



## Jogos e materiais analógicos como ferramentas de ensino em Metrologia: o caso do dominó técnico e da tampateca

doi\*

<https://doi.org/10.47236/2594-7036.2025.v9.1787>Laísa Conde Rocha Moreira<sup>1</sup>Adriana Cintra de Carvalho Pinto<sup>2</sup>José Silvério Edmundo Germano<sup>3</sup>

Data de submissão concluída: 14/7/2025. Data de aprovação: 29/10/2025. Data de publicação: 14/11/2025.

**Resumo** – Este estudo teve como objetivo analisar a contribuição de jogos e materiais analógicos acessíveis para a aprendizagem de conteúdos de Metrologia por estudantes surdos no âmbito da Educação Profissional e Tecnológica (EPT). A pesquisa, de natureza qualitativa, foi realizada no Instituto Federal de São Paulo, Campus São José dos Campos, com sete estudantes surdos de diferentes turmas do curso Técnico em Mecânica. Foram desenvolvidos três materiais: *Dominó Técnico de Metrologia, Tampateca e Paquímetro Pedagógico Ampliado*. A metodologia adotada foi o estudo de caso, com observação da interação dos estudantes com os recursos. Os resultados apontaram avanços na compreensão de conceitos como conversão de unidades, leitura de escalas e uso de instrumentos de medição. Observou-se aumento na participação ativa, colaboração entre pares e engajamento dos estudantes. A mediação do tradutor-intérprete de Libras e o uso de materiais visuais e táteis foram decisivos para a aprendizagem. O estudo dialoga com a teoria da gênese instrumental (Rabardel, 1995), a perspectiva bilíngue da educação de surdos (Quadros & Perlin, 2007) e os aportes da ludicidade no ensino (Kishimoto, 2007; Brougère, 1998), que fundamentaram a elaboração e a análise dos materiais. Conclui-se que o uso de recursos acessíveis promove a equidade na EPT e amplia as possibilidades de aprendizagem de estudantes surdos. Este trabalho integra um recorte da dissertação de mestrado da autora, cujo escopo mais amplo aborda o desenvolvimento e apropriação de ferramentas pedagógicas acessíveis por tradutores-intérpretes de Libras em articulação com professores da EPT.

**Palavras-chave:** Acessibilidade. Educação profissional. Materiais didáticos. Metrologia. Surdez.

## Analog games and materials as teaching tools in Metrology: the case of the technical domino and tampateca

**Abstract** – This study aimed to analyze the contribution of accessible analog games and materials to the learning of Metrology contents by deaf students within the scope of Professional and Technological Education (PTE). The qualitative research was conducted at the Federal Institute of São Paulo, São José dos Campos Campus, with seven deaf

<sup>1</sup> Mestranda em Linguística Aplicada pela Universidade de Taubaté. Intérprete de Libras do Instituto Federal de São Paulo. São José dos Campos, São Paulo, Brasil. [laisaconde@ifsp.edu.br](mailto:laisaconde@ifsp.edu.br)  <https://orcid.org/0009-0008-9269-2783>  <http://lattes.cnpq.br/6887625948650877>.

<sup>2</sup> Doutora em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Professora Adjunta III da Universidade de Taubaté. Taubaté, São Paulo, Brasil. [adriana.ccpinto@unitau.br](mailto:adriana.ccpinto@unitau.br)  <https://orcid.org/0000-0003-0284-6985>  <http://lattes.cnpq.br/2645442455527908>.

<sup>3</sup> Doutor em Física pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Professor colaborador da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, São Paulo, Brasil. [jsegermano@gmail.com](mailto:jsegermano@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-1969-0318>  <http://lattes.cnpq.br/4092089637806512>.

students from different classes of the Technical Mechanics course. Three materials were developed: Metrology Technical Domino, Tampateca, and Enlarged Pedagogical Caliper. The methodology adopted was a case study, with the observation of students' interaction with the resources. The findings indicated advances in understanding concepts such as unit conversion, scale reading, and the use of measuring instruments. Increased active participation, peer collaboration, and student engagement were observed. The mediation of the Libras (Brazilian Sign Language) interpreter, and the use of visual and tactile materials, were decisive for learning. The study dialogues with the theory of instrumental genesis (Rabardel, 1995), the bilingual perspective of deaf education (Quadros & Perlin, 2007), and the contributions on playfulness in education (Kishimoto, 2007; Brougère, 1998), which informed the design and analysis of the materials. It is concluded that the use of accessible resources promotes equity in PTE and expands learning opportunities for deaf students. This work constitutes a segment of the author's master's dissertation, which more broadly investigates the development and appropriation of accessible pedagogical tools by Libras interpreters in collaboration with PTE instructors.

**Keywords:** Accessibility. Deafness. Educational materials. Metrology. Vocational education.

### **Juegos y materiales analógicos como herramientas de enseñanza en Metroología: el caso del Dominó Técnico y la Tampateca**

**Resumen** – Este estudio tuvo como objetivo analizar la contribución de juegos y materiales analógicos accesibles al aprendizaje de contenidos de Metroología por estudiantes sordos en el ámbito de la Educación Profesional y Tecnológica (EPT). La investigación, de naturaleza cualitativa, se realizó en el Instituto Federal de São Paulo, Campus São José dos Campos, con siete estudiantes sordos de diferentes clases del curso Técnico en Mecánica. Se desarrollaron tres materiales: el Dominó Técnico de Metroología, la Tampateca y el Calibrador Pedagógico Ampliado. La metodología adoptada fue el estudio de caso, con observación de la interacción de los estudiantes con los recursos. Los resultados evidenciaron avances en la comprensión de conceptos como conversión de unidades, lectura de escalas y uso de instrumentos de medición. Se observó un aumento en la participación activa, la colaboración entre pares y el compromiso de los estudiantes. La mediación del intérprete de Lengua Brasileña de Señas (Libras) y el uso de materiales visuales y táctiles fueron decisivos para el aprendizaje. El estudio se fundamenta en la teoría de la génesis instrumental (Rabardel, 1995), la perspectiva bilingüe de la educación de sordos (Quadros & Perlin, 2007) y los aportes de la ludicidad en la enseñanza (Kishimoto, 2007; Brougère, 1998), que informaron la elaboración y análisis de los materiales. Se concluye que el uso de recursos accesibles promueve la equidad en la EPT y amplía las posibilidades de aprendizaje de los estudiantes sordos. Este trabajo forma parte de la disertación de maestría de la autora, cuyo alcance más amplio aborda el desarrollo y apropiación de herramientas pedagógicas accesibles por intérpretes de Libras en articulación con docentes de la EPT.

**Palabras clave:** Accesibilidad. Educación Profesional. Materiales didácticos. Metroología. Sordera.

### **Introdução**

O ensino técnico profissionalizante tem se consolidado como um importante vetor de desenvolvimento econômico e inclusão social no Brasil. Instituições como os Institutos

Federais de Educação, Ciência e Tecnologia desempenham papel central na formação de jovens para o mercado de trabalho, ao oferecerem cursos integrados, concomitantes e subsequentes ao ensino médio, nas mais diversas áreas do conhecimento.

Criados pela Lei nº 11.892/2008, os Institutos Federais compõem a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, atualmente presente em todos os estados brasileiros. Sua finalidade é promover formação técnica, tecnológica e superior articulada à pesquisa e à extensão, orientada por princípios de inclusão, interiorização e desenvolvimento regional. A Rede Federal constitui, assim, uma política pública nacional de democratização do acesso à educação profissional, o que confere relevância institucional e social às investigações desenvolvidas nesse contexto — incluindo estudos que, como o presente, analisam condições de acesso e equidade pedagógica para estudantes com deficiência.

Nesse cenário, a disciplina de Metrologia é componente da matriz curricular de cursos como o Técnico em Mecânica, por envolver conhecimentos fundamentais sobre medição, instrumentos técnicos e conversão de unidades. Trata-se de uma área que exige precisão, raciocínio lógico, interpretação de tabelas, leitura de escalas e manipulação de instrumentos de medição. Na disciplina, foram utilizados como instrumentos de medição o paquímetro e o micrômetro, ferramentas essenciais para o desenvolvimento das competências técnicas dos estudantes.

Apesar da relevância da Metrologia para a formação profissional, sua abordagem em sala de aula frequentemente esbarra em metodologias pouco contextualizadas e excessivamente expositivas. Muitos estudantes demonstram dificuldades em compreender conceitos abstratos e realizar cálculos com unidades métricas e imperiais<sup>4</sup>, o que compromete seu desempenho e apropriação dos saberes técnicos. Esses desafios se tornam ainda mais acentuados quando se trata de estudantes com surdez, especialmente aqueles que têm a Língua Brasileira de Sinais (Libras) como sua primeira língua e enfrentam barreiras no acesso ao conteúdo devido à falta de materiais adequados, práticas pedagógicas sensíveis e recursos visuais acessíveis.

A presença do tradutor-intérprete de Libras em sala de aula, garantida pela legislação brasileira (BRASIL, 2002; 2005), representa um avanço importante na promoção da acessibilidade comunicacional. No entanto, a simples inserção desse profissional não garante, por si só, uma aprendizagem equitativa. Diversos estudos apontam que o processo de escolarização de estudantes surdos demanda abordagens metodológicas específicas, que considerem a visualidade como eixo estruturante do ensino (QUADROS; PERLIN, 2007), bem como a mediação por recursos didáticos visuais, manipuláveis e culturalmente significativos. A surdez, mais do que uma limitação sensorial, implica uma forma diferente de se relacionar com o mundo e com o conhecimento — o que exige práticas pedagógicas inovadoras e inclusivas.

É nesse contexto que a criação de materiais didáticos acessíveis assume papel central. Quando construídos com intencionalidade pedagógica, esses recursos podem favorecer a mediação do conhecimento, apoiar a construção de sentidos e promover a autonomia dos estudantes. No contexto da disciplina escolhida nesta pesquisa, Metrologia, materiais como jogos didáticos, instrumentos tátteis e dispositivos interativos permitem aos estudantes uma experiência concreta com os conceitos, facilitando a internalização dos saberes técnicos e o desenvolvimento de competências práticas. Além

<sup>4</sup> O termo *unidades imperiais* refere-se ao sistema de medidas tradicionalmente utilizado em países como os Estados Unidos e o Reino Unido, que adota, entre outras, polegadas, pés, jardas e milhas para comprimento; onças e libras para massa; e galões para volume. Esse sistema contrasta com o Sistema Internacional de Unidades (SI), baseado no metro, quilograma e litro, utilizado oficialmente no Brasil.

disso, o uso de jogos e práticas lúdicas no ensino técnico — ainda que muitas vezes negligenciado — pode potencializar o engajamento, a cooperação entre pares e a aprendizagem significativa (KISHIMOTO, 2007; BROUGÈRE, 1998).

Para além da elaboração de materiais, é preciso considerar o papel do professor e do tradutor-intérprete na criação de estratégias conjuntas que garantam a mediação eficaz dos conteúdos. A construção colaborativa de recursos entre docentes da área técnica, intérpretes de Libras e os próprios estudantes — surdos e ouvintes — representa uma prática de valorização da diversidade e de construção coletiva do processo educativo. Essa atuação conjunta favorece a adoção de metodologias que rompam com a centralidade da oralidade e da textualidade escrita, tradicionalmente hegemônicas na educação técnica, e possibilitem múltiplas formas de expressão, compreensão e participação dos sujeitos envolvidos.

Este estudo ancora-se na teoria da gênese instrumental de Rabardel (1995), segundo a qual um artefato só se transforma em instrumento quando o sujeito o incorpora à sua atividade, desenvolvendo esquemas de uso e atribuindo-lhe funções cognitivas e operacionais. No campo educacional, essa perspectiva permite compreender como um material — seja ele analógico, digital ou híbrido — pode tornar-se um mediador efetivo da aprendizagem, desde que apropriado pelo aluno em situações concretas de uso. Assim, mais do que distribuir recursos, trata-se de promover situações de mediação pedagógica que favoreçam a apropriação desses materiais como instrumentos de aprendizagem.

Este artigo também dialoga com a perspectiva bilíngue da educação de surdos, que defende o uso da Libras como primeira língua e da Língua Portuguesa como segunda, e também com os fundamentos da educação inclusiva, que apontam para a necessidade de se repensar currículo, práticas e metodologias a partir das singularidades dos sujeitos. A ludicidade, nesse processo, não é entendida como mero entretenimento, mas como estratégia pedagógica legítima e potente, capaz de promover a aprendizagem, o desenvolvimento cognitivo, o envolvimento afetivo e a construção de vínculos sociais.

Diante desse cenário, objetivou-se analisar como o uso de jogos e materiais analógicos acessíveis, concebidos com base em princípios de inclusão, ludicidade e visualidade, pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos de Metrologia por estudantes surdos no ensino técnico. Parte-se da experiência vivenciada em uma instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, na qual foram desenvolvidos, aplicados e avaliados três materiais didáticos analógicos dentro da proposta metodológica conhecida como Caliper Pedagógico Acessível (CPA): o *Dominó Técnico de Metrologia*; a *Tampateca*; e um *Paquímetro Pedagógico Ampliado*. O estudo constitui um recorte da pesquisa de mestrado da primeira autora, que investigou o desenvolvimento e a apropriação desses materiais pedagógicos acessíveis em contextos bilíngues de ensino técnico (Moreira, 2025).

## Materiais e métodos

Esta pesquisa de natureza qualitativa foi desenvolvida entre os meses de maio e junho de 2025, em um dos campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). O estudo foi desenvolvido no âmbito EPT de nível médio, envolvendo estudantes surdos do curso Técnico em Mecânica, tanto na modalidade subsequente quanto no ensino médio integrado, mais especificamente na disciplina de Metrologia, ministrada no segundo módulo. O objetivo foi desenvolver, aplicar e analisar materiais didáticos acessíveis, elaborados com foco na aprendizagem de estudantes surdos e ouvintes.

A metodologia adotada corresponde a um estudo de caso com abordagem descritiva, centrado na observação da interação dos estudantes com os materiais didáticos

propostos. Participaram da pesquisa sete estudantes surdos, todos regularmente matriculados no curso Técnico em Mecânica do IFSP, acompanhados por tradutor-intérprete de Libras em sala de aula.

Os estudantes pertencem a turmas distintas, conforme a organização curricular institucional. Dois deles cursam o Técnico em Mecânica noturno (modalidade subsequente) na mesma turma. Quatro estudantes fazem parte do terceiro ano do curso Técnico em Mecânica integrado ao ensino médio, frequentando as aulas no período diurno. O último participante é estudante do segundo ano do curso Técnico em Mecânica integrado ao ensino médio. A diversidade entre os perfis dos participantes permitiu observar o uso dos materiais em diferentes estágios de formação e em distintos contextos pedagógicos, ampliando a análise quanto à adaptabilidade e aplicabilidade dos recursos desenvolvidos.

Esta pesquisa foi aprovada por dois Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos: pelo Comitê de Ética do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP (CAAE: 82994524.8.3001.5473), em 17 de abril de 2025, e pelo Comitê de Ética da Universidade de Taubaté – UNITAU (CAAE: 82994524.8.0000.5501), em 13 de dezembro de 2024.

### Desenvolvimento dos materiais

Três materiais didáticos foram construídos como parte da proposta pedagógica: o *Dominó Técnico de Metrologia*; a *Tampateca*; e o *Paquímetro Pedagógico Ampliado*. Todos foram elaborados com materiais de baixo custo, acessíveis e de fácil reprodução, priorizando o caráter visual, tátil e lúdico, fundamentais para a aprendizagem de estudantes surdos.

O *Dominó Técnico de Metrologia* foi desenvolvido a partir da adaptação das regras do jogo tradicional de dominó, substituindo os números por pares de medidas equivalentes em milímetros e polegadas. Foram elaboradas 28 peças impressas em papel resistente, plastificadas para garantir durabilidade. A disposição do jogo em tabuleiro e as peças organizadas visualmente pelos estudantes são apresentadas adiante nas Figuras 1 e 2. Durante a aplicação, os estudantes, organizados em pequenos grupos, deveriam realizar as correspondências corretas entre as unidades, baseando-se nas tabelas de conversão previamente estudadas. O jogo foi acompanhado pela mediação do intérprete. A participação ativa dos estudantes durante o jogo é observada adiante nas Figuras 3 e 4, que ilustram não apenas o uso do artefato, mas a constituição de esquemas de uso mediados socialmente — o que caracteriza, em termos da gênese instrumental, um momento típico de instrumentação orientada por mediação externa. Observou-se que, diante de diferenças nas correspondências entre unidades, os estudantes recorriam sistematicamente ao intérprete para confirmar suas hipóteses, demonstrando uma dependência inicial de mediação externa. Ao mesmo tempo, emergiram episódios de competição produtiva, nos quais grupos disputavam quem concluía primeiro a sequência correta, o que tensionava a tarefa e produzia engajamento cognitivo. À medida que avançavam, alguns pares passaram a formular justificativas e a corrigir os colegas sem recorrer imediatamente a mediador, sinalizando lapsos de autonomia funcional, nos quais parte dos esquemas já era suficiente para operar sem intervenção. Esse trânsito entre dependência, competição e autonomia é compatível com o movimento dialético do processo de instrumentação, no qual a regulação progressivamente se desloca do outro para o sujeito.

Artigo Científico

Figura 1- Tabuleiro



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 2 -As peças



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 3- Alunos do 3ºano



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 4 - Aluno do 2º ano



Fonte: Autoria própria (2025)

A *Tampateca* consiste em uma mesa interativa construída com uma base de EVA e tampinhas plásticas reutilizadas, dispostas em colunas e cores variadas. As tampas foram fixadas e identificadas com medidas, escalas numéricas e simbologias associadas à Metrologia. Nessa atividade, participou apenas um estudante surdo, que utilizou o recurso para trabalhar conceitos de fração, decomposição numérica e cálculo do mínimo múltiplo comum. Por meio da manipulação das tampinhas, o estudante pôde associar valores, montar sequências e simular escalas de medição de forma concreta e visual, favorecendo a associação entre quantidade, valor e representação simbólica. Essa prática revelou-se especialmente útil para apoiar a compreensão de conteúdos abstratos, como os cálculos fracionários, que muitas vezes representam um desafio para estudantes surdos. Os registros dessa atividade, ilustrados adiante nas Figuras 5 e 6, evidenciam um tipo de mediação em que o conhecimento não é transmitido por explicação verbal, mas induzido pela organização intencional do material: ao manipular tampas previamente estruturadas, o estudante era levado a testar combinações e, com isso, produzir inferências sobre frações. Nessa configuração, o artefato deixa de operar apenas como objeto físico e passa a funcionar como suporte externo para raciocínios fracionários, cuja estabilidade — no caso de estudantes surdos — tende a ser mais difícil quando tratada apenas de modo linguístico ou simbólico.

A recombinação das tampas para chegar a equivalências numéricas atuou como um análogo material de operações abstratas, isto é, um caso de instrumentalização: o artefato passa a exercer outra função — deixa de ser apenas uma superfície tátil e assume função operatória na produção de significado.

Embora a atividade tenha exigido intervenções frequentes do mediador para orientar o raciocínio, registraram-se episódios pontuais de autocorreção: ao detectar desajustes visuais entre as partes recombinadas, o estudante reorganizou o material por conta própria. Esses episódios sugerem que uma parcela do controle do raciocínio já estava se deslocando para o plano interno, conforme descreve Rabardel na passagem do artefato ao instrumento.

Figura 5 - *Tampateca*



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 6 - Aluno utilizando a *Tampateca*



Fonte: Autoria própria (2025)

A construção de um *Paquímetro Pedagógico Ampliado* em escala ampliada foi utilizada como estratégia metodológica para favorecer o ensino de Metrologia a estudantes surdos e ouvintes. Inspirado na estrutura de um paquímetro convencional, o recurso foi confeccionado com materiais simples, como papelão, EVA e fita adesiva, resultando em um instrumento de grandes dimensões, com escala de Nônio<sup>5</sup> ampliada e legendas em fonte aumentada.

Esse *Paquímetro Pedagógico Ampliado* foi projetado para possibilitar a realização de medições de objetos reais — como dado, pasta, garrafa e calculadora — de forma visual, concreta e tátil. Sua ampliação física facilitou a exploração das partes do instrumento pelos estudantes, permitindo a identificação da haste fixa, haste móvel, bicos de medição (externos e internos) e da escala de leitura. Essa abordagem favoreceu a compreensão funcional do instrumento, por meio da manipulação direta, do uso coletivo em sala de aula e da mediação com apoio visual e linguístico.

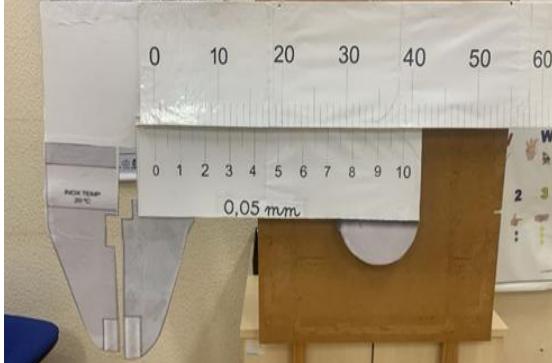
A Figura 7, a seguir, apresenta o *Paquímetro Pedagógico Ampliado* construído, evidenciando estrutura, materiais e escala visual. As Figuras 8 e 9 adiante registram, respectivamente, o uso do recurso por estudantes durante a aula prática, e sua aplicação pelo professor como instrumento didático no contexto da disciplina de Metrologia. Essa estratégia metodológica demonstra o potencial do recurso como facilitador da aprendizagem e como promotor da acessibilidade no ensino técnico.

<sup>5</sup> A escala de nônio, também chamada *vernier*, é utilizada em instrumentos como paquímetros e transferidores para possibilitar leituras fracionadas com maior precisão.

LIRA, Francisco Adval de. *Metrologia dimensional: técnicas de medição e instrumentos para controle e fabricação industrial*. São Paulo: Érica, 2015.

Artigo Científico

Figura 7- *Paquímetro Pedagógico*



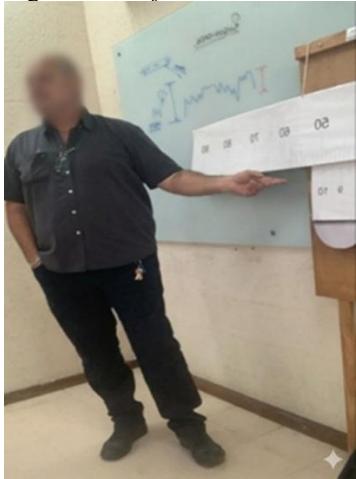
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 8 - Aplicação do *Paquímetro Pedagógico*



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 9 - *Professor em sala de aula*



Fonte: Autoria própria (2025)

### Resultados: desempenho dos estudantes antes e depois das atividades

A análise do desempenho foi realizada com sete estudantes, dos quais três participaram integralmente da aplicação dos instrumentos de avaliação. Inicialmente, foi aplicado um pré-teste, composto por quatro questões extraídas dos exercícios da plataforma Complexmpidia<sup>6</sup> (ver Apêndice A). Os resultados mostraram baixo desempenho, indicando dificuldades iniciais na compreensão dos conteúdos trabalhados.

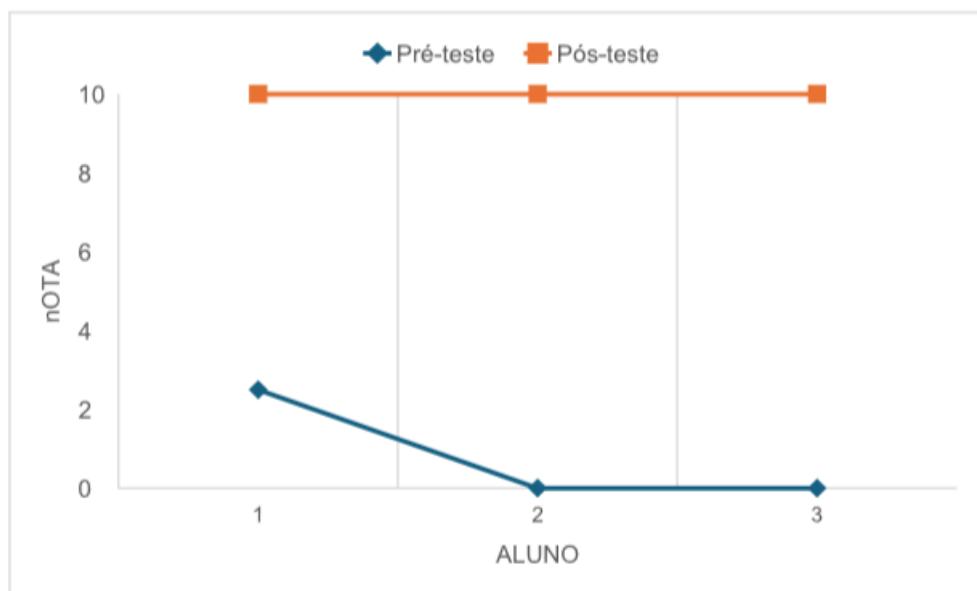
Durante a intervenção pedagógica, os estudantes utilizaram os três recursos didáticos desenvolvidos — *Paquímetro Pedagógico Ampliado*, *Tampateca* e *Domínio Técnico* —, com mediação do tradutor-intérprete de Libras e acompanhamento do professor da disciplina. Após a aplicação, foi realizado o pós-teste, cujos resultados demonstraram melhora significativa no desempenho.

No pré-teste, a média geral de acertos foi de 45%, enquanto no pós-teste essa média aumentou para 82%, representando um ganho de 37 pontos percentuais. Esse avanço evidencia o impacto positivo dos materiais analógicos e da mediação bilíngue sobre a aprendizagem dos conceitos de Metrologia. O gráfico apresentado na Figura 10 adiante ilustra essa evolução.

<sup>6</sup> **COMPLEXMÍDIA** é uma plataforma digital de aprendizagem voltada para a educação técnica, contendo exercícios e materiais interativos destinados à prática pedagógica em Mecânica. O site foi desenvolvido pela pesquisadora juntamente com seu coorientador e está disponível em: <https://www.lapemidia.com.br/laisa/>

Esses resultados confirmam que os recursos lúdicos e manipulativos desempenharam papel essencial no processo de aprendizagem, ao possibilitar experiências concretas e contextualizadas. Além de favorecer a compreensão de conceitos técnicos, os materiais ampliaram a participação dos estudantes e estimularam o trabalho colaborativo em sala de aula.

Figura 10- Gráfico do pré-teste e pós-teste



Fonte: dados da pesquisa

### Discussão teórica: gênese instrumental e bilinguismo

Os resultados dão suporte à concepção de gênese instrumental ao evidenciar que a transformação do artefato em instrumento depende da apropriação ativa do objeto pelo sujeito em sua prática.

A transformação do *Dominó Técnico*, da *Tampateca* e do *Paquímetro Pedagógico Ampliado* em instrumentos pedagógicos ocorreu por meio da interação ativa dos estudantes, que desenvolveram esquemas de uso específicos para cada recurso.

A inserção da Libras como língua mediadora, por meio da atuação do tradutor intérprete, tornou possível a efetivação do processo, conforme apontam Quadros e Perlin (2007), ao destacarem a centralidade da visualidade e da corporeidade na educação de surdos. O uso dos materiais visuais e manipuláveis complementou essa mediação, criando condições favoráveis para a construção de significados e para a participação plena dos alunos no ambiente técnico.

Os dados obtidos corroboram e ilustram as premissas centrais da gênese instrumental: um instrumento não é dado apenas pela forma física do artefato, mas surge da relação histórica e ativa entre *artefato* e *sujeito*, na qual se constituem ao mesmo tempo (a) propriedades e funções atribuídas ao objeto e (b) esquemas de uso desenvolvidos pelo sujeito. Em Rabardel essa entidade mista — instrumento — tem duas dimensões complementares: a instrumentalização, orientada ao artefato (atribuição de funções, reorganizações, institucionalização de usos); e a instrumentação, orientada ao sujeito (formação de esquemas de ação, procedimentos e representações para operar o artefato). O processo de formação do instrumento (gênese instrumental) resulta da conjunção e da reciprocidade entre essas duas dinâmicas.

No caso investigado, a transformação do *Dominó Técnico*, da *Tampateca* e do *Paquímetro Pedagógico Ampliado* em instrumentos pedagógicos não ocorreu por mera exposição dos estudantes aos materiais, mas por uma sequência de atividades em que os alunos exploraram, negociaram e estabilizaram modos de utilização significativos. Do ponto de vista da instrumentação, observou-se: (1) a construção gradual de esquemas operatórios — rotinas de manipulação, sequência de passos para medir ou comparar, estratégias de verificação —; e (2) a evolução desses esquemas em direção a formas cada vez mais eficazes e generalizáveis para resolver tarefas métricas.

Do ponto de vista da instrumentalização, os artefatos passaram a carregar funções socialmente reconhecidas no contexto de sala (p. ex., o paquímetro como referência para mensuração de precisão; a *tampateca* como recurso para ordenar e comparar diâmetros), o que estabilizou seu *status* de instrumento dentro da atividade pedagógica. Essas transformações são precisamente o que Rabardel descreve como o nascimento e a evolução de um instrumento: alterações simultâneas nas propriedades do artefato (ou em seu uso aceito) e nas representações e esquemas do sujeito. A articulação com a tradição histórico-cultural reforça essa interpretação.

Para Vygotsky, instrumentos (materiais e semióticos) medeiam a atividade humana e possibilitam a regulação interna do comportamento — isto é, a externalização de procedimentos que, progressivamente, são interiorizados como formas de pensamento e ação (o denominado *instrumental act*). No estudo aqui relatado, a manipulação dos objetos e a linguagem de mediação funcionaram conjuntamente: os gestos técnicos e as rotinas instrumentais construíram saberes práticos que foram se tornando cada vez mais autônomos na ação dos estudantes, configurando-se como competência técnica e cognitiva.

A presença da Libras, mediada pelo tradutor-intérprete, operou como instrumento semiótico central para a gênese instrumental no contexto da educação de surdos. Em consonância com autores que enfatizam a centralidade da visualidade e da corporeidade na educação de pessoas surdas, a mediação em Libras ofereceu rótulos, categorização e comentários em tempo real que ancoraram as experiências sensório-manipulativas dos alunos em significados partilhados. Assim, a mediação visual-manipulativa e a mediação linguística (Libras) atuaram de modo complementar, promovendo tanto a instrumentação quanto a instrumentalização no grupo.

Os resultados obtidos podem ser compreendidos também a partir da dimensão processual da gênese instrumental, na qual o desenvolvimento dos instrumentos pedagógicos não se restringe à simples utilização dos artefatos, mas envolve um contínuo ajuste entre o sujeito e o objeto. Nesse sentido, observa-se que a transformação do *Dominó Técnico*, da *Tampateca* e do *Paquímetro Pedagógico Ampliado* em instrumentos efetivos decorreu de uma interação dialógica, na qual os estudantes negociaram sentidos, testaram hipóteses de uso e ajustaram suas estratégias, configurando uma verdadeira aprendizagem situada. Essa perspectiva reforça a importância de se considerar a história de uso do artefato como elemento constitutivo do instrumento, conforme enfatiza Rabardel (1995); isso evidencia que a apropriação ativa do objeto pelo sujeito é essencial para que ele se transforme em instrumento pedagógico.

Além disso, no contexto da educação bilíngue, a gênese instrumental adquire dimensões semióticas adicionais. A Libras, mediada pelo tradutor-intérprete, não apenas fornece o acesso linguístico aos conteúdos, mas também atua como instrumento que organiza, nomeia e torna explícita a experiência prática. Dessa forma, os gestos técnicos, os sinais e os recursos manipuláveis configuram um conjunto integrado de mediações, no qual a instrumentação (formação de esquemas operatórios) e a instrumentalização

(atribuição de funções socialmente reconhecidas aos artefatos) se dão simultaneamente em múltiplos níveis — sensorial, cognitivo e linguístico.

Ao analisar a aprendizagem dos estudantes surdos, é possível notar que a presença da Libras como instrumento semiótico fortalece a internalização das ações técnicas, potencializando a transposição dos procedimentos do plano externo (manipulação dos artefatos) para o plano interno (formação de conceitos e esquemas mentais). Nesse sentido, a teoria de Rabardel se aproxima da perspectiva histórico-cultural de Vygotsky, na medida em que evidência como os instrumentos — materiais e semióticos — medeiam a ação humana e possibilitam a construção de significados compartilhados.

Outro aspecto relevante é a dimensão coletiva do processo de gênese instrumental. A colaboração entre professores, tradutores-intérpretes e estudantes cria um espaço de construção, no qual os instrumentos pedagógicos emergem de práticas interativas, sendo continuamente ajustados e refinados. Essa dinâmica evidencia que a aprendizagem não é apenas individual, mas socialmente mediada, reforçando a necessidade de estratégias pedagógicas que combinem acessibilidade, interatividade e significação cultural.

Por fim, a análise sugere que a efetividade dos materiais didáticos e da metodologia CPA não se restringe à aquisição de habilidades técnicas, mas contribui para a formação de competências cognitivas e metacognitivas. A apropriação dos instrumentos pelos estudantes — tangível no domínio dos esquemas de uso e na capacidade de aplicar conceitos em contextos variados — demonstra que a gênese instrumental, quando articulada a práticas bilíngues e inclusivas, pode transformar o ensino técnico em um espaço de aprendizagem significativa, participativa e culturalmente sensível.

### **Comparação com a literatura e contribuições da pesquisa**

Os achados deste estudo corroboram investigações anteriores que evidenciam a relevância dos recursos lúdicos e acessíveis como estratégias pedagógicas eficazes no ensino técnico para estudantes surdos. Kishimoto (2007, p. 16) ressalta que “o jogo, enquanto atividade voluntária e estruturada por regras, contribui significativamente para o desenvolvimento cognitivo e social dos sujeitos, sobretudo em contextos educacionais desafiadores”. Nesse mesmo sentido, Brougère (1998) argumenta que os jogos não apenas motivam os estudantes, mas também operam como mediadores da construção do conhecimento, ao permitirem a experimentação, o erro e a reelaboração de estratégias.

A implementação da metodologia CPA, articulada à criação de um paquímetro em escala ampliada, configura uma inovação didático-metodológica que responde de forma concreta à demanda por práticas inclusivas no campo da educação profissional. Ao promover a manipulação tático e visual de conceitos abstratos, como a leitura de escalas e a conversão de unidades, os materiais desenvolvidos favorecem a apropriação do conteúdo por estudantes surdos, em consonância com os princípios da teoria da gênese instrumental. Como destaca Rabardel (1995, p. 15), “um artefato só se torna instrumento de aprendizagem quando apropriado pelo sujeito e incorporado à sua atividade”, o que exige mediações pedagógicas intencionais e sensíveis às necessidades dos aprendizes.

A pesquisa também reforça a centralidade da articulação interprofissional entre professores da área técnica, tradutores-intérpretes de Libras e estudantes — surdos e ouvintes — no processo de construção, aplicação e adaptação dos materiais pedagógicos. Tal colaboração não deve ser entendida como algo acessório, mas como elemento constitutivo de uma pedagogia bilíngue inclusiva. Como destacam Pereira, Alves e Costa (2022), a inclusão educacional de estudantes surdos não se efetiva apenas com a presença do intérprete em sala, mas exige práticas curriculares e metodológicas que sejam visualmente orientadas, culturalmente significativas e integradas às especificidades do campo técnico. Nesse sentido, a acessibilidade deve ser problematizada para além da

dimensão comunicacional: trata-se de um compromisso coletivo e contínuo, que envolve planejamento pedagógico conjunto, escuta ativa entre os profissionais e flexibilização curricular para acomodar diferentes modos de aprender. A ausência dessa articulação tende a reproduzir barreiras invisíveis, relegando ao intérprete a responsabilidade isolada pela mediação linguística, quando, na realidade, a efetividade do processo depende da coautoria entre todos os agentes envolvidos.

Nesse contexto, os resultados desta investigação não devem ser entendidos como soluções generalizáveis de imediato, mas como pistas e provocações que emergem de uma prática pedagógica situada no âmbito de uma disciplina. Ainda assim, tais achados podem servir como subsídios para fomentar discussões mais amplas sobre acessibilidade e inclusão no ensino técnico. Quando trazidas para espaços de formação inicial e continuada de docentes, essas reflexões têm potencial de qualificar práticas pedagógicas, sobretudo se forem articuladas de modo coletivo entre professores e tradutores-intérpretes de Libras. Mais do que oferecer “modelos prontos”, o presente trabalho pretendeu contribuir para abrir caminhos de debate que inspirem adaptações locais e contextualizadas.

### Síntese interpretativa dos achados

Este estudo evidenciou que a construção e utilização de materiais didáticos analógicos acessíveis, articulados a metodologias colaborativas como a Caliper Pedagógico Acessível (CPA), têm papel decisivo na facilitação da aprendizagem de Metrologia no ensino técnico, especialmente para estudantes surdos. A apropriação desses recursos vai muito além da simples manipulação; envolve uma mediação contínua entre estudantes, tradutores-intérpretes e professores, permitindo que conceitos técnicos abstratos sejam compreendidos de forma concreta, visual e tátil.

A efetividade dos materiais como facilitadores da aprendizagem é evidenciada por múltiplos indicadores: melhora significativa no desempenho em pré-testes e pós-testes, demonstração de compreensão prática de conceitos de medição, conversão de unidades e leitura de escalas, além do desenvolvimento de esquemas de uso autônomos e consistentes dos instrumentos, como o *Paquímetro Pedagógico Ampliado* e a *Tampateca*.

Dessa forma, os materiais não apenas facilitaram o entendimento de conteúdos técnicos, mas forneceram experiências concretas que transformaram a aprendizagem em um processo significativo e acessível, promovendo autonomia, participação ativa e cooperação, elementos essenciais para uma educação técnica inclusiva. Em síntese, os recursos funcionaram como instrumentos pedagógicos efetivos, mediando de forma direta a construção do conhecimento e ampliando as possibilidades de aprendizagem dos estudantes surdos.

Além disso, a investigação reforça a necessidade de se repensar a formação docente e o planejamento curricular, incentivando a adoção de estratégias que contemplam a diversidade linguística e cultural dos estudantes, bem como a criação de ambientes pedagógicos sensíveis às suas necessidades específicas.

Por fim, a pesquisa contribui para o avanço das práticas educacionais inclusivas no âmbito da EPT, oferecendo subsídios concretos para a criação de ambientes de aprendizagem acessíveis e plurais. Ao demonstrar o potencial dos materiais didáticos analógicos e das metodologias colaborativas, como a Caliper Pedagógico Acessível (CPA), o estudo evidencia tanto os benefícios quanto os desafios enfrentados, entre eles a necessidade de tempo adicional para a mediação pedagógica, a adaptação contínua dos recursos às especificidades de cada turma e a articulação efetiva entre professores e tradutores-intérpretes. Esses aspectos permitem ao leitor compreender, de forma equilibrada, os benefícios — como a ampliação da participação, da autonomia e da

aprendizagem significativa — e os desafios inerentes à construção de ambientes de aprendizagem acessíveis e plurais.

### Considerações finais

O estudo evidenciou que a construção e o uso de materiais didáticos analógicos acessíveis, aliados a metodologias colaborativas como a Caliper Pedagógico Acessível (CPA), favorecem a aprendizagem de Metrologia no ensino técnico, especialmente entre estudantes surdos. A mediação em Libras, integrada a recursos visuais e táteis, possibilitou a compreensão concreta de conceitos abstratos e estimulou o engajamento, a autonomia e a colaboração entre estudantes, intérpretes e professores, reforçando a importância de práticas pedagógicas inclusivas e planejadas coletivamente.

A pesquisa também apontou que a inclusão efetiva em ambientes técnicos depende da valorização da visualidade, da corporeidade e da língua de sinais como elementos centrais para o acesso ao conhecimento. Os materiais desenvolvidos não apenas facilitaram o entendimento de conceitos técnicos, mas também promoveram autonomia, participação ativa e cooperação, evidenciando o papel do jogo e dos recursos concretos na ampliação das possibilidades de aprendizagem.

Entretanto, o estudo revelou desafios que merecem destaque: a necessidade de maior tempo para a mediação pedagógica, a adaptação constante dos recursos a diferentes turmas e a articulação efetiva entre docentes e intérpretes. Tais questões reforçam a importância de se repensar a formação docente e o planejamento curricular, incentivando a adoção de estratégias que contemplem a diversidade linguística e cultural dos estudantes e a criação de ambientes pedagógicos sensíveis às suas necessidades específicas.

O estudo contribui para o avanço das práticas educacionais inclusivas na Educação Profissional e Tecnológica e abre espaço para novas investigações, especialmente no que tange à integração entre materiais acessíveis, às práticas bilíngues e aos processos avaliativos, bem como à aplicação dessas estratégias em outros cursos e instituições. Esses desdobramentos podem favorecer o aprimoramento metodológico e a consolidação de ambientes educativos mais acessíveis e plurais.

### Referências

BRASIL. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 25 abr. 2002.

BRASIL. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 2005.

BROUGÈRE, G. **Jogo e educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

MOREIRA, Laisa Conde Rocha. **Jogos e materiais analógicos acessíveis na aprendizagem de Metrologia: um estudo de caso com estudantes surdos no Ensino Técnico**. 2025. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2025.

Artigo Científico

PEREIRA, M. C.; ALVES, L. R.; COSTA, R. A. A inclusão educacional de estudantes surdos no ensino técnico: práticas e desafios. **Revista Brasileira de Educação Especial**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 455-472, 2022.

QUADROS, R. M.; PERLIN, G. T. (orgs.). **Língua de sinais brasileira: estudos linguísticos**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

**Agradecimentos**

Agradeço ao professor da disciplina de Metrologia pela colaboração no uso dos materiais em sala de aula e pelo apoio durante a realização da pesquisa. Agradeço também às alunas e aos alunos surdos que participaram ativamente, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento e a avaliação dos materiais e da pesquisa.

**Informações complementares**

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		CAAE: 82994524.8.3001.5473, do Comitê de Ética do Instituto Federal de São Paulo; e CAAE: 82994524.8.0000.5501, do Comitê de Ética da Universidade de Taubaté.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto do manuscrito já estão disponíveis.
CrediT	Laísa Conde Rocha Moreira	Funções: conceitualização, investigação, análise formal, metodologia, visualização e escrita – rascunho original.
	Adriana Cintra de Carvalho Pinto	Funções: administração do projeto.
	José Silvério Edmundo Germano	Funções: conceitualização, investigação, administração do projeto.

*Avaliadores: Os avaliadores “A” e “B” optaram pela avaliação fechada e pelo anonimato.*

*Revisor do texto em português: Marilene Barbosa Pinheiro.*

*Revisora do texto em inglês: Adriana de Oliveira Gomes Araújo.*

*Revisora do texto em espanhol: Graziani França Claudino de Anicézio.*

## Apêndice A

