

# Linguagem *LaTeX* vs. Linguagem matemática convencional – Diminuindo barreiras para o acesso de alunos com deficiência visual a textos de Ensino de Física por meio do computador

## LaTeX language vs. conventional mathematics language – decreasing barriers to access of visual impairment students to Physics teaching texts through the computer

**Julio Cesar Queiroz de Carvalho**

USP/Programa de Pós-Graduação interunidades em Ensino de Ciências  
[icqcarvalho@usp.br](mailto:icqcarvalho@usp.br)

**Sheila Gonçalves do Couto**

UFG/Instituto de Física  
[sgcouth@if.ufg.br](mailto:sgcouth@if.ufg.br)

**Eder Pires de Camargo**

UNESP (Ilha Solteira)/ Departamento de Física e Química  
[camargoep@dfq.feis.unesp.br](mailto:camargoep@dfq.feis.unesp.br)

### Resumo

Segundo Vigotski, a *mediação simbólica* é o pilar central da relação do homem com o meio ambiente e com o próprio homem, por meio da qual as funções psicológicas superiores se desenvolvem. Vigotski caracteriza o processo de mediação por meio de dois elementos: O *instrumento*, que regula as ações sobre os objetos, e o *signo*, que regula as ações sobre o intelecto das pessoas. Para que o computador, por meio de softwares de interface auditiva, possa funcionar como um instrumento de inclusão escolar em aulas de Física, precisamos diminuir as barreiras impostas pela linguagem matemática convencional. Neste sentido, o presente trabalho traz primeiramente um levantamento a respeito das principais barreiras impostas pela linguagem matemática convencional à leitura por parte de leitores de tela e em seguida uma discussão de como, baseado na linguagem LaTeX, podemos transformar a linguagem matemática mais textual e menos simbólica.

**Palavras chave:** Linguagem LaTeX, deficiência visual, Ensino de Física, computador.

### Abstract

According to Vygotsky, the *symbolic mediation* is the central pillar of the human's relationship with the environment and with himself, through which the higher mental functions develop. Vygotsky characterizes the mediation process through two elements: The instrument, which regulates the actions on objects, and the sign, which regulates the actions

on people's intellect. For that computer through audio interface software, can function as a scholar inclusion instrument in physics classes, we need to reduce the barriers imposed by the conventional mathematical language. So, this study shows a survey about the main barriers imposed by conventional mathematical language to read by screen readers and then a discussion of how, based on LaTeX language, we can transform the mathematical language more textual and less symbolic.

**Key words:** LaTeX language, visual impairment, Physics teaching, computer.

## Introdução

### O papel do instrumento e da linguagem no processo de mediação simbólica

A *mediação simbólica* é o pilar central da relação do homem com o meio ambiente e com próprio homem, por meio da qual as funções psicológicas superiores se desenvolvem. Vigotski caracteriza o processo de mediação por meio de dois elementos: O *instrumento*, que regula as ações sobre os objetos, e o *signo*, que regula as ações sobre o intelecto das pessoas (REGO, 2011).

O uso de instrumentos, tanto por parte dos seres humanos quanto dos animais, possibilitam aos indivíduos a ampliação de suas ações sobre a natureza, ao imaginarmos que com o auxílio de uma vara, um macaco pode alcançar uma fruta de difícil acesso ou a descoberta por parte do homem que para rasgar a pele de uma caça, um objeto cortante é mais eficiente do que as mãos. Em contrapartida, o homem se difere dos animais por serem capazes não somente de produzir instrumentos para uso específico, como o conservar para uso futuro, o compartilhar com outros membros do grupo, o aperfeiçoar, além de serem capazes de criar novos instrumentos (REGO, 2011).

Os signos, chamados por Vigotski de “instrumentos psicológicos”, auxiliam o homem a “ampliar sua capacidade de atenção, memória e acúmulo de informações”<sup>1</sup>. Os mesmos estão intimamente ligados à linguagem, entendida por Vigotski como um “sistema simbólico que organiza os signos em estruturas complexas” (REGO, 2011, p. 53). Segundo Rego (2011), a linguagem, este “sistema de signos”, nos permite estabelecer relações e conexões com objetos, mesmo quando não estão presentes; Possibilita-nos generalizar as características de um objeto e; Está associada à função de comunicação, consequentemente permite a “transmissão e assimilação de informações e experiências acumuladas pela humanidade ao longo da história”<sup>2</sup>.

### O uso do computador e o Ensino de Física para alunos com deficiência visual

O uso do computador no ensino teve início na década de 1980, quando o americano Seymour Papert criou a linguagem *Logo*, com a qual crianças a partir dos 6 anos de idade podiam programar e desenhar figuras geométricas (PAPERT, 1980 apud FILHOAIS; TRINDADE, 2003). Nos anos 1990 com a popularização da internet, após a criação da *World Wide Web*, o impacto da informática na educação foi enorme. Ainda na década de 1990 houve o surgimento de processadores mais potentes, resultando em maior capacidade gráfica dos computadores. E com o preço dos computadores cada vez mais baixos, houve uma

---

<sup>1</sup> *Idem*

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 53, 54

proliferação entre as escolas e a população em geral (FILHOAIS; TRINDADE, 2003).

Para o Ensino, em especial o Ensino de Física, são muitos os modos de utilização do computador como ferramenta de ensino-aprendizagem. Sendo a Física uma ciência teórico-experimental, o mesmo pode ser usado na aquisição de dados, associado às aulas de laboratório. Pode ser utilizado também na criação de modelos e simuladores, bastante úteis na execução de experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, devido a custo, risco ou tempo, por exemplo. Com o surgimento das hiper mídias, os softwares educacionais ganharam mais interatividade, pois o aluno pode navegar pelos programas, através de seus links, não necessitando seguir um caminho linear. Com o desenvolvimento da realidade virtual, possibilitou o estudo de situações tridimensionais complexas, situações de aprendizagem por tentativa e erro, permitindo a imersão, a interatividade e a manipulação. E a internet tornou-se a mais ativa biblioteca do mundo, além de permitir a exploração de todas as ferramentas já citadas acima (FILHOAIS; TRINDADE, 2003). No entanto não podemos perder o foco da educação que envolve não somente a informação, mas em fazer os alunos pensarem sobre a informação e refletirem criticamente, lidando com a compreensão, com o conhecimento e a sabedoria (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Concomitantemente aos avanços na área da informática, houve a preocupação com o acesso aos computadores por parte dos deficientes visuais, surgindo na década de 90 os primeiros leitores de tela. Trata-se de softwares que permitem a acessibilidade de pessoas com deficiência visual aos ambientes virtuais. Segundo Valente (1991 apud SONZA; SANTAROSA, 2003), os potenciais tecnológicos constituem-se como valiosas ferramentas de ensino aprendizagem, ao propiciar aos sujeitos a oportunidade de desenvolverem atividades interessantes, desafiantes e que tenham propósitos educacionais e de diagnósticos. Estas atividades podem oferecer a eles a chance de adquirir conhecimento e sobrepujar suas deficiências.

De acordo com Campell (2001, apud SONZA; SANTAROSA, 2003), “desde a invenção do código Braille, nada teve tanto impacto nos programas de educação, reabilitação e emprego quanto o recente desenvolvimento da informática para os cegos”.

## **Objetivo**

O objetivo central desse trabalho não está na proposição de uma nova ferramenta ou instrumento, mas em colocar em cheque a linguagem matemática convencional, devido ao seu caráter simbólico, portanto predominantemente visual, sugerindo uma linguagem alternativa, baseada na Linguagem LaTeX, na diminuição de barreiras no uso do computador pelos alunos com deficiência em aulas de Física.

## **Metodologia**

O presente trabalho pode ser dividido em duas partes. A primeira traz um levantamento com respeito aos pontos de tensão de quatro leitores de tela (Jaws, Virtual Vision, NVDA e Orca), comumente utilizados pelos deficientes visuais no acesso ao computador. Os mesmos foram submetidos a testes envolvendo a leitura de elementos matemáticos presentes em textos de Ensino de Física, buscando compreender a dinâmica de leitura de cada software, suas potencialidades e limitações. A dinâmica dos testes consistiu em explorar em profundidade os elementos textuais e gráficos próprios da linguagem matemática. Os mesmos foram aplicados de forma que para cada elemento explorado foram elaboradas pequenas sentenças, de forma

que os leitores de tela fossem submetidos à leitura dos elementos em contexto. Em seguida foi feita a transcrição literal de cada leitura para que pudéssemos comparar os diferentes padrões apresentados por cada “ledor de tela”. Os dados gerados foram codificados, categorizados e analisados de acordo com Bauer e Gaskell (2010), comparando os padrões de leitura apresentados por cada software. Os testes não envolveram a participação direta de alunos com deficiência visual, sendo realizados diretamente pelo autor da pesquisa. Essa escolha levou em consideração o fato de que o foco da investigação estava mais concentrado no padrão de leitura de cada elemento textual por parte das ferramentas de interface auditiva que na compreensão em si do que estava sendo lido por elas.

Na segunda parte introduzimos brevemente a linguagem *LaTeX* e a sugerimos como alternativa à linguagem matemática convencional, no acesso e manipulação de textos de Ensino de Física pelos alunos deficientes visuais, por meio do computador.

## Resultados e Discussões

Antes de iniciarmos a aplicação dos testes, foi necessário alterarmos a configuração de leitura de cada “ledor de tela”, no que se refere à quantidade de caracteres a serem lidos. Normalmente estes *softwares* estão configurados para lerem a “maioria” dos caracteres, o que confere aos mesmos mais dinâmica de leitura, sem muitas pausas. Para que pudéssemos avaliar o padrão de leitura de cada *software*, precisávamos primeiramente alterar sua configuração para lerem “todos” os caracteres.

Os testes foram separados por categoria: Teste A – Unidades de medida; Teste B – Ordens de grandeza; e Teste C – Símbolos matemáticos.

Para cada teste foram elaboradas pequenas sentenças em que os principais elementos dentro de cada categoria fossem apresentados em contexto. Os dados serão apresentados em tabelas, evidenciando o elemento matemático e os padrões de leitura apresentados por cada *software* “ledor de tela”.

**Teste A – Unidades de medida:** Ao submeter os *softwares* à leitura de cada sentença, procuramos variar tanto a forma de escrita, como por exemplo, a presença ou não de espaço entre o algarismo e sua respectiva unidade de medida, como também variações quanto ao tipo, fundamentais (comprimento, massa, tempo, volume, etc.) ou conjugadas (comprimento/tempo, massa/volume, etc.), como podemos acompanhar com a tabela 1.

Unidades	JAWS 13.0	V.V.7.0	ORCA 2.0	NVDA.2012
1Kg	Um kg	Um kilograma	Um kg	Um kg
50 kg	Cinquenta kg	Cinquenta kilogramas	Cinquenta kg	Cinquenta kg
1,50m	Um vírgula cinquenta m	Um vírgula cinquenta metros	Um vírgula cinquenta m	Um vírgula cinquenta m
5min	Cinco min	Cinco minutos	Cinco min	Cinco min
120km/h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h	Cento e vinte km barra h
1500m <sup>3</sup> /s	Mil e quinhentos m	Mil e quinhentos m	Mil e quinhentos	Mil e quinhentos

	três barra s	três barra s	m três barra s	m três barra s
7500K	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k	Sete mil e quinhentos k
$5,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	cinco vírgula um xis dez hífen cinco zero c hífen um	cinco vírgula um xis dez cinco zero c menos 1	cinco vírgula um xis dez cinco zero c um	cinco vírgula um xis dez cinco zero c um
$4 \text{ } ^\circ\text{C}$	Quatro zero c	Quatro zero c	Quatro zero c	Quatro zero c

Tabela 1: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste envolvendo unidades de medida

Percebemos que em se tratando de unidades de medida fundamentais, somente o *software Virtual Vision 7.0* apresentou um padrão de leitura que reconhecesse a unidade de medida em questão, enquanto os outros *softwares* realizaram uma leitura caractere a caractere (soletração). Já para o caso em que introduzimos unidades conjugadas ao teste, o padrão de leitura caractere a caractere foi um consenso entre os leitores de tela.

No caso das unidades de medida envolvendo potência, percebe-se que os softwares não fazem distinção quando um número está sobrescrito (potência) ou subscrito (índice), ou quando o fazem é de forma sutil, por exemplo, alterando o tom de voz. Neste sentido o teste B complementa o Teste A.

**Teste B – Ordens de grandeza:** Assim como no Teste A, priorizamos a diversidade de formas de veiculação. A tabela 2 traz os padrões de leitura dos softwares leitores de tela frente às sentenças envolvendo ordens de grandeza.

Grandezas	JAWS 13.0	V.V.7.0	ORCA 2.0	NVDA.2012
$4 \times 10^{25} \text{ m}$	quatro camposymbol180 mil e vinte cinco m	quatro vezes mil e vinte e cinco m	quatro mil e vinte e cinco m	quatro mil e vinte e cinco m
$5 \times 10^{-3} \text{ m}$	cinco camposymbol180 um zero hífen três	cinco vezes um zero traço três m	cinco dez três m	cinco dez três m
5 mm	cinco mm	cinco milímetros	cinco mm	cinco mm
$1 \times 10^{-6} \text{ s}$	um camposymbol180 um zero hífen seis s	um vezes um zero traço seis s	um dez seis s	um dez seis s
1µs	um us	um mi s	um micro s	um micro s
$3.3 \times 10^{-24} \text{ s}$	3 ponto 3 camposymbol 180 um zero hífen dois quatro s	três ponto três vezes um zero traço dois quatro s	três três dez vinte e quatro s	três três dez vinte e quatro s
Gb	Gb	gb	gb	gb

Tabela 2: Padrões de leitura apresentados pelos leitores de tela frente ao teste com as ordens de grandeza

Percebe-se uma falha no reconhecimento do caractere correspondente a função de multiplicação. No teste A, ao representarmos uma ordem de grandeza, utilizamos a letra “x” (xis) para representar a função de multiplicação e vemos, na tabela 1, que os softwares leram exatamente a letra “xis”. Para o teste B, substituímos a letra “x” por um símbolo. O resultado pode ser visto na tabela 2. O *software Jaws 13.0* fez a leitura de forma distorcida, em forma de código (“camposymbol 180”), os *softwares Orca 2.0* e *NVDA 2012* não o leram e somente o *software VV7* leu o caractere como função de multiplicação.

Outro caso que nos chamou a atenção, devido ao fato de também levar o deficiente visual a uma má interpretação do significado da grandeza, foi diante de uma potência de base dez com expoente positivo. Além de os softwares não distinguirem o expoente como um número sobrescrito, leram a base da potência juntamente com o expoente como se fosse um único número, ou seja, “mil e vinte e cinco” ao invés de “dez elevado a vinte cinco”.

**Teste C – Símbolos matemáticos:** Com o Teste C pudemos levantar os pontos de tensão dos leitores de tela frente aos mais variados símbolos matemáticos, desde letras gregas até símbolos representativos de operações matemáticas.

Com relação às letras gregas, os softwares só leram a letra “alfa”. Para as demais letras, o Jaws 13.0 e o VV7 leram de forma distorcida, enquanto o Orca 2.0 e o NVDA 2012 não conseguiram ler. Partindo do pressuposto de que a maioria das constantes físicas e grandezas são escritas com letras gregas, um texto que privilegie tal simbologia tornar-se-á inacessível aos alunos deficientes visuais.

A tabela 3 traz os padrões de leitura dos softwares leitores de tela para os principais símbolos representativos de operações matemáticas, presentes em todos os tipos de teclado e largamente utilizado em linguagem de programação e LaTeX.

O resultado foi surpreendente, pois com exceção de algumas variações na pronúncia, os quatro softwares em questão leram todos os símbolos propostos.

Vemos com a tabela 3 que os softwares não tiveram barreiras ao lerem as expressões matemáticas, nos deixando bastante otimistas. Com isso, mais que adequar os softwares à leitura de elementos matemáticos complexos, os rumos do trabalho apontavam para a necessidade de rompermos com os modos de representação convencionais de expressões matemáticas, transformando a escrita matemática menos gráfica e mais textual.

	<b>JAWS 13.0</b>	<b>VV 7.0</b>	<b>ORCA 2.0</b>	<b>NVDA 2012</b>
$2 + 3$	Dois mais três	Dois mais três	Dois mais três	Dois mais três
$15 - 10$	Quinze hífen dez	Quinze menos dez	Quinze hífen dez	Quinze hífen dez
$5/2$	Cinco barra dois	Cinco barra dois	Cinco barra dois	Cinco barra dois
$5 * 10^2$	Cinco asterisco dez circunflexo dois	Cinco asterisco dez circunflexo dois	Cinco asterisco dez acento circunflexo dois	Cinco asterisco dez circunflexo dois
$X = 4$	Xis igual quarto	Xis igual quarto	Xis igual quatro	Xis igual quatro
$3^2$	Três circunflexo dois	Três circunflexo dois	Três acento circunflexo dois	Três circunflexo dois
$10 > 4$	Dez maior quarto	Dez maior que quarto	Dez maior que quatro	Dez maior quatro
$3 < 5$	Três menor cinco	Três menor que cinco	Três menor que cinco	Três menor cinco
$50 \%$	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento	Cinquenta por cento
$R\$ 2,00$	R cifrão dois vírgula zero zero	R cifrão dois vírgula zero zero	Real dois vírgula zero zero	Real dois vírgula zero zero
$T_f$	T sublinhado f	T sublinhado f	T sublinhado f	T sublinhado f
$\{3\}$	Abre chavetas três fecha chavetas	Abre chave três fecha chave	Abre chaves três fecha chaves	Abre chave três fecha chave
$[2x]$	Abre colchetes dois xis fecha colchetes	Abre colchete dois vezes fecha colchete	Abre colchete dois xis fecha colchete	Abre colchetes dois xis fecha colchetes
$(3x - 1)$	Abre parêntesis três xis hífen um fecha parêntesis	Abre parentêsis Três xis menos um fecha parêntesis	Abre parêntesis três xis hífen um fecha parêntesis	Abre parentêsis três xis hífen um fecha parêntesis

Tabela 3: Padrões de leitura apresentados pelos softwares leitores de tela frente ao teste com expressões matemáticas

Pensando em como poderíamos transformar a linguagem matemática em uma linguagem mais textual, decidimos estudar a linguagem LaTeX.

## A Linguagem LaTeX como alternativa à Linguagem matemática convencional

O *LaTeX* é uma linguagem de marcação de texto, uma sintaxe na qual você escreve já com as indicações da formatação final dos textos. Seu processamento é feito em duas etapas distintas: 1. O texto a ser impresso e os comandos de formatação são escritos em um arquivo fonte com o uso de um *software* editor de textos; 2. Em seguida o arquivo fonte é submetido a um *software* formatador de textos, neste caso o *LaTeX*, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado na tela (SANTOS, 2011).

O que nos chamou a atenção foi a forma como as expressões matemáticas, equações e fórmulas são escritas em Latex, ou seja, uma expressão complexa como  $\int_0^a e^{-x^2} dx$  é escrita em um arquivo fonte por meio do seguinte comando: `\int_{0}^a e^{-x^2} dx`. Veja que o comando foi escrito de forma linear e utilizando apenas caracteres textuais, sem a necessidade de qualquer editor de fórmulas, o que, além de ser simples, o torna acessível a qualquer software leitor de tela. A seguir um exemplo da resolução de problemas segundo essa nova abordagem, em que: (\*) “asterisco” representa a operação de multiplicação; (^) “acento circunflexo” significa “elevado a”; ( ) “sublinhado” representa o índice; ( $\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$ ) representa “fração”; (\$) um sinalizador do início e término de expressões matemática e (\\) um sinalizador de expressões multi-linhas.

**Exemplo.** O Cálculo da velocidade com que um objeto de apenas 200g, que cai de uma altura de 10m em queda livre, pode ser feito da seguinte forma (Considere  $g=10\text{m/s}^2$ ):

\$\$

Por conservação da energia mecânica temos que:\\

$$(M \cdot g \cdot h_0) + \frac{M \cdot v_0^2}{2} = (M \cdot g \cdot h) + \frac{M \cdot v^2}{2}$$

Como o objeto parte do repouso,  $\frac{M \cdot v_0^2}{2} = 0$ . Ao atingir o solo, sua altura se reduz à zero, logo  $M \cdot g \cdot h = 0$ . A nova expressão fica assim:\\

$$M \cdot g \cdot h_0 = \frac{M \cdot v^2}{2}$$

Dividindo ambos os termos por  $M$  temos\\

$$g \cdot h_0 = \frac{v^2}{2}$$

Se isolarmos o termo  $v^2$ , a expressão fica assim\\

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h_0$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

$$v = 14,1 \text{ m/s}$$

\$\$

Podemos perceber que a nova proposta, baseada na linguagem LaTeX, utiliza somente caracteres textuais, portanto totalmente legíveis aos leitores de tela, garantindo o acesso integral ao texto, por parte de alunos com deficiência visual. A proposta vai um pouco mais além que somente garantir o acesso ao texto, mas desenvolver a autonomia de alunos com deficiência visual, ao permitir que os mesmos possam também desenvolver atividades em sala de aula, por meio do computador.

## Considerações Finais

Os pontos de tensão levantados com esta pesquisa, que configuram as limitações dos leitores de tela ao serem submetidos à leitura de elementos matemáticos presentes em um texto de Ensino de Física, convergem a um problema comum: O conflito entre a linguagem matemática convencional, bastante simbólica, predominantemente visual e a dinâmica de leitura dos softwares de interface auditiva. Não basta apenas disponibilizar textos em formato eletrônico, é preciso adequar sua linguagem ao padrão de leitura dos leitores de tela. Dessa forma o computador se tornará um instrumento mais eficiente no processo de mediação entre o Ensino de Física e o aluno com deficiência visual, contribuindo de forma mais efetiva para a construção de sua autonomia e conseqüentemente para sua inclusão escolar.

## Referências

BAUER, M.W.; GASKELL, G. (ed.) **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som – um manual prático**. trad. Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis, Editora Vozes, 2004.

CAMPELL, L. Trabalho e cultura: meios de fortalecimento da cidadania e do desenvolvimento humano. **Revista contato – conversas sobre deficiência visual** – Ed. Especial. Ano 5, n. 7, 2001.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 25, n. 3, 2003, p. 259-272.

PAPERT, S. **Mindstorms – Children, computers, and powerful ideas**. New York: Basics Books, 1980.

REGO, T. C. Vygotsky – Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Editora Vozes, 2011.

SANTOS, R. J., **Introdução ao Latex**. Disponível em: <<http://www.mat.ufmg.br/~regi>>  
Acesso em: 29 ago. 2012.

SONZA, A. P.; SANTAROSA, L. M. C. Ambientes digitais virtuais: acessibilidade aos deficientes visuais. **Novas tecnologias da educação**, v. 1, n. 1, 2003, p. 1-11.

VALENTE, J. A. **Liberando a mente: computadores na educação especial**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1991.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente – O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

\_\_\_\_\_. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.