O conjunto de questões utilizadas neste questionário pode ser encontrado neste link: <http://tinyurl.com/4amty92n>.

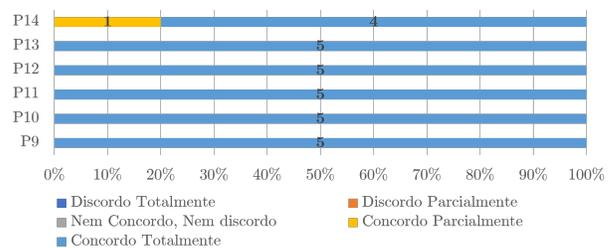
As questões foram elaboradas especificamente para esta etapa da avaliação. Em relação ao tipo, haviam questões discursivas (P2, P8, P18A, P19A, P20, P21, P27A, P28A, P34 e P35A), múltipla escolha (P1, P3, P5, P6, P7, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33 e P35) - algumas com alternativas graduadas em uma escala *likert* de 5 pontos ou dois pontos (sim ou não) e caixas de seleção (P4) - onde eles poderiam assinalar mais de uma alternativa.

Inicialmente perguntamos aos avaliadores se eles já haviam desenvolvido atividades em ambientes de programação em blocos (P5), com o microcontrolador Arduino (P6) e atividades de integração dessas duas ferramentas (P7). Em ambos os casos, todos os avaliadores (100%) afirmaram já terem desenvolvido algum tipo de atividade com esses recursos.

Em seguida, solicitamos que os avaliadores apresentassem com suas palavras uma descrição sobre o conceito de Pensamento Computacional (P8). Observa-se que a grande maioria relaciona o PC com habilidades da Computação para resolver problemas. A Tabela 9 apresenta uma síntese das definições apresentadas por cada um deles.

**Tabela 9: Respostas dos avaliadores para a pergunta 8**

Avaliador	Resposta
1	Fazer o uso de técnicas e conceitos da área da Computação para a resolução de problemas.
2	Resolver problemas utilizando conceitos da Computação.
3	Pensamento Computacional é a maneira de integrar estratégias computacionais em atividades, sejam elas cotidianas ou mesmo educacionais. Através dessas estratégias que compõem os pilares, é possível desenvolver habilidades de abstração, raciocínio lógico e computacional nos alunos.
4	É saber lidar com as coisas de maneira mais eficaz, como por exemplo, caso tenhamos um determinado problema, podemos separá-lo em problemas menores para que a resolução do mesmo seja mais rápida e eficiente.
5	Uma metodologia para resolução de Problemas, utilizando os 4 pilares: algoritmo, decomposição, reconhecimento de padrões e abstração.



**Figura 5: Respostas P9, P10, P11, P12, P13 e P14**

Na perspectiva de ampliar o diagnóstico sobre o que os avaliadores entendiam como conceito de Pensamento Computacional, apresentamos a eles uma possível definição de Jannette Wing para este conceito (P9), na tentativa de corroborar com o que haviam escrito anteriormente.

Nesse sentido, apresentamos a seguinte definição: "O Pensamento Computacional é uma abordagem para solucionar problemas diversos utilizando conceitos da Ciência da Computação"[43]. Os dados sintetizam que 100% dos avaliadores afirmaram concordar totalmente com esta definição (Fig. 5).

Na segunda parte do questionário, perguntamos aos avaliadores se eles acreditavam se atividades que envolvessem a criação de algoritmos em ambientes de programação em blocos (Ex. Scratch, PictoBlox), poderiam favorecer o desenvolvimento de habilidades das NCEB (como por exemplo, as do Pensamento Computacional) nas escolas de Educação Básica no Brasil (P10). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa questão (Fig. 5).

Na sequência, considerando que o Arduino é uma plataforma de prototipagem de circuitos acessível e de baixo custo, questionamos aos avaliadores se eles acreditavam que esta ferramenta poderia ser utilizada para auxiliar no desenvolvimento das habilidades das NCEB (como por exemplo, as do Pensamento Computacional) na Educação Básica brasileira (P11). 100% dos avaliadores concordaram totalmente (Fig. 5).

Também perguntamos a eles se a utilização de atividades de ensino e aprendizagem na Educação Básica, que envolvam a construção de projetos utilizando Arduino, poderia facilitar a compreensão de conceitos abstratos da Computação (como por exemplo, a programação) (P12). 100% dos avaliadores também concordaram totalmente com essa questão (Fig. 5).

Em seguida, os avaliadores foram questionados se eles acreditavam que o desenvolvimento de atividades que envolvam a criação de algoritmos em ambientes de programação em blocos, para controlar saídas e entradas das portas digitais e analógicas de um microcontrolador, poderia auxiliar na compreensão e no desenvolvimento de habilidades do Pensamento Computacional (P13). Do mesmo modo, 100% dos avaliadores afirmaram concordar totalmente com essa questão (Fig. 5).

No segundo bloco de perguntas do questionário, perguntamos aos avaliadores se os objetivos das questões eram claros e precisos, possibilitando um entendimento do que deveria ser alcançando em cada uma das questões do teste (P14). 80% afirmaram concordar totalmente e 20% concordou parcialmente (Fig. 6).

Em relação aos enunciados das questões, questionamos aos avaliadores se eles acreditavam que as informações contidas neles eram suficientes para compreender o objetivo de cada uma das questões (P15). 60% concordou totalmente, 20% concordou parcialmente e 20% não concordou e nem discordou de tal afirmação (Fig. 6).

Considerando que os avaliadores possuíam conhecimentos básicos relacionados aos conceitos abordados no teste, perguntamos se eles acreditavam que as questões poderiam se constituir como uma forma (não exclusiva) de identificar a compreensão do indivíduo sobre os conceitos abordados (P16). 60% concordaram totalmente e 40% concordaram parcialmente com essa questão (Fig. 6).

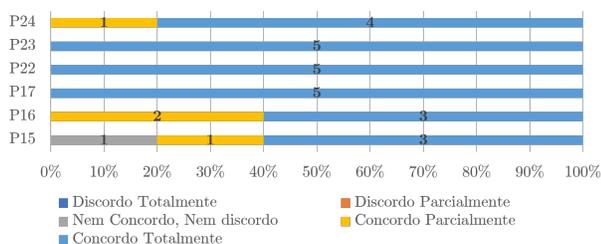


Figura 6: Respostas P15, P16, P17, P22, P23 e P24

Além disso, perguntamos se os tipos de questões e os recursos utilizados em cada uma das delas permitiria verificar se os indivíduos apresentariam habilidades relacionadas aos conceitos abordados (P17). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 6).

No que diz respeito aos objetivos das questões, perguntamos aos avaliadores se eles haviam encontrado alguma dificuldade em relação a isso (P18). 80% deles afirmaram não ter encontrado nenhuma dificuldade e 20% disse que sim. Neste caso, solicitamos que eles apresentassem quais dificuldades foram estas (P18A). Um dos avaliadores ponderou que "o enunciado de algumas Questões poderiam ser reescritos para facilitar o entendimento da questão".

Em seguida, perguntamos se eles teriam alguma sugestão de melhoria em relação ao objetivo das questões ou em relação aos conceitos abordados (P19). 60% não reportaram nenhuma sugestão de melhoria. Outros 40% sugeriram "Melhor contextualização dos problemas, destaque no que a questão quer (se deseja a opção correta ou incorreta)" e "Tornar as questões mais claras em relação ao que se pergunta" (P19A).

Na sequência, resgatamos e apresentamos duas questões do teste (Nº 6 e 31) na perspectiva de que eles pudessem se posicionar e indicar que conceitos e habilidades da Computação ou não, estariam envolvidas em ambas as questões. As Tabelas 10 e 11 apresentam uma síntese do que foi informado pelos avaliadores nas perguntas 20 e 21, relacionadas respectivamente as questões Nº 6 e 31 do TPC-CF.

Tabela 10: Respostas dos avaliadores para a pergunta 20

Avaliador	Resposta
1	Computação: Conceito: loop - Habilidade: saber como funciona um loop; Conceito: operadores lógicos - Habilidade: Como utilizar operações lógicas; Conceito: Condicionais - Habilidade: como utilizar estruturas condicionais; Conceito: Variável - Habilidade: como funciona uma variável. Física: Conceito: circuito eletrônico - Habilidade: saber como funciona um circuito simples de um LED.
2	Computação: Conceito de reconhecimento de padrões, sincronização entre parte física e lógica.
3	Computação: Lógica de programação. Física: Circuito eletrônico.
4	Computação: os conceitos da linguagem de programação. Física: os conceitos de robótica.
5	Computação: Conceito: Pensamento computacional, Algoritmos. Física: Eletrônica básica.

Tabela 11: Respostas dos avaliadores para a pergunta 21

Avaliador	Resposta
1	Computação: Conceito: loop - Habilidade: saber como funciona um loop; Conceito: Variável - Habilidade: como manipular variáveis. Física: Conceito: Circuito eletrônico - Habilidade: como fazer a ligação de um servomotor; Conceito: ângulo - Habilidade: saber trabalhar com ângulos.
2	Física: Conceito de ângulos. Computação: Conceitos de lógica. Matemática: Operações básicas
3	Computação: lógica. Matemática: ângulo, operações básicas).
4	Computação: programação em blocos. Física: aplicações do uso de motores, montagem de circuitos eletrônicos com Arduino e servomotor.
5	Computação: Pensamento Computacional, Algoritmos. Física: Noção Espacial.

Apresentamos novamente a questão Nº 5 do teste e perguntamos (P22) aos avaliadores se por meio dessa questão seria possível verificar/mapear o desenvolvimento da seguinte habilidade: "EF06CO02 - Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição

e de seleção usando uma linguagem de programação"[27]. 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 6).

No mesmo contexto da questão N° 5, perguntamos (P23) aos avaliadores se por meio dessa questão seria possível verificar/mapear o desenvolvimento da seguinte habilidade: "EF06CO05 - Identificar os recursos ou insumos necessários (entradas) para a resolução de problemas, bem como os resultados esperados (saídas), determinando os respectivos tipos de dados, e estabelecendo a definição de problema como uma relação entre entrada e saída [27]. Da mesma forma que na pergunta anterior, 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 6).

No terceiro bloco de perguntas, os avaliadores foram questionados se a organização do conteúdo de cada uma das questões estava cuidadosamente organizado, permitindo uma leitura fluida e objetiva (P24). 80% concordaram totalmente e 20% concordou parcialmente (Fig. 6).

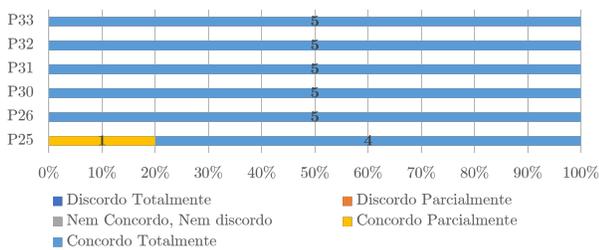


Figura 7: Respostas P25, P26, P30, P31, P32 e P33

Considerando os textos e ilustrações de cada uma das questões, perguntamos aos avaliadores se eles acreditavam que a formatação dos textos, o tamanho e a disposição das imagens, possibilitaram um entendimento rápido e preciso (P25). 80% concordaram totalmente e 20% concordou parcialmente (Fig. 7).

Além disso, considerando os recursos (Textos e Imagens) disponíveis em cada uma das questões, questionamos aos avaliadores se eles eram suficientes para compreender a questão e atingir o objetivo (P26). 100% deles concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 7).

Perguntamos aos avaliadores se durante a realização do teste, eles haviam encontrado alguma dificuldade em relação a organização do conteúdo, bem como, dos recursos (Textos e Imagens) disponíveis em cada uma das questões (P27). 60% afirma não ter encontrado nenhuma dificuldade e 20% disseram que sim. Nesse último caso, dois avaliadores ponderaram dificuldades em relação a "Fonte utilizada nas perguntas"(P27A).

Na pergunta 28, os avaliadores foram solicitados a informar se gostariam de sugerir alguma melhoria em relação a organização do conteúdo, bem como, dos recursos (Textos e Imagens) disponíveis em cada uma das questões. 60% afirmou não ter nenhuma sugestão de melhoria e 20% disseram que sim. Nesse último caso, um dos avaliadores apontou "Outra fonte para as questões" e o segundo avaliador sugeriu "Alterar o fundo e a cor dos caracteres das questões, para uma fácil visualização e alinhar melhor as imagens de algumas alternativas das questões"(P28A).

No quarto e último bloco de questões, os avaliadores foram questionados se este tipo de teste poderia ser replicado em outros contextos educacionais, envolvendo públicos diversificados (P29). 100% afirmaram que sim, desde que os indivíduos a serem avaliados tenham participado de atividades com estes recursos antes da aplicação do teste.

Na sequência, perguntamos a eles se o tipo de questão utilizado no teste poderia ser adaptado para aplicações de experiências que envolvessem alunos da Educação Básica (Ensino Fundamental e Ensino Médio) (P30). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 7).

Levando em consideração os acadêmicos de outros cursos de licenciatura, como por exemplo: Lic. em Física, Lic. Matemática, etc., questionamos aos avaliadores se eles acreditavam que este tipo de teste poderia ser utilizado para identificar o desenvolvimento de habilidades do Pensamento Computacional nesses indivíduos (P31). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa questão (Fig. 7).

Considerando que o teste tem como objetivo identificar habilidades que podem ser desenvolvidas em atividades de ensino e aprendizagem que envolvam a construção de algoritmos em ambientes de programação em blocos e sua devida relação com microcontroladores, perguntamos aos avaliadores se eles acreditavam que este teste poderia se constituir como um exemplo de instrumento avaliativo para que os futuros professores possam utilizá-lo em suas futuras práticas em sala de aula (P32). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa afirmação (Fig. 7).

Tabela 12: Respostas dos avaliadores para a pergunta 34

Avaliador	Resposta
1	Etapa 1 - Apresentar os conceitos da Computação. Etapa 2 - Fazer atividades básicas que utilizem os conceitos da Computação. Etapa 3 - Realizar atividades que relacionem os conceitos apresentados com seu respectivo curso. Etapa 4. Fazer o teste.
2	Etapa 1 - Introdução à lógica da programação. Etapa 2 - Primeiro contato com o Scratch/Pictoblox. Etapa 3 - Conhecimento sobre o Arduino e seus componentes. Etapa 4 - Realizar o teste
3	Etapa 01 - Apresentar o PC e a programação. Etapa 02 - Apresentar o ambiente de programação. Etapa 03: funcionamento do Arduino. Etapa 04 - Fazer o teste.
4	Etapa 1: Avaliação diagnóstica. Etapa 2: preparar a aula de acordo com o resultado da avaliação dos alunos. Etapa 3: Apresentar os conceitos e ensinar a parte prática. Etapa 4: Aplicar o teste.
5	Etapa 1 - Apresentar os conceitos de programação. Etapa 2 - Ensinar sobre as ferramentas. Etapa 3 - Aplicar o teste.

Do ponto de vista da formação inicial dos avaliadores, perguntamos se eles consideravam que este tipo de teste poderia ser utilizado em suas práticas docentes (P33). 100% dos avaliadores concordaram totalmente com essa questão (Fig. 7).

Na perspectiva de compreender como eles imaginariam a replicação do TPC-CF, solicitamos que eles considerassem a aplicação desse instrumento com acadêmicos de outros cursos de licenciatura, como por exemplo, a Licenciatura em Física. Na sequência, perguntamos que requisitos ou etapas eles acreditavam que seriam necessárias serem cumpridas, antes que o teste fosse aplicado com este público (P34). A Tabela 12 apresenta uma síntese das respostas fornecidas pelos avaliadores para essa questão.

Por fim, perguntamos se de maneira geral eles teriam sugestões de adaptações e/ou melhorias para serem realizadas no teste (P35). 80% não apresentaram nenhuma sugestão e 20% disseram

que sim. Neste último caso, um dos avaliadores sugeriu "*melhorar a visibilidade e divisão das questões no gabarito*"(P35A).

### 4.3 Os Resultados e Discussões do Processo de Validação

**4.3.1 Da aplicação do TPC-CF.** De maneira geral, observa-se que os avaliadores obtiveram uma média geral de 32,2 acertos no TPC-CF. Ou seja, isso reflete em uma taxa global de 94,71% de aproveitamento diante das questões do teste. De certo modo, essa alta taxa de acertos já poderia ser esperada, considerando que os avaliadores já haviam participando de atividades envolvendo os principais recursos tecnológicos (PictoBlox e Arduino) utilizados nas questões do teste.

Além disso, há de se considerar que eles já haviam cursado diversas disciplinas da Computação, o que poderia ajudá-los a superar com maior facilidade cada um dos desafios propostos no teste. Ou seja, suas aprendizagens anteriores, no que diz respeito as sintaxes lógica das linguagens de programação, podem ter influenciado fortemente para o sucesso diante do teste.

Em relação aos erros cometidos, não foi possível observar uma diversidade de padrões nas questões envolvidas. Com exceção da questão 34, onde 3 avaliadores não conseguiram indicar a alternativa correta. Diante disso, revisamos a questão a fim de mapear possíveis problemas em seu enunciado ou nas alternativas, e não foram identificados problemas que pudessem levá-los ao erro. Dessa forma, acreditamos que tal padrão pode estar associado a uma falta de atenção e ao cansaço, já que se tratava da última questão do teste. Por fim, em relação às questões 13, 20, 24, 26 e 27, onde foram identificados 1 erro em cada uma delas, também revisamos as questões e não foram identificados problemas em sua estrutura e objetivo.

**4.3.2 Do Teste de Motivação.** De maneira geral, o instrumento utilizado evidenciou uma motivação total de 96,97% (Tabela 7). Observa-se que o constructo "Satisfação" foi o que obteve o maior índice registrado, com um total de 99,33%. Em contrapartida, o constructo "Confiança" apresentou uma taxa de 93,78%, sendo esse o menor índice mensurado dentre os constructos do teste de motivação.

Embora o IMMS tenha sido concebido para ser utilizado em aplicações práticas que envolvam um tipo de material educacional específico, acreditamos que os dados obtidos corroboram com a ideia de que as adaptações realizadas para mensurar o nível de motivação dos avaliadores diante do teste puderam capturar a essência de cada um dos constructos envolvidos. Nesse sentido, não foram identificadas nenhuma dificuldade em relação ao seu objetivo, bem como, a operacionalização do instrumento e nos resultados encontrados.

Contudo, embora não tenham sido identificados problemas na aplicação desse instrumento, consideramos que ele precisa ser utilizado com cautela, uma vez que a coleta de dados é baseada na percepção momentânea do avaliador. Ou seja, de acordo com Song e Keller (2001), "o uso de métodos de autorrelato para medir a motivação é limitado, pois tais métodos exigem que os indivíduos avaliados indiquem seu nível de motivação percebido, que pode ter sido diferente de sua quantidade real de esforço — uma medida mais precisa do comportamento motivacional" [41].

**4.3.3 Do Objetivo do Teste.** De maneira geral, os dados coletados através do questionário sobre o objetivo do TPC-CF revelam que os tipos de questões e os recursos utilizados em cada uma delas, possibilitariam identificar nos indivíduos habilidades relacionadas aos conceitos abordados. Nesse sentido, não foram identificados problemas significativos em relação ao objetivo das questões, bem como, os recursos utilizados em cada uma delas.

Em relação as sugestões de melhoria, alguns dos avaliadores sugeriram que as questões fossem melhor contextualizadas e mais explícitas no que se pedia na questão. Além disso, alguns deles relataram terem sentido dificuldade em realizar a leitura dos enunciados e sugeriram que a fonte utilizada fosse alterada. De certo modo, tal dificuldade foi ocasionada pela qualidade da impressão das questões, já que no arquivo digital não foi possível identificar este problema no estilo da fonte utilizada.

Finalmente, em relação à proposta do TPC-CF, todos os avaliadores foram enfáticos ao afirmar que esse instrumento avaliativo pode se constituir como uma alternativa concreta para mensurar as habilidades do Pensamento Computacional. Os dados revelam que os avaliadores acreditam que tal instrumento pode ser utilizado em outros cursos de licenciatura, desde que haja um contato prévio com as ferramentas abordadas. Além disso, eles também sinalizam que o tipo de questão utilizado no teste poderia ser facilmente adaptado para contextos que envolvam alunos da Educação Básica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos nas análises preliminares da validação do TPC-CF, acreditamos que esse instrumento se apresenta como uma alternativa eficaz e objetiva para mensurar habilidades do Pensamento Computacional por meio de atividades que envolvam a Computação Física.

Ainda que o TPC-CF tenha sido validado em um contexto da formação inicial de acadêmicos de licenciatura em Computação, acreditamos que ele poderá ser adaptado para ser utilizado em atividades de ensino e aprendizagem que envolvam acadêmicos de licenciatura de outras áreas de conhecimento. Ou seja, o TPC-CF apresenta-se como uma das ferramentas que poderá mediar o processo de desenvolvimento das habilidades do PC nos futuros professores. Nesse sentido, por estar baseado na utilização de recursos gratuitos e/ou de baixo custo, ele poderá ser adaptado facilmente para atender os diferentes contextos formativos dos cursos de licenciatura.

Para além da formação de professores, os dados obtidos no processo de validação corroboram com a ideia de que o instrumento proposto também poderá ser adaptado para contextos educacionais que envolvam alunos da educação básica.

Como trabalhos futuros, espera-se utilizar as aprendizagens deste processo de elaboração e validação para aperfeiçoar o TPC-CF. Nesse sentido, pretende-se realizar intervenções formativas com os recursos utilizados no teste, envolvendo acadêmicos de licenciatura de outros cursos, como, por exemplo, Licenciatura em Física, para aplicar e revalidar o TPC-CF.

## REFERÊNCIAS

- [1] Daiane Andrade, Tainã Carvalho, Jayne Silveira, Simone Cavalheiro, Luciana Foss, Ana Marilza Fleischmann, Marilton Aguiar, and Renata Reiser. 2013. Proposta de atividades para o desenvolvimento do pensamento computacional no ensino

- fundamental. In *Anais do XIX Workshop de Informática na Escola*. SBC, Campinas, SP, 169–178.
- [2] Thiago Barcelos, Roberto Muñoz, Rodolfo Villarroel Acevedo, and Ismar Frango Silveira. 2015. Relações entre o pensamento computacional e a matemática: uma revisão sistemática da literatura. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. SBC, Maceió, AL, 1369.
- [3] Learnin BBC. 2015. Introduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42lqCjr>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [4] Christian Puhlmann Brackmann. 2017. *Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica*. 2017. 226 f. Ph.D. Dissertation. Tese (Doutorado em Informática na Educação)–Universidade Federal do Rio ... Disponível em: <https://bit.ly/43soeaM>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- [5] Brasil. 2022. Parecer CNE/CEB nº 2/2022, aprovado em 17 de fevereiro de 2022. <https://bit.ly/3Zy154o>. [Online; Acesso em: 01-Set-2023].
- [6] Ricardo Borges Brasileiro. 2013. *tAMARINO: uma abordagem visual para prototipagem rápida em computação física/Ricardo Borges Brasileiro*. Master's thesis. Universidade Federal de Pernambuco.
- [7] Marisa Almeida Cavalcante and Elio Molisani Ferreira Santos. 2021. Eletrônica Criativa: Uma estratégia metodológica para o Ensino e Aprendizagem de conceitos de eletricidade e/ou eletrônica na modalidade Híbrida de Ensino: Introdução. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 43.
- [8] CNE. 2019. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica. Resolução CNE/CP Nº 2, de 20 de dezembro de 2019. <https://bit.ly/3ij42Ci>. [Online; Acesso em: 29-Set-2023].
- [9] Code.Org. 2016. Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [10] Almir de Oliveira Costa Junior and José Anglada-Rivera. 2022a. O Pensamento Computacional como Objeto de Estudo na Formação Inicial de Professores em Pesquisas de Doutorado: uma Revisão Sistemática. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica* 2, 22, e13692–e13692. Disponível em: <https://tinyurl.com/3rcvu8mf>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [11] Almir de Oliveira Costa Junior and José Anglada-Rivera. 2022b. *Pensamento Computacional: Uma revisão sistemática da literatura sobre a formação inicial de professores*. (In: Cristiana Barcelos da Silva, Glaucio Martins da Silva Bandeira, Patrícia Gonçalves de Freitas (Org.). Diálogos em educação: olhares multidisciplinares sobre a aprendizagem. ed.). Vol. 2. e-Publicar, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://tinyurl.com/yxyxp8hd>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [12] Almir de Oliveira Costa Junior and José Anglada-Rivera. 2023. *Pensamento Computacional: O que os acadêmicos de licenciatura sabem? (In: Ana Cláudia Ribeiro de Souza; Iandra Maria Weirich da Silva Coelho (Orgs.). Práticas de formação docente e alternativas mediadoras para o ensino-aprendizagem no contexto tecnológico. ed.). Pontes Editores, Campinas, SP. Disponível em: https://tinyurl.com/2j8x6bu3. Acesso em: 19 de jun. 2023.*
- [13] Andrew Cszimadia, Paul Curzon, Mark Dorling, Simon Humphreys, Thomas Ng, Cynthia Selby, and John Woollard. 2015. Computational thinking-A guide for teachers. Disponível em: <https://bit.ly/43Myp52>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- [14] CSTA-ISTE. 2011. Computational Thinking - Teacher resources. 2a. ed. Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE). Disponível em: <https://bit.ly/3qskmDo>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [15] Jody Culkin and Eric Hagan. 2019. *Aprenda eletrônica com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes*. Novatec Editora.
- [16] Maria Cutumisu, Cathy Adams, and Chang Lu. 2019. A scoping review of empirical research on recent computational thinking assessments. *Journal of Science Education and Technology* 28, 6, 651–676. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p83uy9d>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- [17] Kayla Surry DesPortes. 2018. *Physical computing education: Designing for student authorship of values-based learning experiences*. Ph.D. Dissertation. Georgia Institute of Technology.
- [18] Rozelma Soares de França, Waldir Cosmo da Silva, and Haroldo José Costa do Amaral. 2013. Despertando o interesse pela ciência da computação: Práticas na educação básica. In *Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education*, Vol. 8, 282–286.
- [19] Lindsey Ann Gouws, Karen Bradshaw, and Peter Wentworth. 2013. Computational thinking in educational activities: an evaluation of the educational game light-bot. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education*. 10–15.
- [20] Shuchi Grover and Roy Pea. 2013. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational researcher* 42, 1, 38–43. Disponível em: <https://bit.ly/3MSpYmr>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- [21] Shuchi Grover, Roy Pea, and Stephen Cooper. 2015. Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer science education* 25, 2, 199–237.
- [22] Almir de Oliveira Costa Junior and José Anglada-Rivera. 2022c. Pensamiento Computacional: Reflexiones sobre la Formación Inicial Docente en Brasil. In *Memorias del Seminario Iberoamericano de Pensamiento Computacional*. México: Xalapa – Veracruz. SIPECO.
- [23] JM Keller. 2009. Motivational design for learning and performance: the ARCS model approach: Springer Science & Business Media.
- [24] Anelise Lemke Kologeski, Camille Grings Silva, Débora Nice Ferrari Barbosa, Rodrigo Reis Mattos, and Sandra Teresinha Miorrelli. 2016. Desenvolvendo o raciocínio lógico e o pensamento computacional: experiências no contexto do projeto logicando. *RENOTE* 14, 2.
- [25] Linda Liukas. 2015. *Hello Ruby: adventures in coding*. Vol. 1. Macmillan.
- [26] Nicole Loorbach, Oscar Peters, Joyce Karreman, and Michaël Steehouder. 2015. Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British journal of educational technology* 46, 1, 204–218.
- [27] NCEB. 2022. Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. Conselho Nacional de Educação. <https://bit.ly/3H2plU7>. [Online; Acesso em: 29-Set-2023].
- [28] Michael A Nielsen and Isaac I Chuang. 2010. *Quantum computation and quantum information*. Cambridge university press.
- [29] Dan O'Sullivan and Tom Igoe. 2004. *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- [30] Seymour Papert and Idit Harel. 1991. Situating constructionism. *constructionism* 36, 2, 1–11.
- [31] Seymour Papert, Cynthia Solomon, E Soloway, and JC Spohrer. 1971. Twenty things to do with a computer. *Studying the novice programmer*, 3–28.
- [32] Seymour A Papert. 1980. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- [33] G Piro. 2017. La robotica educativa: luci e ombre nel panorama europeo e italiano. *Pedagogika* 11, 1, 8–18.
- [34] PNED. 2023. Política Nacional de Educação Digital (PNED). Lei Nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. <https://bit.ly/3kEmfIs>. [Online; Acesso em: 01-Mar-2023].
- [35] Mareen Przybylla and Ralf Romeike. 2017. The nature of physical computing in schools: Findings from three years of practical experience. In *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. 98–107.
- [36] Mitchel Resnick, Fred Martin, Robert Berg, Rick Borovoy, Vanessa Colella, Kwin Kramer, and Brian Silverman. 1998. Digital manipulatives: new toys to think with. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 281–287.
- [37] Marcos Román-Gonzalez, Juan Carlos Pérez-González, and Carmen Jiménez-Fernández. 2015. Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. In *Iii congreso internacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad (CINAIC 2015)*. 1–6.
- [38] Bianca Leite Santana, Christina von Flach Garcia Chavez, and Roberto Almeida Bittencourt. 2021. Uma Definição Operacional para Pensamento Computacional. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*. SBC, 93–103. Disponível em: <https://tinyurl.com/4fuuc5mc>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- [39] Deborah Seehorn, Stephen Carey, Brian Fuschetto, Irene Lee, Daniel Moix, Dianne O'Grady-Cunniff, Barbara Boucher Owens, Chris Stephenson, and Anita Verno. 2011. *CSTA K–12 Computer Science Standards: Revised 2011*. ACM.
- [40] Cynthia Selby and John Woollard. 2013. Computational thinking: the developing definition. Disponível em: <https://tinyurl.com/36j3udaf>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- [41] Sang H Song and John M Keller. 2001. Effectiveness of motivationally adaptive computer-assisted instruction on the dynamic aspects of motivation. *Educational technology research and development* 49, 2, 5–22.
- [42] Felipe Viel, André Raabe, and Cesar Zeferino. 2014. Introdução à programação e à implementação de processadores por estudantes do ensino médio. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, Vol. 20, 248–257.
- [43] Jeannette M Wing. 2006. Computational thinking. *Commun. ACM* 49, 3, 33–35.
- [44] Humberto Augusto Piovesana Zanetti, Marcos Augusto Francisco Borges, and Ivan Luiz Marques Ricarte. 2023. ComFAPOO: Método de Ensino de Programação Orientada à Objetos Baseado em Aprendizagem Significativa e Computação Física. *Revista Brasileira de Informática na Educação* 31, 01–30.
- [45] Baichang Zhong, Qiyun Wang, Jie Chen, and Yi Li. 2016. An exploration of three-dimensional integrated assessment for computational thinking. *Journal of Educational Computing Research* 53, 4, 562–590.