



UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MATEMÁTICA INCLUSIVA NO ENSINO DE FÍSICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

JOÃO PAULO FERREIRA DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora

Profa. Dra. Eliana dos Reis Nunes

UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MATEMÁTICA INCLUSIVA NO ENSINO DE
FÍSICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

JOÃO PAULO FERREIRA DA SILVA

Orientadora
Profa. Dra. Eliana dos Reis Nunes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino
de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Dra. Eliana dos Reis Nunes (Orientadora)

Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Dra. Sinara Pollom Zardo

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, João Paulo Ferreira da

Utilização de recursos de matemática inclusiva no ensino de física para pessoas com deficiência visual / João Paulo Ferreira da Silva - Brasília: UnB / IF, 159p. 2017

Orientadora: Eliana dos Reis Nunes

Dissertação (mestrado) – UnB / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Ensino de Física. 2. Deficiente visual. 3. Matemática inclusiva. I. Silva, João Paulo Ferreira da. II. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Utilização de recursos de matemática inclusiva no ensino de física para pessoas com deficiência visual.

Dedico esta dissertação a minha mãe Antônia que me proporcionou uma boa educação e que esteve sempre presente em todos os momentos da minha vida.

À minha irmã Janaína pelo apoio e pelo carinho.

E a minha noiva Sheila pelo incentivo, pela paciência e compreensão desde sempre.

IN MEMORIAM

A meu pai e meu irmão dois homens admiráveis que tive a honra de ter presentes na minha vida mesmo que por um breve tempo, mas que deixaram sua marca para sempre.

João Ferreira da Silva
Vladimir Machado da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que eu pudesse concretizar esse trabalho que foi uma das experiências mais enriquecedoras da minha vida, com saúde física e mental.

À Professora Eliana dos Reis Nunes que me acompanhou desde a graduação em Física com valorosos ensinamentos e conselhos e que me apoiou muito durante toda a realização deste trabalho como orientadora.

Agradeço o enorme apoio dado pela amiga Josiane Dallastra sem a qual não seria possível concluir esse trabalho.

Ao meu psicólogo pelas consultas que em muito ajudaram a passar por momentos difíceis.

Aos meus sogros Antônio e Nelci que me tomaram como família desde o início, sempre me apoiando em tudo.

Agradeço aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do polo da UnB por toda dedicação em ministrar as disciplinas que em muito contribuíram para o meu aperfeiçoamento como professor.

Ao Professor Marco Antônio Moreira e a Sociedade Brasileira de Física pela iniciativa da criação deste mestrado que em muito contribui para a melhoria do ensino de Física no país.

A Professora Maria de Fátima da Silva Verdeaux e ao Instituto de Física da Universidade de Brasília que se empenharam e acreditaram neste programa de mestrado.

A Secretaria de Educação do Distrito Federal por conceder a licença para meus estudos.

A escola participante com seus professores e estudantes da sala de recursos de deficientes visuais que cederam seu tempo para contribuir com esse trabalho.

Aos colegas e amigos do mestrado que sempre mostraram muita união tanto nos momentos de estudo quanto nos momentos de descontração.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida durante os dois anos de mestrado.

RESUMO

UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MATEMÁTICA INCLUSIVA NO ENSINO DE FÍSICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

JOÃO PAULO FERREIRA DA SILVA

Orientadora

Profa. Dra. Eliana dos Reis Nunes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho tem por finalidade apresentar uma unidade didática que possibilite ao professor ensinar alguns conceitos de Física, mais especificamente a 2ª. Lei de Newton e força de atrito, para estudantes com deficiência visual. A unidade didática é composta por um texto de apoio em braile, exercícios para a utilização de calculadoras sonoras ou soroban e um material concreto constituído de uma maquete tátil inclinável e um carrinho de madeira com vetores reguláveis para facilitar o aprendizado dos estudantes. A sequência da aula baseia-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e nos princípios da Defectologia de Vygotsky. Participaram da pesquisa quatro estudantes da sala de recursos sendo três cegos e um com baixa visão. A coleta de dados restringiu-se a observação sobre a aplicação dos textos, dos exercícios da unidade didática e do desempenho de cada estudante nos exercícios propostos, ao utilizar o recurso de cálculo escolhido, para a resolução dos mesmos. A unidade didática possibilitou dinamismo para a aula e uma maior interação do estudante com os conceitos trabalhados, além de permitir a inclusão do estudante com deficiência visual numa aula de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física, Deficiente visual, Matemática inclusiva.

Brasília
Maio 2017

ABSTRACT

TITLE OF DISSERTATION

USE OF INCLUSIVE MATHEMATICS RESOURCES IN PHYSICAL
EDUCATION FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT

JOÃO PAULO FERREIRA DA SILVA

Supervisor

Profa. Dra. Eliana dos Reis Nunes

Abstract of master's thesis submitted to Postgraduate Program University of Brasilia in the Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The purpose of this paper is to present a didactic unit proposal that allows the teacher to present some concepts of Physics, more specifically the 2nd Newton's law and frictional force, for students with visual impairment. The didactic unit is composed by supporting text in Braille, exercises for the sound calculator and soroban and a concrete material consisting of a tiltable tactile model and a wooden cart with adjustable vectors to facilitate student learning. The sequence of the lesson is based on Ausubel's theory of meaningful learning and the principles of Vygotsky's Defectology. Four students participated on the research; three were blind and one with low vision. The data collection was restricted to the observation of the application of texts, exercises of the didactic unit and the performance of each student in the proposed exercises, using the chosen calculation resources. The didactic unit made possible dynamism for the class and a greater interaction of the student with the concepts and in a more concrete way, besides allowing inclusion of the visually impaired student in a Physics class.

Keywords: Physics education, Visually impaired, Inclusive mathematics

Brasilia
May 2017

Sumário

1.	Introdução	14
1.1.	Justificativa	15
1.2.	Hipótese	15
1.3.	Objetivos	16
2.	Revisão da literatura: estudos anteriores	19
2.1.	Trabalhos Nacionais Pesquisados Sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual	19
2.2.	Trabalhos de Mecânica	20
2.3.	Trabalhos Internacionais Sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual	22
2.4.	Artigos em Inglês encontrados na Pesquisa.....	22
2.5.	Artigos em Espanhol Encontrados na Pesquisa	26
2.6.	Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual: Recursos Tecnológicos e Computacionais	28
2.7.	Recursos de Cálculos para Estudantes com Deficiência Visual	31
2.8.	Ensino de Matemática para Pessoas com Deficiência Visual com o Uso do Soroban.....	33
3.	Fundamentação Teórica.....	35
3.1.	Condições da Pessoa com Deficiência Visual	35
3.1.1.	Dados Estatísticos.....	36
3.1.2.	Ensino para Deficientes Visuais no Distrito Federal	39
3.2.	REFERENCIAL TEÓRICO	40
3.2.1.	Defectologia e Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky.....	40
3.2.2.	Aprendizagem Significativa de Ausubel no Contexto do Ensino para Deficientes Visuais	44
4.	Metodologia.....	48
4.1.	Fundamentação Teórica	49
4.1.1.	Sondagem inicial	49
4.1.2.	Texto: 2ª. Lei de Newton	50
4.1.3.	Utilizando a Maquete Tátil e o Carrinho	53
4.1.4.	Aplicação do soroban em exercícios de Mecânica (operação de multiplicação)	53
4.2.	2ª. Aula: Força de Atrito	64
4.2.1.	Texto: Força de Atrito	64
4.2.2.	Utilizando a Maquete e o Carrinho.....	65
4.2.3.	Aplicação do Soroban para a resolução do exercício 5 sobre Força de Atrito 65	
5.	Coleta e Análise dos Dados	73
5.1.	Entrevistas com os Professores	73
5.1.1.	Professora do CEEDV	73
5.1.2.	Professor que Atua na Sala de Recursos.....	73
5.2.	ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA.....	74
5.2.1.	Observações Sobre a Aplicação do Material	75
5.2.2.	Observações Sobre a Aplicação do Texto	77
5.3.	Recursos Matemáticos Utilizados nas Resoluções dos Exercícios Propostos. 78	
6.	Considerações Finais	82
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1– Caixas para introduzir valores de posição, velocidade e aceleração.....	25
Figura 2 - Reglete e punção	49
Figura 3 – Estudante com deficiência visual lendo o texto sobre a 2ª Lei de Newton...	50
Figura 4 - Representação da 2ª Lei de Newton utilizando o Código Matemático Unificado	50
Figura 5 – Estudante com deficiência visual utilizando o soroban.....	54
Figura 6 – Posicionamento do multiplicador e do multiplicando repetido.....	55
Figura 7 – Processo de multiplicação número de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando, seguida da soma do resultado na posição indicada.....	55
Figura 8 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 6 que foi memorizado	55
Figura 9 – Multiplicação do próximo algarismo do multiplicador com o número de ordem mais baixa do multiplicando (memorizado) e adição do resultado na posição indicada.....	56
Figura 10 – Multiplicação do número de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais alta do multiplicando e adição do resultado na posição indicada	56
Figura 11 – Resultado parcial do exercício 1 e eliminação do número 5 que foi memorizado	56
Figura 12 – Multiplicação do próximo algarismo do multiplicador com o algarismo memorizado do multiplicando e soma do resultado na posição indicada.....	57
Figura 13 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 1.....	57
Figura 14 – Representação do multiplicador, do multiplicando repetido e das vírgulas (pontos pretos).....	58
Figura 15 – Posicionamento das multiplicações.....	59
Figura 16 – Soma do resultado do primeiro produto na posição indicada	59
Figura 17 – Resultado parcial da multiplicação do algarismo de ordem mais baixa do multiplicando com o multiplicador e a adição do resultado na posição indicada.....	59
Figura 18 – Resultado parcial da multiplicação (5 x 1 e 5 x 0).....	60
Figura 19 – Soma dos resultados das multiplicações nas posições indicadas	60
Figura 20 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 2.....	61
Figura 21 – Posicionamento do multiplicador e do multiplicando do exercício 4	62
Figura 22 – Resultado parcial da multiplicação dos três algarismos do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando somados nas primeiras classes	62
Figura 23 – Resultado parcial das multiplicações e retirada do algarismo 5 memorizado	63
Figura 24 – Resultado parcial da multiplicação dos três algarismos do multiplicador com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando e adição do resultado na posição indicada.....	63
Figura 25– Soma dos resultados das multiplicações nas posições indicadas	63
Figura 26 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do produto do exercício 4.....	64
Figura 27 – Estudante com deficiência visual lendo o texto sobre a força de atrito	64
Figura 28 – Registro do multiplicador, do multiplicando e do multiplicando repetido ..	66
Figura 29 – Representação da primeira multiplicação no soroban	66

Figura 30 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando somado na posição especificada	67
Figura 31 – Representação da segunda multiplicação no soroban	67
Figura 32 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando e o resultado somado na posição especificada	67
Figura 33 – Representação da terceira multiplicação no soroban	68
Figura 34 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.....	68
Figura 35 – Representação da quarta multiplicação no soroban	69
Figura 36 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.....	69
Figura 37 – Resultado do produto na primeira classe, do multiplicando e do multiplicador.....	69
Figura 38 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 2 que foi memorizado.....	70
Figura 39 –Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 4.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual da população com deficiência, segundo o tipo de deficiência investigada.....	36
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de Publicações sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual	20
Tabela 2 - Matrículas de Estudantes com Deficiência em Escolas da Rede de Educação Básica	37
Tabela 3- Matrículas de Estudantes na Educação Especial (Estudantes de Escolas Especiais, Classes Especiais, e incluídos) na Rede de Educação Básica, Distrito Federal	37
Tabela 4- Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a 2ª lei de Newton	79
Tabela 5 - Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a força de atrito	80
Tabela 6 – Algumas respostas dos estudantes na sondagem final	81

1. Introdução

O interesse do tema para essa pesquisa surgiu ao longo da minha trajetória acadêmica, mais precisamente durante as graduações de licenciatura em Matemática 2006-2010 e em Física 2012-2014, ambas na Universidade de Brasília (UnB), e na atuação como professor da rede pública de ensino do Distrito Federal. No ano de 2009 tive a oportunidade de fazer parte do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) que desempenhou um importante papel na minha formação como professor, e com isso me possibilitou a oportunidade de trabalhar e conhecer a realidade de duas escolas públicas do Distrito Federal: Centro de Ensino Médio Setor Leste, em Brasília, e no Centro de Ensino Fundamental Cerâmica São Paulo, em São Sebastião. Na primeira escola mencionada tive a chance de trabalhar com um estudante com baixa visão e outro cego que queriam participar das atividades aplicadas.

Durante a graduação em Matemática participei em 2009 de uma oficina de soroban básico oferecida pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM) e pelo Departamento de Matemática da UnB, onde tive o contato com essa ferramenta de cálculo e suas potencialidades tanto para o ensino regular quanto para o inclusivo. Em 2010 participei de um evento de ensino de Matemática em Salvador – BA, o X Encontro Nacional de Educação Matemática (X ENEM) onde assisti palestras e seminários direcionados ao ensino de Matemática para pessoas com deficiência visual. Em 2011, fiz o concurso para professor efetivo da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF) passando a atuar como professor de educação básica em São Sebastião – DF.

Com a intenção de trabalhar futuramente com o ensino especial e melhorar o atendimento dos estudantes especiais que tinha nas minhas classes regulares, cursei as disciplinas “O Educando com Necessidades Educacionais Especiais” na Faculdade de Educação da UnB e fiz dois cursos “Atendimento Educacional Especializado, Transtornos Globais do Desenvolvimento e Deficiência Visual” e “Notação Matemática em Braille”. Em 2014, para a apresentação de um seminário em uma disciplina na universidade, houve a oportunidade de pesquisar sobre o Ensino de Física e a Deficiência Visual. Utilizei como base de estudo o livro “Saberes Docentes para a Inclusão do Estudante com Deficiência Visual em Aulas de Física”.

Neste trabalho observei a dificuldade do professor ao ensinar os aspectos fenomenológicos da Física para estudantes com deficiência visual (DV). Contudo, a maior dificuldade se encontrava em ensinar as operações matemáticas necessárias em diversos conteúdos dessa disciplina.

1.1. Justificativa

Durante a leitura do livro de Camargo (2012) constatei que ao final de cada capítulo abordando o ensino de um determinado conteúdo de Física (Eletromagnetismo, Mecânica, Óptica etc.) havia um tópico referindo-se as dificuldades das operações matemáticas envolvidas. As operações viáveis eram as que tinham poucas variáveis ou que poderiam ser feitas mentalmente e as que não poderiam ser resolvidas eram justificadas pela impossibilidade da relação triádica¹.

Em outros artigos pesquisados, durante o mestrado, observei que a maioria deles quando abordava o ensino de Física para DV ficava restrito ao estudo dos fenômenos com a utilização de maquetes táteis. Em relação aos cálculos matemáticos, quando mencionados, eram cálculos mentais, utilização de peças com caracteres em braile ou recursos computacionais.

Devido à realidade das escolas públicas do Distrito Federal que geralmente não dispõem de computadores para os estudantes DV e, baseando-me na legislação² no que diz respeito ao uso do soroban no ensino inclusivo para pessoas DV, considerei que se tornaria mais viável utilizar o soroban para realizar alguns cálculos necessários ao aprendizado da Física.

1.2. Hipótese

Essa pesquisa visa uma integração entre o ensino da Matemática e da Física no ensino inclusivo para pessoas com deficiência visual, possibilitando ao estudante, uma aprendizagem mais completa tanto da Física quanto da aplicação da Matemática em seu contexto, com a utilização de um instrumento concreto o soroban. Para analisar se a proposta era viável formulou-se a seguinte hipótese:

¹ Simultaneidade entre raciocínio, registro de cálculo e observação.

² O soroban foi regulamentado pelo Ministério da Educação por meio da portaria nº. 657, de 07 de março de 2002.

“O braile e principalmente o soroban são recursos didáticos que podem auxiliar os estudantes com deficiência visual na resolução de problemas operacionais de Matemática no contexto do ensino de Física”.

1.3. Objetivos

Após a formulação da hipótese da pesquisa elaborou-se o objetivo geral para a seguinte questão: Será que o soroban é um instrumento eficiente para a resolução de problemas operacionais de Matemática no contexto do ensino de Física?

Objetivo geral

Comprovar a eficácia do uso do soroban e da notação braile do código matemático unificado em situações de ensino de Física para estudantes DV.

Para alcançar esse objetivo realizaram-se as seguintes ações:

Objetivos específicos

Confeccionar maquetes táteis e aplicá-las para ensinar tópicos de mecânica (2ª Lei de Newton e força de atrito);

Elaborar uma unidade didática, com textos e exercícios envolvendo o conteúdo de Física selecionado;

Aplicar o uso do soroban para a resolução dos exercícios envolvendo a 2ª Lei de Newton e força de atrito;

Observar como o estudante DV relaciona os cálculos matemáticos com a situação do fenômeno físico apresentado;

Identificar as dificuldades e as viabilidades operacionais envolvidas no tópico trabalhado tanto para o estudante quanto para o professor.

Para apresentar os resultados dessa pesquisa sobre a integração entre o ensino da Matemática e da Física no ensino inclusivo para pessoas DV dividiu-se a dissertação em seis capítulos.

O capítulo 1, que serve de introdução, objetiva situar o leitor no contexto do projeto, questão norteadora, objetivos e hipótese da pesquisa.

O capítulo 2 mostra os estudos anteriores sobre o Ensino de Física e Matemática para DV em artigos nacionais e internacionais.

O capítulo 3 apresenta alguns dados sobre a situação do DV no país e traz os referenciais teóricos que dão suporte a metodologia utilizada para o ensino de Física e Matemática para DV que são: Vygotsky com a Defectologia³ e Ausubel com a Teoria da Aprendizagem Significativa.

O capítulo 4 mostra o material confeccionado e utilizado para o ensino da 2ª. Lei de Newton e força de atrito, as aulas ministradas e o uso do soroban com o uso do código unificado para símbolos matemáticos na realização dos exercícios de mecânica.

O capítulo 5 é reservado para a apresentação da coleta e análise dos dados com a transcrição de alguns relatos dos estudantes participantes antes e depois da aplicação do material numa análise qualitativa.

O capítulo 6 mostra as considerações finais sobre todo o processo de aplicação da unidade didática planejada e a eficácia do uso do soroban e da notação braile do código matemático unificado em situações de ensino de Física para estudantes DV.

O apêndice A é destinado ao produto educacional proveniente da pesquisa realizada.

O apêndice B apresenta a lista de publicações encontradas e analisadas para o capítulo de estudos anteriores sobre os trabalhos do professor Eder Pires de Camargo.

O apêndice C contém a lista de publicações encontradas e analisadas para o capítulo de estudos anteriores sobre os trabalhos dos demais autores do tema de Ensino de Física para estudantes DV.

O apêndice D apresenta a descrição da confecção das maquetes táteis usadas na pesquisa.

³ Termo utilizado por Vygotsky para denominar a ciência que estuda os processos de desenvolvimento de crianças com deficiências físicas, mentais ou múltiplas.

2. Revisão da literatura: estudos anteriores

Ao propor a criação de um material de apoio para professores de Física que atendam estudantes com deficiência visual é interessante conhecer o trabalho de pesquisadores brasileiros e estrangeiros que se debruçaram sobre o assunto e como trabalharam esse tema em suas pesquisas. Para isso, inicialmente, efetuou-se uma pesquisa mais ampla envolvendo as publicações sobre o ensino de Física para pessoas com deficiência visual (DV) no período de 2000 a 2014. Depois, como é interesse do autor dessa pesquisa integrar o ensino de Matemática e da Física para a aprendizagem de estudantes DV, com a utilização de um instrumento concreto o soroban, efetuou-se a divisão dos assuntos em duas grandes áreas. A primeira contemplando artigos que tratam do aprendizado da Mecânica por estudantes DV e a segunda área envolvendo os artigos que relacionam o aprendizado da Física por DV e os recursos matemáticos.

2.1. Trabalhos Nacionais Pesquisados Sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual

Realizou-se uma pesquisa com a utilização do Google Acadêmico para saber a quantidade de publicações sobre o tema deficiência visual e ensino de física entre os anos de 2000 a 2014. Utilizou-se a sentença: “deficiência visual e ensino de física” Na busca não se considerou a sentença exata, mas publicações que possuíam pelo menos uma das palavras da sentença em qualquer lugar do artigo e por conta disso foi necessário um refinamento da pesquisa para se eliminar os artigos que não condiziam com o tema pesquisado.

Nas pesquisas efetuadas observou-se a predominância dos trabalhos do professor Eder Pires de Camargo, considerado a maior referência nacional em Ensino de Física para DV. Encontrou-se trinta e seis artigos publicados pelo professor Camargo juntamente com seus coautores direcionados ao ensino de Física para estudantes DV⁴.

Estes artigos reúnem ferramentas úteis para que os professores de Física possam ensinar estudantes DV no ensino de mecânica, óptica, eletromagnetismo, termologia, astrofísica/astrofísica e física moderna. O que pode surpreender é a possibilidade de

⁴ Os artigos são apresentados no Apêndice B, listados em uma tabela e organizados em ordem cronológica com as principais características de cada trabalho.

ensino de óptica para estudantes DV, já que essa área de estudo da Física está diretamente relacionada a fenômenos visuais.

Segundo Camargo (2012),

[...] como boa parte das atividades experimentais de óptica aborda fenômenos observáveis pela visão, torna-se imprescindível, para estudantes com deficiência visual, a descrição oral detalhada daquilo que o experimento explicita. Por isso, a participação de estudantes com deficiência visual em experimentos ópticos deve se dar em contextos que favoreçam o surgimento de relações interativas entre discentes com e sem deficiência visual e entre discentes e docentes. Também quando possível, é viável a utilização de maquetes que apresentem registros táteis dos fenômenos abordados. (CAMARGO, 2012, p. 86)

A tabela 1 mostra a quantidade de publicações encontradas sobre o Ensino de Física para DV, no período de 2000 a 2014, segundo os conteúdos de física trabalhados em sala de aula⁵.

Física Moderna	Termologia	Mecânica	Eletromagnetismo	Óptica	Astrofísica/ Astronomia	Ondulatória	Total
2	6	16	12	14	7	2	59

Tabela 1- Quantidade de Publicações sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual

Como o interesse do autor é trabalhar com o conteúdo de mecânica para DV descreve-se a seguir, resumidamente, propostas apresentadas em alguns artigos do conteúdo de Mecânica⁶.

2.2. Trabalhos de Mecânica

CAMARGO (2000) em sua dissertação de mestrado **“Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas”** apresentou as concepções alternativas de pessoas cegas em relação aos conceitos de repouso e movimento. O autor ainda comparou às concepções sobre modelos científicos desenvolvidos ao longo da história por indivíduos que são cegos de nascença com aqueles que perderam a visão na infância.

⁵ Foram registradas na tabela 2.1 apenas as publicações que tratavam explicitamente de uma área de ensino de Física para DV. Os artigos que tratam de mais de um tema e os que falam de forma geral sobre o ensino inclusivo não foram contabilizados, pois estão contemplados nos Apêndices B e C.

⁶ No Apêndice B mostra-se a descrição de algumas propostas apresentadas nos artigos, dos demais conteúdos de Física, mostrados na tabela 2.1.

Instrumentos de medidas adaptados aos estudantes DV foi o tema estudado por BARROS, MARTELLI e SANTOS (2003) em seu artigo **“Uma proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais nas aulas de Física do Ensino Médio”**. Neste artigo, os autores descreveram a construção de instrumentos de medida, como a mesa de força, dinamômetro, dilatômetro, termômetro de expansão do ar, e ainda, um plano cartesiano para traçado e interpretação gráfica pelos estudantes.

CAMARGO (2005) em sua tese de doutorado “O ensino de física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de física para estudantes cegos e com baixa visão” tratou do conceito de “aceleração” aplicado a um grupo de estudantes DV abordando a aceleração e a desaceleração tendo como fatores causadores das mesmas, o atrito e a gravidade. Camargo utilizou, para isso, tarefas, debates, interação com o objeto de estudo, resolução de problemas e confronto de modelos numa pesquisa qualitativa.

TATO e BARBOSA-LIMA (2009) no seu artigo **“Material de equacionamento tátil para portadores de necessidades especiais visuais”** apresentaram um material que expressa à escrita matemática (equacionamento matemático em braile) e seu uso em atividades de cinemática. Os autores utilizaram caracteres em braile e em tinta, permitindo a interação entre estudantes com ou sem deficiência visual, na realização de atividades que exigiam equacionamento de dados.

COSTA, QUEIROZ e FURTADO (2010) em **“Ensino de física para deficientes visuais: métodos e materiais utilizados na mudança de referencial observacional”** elaboraram materiais didáticos utilizando o referencial observacional tátil. As atividades foram distribuídas em quatro etapas e, em cada uma delas trabalhado os seguintes conteúdos: vetores, movimento circular, conservação do momento angular e significado físico de cores.

LIBARDI, CARDOSO e BRAZ (2011) em seu artigo **“Experimentos envolvendo conceitos de centro de massa para alunos com nenhuma ou pouca visão”** trabalharam com a inclusão de estudantes DV nas aulas de laboratório de Física. Discutiram, em seu artigo, sobre adaptações necessárias para que os estudantes DV tenham condições de participar de experimentações. Apresentaram, também, um experimento que explora o conceito de centro de massa.

2.3. Trabalhos Internacionais Sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual.

De forma semelhante à pesquisa realizada para encontrar trabalhos nacionais sobre o tema “deficiência visual e ensino de física” utilizou-se o Google Acadêmico com os termos em inglês: “physics and visually impaired”⁷ e “blind student and physics”⁸ e em espanhol: “discapacidad visual y la enseñanza de la física” e “estudiantes ciegos y enseñanza de la física” para fazer a busca de trabalhos em inglês e espanhol, respectivamente. O período pesquisado foi do ano de 2000 até o ano de 2014. Após o refinamento da pesquisa encontrou-se doze trabalhos em inglês e sete em espanhol sobre o ensino de Física para DV.

2.4. Artigos em Inglês encontrados na Pesquisa

HENDERSON (1965) em sua dissertação de mestrado “**Laboratory methods in physics for the blind**” tratou especificamente do trabalho de laboratório feito por estudantes DV, não prometendo uma solução, mas procurando mostrar formas para que o estudante tivesse menos dificuldade nas práticas experimentais. Utilizou relatos do uso de escalas em braile, recursos táteis e auditivos e uma discussão da utilização de circuitos osciladores simples RC. No último capítulo de seu livro apresentou um levantamento do ensino laboratorial para DV em outros países.

PARRY, BRAZIER e FISCHBACH (1997) no artigo “**Teaching college physics to a blind student**” relataram o acompanhamento de uma estudante DV, cursando Física, na Universidade de Purdue nos Estados Unidos e o auxílio oferecido à mesma. A universidade oferecia anotadores nas aulas, um especialista em laboratório, um leitor/escritor para testes e exames e um tutor para ambos (aulas e laboratório). Além disso, a universidade oferecia para a estudante vários textos transcritos em braile, incluindo os trabalhos de casa, exames, e exemplos ou diagramas que o instrutor ou qualquer um dos autores pensaram que seria útil. Os autores trabalharam como tutores da estudante e como especialistas de laboratório.

MADDOX e MORGAN (2004) mostraram em “**Teaching a physics laboratory module to blind students**” uma situação em que dois estudantes DV

⁷ Deficiência visual e Ensino de Física.

⁸ Estudantes cegos e Ensino de Física.

fizeram um curso de Física no laboratório de uma Escola de Física e Astronomia. Os estudantes leram o que estava escrito na tela do computador utilizando um software braille. Foram discutidos em tópicos os problemas detectados e as potenciais soluções. Os estudantes necessitaram de assistentes para entenderem as atividades de laboratório e os autores verificaram a necessidade de instrumentos sonoros e gráficos táteis.

THOMPSON (2005) descreveu em **“LaTeX2tri: physics and mathematics for the blind or visually impaired”** como utilizar recursos tecnológicos para a melhoria do acesso do DV ao ensino de Física e Matemática. O autor discorre sobre o recurso do LaTeX2Tri que é um conversor desenvolvido na Universidade Estadual de Oregon para arquivos LaTeX de Física e Matemática acessíveis para DV que utilizam o Win Triangle. Assim, vários tipos de arquivos como TeX, pdf, Word podem ser convertidos em Triangle que é uma linguagem de trabalho utilizada por estudantes e pesquisadores cegos, facilitando seu acesso a livros, notas de aula e conjunto de problemas de matemática.

LARKIN (2006) em **“Making physical science accessible to students with visual impairments”** identificou maneiras em que a aprendizagem baseada na investigação pode ser usada para ajudar os estudantes cegos ou prejudicados visualmente a compreenderem os conceitos de magnetismo, eletricidade e som. Para os experimentos de magnetismo foram feitos experimentos com ímãs e diferentes metais. Para os de eletricidade foram construídos circuitos simples usando pilhas, baterias e lâmpadas e os experimentos de som exploram sons produzidos por diferentes objetos, confecção de telefone de copos e barbante, uso de garrafas de vários tamanhos com líquidos e uso de diapasão.

KOUROUPETROGLOU e KACORRI (2009) em **“Deriving accessible science books for the blind students of physics”** escreveram sobre a produção de livros de ciências acessíveis ao estudante DV desde o nível primário até o ensino superior. Mostrando as normas internacionais e os diversos formatos de livros: livros táteis (em relevo braille e gráficos táteis), livro áudio digital, grandes livros de impressão. Esses formatos de livros têm ajudado no ensino de Física, Matemática e Informática.

YOREK e SAHIN (2009) investigaram em **“Teaching science to visually impaired students: a small-scale qualitative study”** como estudantes DV aprendem

ciência. Para isso, fizeram entrevistas e observações que revelaram a precisão de acomodações adequadas e de instrução clara para que os estudantes DV aprendam ciência. Esses estudantes precisam de mais experiências táteis e de áudio do que de instrução visual. Os equipamentos de laboratório devem ser acessíveis para ajudá-los a construir sua autoestima e independência. A segurança, também, deve ser levada em conta para evitar que possíveis situações perigosas surjam. Os estudos não foram suficientes para formalizarem implicações gerais e inferências, mas oferecem orientações para o aperfeiçoamento de professores no ensino de estudantes DV.

APELT (2010) descreveu em **“Physics with sighted, visually impaired, and blind students”** o experimento feito por dez estudantes alemães da Universidade de Dortmund, sendo dois deles com deficiência visual. O tema do experimento foi “calor por energia elétrica” e consistiu na medida do trabalho elétrico produzido pelas cargas que passam em um fio por meio da medida de sua temperatura. Foram utilizados termômetros e medidores de corrente sonoros. Os gráficos foram representados com maquete 3D e os dados coletados foram passados pelo estudante DV para uma planilha no computador com o uso de um teclado adaptado conectado ao notebook

O trabalho de CRYER (2013) **“Teaching STEM subjects to blind and partially sighted students: Literature review and resources”** apresentou uma revisão de literatura sobre os desafios específicos enfrentados por DV ao estudar ciências e matemática. O autor relatou a necessidade de que os cursos de formação de professores inclusivos trabalhem com: formatos alternativos para a representação de recursos visuais, conversões de equações para formatos acessíveis e a melhoria da comunicação entre professor e estudante DV entre outros.

O trabalho de CAMARGO et al. (2013) em **“Adequate and inadequate communicational contexts for the inclusion of visually impaired students in electromagnetism classes”** avaliou a relação entre as linguagens utilizadas e os contextos comunicativos envolvendo estudantes com deficiência visual nas aulas de eletromagnetismo. Os autores afirmaram que são necessárias outras categorias de linguagem com diferentes combinações de modalidades sensório-perceptivas para o ensino de Física. Foram mostradas estratégias didáticas como "tátil-auditivas" que favorecem a aprendizagem conceitual em comparação com atividades "audiovisuais".

BULBUL et al. (2013) em “**Re-Simulating Physics Simulations for Blind Students**” fizeram tentativas de simulações acessíveis para estudantes DV propondo o modelo "re-simulating" em que professores escolhem materiais simples, acessíveis e baratos para adequarem simulações aos estudantes DV com experimentos desenvolvidos pela Universidade do Colorado. Na simulação sobre movimento, mostrada na figura 1, há três caixas para introduzir os valores de posição, velocidade e aceleração. Na parte de gráficos táteis existe uma régua marcada no meio como um ponto de referência e um pedaço de papel que se move junto à régua. O papel simula o homem se movendo e a régua simula o caminho do homem. Esta parte é usada como independente porque o usuário é que decide a posição do homem e da direção do movimento. A opinião dos estudantes foi positiva, entretanto, mais estudos precisam ser realizados para validar esse recurso em sala de aula.

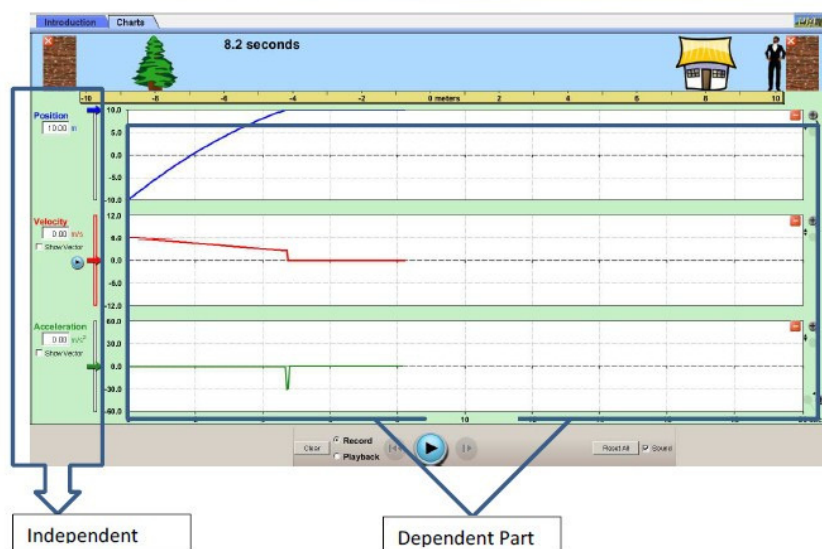


Figura 1– Caixas para introduzir valores de posição, velocidade e aceleração.
Fonte: “Re-Simulating: Physics Simulations for Blind Students”

BULBUL, GARIP e OZDEMIR (2015) relataram em “**Using a force concept inventory test with visually impaired and blind students**” conceitos de força e movimento comparando estudantes videntes com estudantes DV. Coletaram dados com seis estudantes cegos do Ensino Médio e a análise dos dados revelou que as concepções dos estudantes cegos acerca de força e movimento não são muito diferentes daquelas de estudantes videntes. Isto é, as experiências visuais não parecem ter um papel

significativo nas conceituações sobre força e movimento. No entanto, houve vários problemas conceituais que parecem ser particulares, aos estudantes cegos por conta da sua falta de experiências visuais.

2.5. Artigos em Espanhol Encontrados na Pesquisa

GARCIA, CALDERA e JIMÉNEZ (2002) no artigo **“El aprendizaje de las ciencias en niños ciegos y deficientes visuales”**, dissertaram sobre as adaptações curriculares necessárias para que todos os estudantes DV possam estudar a ciência em todos os níveis acadêmicos. Eles analisaram algumas das dificuldades de aprendizagem em ciências pelas crianças com deficiência visual. Os autores defendem uma ciência de ensino multissensorial usando todos os sentidos possíveis para capturar informações de mídia e inter-relacionar os dados para obter uma aprendizagem significativa. As autoras sugerem atividades de ensino de ciências com a utilização de cada um dos sentidos: olfato, tato, paladar e audição. Elas mostraram dois exemplos de analogias: o primeiro para o ensino de escalas de temperatura utilizando escadas com degraus diferentes onde cada uma das escadas representa uma escala de temperatura. O segundo para o ensino de refração da luz com o uso de uma analogia mecânica de um carrinho que representa a luz passando por uma maquete que é dividida em duas superfícies de diferentes texturas que representam os dois meios diferentes por onde passa a luz.

ORTEGÓN (2007) em **“¿Como aprenden física los invidentes?”** propôs uma alternativa educacional para facilitar o ensino do conceito de força de atrito. A ferramenta proposta foi uma rampa com cinco texturas diferentes (madeira rústica, tela, vidro liso, lixa e fórmica) onde os estudantes moviam um bloco de madeira coberto por velcro de maneira que percebiam a ação da força de atrito ou a fricção a medida que o bloco tocava cada uma das superfícies.

CAMARGO, SCALVI e BRAGA (2007) no artigo **“Concepciones alternativas sobre reposo y movimiento, modelos históricos y deficiencia visual”** relataram um estudo sobre as concepções alternativas de estudantes DV mostrando, entre outras coisas, a superação do paradigma. Essas concepções passam a ganhar a atenção entre os educadores construtivistas que procuram uma melhoria na sua prática de ensino. Foi mostrada a diferença entre o pensamento científico atual e as concepções espontâneas

dos estudantes apontando a falha no ensino tradicional que despreza tais concepções. São feitas comparações entre as concepções da física aristotélica e da física medieval.

CAMARGO, NARDI e VIVEIROS (2012) no artigo **“Análisis del proceso inclusivo del alumno ciego en clases de física moderna”** fizeram um estudo para entender quais são as principais barreiras e alternativas para a inclusão de estudantes DV no contexto do ensino de física moderna. Apresentaram e discutiram as dificuldades e as viabilidades para a participação efetiva do estudante cego de nascença nas aulas de física moderna. Identificaram seis classes que dificultam e quatro que permitem o processo de aprendizagem desses estudantes e a importância da criação de ambientes que favoreçam a comunicação e não a segregação.

CAMARGO e NARDI (2013) no artigo **“Contextos comunicacionales adecuados e inadecuados para la inclusión de alumnos con discapacidad visual en clases de física moderna”** apresentaram parte de um estudo que objetiva identificar as principais barreiras à inclusão de estudantes com deficiência visual em aulas de física. Entendendo quais contextos comunicacionais favorecem e/ou impedem a participação efetiva das atividades dos estudantes cegos em aulas de física moderna. Para fazer isso, os autores definiram a linguagem a ser utilizada a partir de estruturas empíricas e semântica-sensoriais.

REYNAGA et al. (2014) pertencem a uma equipe de implementação de atividades educacionais acessíveis aos DV em química, física e biologia. A equipe é formada por membros de três instituições de ensino: a Universidade Nacional Autônoma do México, Universidad Iberoamericana e o CINVESTAV⁹. No artigo **“Experiencias educativas en la enseñanza de las ciencias experimentales a niños y jóvenes con discapacidad visual”** os autores apresentam atividades experimentais baseadas no uso de testes de materiais acessíveis, modelos táteis dimensionais e propostas educacionais apropriadas de ensino multissensorial dos temas: fenômenos de luz, biologia, fungos, fisiologia das plantas, células e tecidos, propriedades das substâncias, eletrólitos e não-eletrólitos, entre outros.

⁹ Center for Research and Advanced Studies of the National Polytechnic Institute. Em Espanhol: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Os trabalhos pesquisados, de forma geral, argumentam que as pessoas com deficiência visual tem a capacidade de aprender ciências, em todos os níveis, bastando para isso, fazer as adaptações necessárias: materiais táteis, código Braile, eliminação de barreiras físicas etc., e utilizar, dentro do possível, as capacidades que os estudantes já dispõem.

2.6. Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual: Recursos Tecnológicos e Computacionais

Apesar das limitações de acesso aos avanços tecnológicos na área da eletrônica e dos computadores voltada para o ensino especial é importante conhecer alguns recursos existentes para dar assistência aos estudantes DV.

O Optacon¹⁰ desenvolvido na Universidade de Stanford é um dispositivo eletromecânico capaz de decompor as letras impressas de um texto e convertê-las, por vibração, em uma imagem nos dedos de uma pessoa cega. Este recurso parou de ser fabricado em 1996, mas ainda é utilizado por pessoas cegas. Com a utilização do Optacon uma pessoa cega pode ler livros comuns e anotações não disponíveis em braile, porém o seu custo é muito elevado. O estudante deve estar bem motivado, pois precisa gastar muitas horas treinando essa forma de leitura (BLISS; MOORE, 1975).

No MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) desenvolveram um computador que traduz automaticamente a escrita impressa para o braile de grau 2¹¹. Uma expansão do computador que traduz braile, (Braile em Relevo do MIT), é utilizada com uma máquina de escrever com telefone, dessa forma, um professor com estudantes com deficiência visual pode obter cópias em braile de materiais novos pedindo ao centro de computação, pelo telefone, e as recebe por meio de uma máquina de escrever.

Um sistema desenvolvido pela American Foundation for the Blind chamado condensador de fala é capaz de aumentar a velocidade de áudios, eliminando um

¹⁰ Optacon (OPTical to TActile CONverteris).

¹¹ Enquanto o sistema Braile extenso, denominado grau 1, é empregado escrevendo-se a palavra, letra por letra, ou de forma abreviada, adotando-se código especiais de abreviaturas para cada língua ou grupo linguístico, o Braile grau 2 é a forma abreviada, empregada para representar as conjunções, preposições, pronomes, prefixos, sufixos, grupos de letras que são comumente encontradas nas palavras de uso corrente. A principal razão de seu emprego é reduzir o volume dos livros em braile e permitir o maior rendimento na leitura e na escrita.

centésimo de segundo, sem causar distorções da voz. Ele é capaz de dobrar a velocidade da palavra mantendo a intensidade e a qualidade da voz otimizando o recebimento da informação.

A Máquina de Leitura de Kurzweil¹² consegue converter material impresso em áudio falado em velocidade normal. A pessoa coloca o material a ser lido de cabeça para baixo na superfície do transmissor, que é ativado pela pessoa por meio de uma unidade de controle separada. O mecanismo de transmissão consegue localizar a primeira linha de um texto e inicia a transmissão da página e uma voz eletrônica é ouvida lendo a página. Apesar de ser uma máquina com grande capacidade ela tem uma aplicação limitada por não ser portátil e ter valor elevado para compra.

O Sonic guide¹³ é um aparelho que auxilia a mobilidade de pessoas DV. Ele assemelha-se a um par de óculos emitindo sons de alta frequência, inaudíveis para os seres humanos. Ou seja, o aparelho emite ondas de ultrassom que refletidas nos objetos, próximos a pessoa com deficiência visual, retornam como sinais audíveis. De acordo com a distância que o obstáculo esteja, o som tem uma intensidade diferente e, leva um tempo para a pessoa saber interpretá-lo (NEWCOMER, 1977).

Estes equipamentos têm pontos que são importantes de se observar: necessitam de instruções extensivas para que possam ser utilizados de forma apropriada, ocasionalmente quebram e precisam de manutenção ou serem consertados/adaptados, têm valor elevado de compra e, muitas vezes, são de difícil transporte nas situações do dia a dia. (KIRK; GALLAGHER, 1996)

Existem também adequações para uso de computadores para estudantes de baixa visão como: monitores mais adequados com configurações de contraste, tamanho de letra ampliada, luminosidade adequada, tamanho do ponteiro do mouse, adaptação do teclado (menor índice de intermitência e maior largura das teclas para facilitar a localização).

¹² Só disponível em Inglês.

¹³ Guia de som.

De acordo com Domingues et al. (2010),

Outras formas de ampliação são oferecidas por "softwares" específicos, com o objetivo de proporcionar ampliação da tela toda ou de partes dela. Trata-se de programas que são disponibilizados de diferentes formas, desde o já disponível no ambiente Windows (Lente de Aumento do Windows), os disponíveis para "download" gratuito, como o LentePro do sistema Dosvox, até os mais sofisticados, com muitos outros recursos, que são adquiridos no mercado, como é o caso do MAGic e ZoomText. (DOMINGUES et al., 2010, p. 21)

No Brasil, as escolas com atendimento educacional especializado para estudantes com deficiência visual, utilizam o software Braile Fácil. Este software transcreve documentos em texto comum para o braile facilitando a sua leitura pelas pessoas com deficiência visual e permitindo a impressão do documento em impressora Braille.

Outro programa que facilita o acesso à leitura do DV é o MECDaisy¹⁴ que possibilita a geração de livros digitais falados e sua reprodução em áudio, gravado ou sintetizado. O MECDaisy permite a reprodução sincronizada de trechos selecionados, bem como, o recuo e o avanço de parágrafos e a busca de seções ou capítulos.

Outro recurso desenvolvido pelo NCE/UFRJ destinado a atender aos DV, foi o sistema operacional DOSVOX. Este sistema oferece editor de texto, leitor de documentos, recurso para impressão braile e em tinta. Possui jogos didáticos e lúdicos, calculadora vocal, programas sonoros para acesso à internet, ampliador de telas e leitor de telas para Windows. Apesar do DOSVOX ser um recurso poderoso e desenvolvido no Brasil para auxílio da aprendizagem e do acesso à internet por parte do DV, infelizmente não alcança boa parte deles, em especial os de baixa renda, que não tem acesso ou não podem comprar um computador.

O autor deste trabalho utilizou o tradutor braile on-line Atractor, desenvolvido por Miguel Filgueiras, no âmbito do projeto MATINV¹⁵. O Atractor gera um arquivo em linguagem braile em formato pdf ao digitar-se um texto no espaço correspondente, encontrado no site¹⁶.

¹⁴ Programa desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro - NCE/UFRJ em parceria com o MEC.

¹⁵ MATemática Interativa para INVisuais

¹⁶ Disponível em: <http://www.atractor.pt/> Acesso em: 13 jul. 2016

2.7. Recursos de Cálculos para Estudantes com Deficiência Visual

Durante o início da pesquisa, sobre o tema proposto, houve dificuldade em encontrar artigos, teses ou livros que abordassem mais especificamente o tema central dessa dissertação que trata dos recursos existentes para que estudantes DV possam efetuar cálculos matemáticos em situações de ensino de Física ou Ciências. A maioria dos artigos encontrados em buscas pela internet sobre o Ensino da Física para DV abordavam apenas os aspectos fenomenológicos da ciência.

CAMARGO (2012) refere-se, ao final de cada capítulo do seu livro “**Saberes Docentes para Inclusão do Estudante com Deficiência Visual em Aulas de Física**”, das dificuldades das operações matemáticas a serem realizadas pelos DV em assuntos da Física. Análises das dificuldades operacionais também estão presentes nos artigos de Camargo e Nardi (2007a, 2007b, 2009) que apresentam os temas da Física mais específicos de eletromagnetismo, óptica e mecânica, respectivamente. As operações viáveis eram aquelas que tinham poucas variáveis ou que poderiam ser feitas mentalmente. As que não poderiam ser resolvidas eram justificadas pela impossibilidade da relação triádica.

Segundo Camargo (2012),

[...] para o caso das operações matemáticas, vale destacar que o pequeno número de ocorrências deve-se a uma característica de planejamento do grupo de óptica que buscou focar suas atividades na esfera conceitual. Em outras palavras, durante o processo de planejamento das atividades, os licenciados enfatizaram os conceitos ópticos deixando em segundo plano a aplicação de linguagem matemática (CAMARGO, 2012, p. 89)

No artigo de Souza (2008) além do multiplano e dos recursos computacionais como o LaTeX houve a utilização de um jogo de dominó adaptado para a resolução de equações podendo abordar os conceitos físicos destas equações, cada peça tem duas metades de equações diferentes, trabalhando de forma lúdica com o estudante as questões abordadas.

Sobre o multiplano de acordo com Libardi et al. (2011),

Consiste em uma placa perfurada de linhas e colunas perpendiculares, onde os furos são equidistantes. O tamanho da placa e a distância entre os furos variam conforme a necessidade. Nos furos podem ser encaixados pinos. Na

superfície dos pinos pode conter identificação dos números, sinais e símbolos matemáticos tanto em Braille, quanto em algarismos hindu-arábicos, o que torna o material manipulável eficiente para pessoas cegas e videntes. (LIBARDI et al., 2011, p.5)

No trabalho de MAGNOMI e BEZERRA (2013) encontrou-se um material concreto chamado “equal” consistindo de peças com escrita em braille e com letra cursiva ampliada para representar monômios, números inteiros, fracionários, dentre outros. Sua função é auxiliar estudantes tanto com deficiência visual quanto videntes¹⁷ na compreensão e resolução de equações de 1º grau. Parecia ser um bom método, mas não havia informações sobre como confeccionar essas peças e haveria a necessidade de se confeccionar um grande número de peças para ser possível fazer cálculos variados.

No trabalho de TATO e LIMA (2009) é sugerido um recurso semelhante ao “equal” onde são confeccionadas peças utilizando a reglete escrevendo numa placa de alumínio, os caracteres da equação em braille, e coladas em ímãs que por sua vez são fixadas em uma placa ferromagnética. Nesse trabalho é admitido que esse recurso não supre todas as necessidades dos DV usuários de braille.

No trabalho de MORAIS (2008) foi encontrado o cubaritmo em que o estudante com cegueira pode fazer cálculos. O material é constituído por uma caixa de madeira com uma gaveta e na parte superior tem uma grade de metal onde são encaixados os cubos que são feitos de plástico com gravações dos números em braille. O procedimento de registro e de operações matemáticas seguem as mesmas regras da grafia em papel, mas a complexidade em manusear os cubinhos contribuiu para a sua substituição por outros recursos.

Do exposto pensou-se em utilizar o soroban para ensinar a matemática necessária para o entendimento de algumas leis físicas, pois este instrumento de cálculo é adotado em escolas direcionadas para estudantes com deficiência visual.

O soroban é um instrumento de cálculo matemático, cuja estrutura é provida de hastes metálicas ao longo das quais contas podem deslizar. A sua estrutura atual é decorrente de uma série de transformações, de forma a aumentar sempre a sua utilidade prática e a facilidade de manuseio. Utiliza como princípio a lógica do sistema de

¹⁷ Denominação dada para pessoas que não tem deficiência visual.

numeração hindu arábico de base decimal, mas pode ser usado em qualquer base ou sistema de numeração (CENTURIÓN, 1998).

2.8. Ensino de Matemática para Pessoas com Deficiência Visual com o Uso do Soroban

No Brasil, o soroban foi adaptado para ser usado por pessoas com deficiência visual em 1949 por Joaquin Lima de Moraes. Sua utilização para o ensino de Matemática faz parte do currículo do Ensino Fundamental. (ARAÚJO, 2005)

Segundo Azevedo (2006),

O soroban foi regulamentado pelo Ministério da Educação por meio da portaria nº. 657, de 07 de março de 2002, como instrumento facilitador no processo de inclusão de alunos portadores de deficiência visual nas escolas regulares, bem como instrumento de desenvolvimento socioeducativo de pessoas portadoras de deficiência visual (AZEVEDO, 2006, p. 1).

A maneira de utilizar o soroban adaptado para DV não difere em nada do usado por videntes. As duas únicas mudanças são o deslizamento das contas e às referências utilizadas. A leitura dos valores é feita pelo tato e, devido a isso, as contas não podem ficar deslizando. Para resolver essa dificuldade o soroban tem um tapete de borracha que mantém as contas na posição desejada sendo utilizada a coluna mais à direita para o registro das unidades para que não haja a necessidade da procura pelo ponto de referência.

Para que o estudante com deficiência visual possa manusear o soroban adequadamente, nos seus processos operatórios, é fundamental que este já compreenda a formação de número na fase de Pré-Soroban.

Segundo Moraes (2008),

O Pré-Sorobã é a fase que visa oportunizar ao aluno com deficiência visual a construção dos conhecimentos matemáticos, isto é, aquisição de conceitos e de procedimentos do número em suas diferentes formas bem como suas representações, classificações e operações até o manuseio do Sorobã sem apoio de recursos auxiliares (MORAIS, 2008, p.102).

Dessa forma o soroban é um instrumento de cálculo, mas que permite também o desenvolvimento da coordenação motora no registro do número pelo estudante ao localizar as classes e as ordens, intimamente relacionadas com o valor posicional do

número. O soroban, também, favorece a concentração, a memória, o raciocínio lógico e o desenvolvimento da estrutura mental do estudante articulando pensamento, linguagem e ação psicomotora (MORAIS, 2008).

A agilidade e a rapidez nos cálculos não são necessárias no começo, pois o estudante está se adaptando ao soroban. Para o manuseio do soroban é necessário que o estudante compreenda bem os conceitos de agrupamento e reagrupamento dos números. As operações podem ser iniciadas tanto pela ordem¹⁸ maior como pela ordem menor.

O soroban é um instrumento de vivência numérica de longo prazo dessa forma que dependendo do nível que se deseja alcançar com o estudante a prática do soroban deve estender-se por um ou mais anos. É um instrumento de manipulação diária que com a repetição dos movimentos o estudante internaliza mentalmente os cálculos chegando a imaginá-los sem o instrumento. Com as técnicas corretas é possível superar as barreiras do ensino da aritmética básica (adição, subtração, multiplicação e divisão) (SOUSA FILHO, 2013).

Segundo SOUSA FILHO (2013) “O que o soroban faz é materializar os números e colocá-los ao alcance dos dedos dos alunos” (p. 192).

Para se trabalhar o soroban com o estudante o professor deve ter paciência com as diferenças individuais de aprendizagem de cada um, só trabalhando um nível mais avançado depois que o estudante dominou bem as operações de nível mais fácil.

O soroban é um material concreto de baixo custo que tem potencial para melhorar o ensino de matemática tanto para estudantes com deficiência visual (por ser um material concreto), como para estudantes videntes que frequentam escolas públicas. No trabalho de SOUSA FILHO (2013) é apresentado nos apêndices como confeccionar sorobans de baixo custo e exercícios para treinar as operações básicas.

¹⁸ Refere-se a começar as operações partindo da unidade (ordem menor) ou partindo de ordens mais altas como dezena, centena etc.

3. Fundamentação Teórica

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu a Educação Especial como modalidade de educação escolar obrigatória e gratuita ocorrendo sua oferta, preferencialmente, na rede regular de ensino. Em seu artigo 205, garantiu o direito de todos à educação, visando ao “pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. No artigo 206, inciso I “prevê a igualdade de condições de acesso e permanência na escola” e no artigo 208, inciso V “estabelece que o dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de acesso a níveis mais elevados de ensino, de pesquisa e de criação artística, segundo a capacidade de cada um” (BRASIL, 1988). De acordo com as leis garantidas pela Constituição a pessoa com deficiência têm assegurada sua educação e formação para a vida, portanto cabe aos professores e educadores buscarem cada vez mais recursos para proporcionar o pleno desenvolvimento do estudante com deficiência na sociedade.

3.1. Condições da Pessoa com Deficiência Visual

Conforme o Decreto no. 5.296 de 2004 são consideradas pessoas portadoras de deficiência visual aquelas que apresentam cegueira ou baixa visão.

- Cega é a pessoa na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, necessitando do Método Braille como meio de leitura e escrita;
- Baixa Visão é a pessoa que possui acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, permitindo-lhe ler textos impressos, desde que seja utilizado o método ampliado.
- Os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores.

Uma das maiores dificuldades enfrentadas no ensino de DV se deve as próprias concepções do que é cegueira por parte dos docentes que carregam consigo os estereótipos e mitos vindos da sociedade. Para se ter uma ideia do que pensam alguns

docentes sobre esse tema foi realizada em 2008 uma atividade de um curso à distância de formação de professores para Atendimento Educacional Especializado. A análise das respostas mostrou que os professores acreditavam que os estudantes eram: incapazes de concluir uma faculdade ou ter uma profissão; pessoas dignas de pena necessitando de ajuda para fazer coisas básicas como comer; limitadas e incapazes de aprender o básico, sendo uma missão impossível para o professor ensiná-las.

Nesta perspectiva a cegueira é concebida como condição de inferioridade, o que justificaria os gestos e atitudes de proteção ou superproteção, dependência e tutela, benevolência, compaixão, vitimização, estigmatização e assujeitamento, encobertos pelos mitos de normalidade, incapacidade, infantilização e passividade (DOMINGUES et al., 2010, p. 29)

As concepções errôneas a respeito dos estudantes com deficiência visual são um obstáculo para um ensino que permita o pleno desenvolvimento cognitivo, emocional e social destes.

3.1.1. Dados Estatísticos

De acordo com o levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010 o Brasil tem aproximadamente 18,8 % das pessoas com deficiência visual o que corresponde a uma população de aproximadamente 36 milhões de pessoas¹⁹ (IBGE, 2010). O gráfico 1 apresenta o percentual da população com deficiência segundo o censo de 2010.

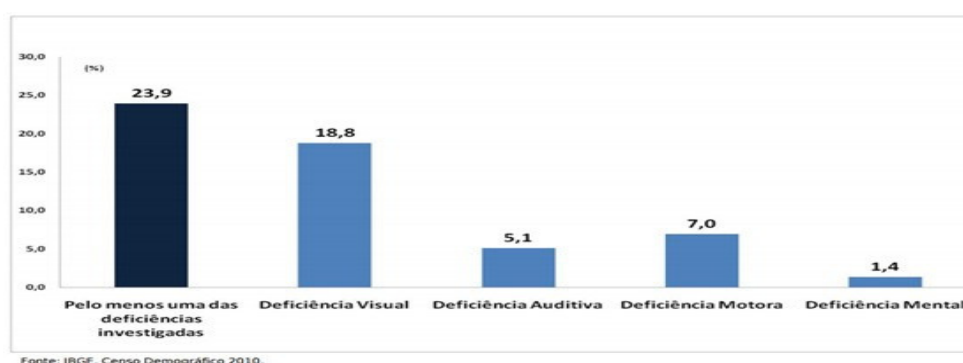


Gráfico 1 - Percentual da população com deficiência, segundo o tipo de deficiência investigada.

Fonte: Cartilha do Censo 2010 (OLIVEIRA, 2012, p. 6).

As tabelas 2 e 3 mostram o número de matrículas de estudantes com deficiência em escolas da rede de Educação Básica no Brasil e no Distrito Federal, respectivamente.

¹⁹ Os dados do Censo do IBGE são coletados a cada 10 anos.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Classes comuns	484.332	558.423	620.777	648.921	698.768	750.983
Escolas Exclusivas	172.016	156.385	168.488	163.968	161.043	179.700
Total	656.348	714.808	789.265	812.889	859.811	930.683

Tabela 2 - Matrículas de Estudantes com Deficiência em Escolas da Rede de Educação Básica
Fonte: (BRASIL, MEC/ INEP - Censo da Educação Básica, 2010-2015)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	12.645	13.490	13.490	13.704	13.876	14.295

Tabela 3- Matrículas de Estudantes na Educação Especial (Estudantes de Escolas Especiais, Classes Especiais, e incluídos) na Rede de Educação Básica, Distrito Federal
Fonte: (BRASIL, MEC/ INEP - Censo da Educação Básica, 2010-2015)

Analisando as tabelas 2 e 3 constata-se o aumento do número de matrículas de pessoas com deficiência em escolas da rede de Educação Básica tanto do Distrito Federal como a nível nacional, devido a diversos fatores dentre eles as políticas públicas de inclusão e mudanças na legislação.

Segundo Andrés (2014),

O crescimento significativo, ainda que diferenciado, nos segmentos público e privado, das matrículas inclusivas na rede escolar da educação básica, e as iniciativas oficiais de melhorar os índices de inclusão escolar das crianças e jovens com deficiência mais pobres são, por si, fatores de relevância no atendimento educacional desse alunado aqui em foco. (ANDRÉS, 2014, p. 30)

Em termos de políticas públicas vale mencionar o II Plano Nacional de Educação 2014/2024 tendo como a meta 4 “universalizar, para a população de 4 (quatro) a 17 (dezessete) anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, o acesso à educação básica e ao atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, com a garantia de sistema educacional inclusivo, de salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniados.” (Lei nº 13.005/2014, Art. 4, parágrafo único)

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Educação CNE/CEB 13/2009, o Atendimento Educacional Especializado (AEE) será ofertado no turno contrário, em salas multifuncionais das escolas regulares e nos centros de AEE da rede pública ou de instituições comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos, como atividade complementar à da sala de aula comum. Deverá contar com professor, material e projeto pedagógico direcionado ao aprendizado e desenvolvimento dos estudantes com deficiência (BRASIL, 2009).

Outro fato a ser destacado é a diminuição do número de matrículas de estudantes com deficiência no Ensino Médio e isso se deve a dois fatores: a perda da atenção individualizada que o estudante tinha por parte do professor na primeira e na segunda etapa do Ensino Fundamental e a não obrigatoriedade legal da matrícula do estudante nessa modalidade de ensino. (ANDRÉS, 2014, p. 34)

Uma das medidas que favoreceram o ingresso do estudante com deficiência no Ensino Superior foi o programa ProUni (Programa Universidade para todos) que segundo o MEC atendeu 8.568 estudantes de 2005 até 2013 em todo o país. Com essa medida aumentou o número de estudantes DV, principalmente em instituições privadas, matriculados em cursos de nível superior. Desde 2012 o Governo Federal, por meio do Programa Incluir, repassa recursos às universidades para assegurar a permanência de pessoas com deficiência nas universidades públicas.

O ensino, de forma geral, já tem graves problemas no Brasil, mais ainda quando se refere ao ensino de Matemática e Ciências. Especialmente um de seus componentes curriculares: a Física. Segundo Costa, Neves e Barrone,

A falta de recursos didáticos adequados, a exclusão tecnológica, a ausência de experimentação na escolarização do deficiente visual, a didática baseada exclusivamente no visual, a evasão escolar, o despreparo docente para o ensino dos deficientes visuais, a escassez de pesquisas sobre o ensino de Física e das Ciências em geral para pessoas com deficiência visual são fatores que concorrem para a manutenção da situação atual dessa modalidade de ensino. (COSTA; NEVES e BARRONE, 2006, p. 149)

E no que diz respeito à formação dos professores de sala de recursos, Machado afirma,

[...]muitos professores da educação básica e das Salas de Recursos, ainda hoje, desconhecem a grafia Braille de Química, Física e Matemática. Por

isso, estudantes cegos não sabem escrever uma fórmula em Braille porque nunca ensinaram a eles a escreverem. (MACHADO, 2014, p. 123)

Faltam os recursos didáticos adaptados, computadores e outras tecnologias específicas, falta acessibilidade, faltam professores habilitados para lidar com essa clientela, além do descaso das autoridades com a educação no país. Todos esses fatores contribuem para as estatísticas mostradas, anteriormente, que indicam a enorme dificuldade senão impossibilidade de conclusão do ensino fundamental, médio e superior para um estudante com deficiência visual.

3.1.2. Ensino para Deficientes Visuais no Distrito Federal

O Centro de Ensino Especial de Deficientes Visuais (CEEDV) é a única instituição educacional do Distrito Federal e Entorno especializada no atendimento ao estudante cego, surdocego e com baixa visão. Segue o mesmo currículo do ensino regular, com as devidas adaptações e procedimentos metodológicos específicos, com utilização de equipamentos e materiais didáticos adequados à educação desses estudantes, como previsto pela Constituição Federal, pela Lei 9.394/96, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, e das Diretrizes Pedagógicas da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal 2009/2013, dentre outras normatizações legais.

A maior parte dos estudantes que frequenta o CEEDV são moradores das cidades do entorno e de diversas regiões administrativas do DF, são estudantes de baixa renda e tem acesso restrito a cinemas, museus, parques, feiras e outros tipos de entretenimentos. O CEEDV é uma escola de passagem, onde o estudante fica apenas o tempo necessário para adquirir o suporte para o seu processo de inclusão na rede regular de ensino e/ou no mercado de trabalho. O Centro é dividido em três setores. O primeiro setor é de Apoio à Aprendizagem que, entre outras funções, acolhe a pessoa com deficiência visual, o surdocego e as famílias, procedendo à avaliação e ao encaminhamento para os programas e/ou atendimentos necessários ao seu desenvolvimento. O segundo setor é a Biblioteca Braille, espaço onde funciona o projeto do Clube do Ledor, onde voluntários atuam no reforço e leituras aos estudantes DV incluídos na rede regular de ensino da educação básica até o nível superior. O terceiro setor é o Serviço de Orientação Pedagógica (SOP) que atende crianças menores de quatro anos com deficiência visual e outras necessidades educacionais especiais

associadas apoiando a inclusão do deficiente na rede regular de ensino e/ou no mercado de trabalho.

Há também o Centro de Apoio Pedagógico (CAP) que atende às demandas de: adaptação de material pedagógico (livros, provas, apostilas etc.), seja em Braille ou tipos ampliados para as diversas áreas do conhecimento e níveis de ensino; atendimento pedagógico aos estudantes com deficiência visual; suporte pedagógico e apoio aos professores itinerantes e salas de recursos, além de oferecer, cursos na área de deficiência visual e surdocegueira aos professores da rede, bem como cursos regulares de Braille e soroban.

A Universidade de Brasília é uma instituição pública de ensino superior que tem o Programa de Apoio às Pessoas com Necessidades Especiais (PPNE). O projeto atende, desde o ano de 1999, os membros da comunidade acadêmica que apresentam deficiência sensorial, física ou intelectual, dislexia, transtornos globais do desenvolvimento ou transtorno de déficit de atenção e hiperatividade. O projeto conta com o acompanhamento acadêmico dos estudantes, interação com institutos e faculdades, interação com a prefeitura do Campus, parceria com o laboratório de apoio ao deficiente visual (LDV) da Faculdade de Educação, parceria com a biblioteca digital sonora (BDS), além de disponibilizar transporte no Campus e a realização de cursos e palestras para a comunidade.

3.2. REFERENCIAL TEÓRICO

3.2.1. Defectologia e Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky

Vygotsky (1997) em sua obra intitulada “**Fundamentos de Defectologia**” apresenta vários textos que tratam do desenvolvimento e do ensino de pessoas com deficiência visando o entendimento da forma de pensamento e da interação dessa pessoa com o meio físico e social. Para Vygotsky a interação social é importante na formação das estruturas mentais. Segundo Cenci (2015),

A deficiência provoca o que chama de “luxação social” (1924/1997), ou seja, toda a vida da pessoa com deficiência, seu papel no meio social (família, escola, trabalho) estaria organizada pelo ângulo da deficiência, de modo a privar a plena participação nesses espaços. A deficiência não modifica apenas a relação do sujeito com o mundo (o meio físico), mas principalmente, a relação com outras pessoas (meio social). (CENCI, 2015, p. 4)

Dessa maneira o DV não pode ser visto apenas como uma pessoa que não pode enxergar, que vive na escuridão, que é incapaz e com isso ser privada de um convívio social pleno que possibilite sua real inclusão social. O rótulo é algo altamente danoso para a convivência social saudável e para o desenvolvimento cognitivo das pessoas.

Segundo Vygotsky (1997) os seres humanos interagem com o mundo mediado por ferramentas e signos, sendo a linguagem o sistema de signos mais importante para que o sujeito possa ter um controle sobre suas atitudes e sobre as dos outros. Nas pessoas com deficiência, a conduta mediada recorre a formas peculiares, às chamadas vias colaterais do desenvolvimento cultural.

Dessa forma os DV por estarem impossibilitados de utilizar a linguagem escrita convencional precisam usar outro recurso de linguagem, no caso o braile, para poder interagir de forma efetiva com o meio ao qual estão inseridos. Assim, o braile é um exemplo de via colateral do desenvolvimento cultural. Ao utilizar o braile o deficiente minimiza a exclusão social e cultural e favorece o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. As funções psicológicas superiores são as responsáveis pelo controle consciente do comportamento, ações intencionais e liberdade das características de tempo e espaço. Elas são produto do desenvolvimento histórico da humanidade e diferem das funções psicológicas elementares que são as reações automáticas, ações reflexas e associações simples de origem biológica (VYGOTSKI, 1931/2006).

Segundo Cenci (2015),

Quando Vygotsky fala que as funções superiores surgem na interação com o meio social, está se referindo ao processo denominado **internalização**. Isto quer dizer que essas funções psicológicas superiores, antes de serem psicológicas foram interações entre pessoas. (CENCI, 2015, p. 7)

Segundo Moreira (1999), “A internalização (reconstrução interna) de signos é fundamental para o desenvolvimento humano” (p.113)

Poderia ser pensado que pelo fato de uma pessoa com deficiência ter uma “desvantagem orgânica” que isso implicaria na não internalização das funções psicológicas superiores de certos estímulos externos, mas por meio das vias colaterais

de compensação o “defeito” orgânico não acarretará em maiores prejuízos às funções psicológicas superiores, sendo estas vinculadas com a interação social.

Uma relação muito importante abordada por Vygotsky na Defectologia se refere à aprendizagem e ao desenvolvimento em que as oportunidades de aprendizagem são mais significativas do que as limitações causadas pela deficiência. Para o ensino de Física, por exemplo, é possível driblar os hábitos de comunicação excludente na sala de aula ao ensinar-se os estudantes DV por meio de maquetes táteis, transferindo o conteúdo dos gráficos e esquemas da lousa para um modelo 3D. Essas ações não só incluem os estudantes DV, mas também facilitam a aprendizagem dos colegas videntes, incentivando a interação entre todos. (CAMARGO, 2012).

Existe também o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) no estudo da Defectologia que explica a relação entre aprendizagem e desenvolvimento.

De acordo com Vygotsky (1984), a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) é compreendida como:

A distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1984, p. 97).

Percebe-se que o professor deve estar atento as possibilidades do estudante para executar uma tarefa e as potencialidades que ele pode atingir futuramente em outras atividades. As funções que fazem parte da ZDP do estudante podem ser entendidas como aquela tarefa que ele não consegue fazer sozinho, mas com a ajuda de um mediador, como o professor ou um colega, consegue executá-la.

O ensino de ciências pressupõe que o estudante possui conceitos do senso comum, ou espontâneos e precisa atingir o conhecimento dos conceitos científicos por meio da ZDP, constituindo as funções psicológicas superiores. Os primeiros são aprendidos de forma empírica e concreta e o segundo pela instrução mais formalizada e sistematizada por ser um conhecimento mais abstrato.

Vygotsky, na sua obra *Defectologia*, defende um ensino que vise a atingir os conhecimentos mais abstratos, não se limitando apenas na repetição. Para ele a repetição deve ser apenas a base de apoio para que se possa atingir conhecimentos mais refinados posteriormente.

De acordo com Sales, Oliveira e Marques,

Para substituir essa compreensão, surge outra, que examina a dinâmica do desenvolvimento da criança com deficiência partindo da posição fundamental de que o defeito exerce uma dupla influência em seu desenvolvimento. Por um lado, ele é uma deficiência e atua diretamente como tal, produzindo falhas, obstáculos, dificuldades na adaptação da criança. Por outro lado, exatamente porque o defeito produz obstáculos e dificuldades no desenvolvimento e rompe o equilíbrio normal, ele serve de estímulo ao desenvolvimento de caminhos alternativos de adaptação, indiretos, os quais substituem ou superpõem funções que buscam compensar a deficiência e conduzir todo o sistema de equilíbrio rompido a uma nova ordem. (SALES; OLIVEIRA e MARQUES, 2011, p. 869)

Nesta citação Vygotsky aponta que o estudante pode superar as concepções negativas a respeito da sua deficiência e focar nas suas capacidades como sujeito que pode aprender, dentro das suas limitações, se readaptando a diferentes situações.

Outra questão que foi desmistificada por Vygotsky é a do desenvolvimento supernormal das funções de tato e da audição. De acordo com ele, os fenômenos da agudeza tátil, nos cegos não surgem de compensação fisiológica direta da deficiência visual, mas de uma via indireta e muito complexa da compensação sócio psicológica como um todo. (CAMARGO, 2008).

Sobre o mito da escuridão Camargo (2008) afirma que,

Vygotsky afirma que os cegos não percebem a luz da mesma maneira que os que enxergam com os olhos tapados a percebem, isto é, eles não sentem e nem experimentam diretamente que não tem visão, portanto, a capacidade para ver a luz tem um significado prático e pragmático para o cego e não um significado instintivo-orgânico. (CAMARGO, 2008, p. 23)

É possível esclarecer duas coisas: primeiro que o processo de adaptação do DV existe, porém de uma forma complexa que envolve a relação social do sujeito cego com a sociedade e a adaptação das estruturas psicológicas superiores, e não como nos mitos explorados pela ficção. Segundo, que as pessoas cegas de nascimento não se sentem submergidas na escuridão, elas sentem sua condição por meio da relação com os outros na sociedade.

Segundo Masini (2011) Vygotsky ilustra sua compreensão sobre a cegueira e sobre o potencial humano de quem a detém na citação a seguir.

A cegueira, ao criar uma formação peculiar de personalidade, reanima novas fontes, muda as direções normais do funcionamento e, de uma forma criativa e orgânica, refaz e forma o psiquismo da pessoa. Portanto, a cegueira não é somente um defeito, uma debilidade, senão também em certo sentido uma fonte de manifestação das capacidades, uma força. (VYGOTSKY, 1997 apud MASINI, 2011, p. 56)

Essa afirmação mostra o que parece contraditório. Ao mesmo tempo em que a deficiência é algo limitador também pode ajudar a estimular mecanismos complexos capazes de superar tais limitações.

3.2.2. Aprendizagem Significativa de Ausubel no Contexto do Ensino para Deficientes Visuais

No processo de aprendizagem de um estudante, tenha ele deficiência ou não, o professor busca pelos métodos e procedimentos que de fato possam levar a uma aprendizagem que seja realmente significativa. E para que isso ocorra, o conhecimento que se deseja transmitir deve ser adaptado de tal forma que não leve em conta só as peculiaridades e dificuldades de um determinado assunto em si mesmo, mas também que leve em conta o indivíduo que está sendo ensinado, seus conceitos, experiências e a percepção de mundo até aquele momento. No caso de estudantes DV é importante que haja uma interação positiva de aprendizagem entre professor e estudante em que ambos aprendem um com o outro.

Para Ausubel existem três tipos gerais de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora. A cognitiva está relacionada com a forma de organizar as informações e ser capaz de lembrá-las posteriormente. A afetiva está vinculada às emoções, sentimentos e é importante, pois o estudante deve se sentir à vontade com a situação de aprendizagem e que seja capaz de associar isso a sensações positivas. Se o estudante relaciona um conteúdo com uma experiência desagradável que envolva ansiedade ou frustração isso será um obstáculo para a sua aprendizagem. Logo as aprendizagens cognitiva e afetiva trabalham juntas nesse processo. A psicomotora está relacionada com respostas motoras dos músculos do corpo que podem ser aprimoradas por exercícios físicos e treinos.

Apesar de reconhecer a importância da afetividade no processo de ensino Ausubel é um cognitivista e concentra sua atenção para a organização da estrutura cognitiva que o estudante já possui. A estrutura cognitiva se baseia na interação entre conhecimentos já estruturados na mente do estudante com aqueles novos que os modificam.

De acordo com Moreira,

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA, 1999, p. 153)

As informações e conceitos não são simplesmente acumulados de forma aleatória, mas sim seguindo uma organização em um esquema de hierarquia onde prevalecem os conceitos mais gerais que são ligados a conceitos mais específicos.

É interessante notar que um estudante ao aprender algo novo inicia seu processo de aprendizagem partindo de conhecimentos que ele identifique como mais próximo ou similar àquilo que se está querendo aprender de novo.

Para que se possa ter de fato uma aprendizagem significativa são necessárias duas coisas: primeiro, os conhecimentos devem ser apresentados de maneira hierárquica e seguindo uma sequência lógica de apresentação dos conceitos. Os conceitos precisam ser apresentados dos mais elementares para os mais complexos e dos mais gerais para os mais específicos, de maneira progressiva e construtivista, possibilitando ao estudante uma diferenciação progressiva desses conceitos. E segundo, conjuntamente ao princípio da diferenciação progressiva ocorre a reconciliação integrativa onde o estudante será capaz de fazer comparações, analogias entre ideias explorando as suas diferenças e semelhanças.

Os subsunçores são conceitos que vão se modificando e ficando mais elaborados à medida que os estudantes saem da aprendizagem mais mecânica e partem para conhecimentos de maior nível de abstração e complexidade e isso ocorre por meio dos chamados organizadores prévios que fazem a ligação dos subsunçores aos novos conhecimentos a serem assimilados pelos estudantes. No caso de estudantes DV os

organizadores prévios seriam, por exemplo, as explicações detalhadas e mais descritivas do professor, a utilização de material concreto como as maquetes táteis e o roteiro em braile para que o estudante possa acompanhar a aula com as informações introdutórias. Como subsunçores o estudante terá sua experiência de vida as coisas que ele escuta dos pais e amigos que pôde atribuir significado na sua realidade se utilizando dos seus outros sentidos. Se o estudante irá efetuar um cálculo matemático utilizando um recurso como o soroban, assim como um estudante vidente utiliza lápis e papel, ele deverá praticar vários exercícios para dominar as operações, entre tentativas, erros e acertos num processo inicialmente mecânico.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel aplicada a estudantes DV é, na sua essência, a mesma que a aplicada a estudantes videntes. A teoria afirma que é necessário conhecer o estudante e a sua maneira de obter as informações ao seu redor, não focando nas limitações, mas sim nas potencialidades do mesmo.

A teoria de Ausubel pode funcionar conjuntamente com a Defectologia de Vygotsky, pois a teoria de Ausubel oferece as ideias necessárias para se fazer a sistematização desse aprendizado, ou seja, preparando as aulas levando em conta: os materiais e métodos que são mais adequados na otimização do aprendizado (maquetes táteis, leitura introdutória em braile, uso do soroban, explicações descritivas relacionadas com elementos perceptíveis aos estudantes). Dessa forma é possível organizar a experiência de aprendizado de modo que faça sentido para o estudante dentro da sua realidade propiciando a aprendizagem significativa e acreditando que o estudante tem o potencial para essa aprendizagem com as devidas adequações.

Segundo Masini (2011),

[...] algumas dificuldades aparentes e algumas dificuldades reais das crianças com deficiências visuais, com surdez, ou com outros fatores que levam a necessidades educacionais especiais, podem estar relacionadas ao próprio *déficit* e outras ao desconhecimento das especificidades requeridas para o estudante ter acesso às informações e material do assunto a ser ensinado. (MASINI, 2011, p. 62)

Baseando-se na citação acima é válida a interpretação de que o professor deve, em primeiro lugar, tentar estudar e procurar os recursos disponíveis, dentro do possível, para dar o auxílio ao estudante com deficiência visual. Sabe-se que a realidade do Brasil não favorece um preparo adequado dos professores para uma diversidade tão grande de

estudantes que a rede pública recebe, anualmente, graças as políticas de inclusão. Muitas vezes o professor terá um estudante que necessite de maiores adaptações e recursos, mas com as adaptações necessárias pode auxiliar o estudante a aprender com qualidade.

4. Metodologia

O autor motivado a desenvolver um material e uma unidade didática que permitissem um melhor aprendizado dos estudantes com deficiência visual no ensino de Física e de Matemática buscou a inspiração e a base conceitual em trabalhos de diversos autores e de artigos sobre o tema. Na parte fenomenológica da física nos trabalhos do professor Eder Pires de Camargo e na parte matemática, em artigos que fazem referência ao uso do soroban.

Dentre os temas que poderiam ser abordados em Física o autor escolheu, para elaborar a unidade didática e o material concreto, o conteúdo de mecânica por ser um assunto onde os estudantes geralmente apresentam grande dificuldade. Dentre os assuntos trabalhados na mecânica, optou pelo estudo dos principais conceitos da Dinâmica: força peso, força de atrito, massa e aceleração todos estes presentes na 2ª lei de Newton também denominado princípio fundamental da Dinâmica.

A unidade tenta tornar esses conceitos os mais concretos possíveis para que haja uma aprendizagem significativa pelos estudantes DV. Para isso, o autor desenvolveu uma maquete para que os estudantes possam, por meio do tato, explorar o fenômeno, além de explicações descritivas que façam referência a situações e fenômenos reais que o estudante possa identificar. O estudante conta com um texto teórico transcrito para o braile, e com alguns exercícios envolvendo cálculos para que usem o soroban. O texto foi transcrito para o braile com o uso de um tradutor *on-line* chamado Atractor²⁰ e depois passado para o papel, manualmente, com uso de reglete²¹ e do punção²² como mostrado na figura 2. A unidade didática foi elaborada visando sua reprodução por professores que venham a ter em sua sala de aula estudantes DV.

²⁰ Disponível em: <<http://www.atractor.pt/br/>>. Acesso em: 30 out. 2016

²¹ A reglete é um instrumento para a escrita Braille.

²² O punção é um instrumento para fazer a marcação no papel colocado dentro da reglete.

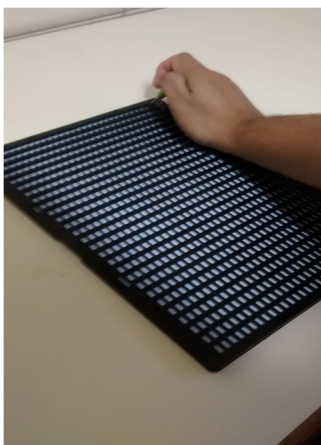


Figura 2 - Reglete e punção

4.1. Fundamentação Teórica

Aula 1: 2ª. Lei de Newton

4.1.1. Sondagem inicial

Esse momento foi importante, pois nele se levantou os conhecimentos prévios dos estudantes. Antes de começar a aula foram feitas algumas perguntas ao estudante sobre os conceitos de força, forças de atrito, força gravitacional, massa e aceleração, para situar o professor sobre o que o estudante estudou dessa parte da Dinâmica. Além disso, o estudante é questionado se ele já usou o soroban em alguma aula de Física.

Perguntas para o estudante antes da aula:

- a) Qual é o seu nome?
- b) Qual é sua idade?
- c) Você tem baixa visão ou tem cegueira total?
- d) Em que série ou ano você está na escola?
- e) Você assiste aula com outros colegas ou é só você e o professor?
- f) Você tem aulas de Física?
- g) Você gosta das aulas?
- h) Tem dificuldade com a matéria? Quais dificuldades?
- i) Você conhece o soroban? Já usou o soroban?
- j) Você usou o soroban em alguma aula de Física?

representada pela letra F com uma seta acima significando que a grandeza possui essas três características.

Na Física representamos a força pelo símbolo

$$\vec{F}$$

Outra grandeza importante na Física é a massa que é a quantidade de matéria, representada pela letra m.

É medida em gramas (g), quilogramas (kg) ou miligramas (mg), e é muito usada para indicar a quantidade nos alimentos. Exemplos: 1 kg de arroz, 200 g de farinha etc.

A massa e a força são grandezas relacionadas. Pense que você está empurrando um carrinho de compras. Quanto mais compras você colocar, maior será o esforço para mover o carrinho de compras.

As duas últimas grandezas importantes para entender o movimento são a velocidade e a aceleração.

A velocidade indica a rapidez com que um corpo se move em certo intervalo de tempo. Exemplo: uma pessoa corre 10 metros em 1 segundo representamos como 10 m/s. Temos também o quilômetro por hora (km/h).

Agora a aceleração serve para mostrar se a velocidade está aumentando ou diminuindo. Por exemplo, se você está em um ônibus que está parado e depois começa a se movimentar quer dizer que a velocidade aumentou. Se antes a velocidade era 0 (zero) m/s e depois que o ônibus começou a se movimentar a velocidade passou para 20 m/s e isso tudo em 1 segundo, a aceleração é de 20 metros por segundo por segundo, ou 20 m/s/s (ou 20 m/s²). Quanto maior o barulho do motor mais rápido está o ônibus, mais acelerado. É possível sentir a aceleração em um elevador quando você sente o seu corpo mais pesado na subida e mais leve na descida.

Para calcular a intensidade de uma força sabendo seu valor usamos a equação:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Onde: F é a força; m é a massa; a é a aceleração.

Assim, para que um corpo de massa m se mova mais rápido, com certa aceleração a , é preciso ser aplicada uma força maior.

A unidade da força é o newton (N) que é a força para fazer um corpo de massa 1kg se mover com aceleração de 1 m/s/s (1m/s²).

A velocidade, a aceleração e a força são grandezas vetoriais logo são representadas por setas. A força e a aceleração sempre têm a mesma direção e mesmo sentido.

Exercícios

Agora, faremos alguns exercícios usando a equação da força já apresentada:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

1) Calcule a intensidade da força que um caminhão precisa fazer para puxar um carregamento de 560 kg com uma aceleração de 23 m/s².

2) Todos os objetos quando soltos caem com uma aceleração constante, chamada de aceleração da gravidade que tem o valor de 10 m/s². Quando soltamos um objeto, ele ao cair no chão faz barulho, assim sabemos que se demora em ouvirmos o barulho é porque a altura é grande, mas na verdade quando o objeto cai fica cada vez mais rápido. Se um objeto de massa 5,2 kg é solto de certa altura qual é a intensidade da força com que ele é atraído para o chão? (Inclusive essa força é chamada de peso)

Observação: o peso é diferente da massa. A massa é um valor que não muda. É sempre a mesma, já o peso não. Por exemplo: um astronauta na Lua fica com peso menor do que na Terra, porque a gravidade na Lua é menor do que na Terra. Contudo, a massa do astronauta é a mesma na Terra e na Lua. O peso é uma força que sempre aponta para o centro da Terra.

3) Depois de ter calculado o valor do peso no exercício 2, calcule o valor da força necessária para suspender o objeto do exercício. **Dica:** Pense baseado no valor que você encontrou para o peso no exercício 2.

4) Um jogador de futebol ao chutar uma bola pode fazer com que a bola atinja uma aceleração de 110 m/s^2 . Sabendo que a massa da bola é de $0,45 \text{ kg}$, qual a força que o pé do jogador faz na bola?

4.1.3. Utilizando a Maquete Tátil e o Carrinho

Para a aprendizagem do conteúdo referente a 2ª. Lei de Newton os estudantes manusearam a maquete tátil²³, o carrinho e os vetores na seguinte ordem.

O estudante, inicialmente, manuseou a maquete por meio do tato obtendo informação sobre o material concreto sentindo cada uma das suas partes e construindo uma ideia do todo;

Mostrou-se ao estudante a representação concreta da força como um vetor, na forma de uma seta que tem intensidade, direção e sentido;

Com a utilização das bolinhas de gude foi possível regular a massa do carrinho e fazer uma discussão entre massa e força e conseqüentemente, da aceleração, como uma medida da rapidez do carrinho;

Apresentou-se ao estudante, com a utilização dos palitos de picolé, a força normal e a força peso;

Com a inclinação do plano da maquete mostrou-se como fica posicionada a força normal e o vetor na direção paralela ao plano como componente do peso.

Depois da parte teórica solicitou-se ao estudante resolver os exercícios que envolviam as equações matemáticas referentes à 2ª. Lei de Newton.

4.1.4. Aplicação do soroban em exercícios de Mecânica (operação de multiplicação)

A seguir apresenta-se a resolução dos exercícios passo a passo com o uso do soroban, instrumento esse utilizado pelo estudante DV como ilustrado na figura 5.

²³ A descrição da confecção da maquete tátil e seus componentes encontra-se no apêndice D.



Figura 5 – Estudante com deficiência visual utilizando o soroban

Exercício 1

Calcule a intensidade da força que um caminhão precisa fazer para puxar um carregamento de 560 kg com uma aceleração de 23 m/s².

Fazendo o cálculo $F = 560 \times 23$

560 (multiplicando) x 23 (multiplicador) = 12.880 N

Usando o Soroban

a) Posicionamento

Multiplicador colocado na 7^a classe e o multiplicando posicionado na 5^a classe e repetido na posição definida pela regra²⁴ (número de eixos usados no multiplicador + número de eixos usados no multiplicando +1). Como 560 usa 3 eixos e 23 usa 2 eixos $\Rightarrow 3+2+1 = 6$, assim o algarismo da ordem mais alta será colocado no 6^o eixo da direita para esquerda seguido pelo 6 e pelo zero como na figura 6.

²⁴ Essa regra serve para que se tenha disponível o número de eixos suficientes para se executar a operação. O multiplicando repetido mais a direita será transformado ao longo da operação em produto e o outro ficará apenas como registro (referência de memória).

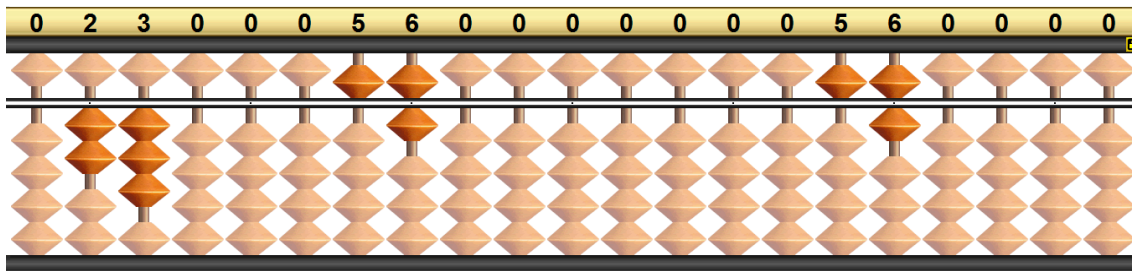


Figura 6 – Posicionamento do multiplicador e do multiplicando repetido²⁵

b) Cálculo

Algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando ($2 \times 6 = 12$). Este resultado é posicionado nos dois eixos à direita do 6 do multiplicando (o 1 na unidade da 2ª classe e o 2 na centena da 1ª classe) como visto na figura 7.

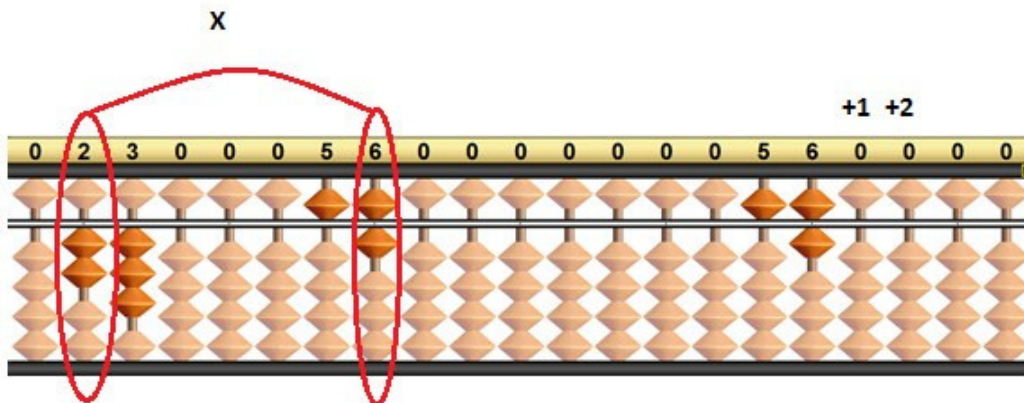


Figura 7 – Processo de multiplicação número de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando, seguida da soma do resultado na posição indicada.

O 6 do multiplicando mais afastado é **memorizado** pelo estudante e **eliminado** do eixo (figura 8). O dedo indicador do estudante está posicionado no 2 que é o último dígito do número registrado.

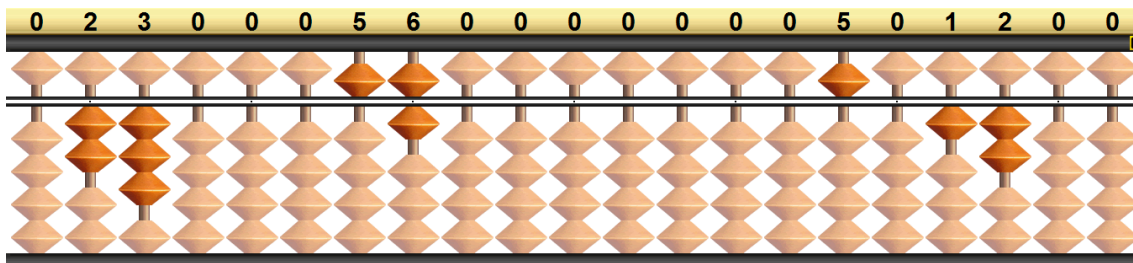


Figura 8 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 6 que foi memorizado.

²⁵ Todas as figuras do soroban, apresentadas no texto, foram feitas pelo autor utilizando o software Sorocalc 2.0

Usa-se o próximo número do multiplicador, o número 3 e multiplica-se pelo 6 memorizado ($3 \times 6 = 18$) que é registrado (adicionado) a partir do eixo onde parou o dedo indicador, no caso o 2 como observado na figura 9.

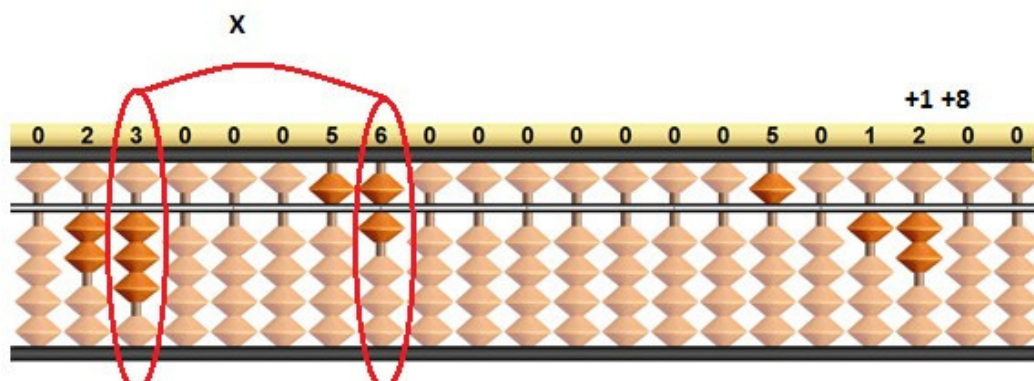


Figura 9 – Multiplicação do próximo algarismo do multiplicador com o número de ordem mais baixa do multiplicando (memorizado) e adição do resultado na posição indicada

Agora o mesmo processo com o outro algarismo do multiplicador ($2 \times 5 = 10$) posicionado (adicionado) nos dois eixos a direita do 5 como visto na figura 10.

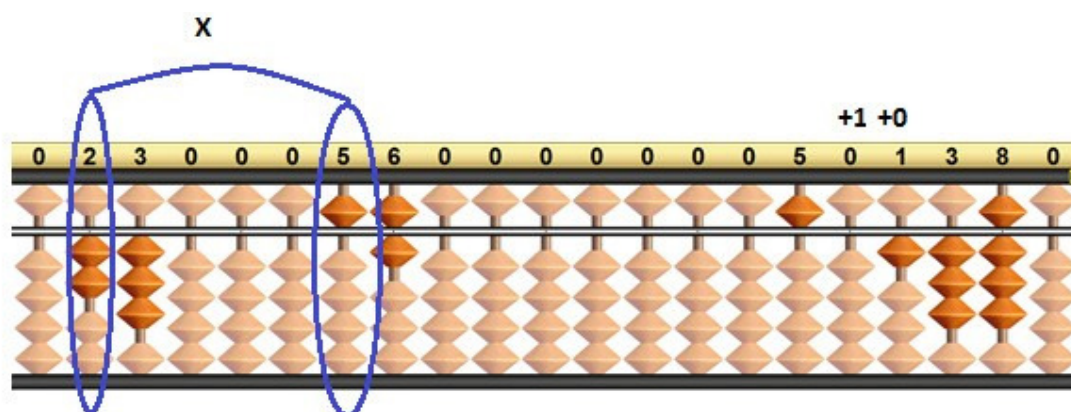


Figura 10 – Multiplicação do número de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais alta do multiplicando e adição do resultado na posição indicada

Memoriza-se o 5 e retira-se esse do eixo. O dedo indicador fica posicionado no último eixo calculado, nesse caso na unidade da 2ª classe ficando como na figura 11.

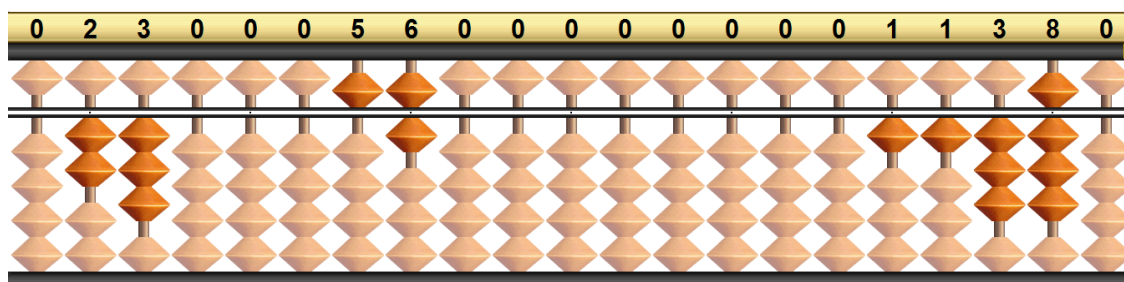


Figura 11 – Resultado parcial do exercício 1 e eliminação do número 5 que foi memorizado.

A multiplicação $3 \times 5 = 15$ é adicionada partindo do eixo marcado com o indicador como mostrado na figura 12.

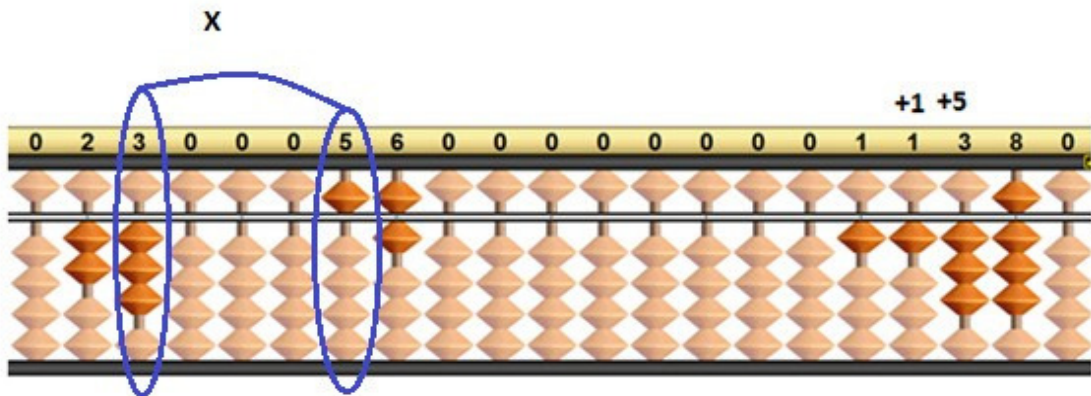


Figura 12 – Multiplicação do próximo algarismo do multiplicador com o algarismo memorizado do multiplicando e soma do resultado na posição indicada

Com isso a resposta obtida é **12.880 N** e a representação final desta multiplicação é apresentada na figura 13.

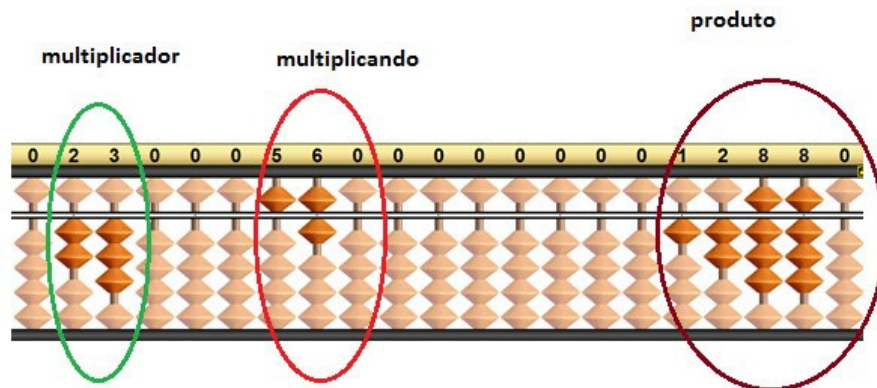


Figura 13 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 1

Exercício 2

Todos os objetos quando soltos caem com uma aceleração constante, chamada de aceleração da gravidade que tem o valor de 10 m/s^2 . Quando soltamos um objeto, ele ao cair no chão faz barulho, assim sabemos que se demora em ouvirmos o barulho é porque a altura é grande, mas na verdade quando o objeto cai fica cada vez mais rápido. Se um objeto de massa $5,2 \text{ kg}$ é solto de certa altura qual é a intensidade da força com que ele é atraído para o chão?

Fazendo o cálculo $P = 5,2 \times 10$

$$5,2 \text{ (multiplicando)} \times 10 \text{ (multiplicador)} = 52 \text{ N}$$

Usando o Soroban

a) Posicionamento

Posiciona-se o multiplicador e o multiplicando, como visto no exercício 1, e utilizam-se as marcas entre as classes (pontos pretos) do soroban para indicar a vírgula em cada número²⁶ como mostrado na figura 14.

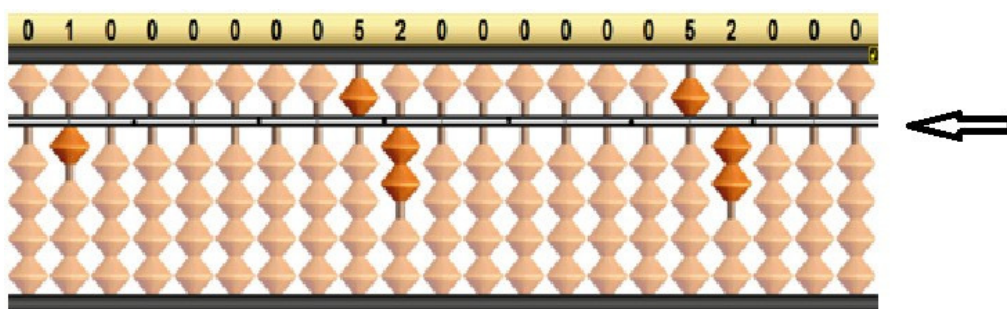


Figura 14 – Representação do multiplicador, do multiplicando repetido e das vírgulas (pontos pretos)

b) Cálculo

1ª. Parte

Primeira multiplicação²⁷: $2 \times 1 = 02$

Segunda multiplicação: $2 \times 0 = 00$

Esses resultados são posicionados no soroban conforme visto na figura 15.

²⁶ Ao final deve-se lembrar de que o número de algarismos depois da vírgula no produto é igual à soma do número de algarismos depois da vírgula do multiplicando e do multiplicador.

²⁷ É necessário representar o produto da multiplicação cujo resultado é apenas um número com um zero antes para posicionar o valor corretamente no soroban.

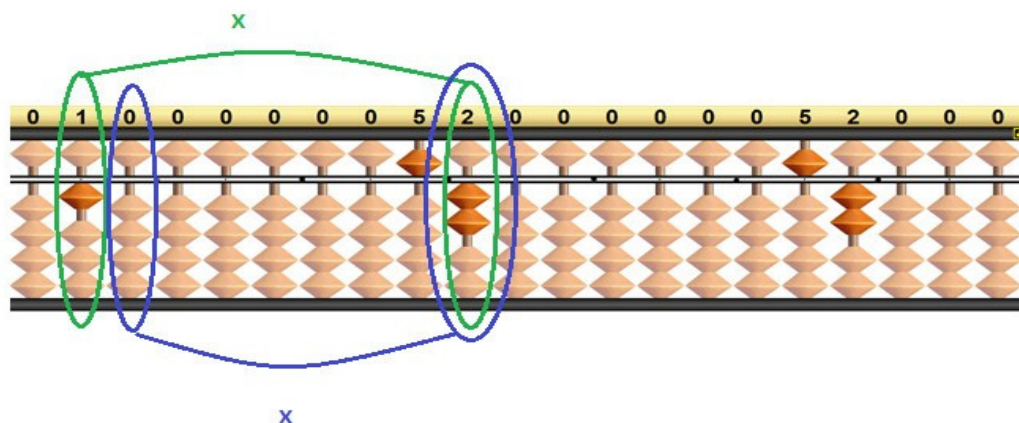


Figura 15 – Posicionamento das multiplicações

Na figura 16 mostra-se a soma do resultado da multiplicação do número de ordem mais alta do multiplicador (1) com o de ordem mais baixa do multiplicando (2).

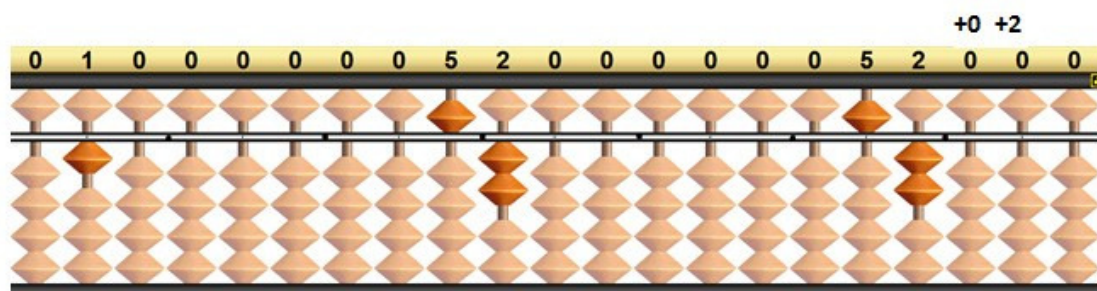


Figura 16 – Soma do resultado do primeiro produto na posição indicada

Na figura 17 apresenta-se o resultado parcial da multiplicação do algarismo de ordem mais baixa do multiplicando (2) com os dois algarismos do multiplicador (10) e adição do resultado nas primeiras classes²⁸.

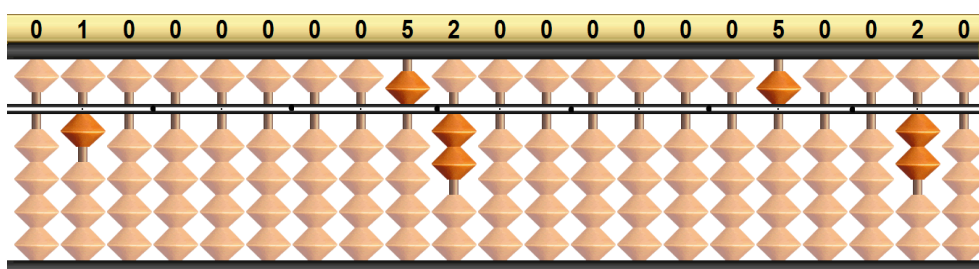


Figura 17 – Resultado parcial da multiplicação do algarismo de ordem mais baixa do multiplicando com o multiplicador e a adição do resultado na posição indicada

²⁸ O algarismo 2 do número 52 foi removido depois de utilizado e a soma da segunda multiplicação é desnecessária, pois deu 00.

2ª. Parte

Primeira multiplicação: $5 \times 1 = 05$

Segunda multiplicação: $5 \times 0 = 00$

Na figura 18 mostra-se o resultado parcial da multiplicação do algarismo de ordem mais alta do multiplicando (5) com os dois algarismos do multiplicador (10).

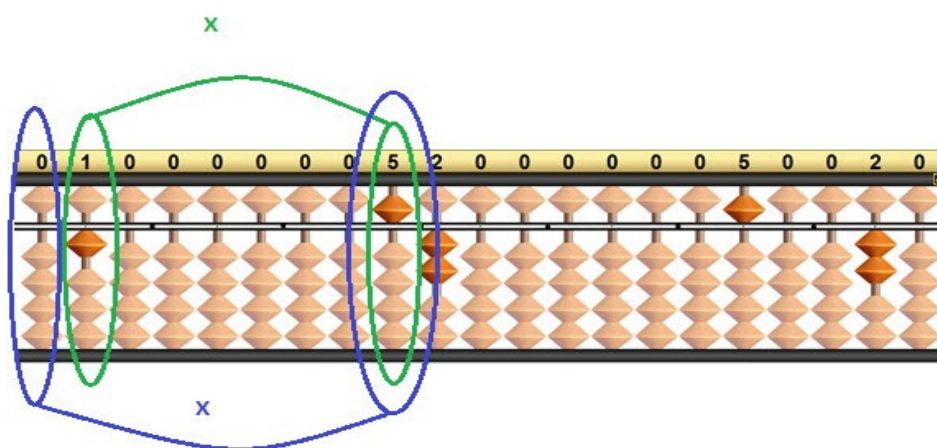


Figura 18 – Resultado parcial da multiplicação (5×1 e 5×0)

Na figura 19 apresenta-se a soma dos resultados das multiplicações (5×1 e 5×0).

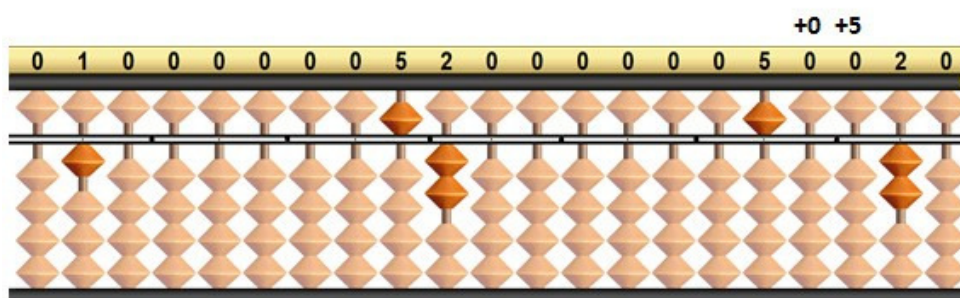


Figura 19 – Soma dos resultados das multiplicações nas posições indicadas

A figura 20 apresenta o resultado final²⁹ do exercício 2.

²⁹ Como 5,2 tem um número depois da vírgula e 10 não tem nenhum então a resposta tem $(0+1 = 1)$ um número depois da vírgula. Logo a resposta é **52 N**.

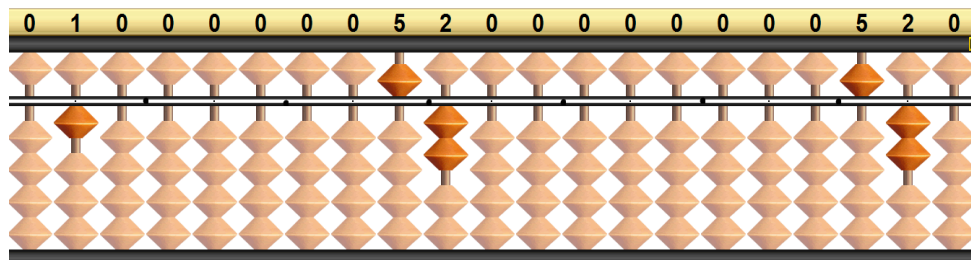


Figura 20 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 2

Exercício 3

Depois de ter calculado o valor do peso do exercício 2, calcule o valor da força necessária para suspender o objeto do exercício. Dica: Pense baseado no valor que você encontrou para o peso no exercício 2.

Resposta: Para que o estudante possa pensar sobre isso é necessário fazer o cálculo do peso no exercício 2. A força para suspender o objeto deve ser igual ou maior ao valor encontrado para o peso.

Exercício 4

Um jogador de futebol ao chutar uma bola pode fazer com que a bola atinja uma aceleração de 110 m/s. Sabendo que a massa da bola é de 0,45 kg, qual a força que o pé do jogador faz na bola?

Fazendo o cálculo: $F = 0,45 \times 110$

$0,45$ (multiplicando) X 110 (multiplicador) = $49,5$ N

Usando o Soroban

a) Posicionamento

Posiciona-se o multiplicador e o multiplicando, como visto no exercício 2, e utilizam-se as marcas entre as classes (pontos pretos) do soroban para indicar a vírgula em cada número como mostrado na figura 21.

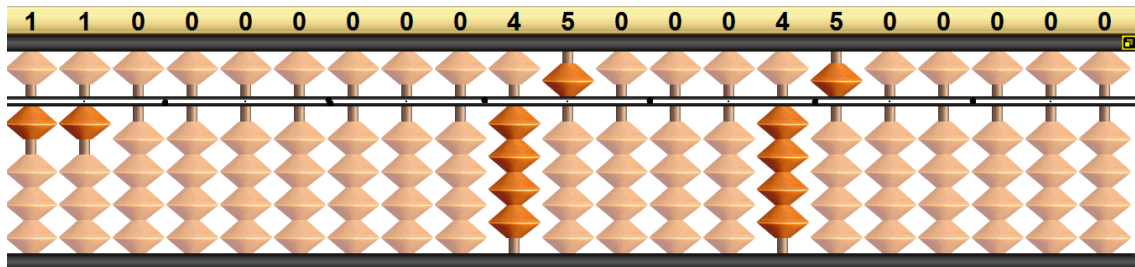


Figura 21 – Posicionamento do multiplicador e do multiplicando do exercício 4

b) Cálculo

1ª. Parte

Primeira multiplicação: $5 \times 1 = 05$

Segunda multiplicação: $5 \times 1 = 05$

Terceira multiplicação: $5 \times 0 = 00$

Esses resultados são posicionados no soroban conforme visto na figura 22.

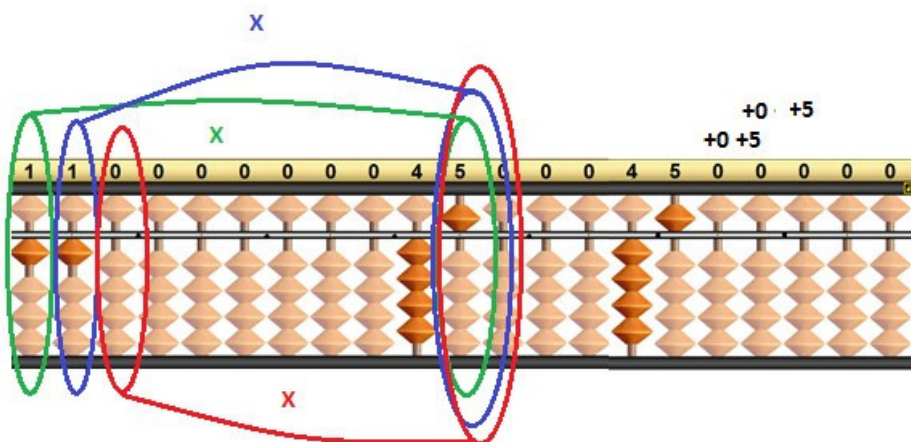


Figura 22 – Resultado parcial da multiplicação dos três algarismos do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando somados nas primeiras classes

Na figura 23 apresenta-se o resultado das três multiplicações dos três algarismos do multiplicador com o algarismo 5 do multiplicando e adição do resultado nas primeiras classes.

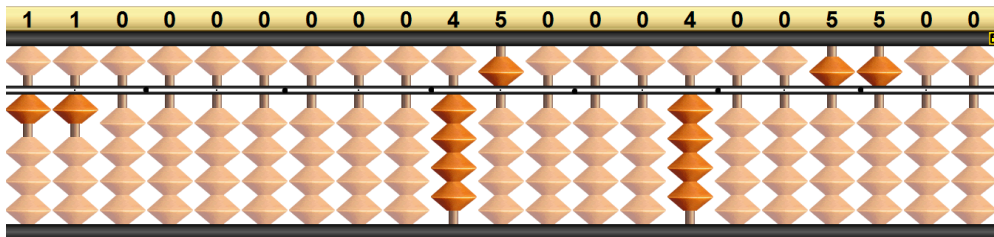


Figura 23 – Resultado parcial das multiplicações e retirada do algarismo 5 memorizado

2ª. Parte

Primeira multiplicação: $4 \times 1 = 04$

Segunda multiplicação: $4 \times 1 = 04$

Terceira multiplicação: $4 \times 0 = 00$

Esses resultados são posicionados no soroban conforme visto na figura 24.

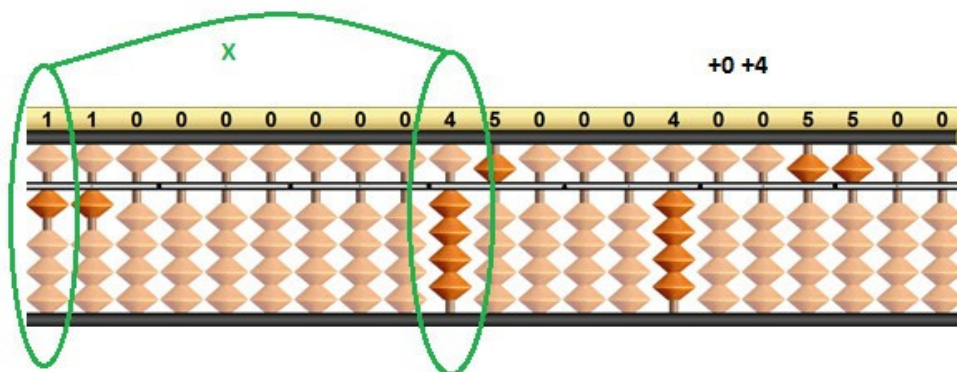


Figura 24 – Resultado parcial da multiplicação dos três algarismos do multiplicador com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando e adição do resultado na posição indicada

Na figura 25 mostra-se o resultado das três multiplicações dos três algarismos do multiplicador com o algarismo 4 do multiplicando e adição do resultado nas primeiras classes.

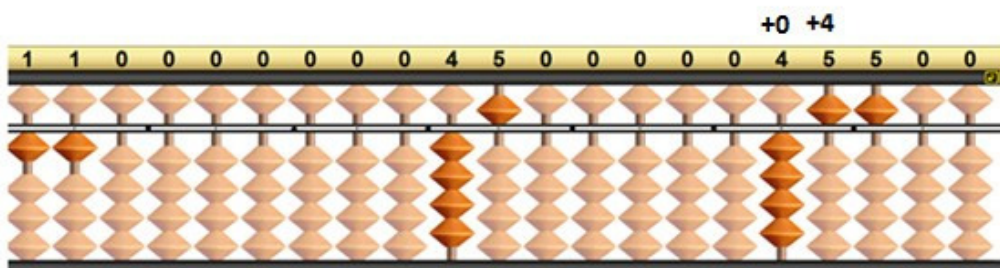


Figura 25– Soma dos resultados das multiplicações nas posições indicadas

A figura 26 apresenta o resultado final³⁰ do exercício 4.

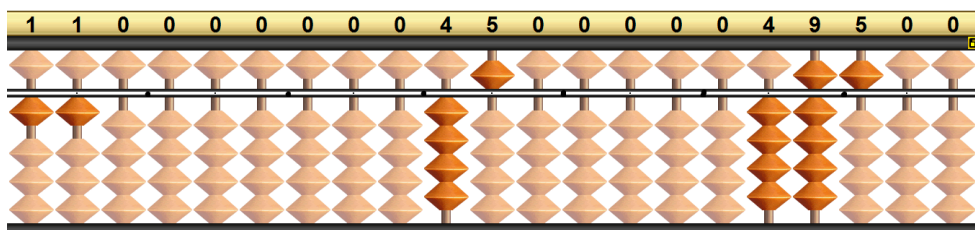


Figura 26 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do produto do exercício 4

Como 0,45 tem dois números depois da vírgula e 110 não tem nenhum, então a resposta tem $(2+0=2)$ dois números depois da vírgula. Logo a resposta é **49,50 N** ou **49,5 N**

4.2. 2ª. Aula: Força de Atrito

Na segunda aula, o estudante leu o segundo texto de apoio com o conteúdo sobre a força de atrito, transcrito para o braile, antes da utilização da maquete tátil, como apresentado na figura 27.



Figura 27 – Estudante com deficiência visual lendo o texto sobre a força de atrito

4.2.1. Texto: Força de Atrito

Um tipo de força presente no estudo do movimento é o atrito. O atrito é um tipo de força que surge do contato entre as superfícies e ela se opõe ao movimento do corpo fazendo-o parar. Exemplo: Quando um carro freia o barulho dos pneus é causado pelo atrito entre os pneus e o chão. Se a superfície for lisa a força de atrito é quase zero e se for rugosa será maior que zero. Para calcular a força de atrito representada pelo símbolo F_{at} usa-se a equação matemática:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

³⁰ Diferentemente com o que ocorre na soma e subtração com decimais o resultado no soroban não aparece com a marca (o ponto preto) na posição correta. Deve-se determinar a posição da vírgula pelo número de algarismos depois da vírgula do multiplicando e do multiplicador.

Onde: μ (μ_i) é o coeficiente de atrito. Ele mede o quão áspera é a superfície e depende do material. N é a força normal, que é a força que a superfície faz no corpo, geralmente aponta para cima, contrária ao peso.

Exercícios

5) Calcule a força de atrito a que o carrinho da maquete está submetido em cada uma das superfícies. Sabendo que $\mu_1 = 0,6$ e $\mu_2 = 0,8$ são os coeficientes das superfícies e que o carrinho pesa 3,2 N.

6) Tendo calculado as forças de atrito no exercício 5, diga qual é o menor valor da força necessária para conseguir mover o carrinho nas duas superfícies.

4.2.2. Utilizando a Maquete e o Carrinho

1. Com a maquete na horizontal o estudante sentiu a diferença de textura das superfícies. Cada superfície (lisa e atoalhada) tem uma etiqueta com o número associado do coeficiente de atrito em braile;
2. O estudante movimentou o carrinho, em cada uma das superfícies, percebendo a dificuldade de passar sobre cada uma delas. Depois o professor fez a discussão sobre o coeficiente de atrito;
3. Em seguida, o professor discutiu a relação entre a força normal e a força de atrito.
4. Depois da parte teórica solicitou-se ao estudante resolver os exercícios que envolviam as equações matemáticas da força de atrito.

4.2.3. Aplicação do Soroban para a resolução do exercício 5 sobre Força de Atrito

A seguir apresenta-se a resolução do exercício 5 com o uso do soroban

Exercício 5

Calcule a força de atrito a que o carrinho da maquete está submetido em cada uma das superfícies. Sabendo que $\mu_1 = 0,8$ e $\mu_2 = 0,6$ são os coeficientes das superfícies e que o carrinho pesa 3,2 N.

Fazendo o cálculo $F_{at1} = 3,2 \times 0,8$

$$3,2 \text{ (multiplicando)} \times 0,8 \text{ (multiplicador)} = 2,56 \text{ N}$$

Usando o Soroban

a) Posicionamento

Posiciona-se o multiplicador entre a 6ª e a 7ª classes, o multiplicando é posicionado entre a 5ª e a 4ª classes e o multiplicando é repetido usando a regra do posicionamento³¹. Os pontos entre as classes são usados como vírgula como indica a figura 28.

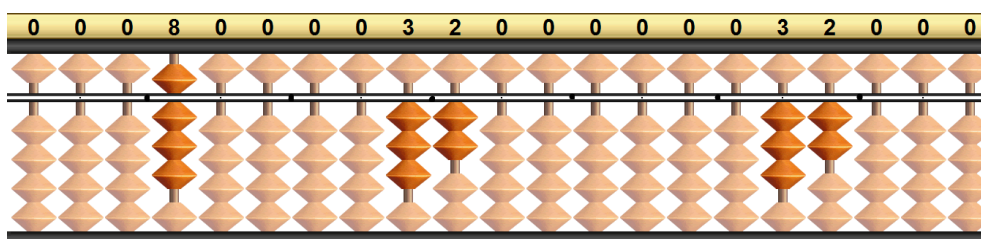


Figura 28 – Registro do multiplicador, do multiplicando e do multiplicando repetido

b) Cálculo

Primeira multiplicação: $2 \times 0 = 00$

Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando como mostrado na figura 29.

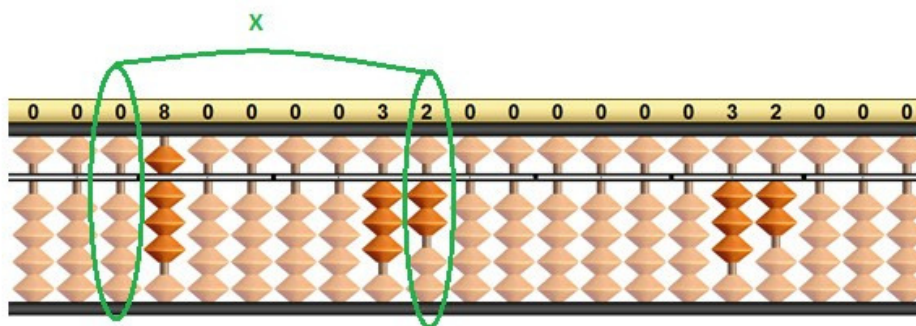


Figura 29 – Representação da primeira multiplicação no soroban

Soma-se o resultado obtido da multiplicação aos dois eixos à direita do multiplicando que foi repetido como mostrado na figura 30.

³¹ A regra diz que o multiplicando repetido deve se posicionado no eixo indicado pela soma do número de eixos do multiplicador (2) pelo número de eixos do multiplicando (2) mais 1 ($2+2+1 = 5$), logo começa a ser marcado no 5º eixo.

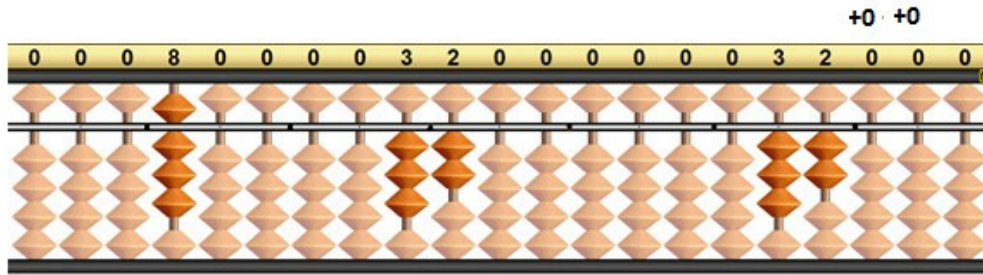


Figura 30 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando somado na posição especificada

Segunda multiplicação: $8 \times 2 = 16$

Multiplicação do algarismo de ordem mais baixa do multiplicando com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador ilustrado na figura 31.

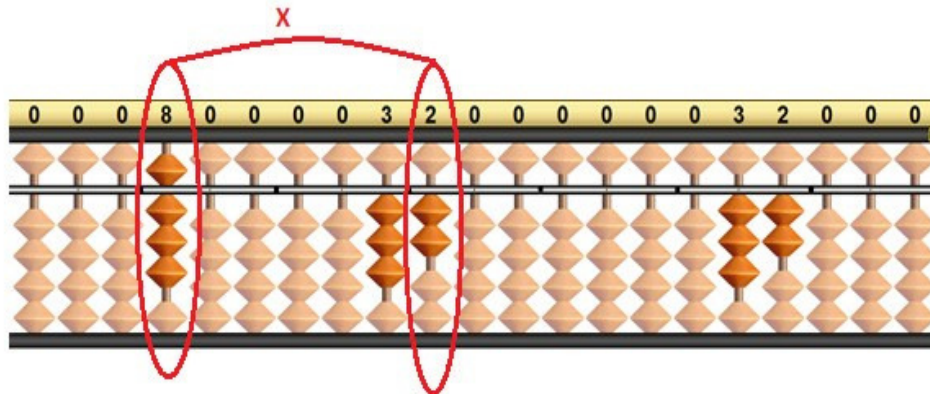


Figura 31 – Representação da segunda multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da primeira multiplicação como mostrado na figura 32.

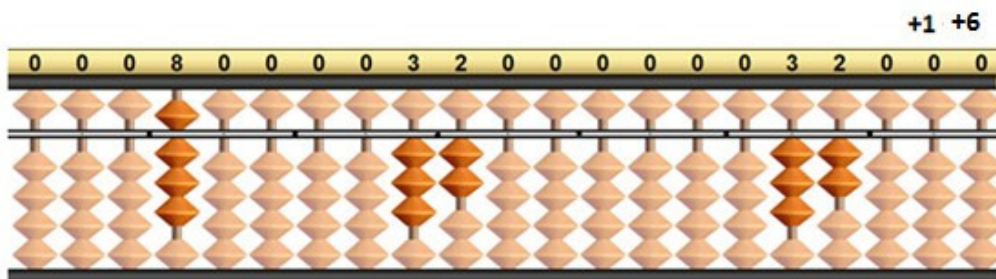


Figura 32 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando e o resultado somado na posição especificada

Retira-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando que foi utilizado nas duas últimas multiplicações. Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do

multiplicador (0) com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando (3) como indicado na figura 33.

Terceira multiplicação: $3 \times 0 = 00$

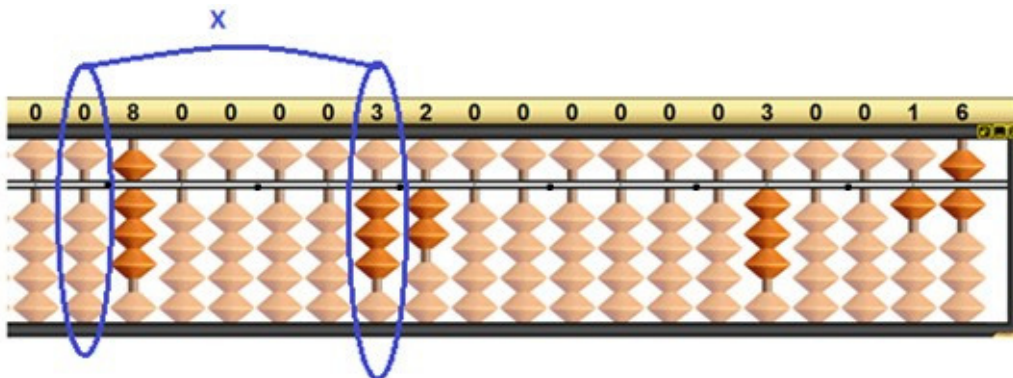


Figura 33 – Representação da terceira multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da primeira multiplicação aos dois eixos correspondentes à direita do 3 (número repetido do multiplicando que sobrou) como mostrado na figura 34.

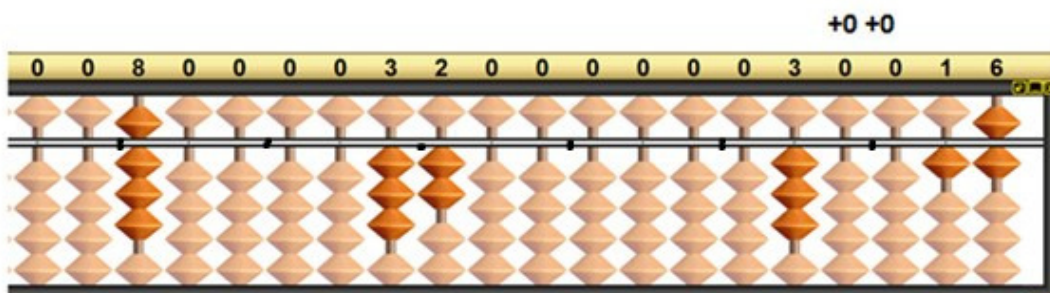


Figura 34 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.

Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicando (3) ao algarismo de ordem mais baixa do multiplicador (8) como ilustrado na figura 35.

Quarta multiplicação: $8 \times 3 = 24$

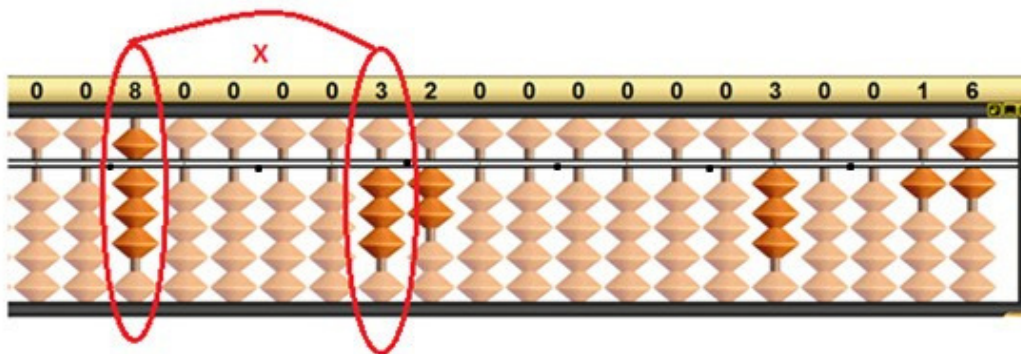


Figura 35 – Representação da quarta multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da terceira multiplicação como mostrado na figura 36.

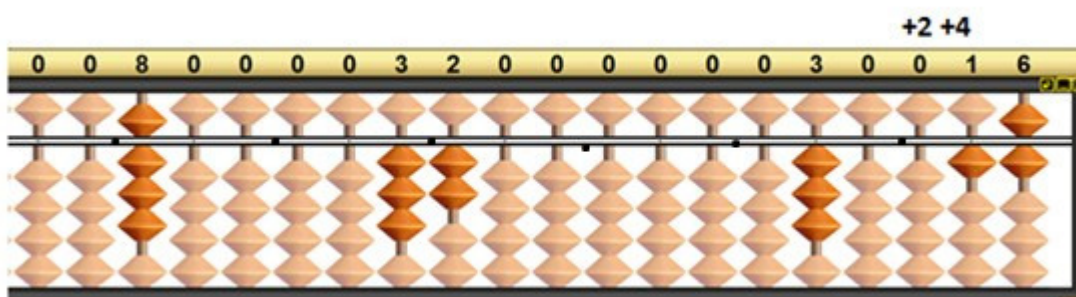


Figura 36 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.

Na figura 37 aparece o multiplicador, o multiplicando e o produto no soroban após as somas indicadas e eliminação do algarismo 3 que já foi utilizado.

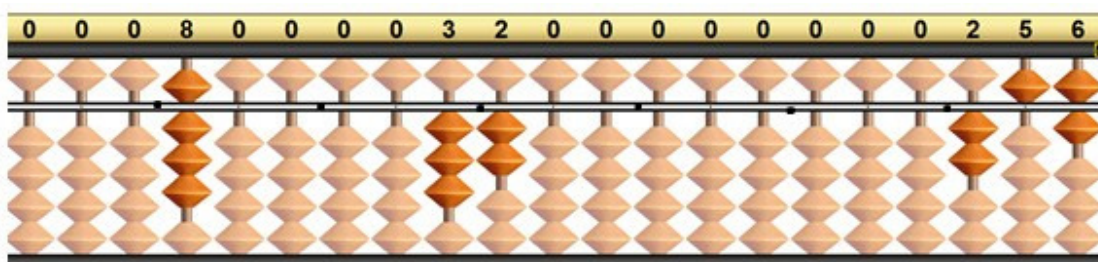


Figura 37 – Resultado do produto na primeira classe, do multiplicando e do multiplicador

Como 0,8 tem um número depois da vírgula e 3,2 tem um número depois da vírgula, obtêm-se dois números depois da vírgula no produto. Logo a resposta é **Fat1 = 2,56 N**

Semelhantemente calcula-se a outra força de atrito, Fat2.

Fazendo o cálculo Fat2 = 3,2 X 0,6

$$3,2 \text{ (multiplicando)} \times 0,6 \text{ (multiplicador)} = \mathbf{1,92 \text{ N}}$$

Inicialmente, posiciona-se o multiplicador entre a 6ª e a 7ª classes, o multiplicando é posicionado entre a 5ª e a 4ª classes e o multiplicando é repetido usando a regra do posicionamento. Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando ($0 \times 2 = 00$). Soma-se o resultado da multiplicação aos dois eixos correspondentes à direita do multiplicando repetido. Multiplica-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando ($6 \times 2 = 12$). Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da primeira multiplicação. Elimina-se o algarismo 2 que foi utilizado nas duas multiplicações e o resultado parcial é mostrado na figura 38.

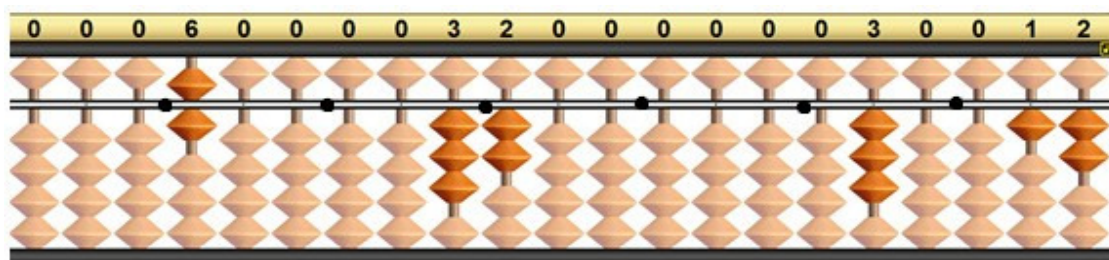


Figura 38 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 2 que foi memorizado

Continuando, multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando ($0 \times 3 = 00$). Multiplica-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador com o de ordem mais alta do multiplicando ($6 \times 3 = 18$). Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da terceira multiplicação. Na figura 39 aparece o multiplicador, o multiplicando e o produto no soroban após as somas indicadas e eliminação do algarismo 3 que foi utilizado.

Perguntas para o estudante após as aulas

- a) O que você achou dessas aulas de Física?
- b) Você teve mais facilidade? Por quê?
- c) Você acha que a maquete o (a) ajudou a aprender melhor?
- d) Como foi fazer os cálculos com o soroban?
- e) Ter o texto em braile o (a) ajudou?

5. Coleta e Análise dos Dados

A coleta de dados consistiu de duas entrevistas com professores que trabalham com ensino especial, sendo que um trabalha com os estudantes participantes da pesquisa auxiliando-os com matemática e química e o outro entrevistado é uma professora que ensina soroban há 19 anos. O projeto foi aplicado em uma escola pública do Distrito Federal, em aulas individuais, com quatro estudantes com deficiência visual do Ensino Médio sendo um deles com baixa visão e os demais cegos.

5.1. Entrevistas com os Professores

5.1.1. Professora do CEEDV

Entrevistou-se uma professora pedagoga atuando no ensino de soroban desde 1997 no CEEDV e avaliadora de professores que querem atuar no ensino especial de pessoas com deficiência visual.

A professora colocou que os estudantes podem iniciar o aprendizado do soroban³² a partir dos cinco anos de idade, fazendo o pré-soroban quando eles aprendem a contagem e o conceito de número. O estudante começa a fazer os cálculos de adição e subtração depois de aproximadamente um ano. O atendimento geralmente é individualizado. As dificuldades de cada operação são trabalhadas aos poucos com os estudantes em duas aulas de 45 min ou uma aula de 90 min. São poucos estudantes que se aprofundam no soroban além das quatro operações, ou seja, em frações, potências e raiz quadrada.

5.1.2. Professor que Atua na Sala de Recursos

O professor entrevistado trabalha diretamente com os estudantes participantes da pesquisa. O professor é pedagogo com vinte anos de experiência em ensino de pessoas com deficiência visual. Tem pós-graduação em Matemática e especializações na área de braile, da simbologia braile para Química e da notação braile utilizada na matemática. O professor auxilia os estudantes DV com matemática e química, no contraturno, avaliando as dificuldades dos mesmos, cobrando e ajudando-os na execução das tarefas.

³² Existem três técnicas de soroban: ordem maior (japonês), ordem menor (mais usado atualmente) e cinco e dez.

O estabelecimento de ensino onde o professor exerce a docência é privilegiado por receber apoio financeiro de uma instituição privada e por ser uma escola, mais favorecida com projetos, devido a sua localização em uma região central de Brasília. Na escola existe boa quantidade de materiais didáticos para o ensino de pessoas com deficiência visual nas áreas de Matemática e de Química e alguns de Biologia, não tendo materiais para o ensino de Física.

O professor trabalhou com formação de soroban de 2000 a 2010 e relatou que antes era utilizado o método japonês e agora é o método criado na Bahia que é a ordem menor para maior. Depois dessa mudança não acompanhou mais o ensino de soroban.

Até o ano de 2000 o soroban era ensinado apenas no CEEDV³³ e os estudantes até o nono ano (antiga oitava série) aprendiam bem o uso desse instrumento de cálculo inclusive a radiciação e a potenciação. No ensino da matemática, assim que os estudantes adquirem o conceito de número, de quantidade e aprendem a contar já podem ser inseridos no aprendizado de soroban. O professor ainda relatou que, atualmente, recebe estudantes sabendo apenas as quatro operações e por isso, não conseguem trabalhar decimais ou divisão com dois algarismos no soroban.

5.2. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

O professor pesquisador aplicou a unidade didática e o material concreto para quatro estudantes com deficiência visual de uma escola pública inclusiva em Brasília, Distrito Federal. Os estudantes³⁴ foram: Rosa (18 anos), José (18 anos), Alberto (19 anos) e Sérgio (20 anos). Sendo José, Rosa e Sérgio estudantes do 3º ano do Ensino Médio e Alberto do 1º ano do Ensino Médio. Os estudantes José, Alberto e Sérgio são cegos e a estudante Rosa tem baixa visão. As aulas foram aplicadas individualmente com cada estudante e teve, aproximadamente, duração de cinquenta minutos cada uma e foram gravadas e transcritas para posterior análise.

³³ Centro de Ensino Especial de Deficientes Visuais

³⁴ O nome dos estudantes é fictício para preservar suas identidades.

5.2.1. Observações Sobre a Aplicação do Material

Com relação à aplicação do material que consiste da maquete tátil, do carrinho com os vetores e do texto em braile houve os seguintes resultados com os estudantes participantes:

Quanto à direção e sentido de um vetor:

- Todos entenderam a diferença entre direção e sentido com o uso do carrinho e o vetor acoplado. Para isso colocaram o carrinho em duas direções distintas possibilitando duas opções de sentido: para frente e para trás numa direção e depois esquerda e direita em outra direção;
- Com o carrinho na posição horizontal e no plano inclinado entenderam o vetor como algo que “acompanha” o movimento do puxar da corda em diferentes inclinações, de forma que o vetor é paralelo à corda;
- Fazendo os estudantes sentirem com o tato a inclinação do palito de picolé, colocado na parte de cima do carrinho, foi possível perceberem que a força normal muda de direção e sentido comparando o caso horizontal com o inclinado. Em relação à superfície perceberam que o vetor sempre estará na perpendicular.

Quanto às forças:

- Quando questionados sobre as forças que atuavam no carrinho, quando a maquete estava inclinada, os estudantes José e Sérgio falaram que essa força era a gravidade enquanto Alberto disse que era uma força nas rodas;
- Com a utilização dos vetores os estudantes puderam distinguir diferentes tipos de forças que atuam no carrinho, tanto no plano horizontal como no plano inclinado. Identificando a própria força aplicada no carrinho e a componente da força peso como forças opostas no plano inclinado;
- Os estudantes puderam comparar os vetores em termos de intensidade pelo comprimento variável do palito de picolé. Com o plano inclinado puderam perceber que o vetor força aplicado por eles era maior que o vetor peso na direção de escorregamento. Perceberam, também, que a

variação do comprimento do vetor estava associada à regulação da quantidade de bolinhas de gude dentro do carrinho (relação massa-força);

- Os estudantes participantes não lembraram ou não sabiam da definição da força normal, mas com a utilização da maquete e do vetor representando essa força o entendimento dela ficou mais concreto. Os estudantes puderam perceber que a força normal e a força peso (vetor encaixado na parte inferior do carrinho) são forças opostas que se equilibram. Entenderam a normal como uma força que a própria mão deles exerce para segurar o carrinho.
- Os estudantes compararam os vetores que representam o atrito com o vetor que representa a força aplicada por eles no plano horizontal. Compararam o comprimento das forças de atrito na superfície rugosa e na lisa, associando isso ao esforço realizado por eles para puxar o carrinho em cada uma delas. Perceberam que a força de atrito na superfície mais rugosa é maior que na mais lisa;
- Os estudantes calcularam o valor numérico da força de atrito utilizando o valor do coeficiente de atrito, escrito em braile, em cada superfície. Sendo o valor numérico da força de atrito na superfície rugosa maior do que o da superfície lisa e correspondendo a um esforço maior para puxar o carrinho. A estudante Rosa não conhecia braile e o pesquisador teve que ler os valores numéricos dos coeficientes de atrito.

Quanto à aceleração

O conceito de aceleração foi trabalhado como a rapidez do movimento que o carrinho faz ao se deslocar. Quanto maior a força mais veloz o carrinho fica. A aceleração como a grandeza associada à velocidade que já é conhecida dos estudantes, só que com a diferença que é uma mudança de velocidade no tempo. Por exemplo, a unidade m/s^2 é a velocidade em m/s e segundo aparece duas vezes. Com os estudantes Alberto e Sérgio não houve dificuldades em entender a forma da unidade e seu conceito mais concreto. Com a aluna Rosa foi dado um exemplo de sentir a aceleração estando dentro de um elevador e, para o estudante José, da aceleração sentida em um carro, inclusive pelo som que o motor faz. O estudante Alberto associou a aceleração com carro.

5.2.2. Observações Sobre a Aplicação do Texto

Quanto à leitura do texto

Com relação ao texto de apoio Alberto e Sérgio tiveram a oportunidade de lê-lo antes da aula com a explicação verbal. Os dois afirmaram que o texto complementou o que foi dito durante a aula. Os estudantes não conheciam a notação braile para vetores e gostaram de ter a oportunidade de aprender essa notação. Os exercícios foram lidos pelo professor somente para os estudantes Rosa e José. Para Rosa porque ela é estudante com baixa visão. Para José a fim de que o pesquisador pudesse comparar o resultado de uma aula sem e com a utilização da leitura de texto. Para esses dois estudantes não houve prejuízo no fato de não ter havido a leitura prévia do texto, pois eles interagiram e procuraram se concentrar nas explicações dadas pelo professor.

Quanto às definições de Massa e Peso

Os estudantes Sérgio e Rosa souberam responder ao questionamento sobre o que é medido numa balança se é massa ou peso, como exemplificado a seguir.

Sérgio: *“O Peso o peso dele ... não tá medindo a massa total dele...”*

Rosa: *“Na balança você tem massa”*

O José não lembrava e o Alberto errou.

José: *“Eu sabia, mas esqueci”*

Alberto: *“Peso”*

Contudo, depois do professor trabalhar as unidades de massa e apresentar o exemplo de um astronauta que na Lua tem a mesma massa que na Terra, mas devido à gravidade, tem seu peso na Lua diferente do da Terra, os estudantes perceberam, mais claramente, a diferença entre peso e massa. Na maquete com a utilização das bolinhas de gude ficou mais concreta a relação de aumento de massa com aumento de peso do carrinho.

5.3. Recursos Matemáticos Utilizados nas Resoluções dos Exercícios Propostos

A intenção inicial do autor era a aplicação do soroban como método de cálculo em todos os exercícios propostos. Contudo, considerando o relato na entrevista dada pela professora especialista³⁵ em ensino de soroban e pelo professor³⁶ da sala de recursos da escola, onde foi aplicada a unidade didática, o pesquisador utilizou o soroban com o estudante Sérgio que aprendeu as operações básicas e sabia manuseá-lo com destreza. Com os demais estudantes utilizou a calculadora sonora³⁷ porque eles há muito tempo, não praticavam o soroban.

Relações Matemáticas

- Tendo entendido melhor os conceitos de massa (m) e aceleração (a) não houve grandes problemas para os estudantes utilizarem a relação da 2ª lei de Newton onde a grandeza força (F) é obtida pela multiplicação desses outros dois valores;
- Da mesma forma ocorreu com o ensino da relação matemática da força de atrito. Pelo tato os estudantes associaram a etiqueta em braile com os valores numéricos do coeficiente de atrito.

Na tabela 4 descrevem-se as análises de cada exercício sobre a 2ª lei de Newton.

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 1	EXERCÍCIO 2	EXERCÍCIO 3	EXERCÍCIO 4
ALBERTO (calculadora sonora)	Inicialmente tentou fazer os cálculos mentalmente, mas não conseguiu. Então, foi permitido que ele usasse a calculadora sonora e com isso pode obter a resposta correta.	Com o professor reforçando que valor deveria utilizar nos cálculos e com a calculadora conseguiu obter o resultado.	Com o professor lembrando ao estudante do valor calculado no exercício anterior, ele entendeu o que foi pedido e falou um valor numérico maior para a força.	O professor repetiu os valores que estavam no problema e o estudante, com a calculadora, conseguiu resolver o exercício.

continua

³⁵ O estudante com deficiência visual para dominar bem o manuseio do soroban necessita de um tempo relativamente longo de treino e preparação.

³⁶ Por mudanças na rede de ensino, os estudantes com deficiência visual, não tem base nas quatro operações matemáticas com o soroban.

³⁷ Calculadora com voz sintetizada para o Português que fala os dígitos numéricos e os operadores matemáticos pressionando as teclas correspondentes.

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 1	EXERCÍCIO 2	EXERCÍCIO 3	EXERCÍCIO 4
SÉRGIO (soroban)	Ficou inseguro de multiplicar números maiores. Usando o soroban chegou ao valor 12.870 N. Foi avisado, pelo professor que chegou perto da resposta. O estudante refez o cálculo e obteve o resultado correto. O estudante tinha feito bem rápido e por descuido deixou de subir uma conta da dezena carregando o erro até o final do cálculo.	O exercício envolvia uma multiplicação mais simples para o estudante e ele usou cálculo mental.	É um exercício de dedução e o estudante teve dificuldade na interpretação do que foi pedido. Com a ajuda do professor fornecendo um exemplo mais concreto de uma pessoa tentando levantar um botijão que necessita de uma força maior ou igual ao peso do mesmo. O estudante deu um exemplo numérico de força que resolveu a questão.	Ficou inseguro com cálculos com decimais, mas com a orientação do professor mostrando que poderia fazer o cálculo com os números 45×110 ao invés de $0,45 \times 110$ e depois ajustar a vírgula, conseguiu fazer o cálculo.
JOSÉ (cálculo mental)	Tentou fazer o cálculo mentalmente e chegou ao valor de 11.700 N, mas não tentou refazer os cálculos.	Fez os cálculos mentalmente sem problemas.	Entendeu, sem muita dificuldade, o que foi pedido no problema e deu um exemplo numérico de força maior que a calcula anteriormente.	Fez os cálculos rapidamente dando a resposta em menos de um minuto.
ROSA (calculadora com números grandes)	Com o professor lendo o exercício e com a ajuda da calculadora a estudante chegou ao resultado sem dificuldades	Apesar de ser um cálculo que outros estudantes fizeram mentalmente, a estudante usou a calculadora para chegar à solução.	Entendeu o que foi pedido no exercício e deu uma resposta semelhante a dos outros estudantes dizendo o valor maior de força.	Com o uso da calculadora e com a leitura do exercício pelo professor, a estudante fez os cálculos corretos.

Tabela 4- Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a 2ª lei de Newton

Na tabela 5 apresentam-se as análises referentes a cada exercício sobre força de atrito.

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 5	EXERCÍCIO 6	CONCLUSÃO
JOSÉ (cálculo mental)	Com a orientação do professor indicando os valores do exercício, o estudante conseguiu realizar os cálculos. Errou o cálculo de uma das Fat pela posição da vírgula.	Conseguiu responder o exercício deduzindo de forma semelhante ao exercício 3.	O estudante saiu-se bem no que foi pedido nos cálculos só usando o cálculo mental. Essa é uma habilidade dele como afirmado pelo professor da sala de recursos. Para cálculos mais difíceis ele usa a calculadora sonora.

continua

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 5	EXERCÍCIO 6	CONCLUSÃO
ROSA (calculadora com números grandes)	Como a estudante não sabe braile o professor lembrou os valores dos coeficientes de atrito das duas superfícies. Usando a calculadora e orientada nos cálculos, a estudante resolveu o exercício.	O professor orientou que o raciocínio para resolver o exercício 6 era análogo ao do exercício 3. A estudante diferentemente dos outros estudantes não deu uma resposta numérica. Apenas disse que era maior que o valor calculado no exercício 5.	A estudante por ser baixa visão fez os cálculos com uma calculadora de números grandes. Com o professor lendo os valores numéricos em braile na maquete, a mesma concluiu todas as tarefas solicitadas.
ALBERTO (calculadora sonora)	O professor auxiliou o estudante indicando quais os valores a serem utilizados nos cálculos e pede ao estudante ler o outro valor do coeficiente de atrito em braile para fazer o cálculo. O estudante lê cada número, faz os cálculos com a calculadora sonora e os resultados são anotados pelo professor.	O professor precisou ler os valores anotados no exercício anterior para o estudante recordar e dar exemplos de forças que são maiores que as calculadas no exercício 5.	O estudante tem dificuldade de fazer cálculos mentais, mas com o auxílio do professor e com a calculadora sonora conseguiu realizar os cálculos solicitados. O estudante costuma na sala de recursos utilizar a máquina braile ou um computador para registrar os cálculos.
SÉRGIO (soroban)	Com a ajuda do professor para dar dica de quais valores deveriam ser usados nos cálculos e anotar os resultados, o estudante se sentiu mais confiante para fazer utilizar o soroban. Calculou com desenvoltura os dois valores da força de atrito apesar de serem multiplicações de dois números decimais.	O professor orientou que o raciocínio para resolver o exercício 6 era análogo ao do exercício 3. O estudante, inicialmente, confundiu os valores da Fat pelos valores de μ dando como resposta valores maiores para a Fat. O professor repetiu os valores calculados pelo estudante no soroban para que ele pudesse resolver corretamente os valores da força.	O estudante mostrou ter uma boa base do soroban. Ele gostava de usar o soroban porque era prático e sentia com o tato os cálculos realizados. Mesmo com a orientação do professor em registrar os valores calculados pode-se afirmar que o soroban é uma ferramenta válida para o cálculo das grandezas físicas solicitadas nos exercícios apresentados.

Tabela 5 - Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a força de atrito

Na tabela 6 mostram-se algumas das respostas dos estudantes quando aplicada a sondagem final.

ESTUDANTE	AULAS DE FÍSICA NA CLASSE REGULAR	SUGESTÕES PARA APRIMORAMENTO DO MATERIAL E DA AULA	SATISFAÇÃO COM A AULA E COM A MAQUETE TÁTIL
SÉRGIO (soroban)	Fica mais como ouvinte nas aulas. Quando têm muitas equações matemáticas no quadro ele fica mais confuso.	Fazer um mecanismo que possa ensinar a força normal. Utilizar corda maleável no lugar do barbante	A maquete o ajudou bastante, pois foi a primeira vez que conseguiu entender um assunto com material concreto. Achou a aula dinâmica porque conseguiu trazer os conceitos físicos para o cotidiano.
JOSÉ (cálculo mental)	Afirmou que o conteúdo de Física Moderna apresentado pelo professor na classe regular, sendo mais teórico e menos visual é mais fácil de acompanhar.	Amarrar a corda que puxa o carrinho no vetor de palito que indica sua direção e sentido.	O estudante disse que entendeu melhor o conteúdo, por causa do material e da explicação do professor/pesquisador .
ROSA (calculadora com números grandes)	Por ter baixa visão e as aulas de física serem muito visuais, por conta dos cálculos, a estudante não consegue acompanhar as mesmas e, por isso, não se sente incluída.	Utilizar uma argola no lugar do prego que prende o barbante para puxar o carrinho. Usar um vetor para representar o atrito.	Quanto à maquete a estudante disse que a mesma lhe ajudou no entendimento do conteúdo trabalhado. Quanto à aula, o professor/pesquisador explicou de forma bastante clara.
ALBERTO (calculadora sonora)	Às vezes não consegue acompanhar o conteúdo da sala de aula.	Sem sugestões para a melhoria do material.	Gostou da aula e disse que o material concreto ajudou na explicação. Conseguiu se concentrar melhor com o silêncio e com o atendimento individualizado realizado pelo professor/ pesquisador

Tabela 6 – Algumas respostas dos estudantes na sondagem final.

6. Considerações Finais

A escola inclusiva, em que foi realizada a aplicação da unidade didática, é uma escola privilegiada em comparação com outras do Distrito Federal.

A utilização de uma unidade didática estruturada de forma a melhorar o entendimento dos conceitos referentes a 2ª lei de Newton e a força de atrito, vistos em sala de aula, tornaram o estudante com deficiência visual mais atuante na sua aprendizagem e não apenas um mero ouvinte. Propiciar, para este estudante, uma aula em que ele possa ser mais que um ouvinte foi uma experiência rica e gratificante para o professor/pesquisador, pois a aprendizagem e a interação do estudante com o professor e o material se sobrepuseram às limitações causadas pela deficiência.

Com a utilização do material concreto os estudantes tiveram aulas de Física em que os conceitos apresentados têm um sentido tátil: forças como vetores de palitos, coeficiente de atrito como texturas diferentes, vetores dinâmicos reguláveis que aumentam de intensidade ou mudam de direção e sentido, massa associada com a quantidade de bolinhas de gude colocadas dentro do carrinho, etc. Os resultados com o material concreto se mostraram satisfatórios para os estudantes.

Na aplicação dos exercícios de cálculos e naqueles que precisam ser feitas deduções é importante o apoio do professor para auxiliar o estudante com deficiência visual, independentemente do recurso matemático inclusivo utilizado. Levando em conta a situação dos estudantes em relação à base nas quatro operações do soroban foi permitido que três deles utilizassem calculadoras sonoras para que pudessem resolver os exercícios propostos e um utilizou o soroban conforme a ideia inicial. Com isso, verificou-se as viabilidades e dificuldades de aplicação do soroban como método de cálculo em ensino de Física. Percebeu-se que o estudante precisa de um maior contato com o soroban ou que o professor, que quiser adotar esse instrumento de cálculo, tenha um tempo maior de pratica-lo com os estudantes.

No decorrer da aula foram feitas perguntas aos estudantes onde eles tiveram a liberdade de responder baseados naquilo que sabiam, para que dessa forma, o professor pudesse elaborar organizadores prévios, tais como explicações mais descritivas com

exemplos mais concretos, que permitissem a interação dos novos conhecimentos com os antigos e assim, a mudança dos últimos.

Baseado nas ideias de Ausubel estruturou-se a unidade didática de forma a apresentar os conceitos de força de forma geral, depois das grandezas que estão envolvidas no cálculo dessa força no caso massa e aceleração, continuando com a força peso e a força normal e, por fim, a força de atrito e das grandezas envolvidas em seu cálculo, o coeficiente de atrito e a força normal. Para avaliar o entendimento dos estudantes finalizou-se com exercícios sobre o conteúdo trabalhado.

Seguindo os pressupostos da obra da Defectologia de Vygotsky que foca nas potencialidades do estudante com deficiência utilizou-se textos e etiquetas em braile para que os estudantes interagissem com o meio social por meio da linguagem braile, já que estão impossibilitados de utilizarem a escrita convencional³⁸.

Segundo Camargo (2012),

Um aluno vidente, quando equaciona e resolve matematicamente um problema físico, pensa sobre o que vai calcular escreve o cálculo ao longo de uma folha de papel, observa as equações e suas anotações; se preciso, volta a observar, raciocina enquanto escreve, e esse processo repete-se ao longo de todo o cálculo. O aluno cego por não conseguir registrar e observar simultaneamente, não executa a relação triádica raciocínio/registro/observação, o que o deixa com enormes dificuldades nas atividades de cálculos. (CAMARGO, 2012, p. 87)

Entretanto, dos dados apresentados nas tabelas 4 e 5, é possível inferir que utilizando recursos matemáticos de cálculo, sejam eles uma calculadora eletrônica ou o soroban, e com o auxílio de um mediador (o professor), o estudante com deficiência visual se torna capaz de resolver um exercício matemático saindo de um conhecimento mais empírico (zona de desenvolvimento cognitivo real) para um mais sistematizado e abstrato (zona de desenvolvimento proximal). Da mesma forma, o estudante pode passar do conceito mais intuitivo de força para um mais complexo, percebendo os diferentes tipos de força e como elas se relacionam por meio da linguagem matemática.

Assim, o estudante DV apesar de não conseguir realizar simultaneamente o registro e a observação poderá, com a ajuda de um professor para indicar os valores que serão utilizados no cálculo, executar a relação triádica raciocínio/registro/observação.

³⁸ Vygotsky denomina isso de vias colaterais do desenvolvimento.

O estudante que usou o soroban, auxiliado pelo professor, mostrou ser este um recurso didático que pode auxiliar os estudantes com deficiência visual na resolução de problemas operacionais de Matemática no contexto do ensino de Física.

Constatou-se que muito se tem feito para a melhoria do ensino de Física para estudantes DV, apesar de ser pouco comparativamente a outras linhas de pesquisa em ensino da área. De qualquer forma, esta é uma linha de pesquisa que necessita de mais trabalhos, pois envolve o entendimento e a utilização de recursos variados para se atingir um ensino de Matemática e Ciências de maior qualidade para estudantes com deficiência visual.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS, A. **Pessoas com deficiências nos censos populacionais e educação inclusiva**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2014.
- APELT, R. **Physics with sighted, visually impaired, and blind students**. University of Dortmund, Department Rehabilitation Sciences Rehabilitation and Education for the Blind and Visually Impaired. Project ISaR, 2010.
- ARAÚJO, M. O. A. **Inclusão social e o ensino da matemática aos portadores de deficiências visuais no Distrito Federal**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005.
- AZEVEDO, O. C. S. **Operações matemáticas com o soroban (ábaco japonês)**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ucb.br/sites/100/103/TCC/22006/OrlandoCesarSiadedeAzevedo.pdf>> Acesso em: 18 mai. 2015.
- BARROS, S. S.; MARTELLI, V.; SANTOS, W. S. Uma proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais nas aulas de física do ensino médio. **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1285-1293, 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2010**. Brasília: MEC/INEP, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2011**. Brasília: MEC/INEP, 2012. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2012**. Brasília: MEC/INEP, 2013. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2013**. Brasília: MEC/INEP, 2014. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2014**. Brasília: MEC/INEP, 2015. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Sinopse Estatística da Educação Básica/Censo Escolar 2015**. Brasília: MEC/INEP, 2015. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-censo-escolar-sinopse-sinopse>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- _____. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Câmara de Educação Básica. Parecer CNE/CEB nº 13/2009, aprovado em 3 de junho de 2009. Diretrizes Operacionais para o atendimento educacional especializado na Educação Básica, modalidade Educação Especial. Brasília: MEC/SEESP, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rceb004_09.pdf> . Acesso em: 10 mai. 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 30 jun 2015.

_____. **Lei nº. 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996:** Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996.

_____. **Lei nº. 13.005, de 25 de junho de 2014:** aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2015

_____. **Decreto nº. 5.296, de 02 de dezembro de 2004:** Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 06 dez. 2015.

BULBUL, M. S.; DEMIRTAS, D.; GARIP, B.; OKTAY, O. Re-Simulating Physics Simulations for Blind Students. In: International New Perspectives in Science Education Conference . 2nd edition. Florence, Italy: Libreria Universitaria, 2013. Disponível em: <http://conference.pixel-online.net/npse2013/common/download/Paper_pdf/292-SDP02-FP-Bulbul-NPSE2013.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2016

BULBUL, M.S. et al. Using a force concept inventory test with visually impaired and blind students. **European Journal of Physics Education**, v. 6, n.3, 2015.

CAMARGO, E. P. **Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas.** 2000. 218f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista " Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Bauru, São Paulo, 2000.

_____. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão.** Campinas, Tese de Doutorado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil, 2005.

_____. **Ensino de física e deficiência visual: dez anos de investigações no Brasil.** 1 ed., São Paulo. Editora Plêiade, 2008. 195p.

_____. **Saberes docentes para inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física.** 1^a. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2012. 278p.

CAMARGO, E. P.; BRAGA, T. M. S. Concepciones alternativas sobre repouso y movimiento, modelos históricos y deficiencia visual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, p. 171-182, 2007.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. A condução de atividades de mecânica para alunos com e sem deficiência visual: dificuldades e viabilidades. **Acta Scientiae**, v. 11, n. 2, p. 101-118, 2009.

_____. Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de eletromagnetismo para alunos com e sem deficiência visual. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 55-69, 2007a.

_____. Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de óptica para alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 115-126, 2007b.

- CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Contextos comunicacionais adequados e inadequados para a inclusão de alunos com deficiência visual em classes de física moderna. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 31, p. 155-175, 2013.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VIVEIROS, E. R. Análisis del proceso inclusivo del alumno ciego en clases de física moderna. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 6-31, 2012.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VIVEIROS, E. R.; VERASZTO, E. V. Adequate and inadequate communicational contexts for the inclusion of visually impaired students in electromagnetism classes. **Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies**, Manchester, v. 4, n. 3, p. 413-423, 2013.
- CENCI, A. A retomada da defectologia na compreensão da teoria histórico-cultural de Vygotsky. In: **37ª Reunião Nacional da ANPED**, Florianópolis, out. 2015.
- CENTURIÓN, M. **Números e operações**. São Paulo: Scipione, 1998.
- COSTA, L.; NEVES, M.; BARONE, D. O ensino de física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, p.143-153, 2006.
- CRYER, H. **Teaching STEM subjects to blind and partially sighted students: Literature review and resources**. RNIB Centre for Accessible Information (CAI), 58-72 John Bright Street, Birmingham, UK, 2013.
- DOMINGUES, C. A. et al. **A educação especial na perspectiva da educação escolar**. Os alunos com deficiência visual: baixa visão e cegueira. Ministério da Educação Secretaria de Educação Especial. 1ª. ed. Brasília, 2010.
- GARCÍA, M. L. B.; CALDERA, M. I. F.; JIMÉNEZ, V. M. El aprendizaje de las ciencias em niños ciegos y deficientes visuales. **Integración. Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual**, v. 38, p. 25-34, 2002.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. **Projeto Político e Pedagógico – Centro de Ensino Especial de Deficientes Visuais (CEEDV)**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://sumtec.se.df.gov.br/sistemas/ppp/wpcontent/uploads/201410/CEEDV-PPP-2014.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- HENDERSON, D. R. **Laboratory methods in physics for the blind**. 1965. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências), University of Pittsburgh, 1965.
- IBGE. **Censo Demográfico**. v. 23, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2015
- KIRK, S. A.; GALLAGHER J. J. **Educação da criança excepcional**. Tradução Marília Zanella Sanvicente. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- KOUROUPETROGLOU, G.; KACORRI, H. Deriving accessible science books for the blind students of physics. In: **Proc. of the 7th Intern. Confer. of the Balkan Physical Union**. Published by the American Institute of Physics, v. 1203, n. 1, 2009.
- LARKIN, S. **Making physical science accessible to students with visual impairments**. Math and Science Consultant Iowa Educational Services for the Blind and Visually Impaired, 2006.
- LIBARDI, H.; CARDOSO, F.; BRAZ, F. Experimentos envolvendo conceitos de centro de massa para alunos com nenhuma ou pouca visão. In: **XIX Simpósio Nacional de**

- Ensino de Física.** Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0100-2.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2015.
- LIBARDI, H. et al. **PIBID e a educação inclusiva de alunos com deficiência visual: materiais manipulativos e linguagem matemática para o ensino de ciências.** 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrace/viiienpec/resumos/R0123-4.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2015.
- MACHADO, E. V. Inclusão no Ensino Superior – Uma Experiência Exitosa. **Revista Ibero-americana de Estudos em Educação**, v. 9, n. 1, p. 120 -129, 2014.
- MADDOX, S.; MORGAN, L. **Teaching a physics laboratory module to blind students.** Learning Issues: Working with disabled students. Faculty of Science, University of Strathclyde, 2004.
- MAGNONI, V. L. S.; BEZERRA, R. C. O ensino de equações para alunos com dificuldades de aprendizagem. **Revista do Centro de Educação e Letras da Unioeste, Campus de Foz do Iguaçu**, v. 15, n. 1, 2013.
- MASINI, E. F. S. A facilitação da aprendizagem significativa no cotidiano da educação inclusiva. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**. v. 1,n. 3, p. 53-72, 2011.
- MOORE, M. W.; BLISS, J. C. **The Optacon reading system.** Education of the Visually Handicapped, 1975.
- MORAIS, I. M. S. **Sorobã: suas implicações e possibilidades na construção do número e no processo operatório do aluno com deficiência visual.** 2008.160 p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem.** 1ª. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária,1999. 181p.
- NEWCOMER, J. Sonic guide: it's use with public school children. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 71, p. 268-271, 1977.
- OLIVEIRA, L. M. B. **Cartilha do censo 2010: pessoas com deficiência.** Secretaria dos Direitos Humanos da Presidência da República.1ª. ed. Brasília, 2012.
- ORTEGÓN, E. J. C. ¿Como aprenden fisica los invidentes? **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje da lãs Ciencias**, v. 2, n. 1, 2007.
- PARRY, M.; BRAZIER, M.; FISCHBACH, E. Teaching college physics to a blind student. **The physics teacher**, v. 35, n. 8, p. 470-474, 1997.
- REYNAGA-PEÑA, C. G. et al. Experiencias educativas en la enseñanza de las ciencias experimentales a niños y jóvenes con discapacidad visual. In: **Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación**, Buenos Aires, Argentina, 2014.
- SALES, D. R.; OLIVEIRA, M. K.; MARQUES, P. N. A Defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 861-870, 2011.
- SOUSA FILHO, F. F. S. **O soroban e sua aritmética concreta.** 2013, 228 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

SOUZA, C. M. **Dificuldades e desafios no ensino de física a alunos portadores de deficiência visual**. 2008. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/dificuldades-e-desafios-no-ensino-de-fisica-a-alunos-portadores-de-deficiencia-visual/6119/>> Acesso em: 21 mai. 2015.

TATO, A.; BARBOSA-LIMA, M. Material de equacionamento tátil para portadores de necessidades especiais visuais. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0290-1.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2015.

THOMPSON, D. M. **LaTeX2tri**: physics and mathematics for the blind or visually impaired. Department of Physics, Harvard University, Proceedings from the 20th Conference on Technology and Persons with Disabilities, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

_____. Obras Escogidas V – **Fundamentos de Defectología**. Madrid: Visor, 1997.

YOREK, N.; SAHIN, M. **Teaching science to visually impaired students**: A small-scale qualitative study. *China Education Review, USA*, v. 6, n. 4, Apr. 2009.

APÊNDICE A

PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MATEMÁTICA INCLUSIVA NO ENSINO DE FÍSICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

João Paulo Ferreira da Silva

PALAVRAS AO PROFESSOR

Prezado colega,

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de auxiliar tanto ao professor de Física que tenha em sua classe regular estudantes com deficiência visual como ao professor atuando, com essa clientela, na sala de recursos.

O trabalho contém dois textos de apoio ao professor, onde são abordados os temas: 2ª lei de Newton e força de atrito. É mostrado como utilizar o recurso on-line Atractor³⁹, a reglete e o punção na transcrição destes textos para a linguagem braile, bem como, as notações⁴⁰ matemáticas utilizadas para escrever as fórmulas em braile. É importante lembrar que não é necessário conhecer a linguagem braile, pois o recurso *online* fará esse papel de forma fácil e prática, cabendo ao professor copiar essa linguagem para o papel utilizando os instrumentos indicados, e seguindo as orientações do autor, caso não disponha de software específico e impressora braile.

Apresentam-se instruções para a confecção de uma maquete tátil com etiquetas em braile e de um carrinho com encaixes para vetores em diferentes posições. São indicados os materiais necessários e os procedimentos de montagem passo a passo tanto da maquete como do carrinho com os vetores. O professor terá, em mãos, durante as suas explicações, um material concreto, de baixo custo, que auxilie o estudante a entender os conceitos apresentados nos textos.

Ao final dos dois textos aparecem alguns exercícios para serem feitos com os estudantes e mostra-se como resolvê-los utilizando o soroban⁴¹.

O estudante deve ter como pré-requisitos ser alfabetizado em braile (para o uso dos textos) e conhecimento básico de tabuada (para o uso do soroban). Se for possível um atendimento individualizado ao estudante os resultados de aprendizagem serão mais efetivos.

³⁹ Disponível no site: <http://www.atractor.pt/tb/>

⁴⁰ Padronização de toda escrita simbólica matemática para o braile.

⁴¹ Instrumento de cálculo utilizado para fazer operações matemáticas básicas e/ou cálculos mais avançados como raiz quadrada e frações.

INTRODUÇÃO

Motivado a desenvolver um material e uma unidade didática que permitissem um melhor aprendizado dos conceitos de Física, com o uso de recursos de matemática, por estudantes com deficiência visual, o autor buscou a inspiração e a base conceitual em trabalhos de diversos autores e de artigos sobre o tema. O autor se ateve, em especial, no trabalho do professor Eder Pires de Camargo, no que diz respeito à parte fenomenológica da Física, e na parte Matemática, em artigos que fazem referência ao uso do soroban.

Dentre os temas que poderiam ser abordados em Física o autor escolheu para elaborar o material concreto e a unidade didática, o conteúdo de mecânica por ser um assunto onde os estudantes geralmente apresentam grande dificuldade. Dentre os assuntos trabalhados na mecânica optou-se pelo estudo dos principais conceitos da Dinâmica: força peso, força normal, força de atrito, massa e aceleração presentes na 2ª lei de Newton.

Para o material concreto desenvolveu-se uma maquete e um carrinho com vetores ajustáveis para que os estudantes pudessem, por meio do tato, explorar o fenômeno físico. Para o estudo do conteúdo sobre a 2ª lei de Newton, o estudante contou com um texto de apoio transcrito para o braile e, com alguns exercícios envolvendo cálculos para o uso do soroban e calculadora sonora. Elaborou-se uma unidade didática com o objetivo de distribuir o conteúdo em duas aulas para facilitar a aprendizagem dos estudantes e, visando a sua reprodução por professores que venham a ter em sua sala de aula estudantes com deficiência visual.

Como referencial teórico utilizou-se Vygotsky e Ausubel. No caso de Vygotsky utilizou-se alguns princípios da sua obra sobre Defectologia que trata da importância do convívio e da interação social da pessoa com deficiência, para que esta possa vir a ter um desenvolvimento cognitivo pleno. E no caso de Ausubel, com sua teoria da aprendizagem significativa, baseada na interação entre os conhecimentos já estruturados na mente do estudante (subsunoeres) com os novos conhecimentos que irão modificá-los.

A Pessoa com Deficiência Visual

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu a Educação Especial como modalidade de educação escolar obrigatória e gratuita ocorrendo sua oferta, preferencialmente, na rede regular de ensino. Em seu artigo 205, garantiu o direito de todos à educação, visando ao “pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. No artigo 206, inciso I “prevê a igualdade de condições de acesso e permanência na escola” e no artigo 208, inciso V “estabelece que o dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de acesso a níveis mais elevados de ensino, de pesquisa e de criação artística, segundo a capacidade de cada um” (BRASIL, 1988). De acordo com as leis garantidas pela Constituição a pessoa com deficiência têm assegurada sua educação e formação para a vida, portanto cabe aos professores e educadores buscarem cada vez mais recursos para proporcionar o pleno desenvolvimento do estudante com deficiência na sociedade.

3.1 Condições da Pessoa com Deficiência Visual

- Conforme o Decreto no. 5.296 de 2004 é considerada pessoa portadora de deficiência visual aquela que apresenta cegueira ou baixa visão.
- Cega é a pessoa na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, necessitando do Método Braille como meio de leitura e escrita;
- Baixa Visão é a pessoa que possui acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, permitindo-lhe ler textos impressos, desde que seja utilizado o método ampliado.
- Os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores.

APLICAÇÃO DO PROJETO

Objetivos

Este projeto tem como objetivo oferecer aos docentes que atendem as pessoas com deficiência visual uma alternativa de ação pedagógica, possibilitando uma aprendizagem mais completa tanto da Física quanto da aplicação da Matemática em seu contexto, com a utilização de um instrumento concreto o soroban.

Objetivo geral

Comprovar a eficácia do uso do soroban e da notação braile do código matemático unificado⁴² em situações de ensino de Física para estudantes com deficiência visual.

Para alcançar esse objetivo realizaram-se as seguintes ações:

Objetivos específicos

- Confeccionar maquetes táteis e aplicá-las para ensinar tópicos de mecânica (2ª Lei de Newton e força de atrito);
- Elaborar uma unidade didática, com textos e exercícios envolvendo o conteúdo de Física selecionado;
- Aplicar o uso do soroban para a resolução dos exercícios envolvendo a 2ª Lei de Newton e força de atrito;
- Observar como o estudante com deficiência visual relaciona os cálculos matemáticos com a situação do fenômeno físico apresentado;
- Identificar as dificuldades e as viabilidades operacionais envolvidas no tópico trabalhado tanto para o estudante quanto para o professor.

⁴² Refere-se à escrita das notações matemáticas em braile.

MATERIAIS CONCRETOS E TEXTOS UTILIZADOS NA UNIDADE DIDÁTICA

CONFECÇÃO DA MAQUETE TÁTIL E DO CARRINHO COM VETORES

Para a aplicação da unidade didática confeccionou-se uma maquete tátil e um carrinho com vetores. Os materiais utilizados e as instruções de montagem e confecção da maquete tátil, do carrinho de madeira e dos vetores utilizados na unidade didática são descritos a seguir.

MATERIAL

O material utilizado foi pensado de forma que fosse ao mesmo tempo de baixo custo para facilitar a sua reprodução e que pudesse explorar o sentido do tato dos estudantes com deficiência visual.

Materiais de papelaria:

Duas placas de isopor de 15 mm de espessura; 2 folhas de EVA (uma de EVA atalhado e outra mais lisa); pedaços de madeira tipo MDF de 3 mm de espessura e de 2 cm de espessura; 4 palitos de picolé; 7 pregos com cabeça 10 mm x 10 mm; 1 rolo de barbante, 1 tubo de cola Super Bonder; 1 caixa de alfinetes; 1 saco com bolinhas de gude; 1 fita Durex; tesoura grande; estilete; cola branca; 2 pranchetas; 1 pedaço de lixa de madeira; lápis; régua; compasso; liguinhas.

Instrumentos específicos para Deficientes Visuais:

Reglete; punção; soroban (adaptado para deficientes visuais).

Ferramentas:

Serra do tipo segueta; alicate; martelo; chave de fenda.

MONTAGEM DA MAQUETE

1) Utilizar as placas de isopor colando com cola branca uma sobre a outra para que a maquete tenha maior espessura e resistência. A utilizada, para esse produto educacional, é de 40 cm x 40 cm;

2) Marcar a placa de isopor pela metade e colar utilizando o super bonder, uma metade com o EVA atalhado e a outra metade com o EVA mais liso;

3) Utilizar a reglete e o punção para escrever em braile as etiquetas com os valores dos coeficientes de atrito de cada superfície (lembrando que a escrita é espelhada) o recurso on-line Atrator pode fornecer os valores numéricos utilizados em braile;

4) Fixar as etiquetas em braile feitas na etapa 3 colando com cola branca apenas suas bordas e depois contornando-as com fita durex por cima, como indicado na figura 1;

5) Usar os alfinetes para fixar as extremidades das etiquetas e também nas extremidades da maquete para fixar os EVAs a placa de isopor (cuidado para retirar as pontas do alfinete dobrando várias vezes com o alicate, antes de fixar na maquete);

6) Serrar dois pedaços de madeira tipo MDF de 2 cm de espessura e 15 cm de comprimento e colar sobre o EVA, cada um na frente de uma das etiquetas. Servirão de apoio para que o carrinho não caia ao se inclinar a maquete.

7) Retirar as peças metálicas das duas pranchetas com a chave de fenda e posicioná-las perpendicularmente. Serrar dois pedaços de madeirite de 2cm de espessura e 20 cm de comprimento colando-as com a cola super bonder em cada lado da prancheta na vertical para dar suporte e martelando um prego em cada extremidade. Utilizar o martelo para dobrar a ponta do prego. Essa estrutura servirá para ajudar a inclinar o plano da maquete como mostrado na figura 1.

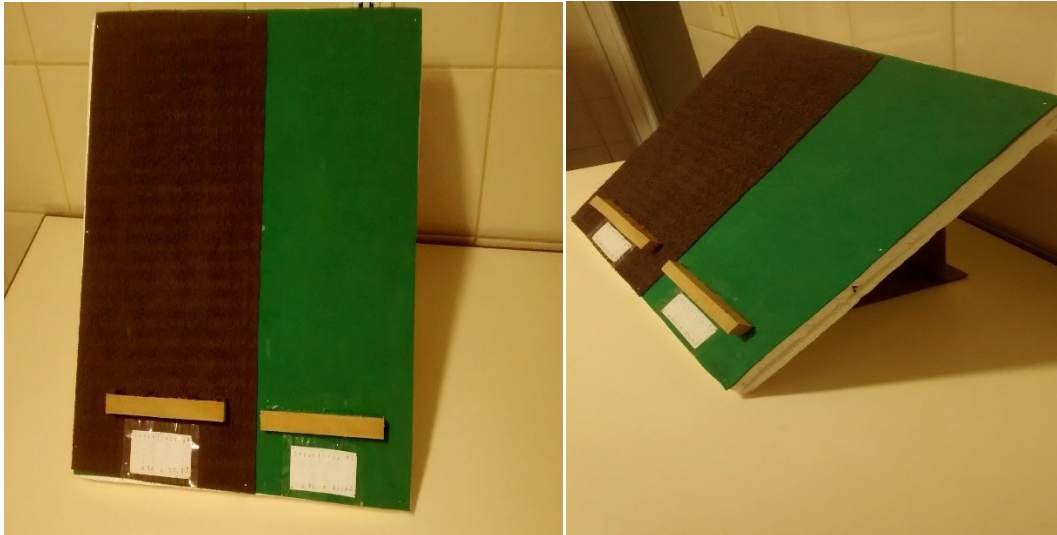


Figura 1 – Maquete tátil com superfícies de texturas diferentes e etiquetas em braille

MONTAGEM DO CARRINHO

1) Utilizar a madeirite mais fina para montar a estrutura de uma caixa sem tampa com as dimensões: 13 cm x 4 cm x 8 cm. Os pedaços devem ser serrados e lixados e colados com super bonder ou cola de madeira. Colar dois pedaços da mesma madeirite dentro do carinho para servir de apoio para a tampa, sendo que um deles deve ter uma fresta feita pela serra para passar o palito.

2) Usar a mesma madeirite para fazer as quatro rodas do carrinho, marcar com compasso aberto 1,5 cm e fazer quatro círculos. Cortar cada círculo com a tesoura grande e depois lixar o contorno das rodas. Usar o martelo e pregar as quatro rodas com os pregos na parte inferior da caixa e depois retirar cada um dos pregos, dobrá-los com o alicate e colocá-los novamente para que as rodas não saiam.

3) Pregar mais um prego na parte da frente do carrinho e fazer o mesmo que foi feito com as rodinhas no item 2. Amarrar um pedaço de barbante, nesse prego, para poder puxar o carrinho, como mostrado na figura 2.

4) Utilizar o estilete para fazer um corte na parte da frente e alargar esse corte com a chave de fenda. Repetir esse procedimento para a parte de trás, de baixo e na tampa do carrinho. Esses cortes servirão para encaixar os palitos de picolé que funcionarão como vetores.

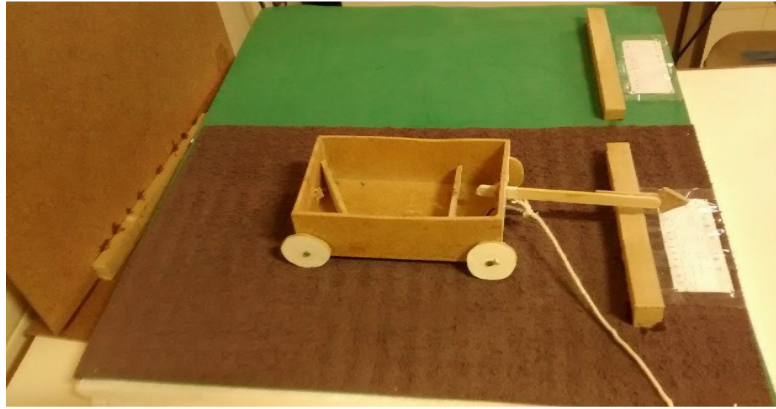


Figura 2 – Maquete tátil com o carrinho

MONTAGEM DOS VETORES

1) Utilizar os palitos de picolé e outros pedaços de madeirite. Desenhar com lápis na madeirite o formato de uma seta para representar os vetores força envolvidos. O procedimento é parecido com o das rodas utilizando a tesoura. Depois que os pedaços são cortados, deverão ser lixados e colados nas extremidades dos palitos com super bonder como exposto na figura 3.



Figura 3 – Carrinho puxado no plano inclinado

OBSERVAÇÕES:

As bolinhas de gude são colocadas dentro do carrinho para que se possa regular a massa e conseqüentemente o peso do carrinho como apresentado na figura 4.



Figura 4 – Bolinhas de gude dentro do carrinho

- 1) O vetor, na parte da frente do carrinho, pode ser inclinado para cima permitindo uma amostra da representação do vetor força acompanhando o movimento do barbante puxado.
- 2) A liguinha serve para envolver o carrinho e com isso prender um dos vetores na parte de baixo próximo à roda para representar a força de atrito oposta a força exercida como mostra a figura 5.

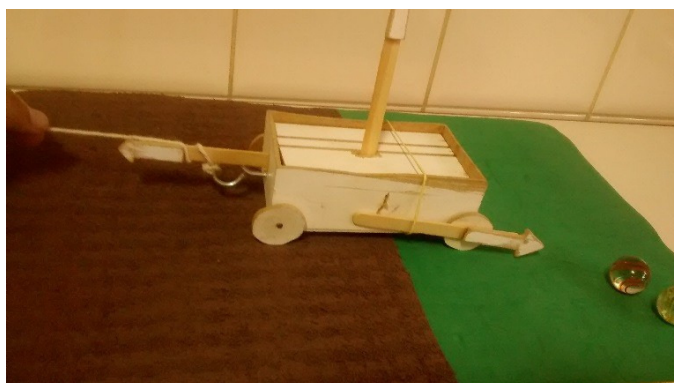


Figura 5 – Vetor amarrado a liguinha representando a força de atrito

TEXTOS

Dinâmica: 2ª. Lei de Newton

Estudaremos a Dinâmica, que é a parte da Física que estuda o movimento dos corpos e o agente causador deste movimento.

Quando queremos mover algum corpo podemos empurrar ou puxar, ou seja, aplicamos uma força. A força é o agente físico responsável pela mudança do estado de movimento ou de repouso.

A força é uma grandeza chamada de vetorial porque ela possui três características: intensidade (valor numérico); direção e sentido. Daí a força é representada pela letra F com uma seta acima significando que a grandeza possui essas três características.

Na Física representamos a força pelo símbolo

$$\vec{F}$$

Outra grandeza importante na Física é a massa que é a quantidade de matéria, representada pela letra m.

É medida em gramas (g), quilogramas (kg) ou miligramas (mg), e é muito usada para indicar a quantidade nos alimentos. Exemplos: 1 kg de arroz, 200 g de farinha etc.

A massa e a força são grandezas relacionadas. Pense que você está empurrando um carrinho de compras. Quanto mais compras você colocar, maior será o esforço para mover o carrinho de compras.

As duas últimas grandezas importantes para entender o movimento são a velocidade e a aceleração.

A velocidade indica a rapidez com que um corpo se move em certo intervalo de tempo. Exemplo: uma pessoa corre 10 metros em 1 segundo representamos como 10 m/s. Temos também o quilômetro por hora (km/h).

Agora a aceleração serve para mostrar se a velocidade está aumentando ou diminuindo. Por exemplo, se você está em um ônibus que está parado e depois começa a se movimentar quer dizer que a velocidade aumentou. Se antes a velocidade era 0 (zero) m/s e depois que o ônibus começou a se movimentar a velocidade passou para 20 m/s e isso tudo em 1 segundo, a aceleração é de 20 metros por segundo por segundo, ou 20 m/s/s (ou 20 m/s²). Quanto maior o barulho do motor mais rápido está o ônibus, mais

acelerado. É possível sentir a aceleração em um elevador quando você sente o seu corpo mais pesado na subida e mais leve na descida.

Para calcular a intensidade de uma força sabendo seu valor usamos a equação:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Onde: F é a força; m é a massa; a é a aceleração.

Assim, para que um corpo de massa m se mova mais rápido, com certa aceleração a, é preciso ser aplicada uma força maior.

A unidade da força é o Newton (N) que é a força para fazer um corpo de massa 1kg se mover com aceleração de 1 m/s/s (1m/s²).

A velocidade, a aceleração e a força são grandezas vetoriais logo são representadas por setas. A força e a aceleração sempre têm a mesma direção e mesmo sentido.

Exercícios

Agora, faremos alguns exercícios usando a equação da força já apresentada:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

1) Calcule a intensidade da força que um caminhão precisa fazer para puxar um carregamento de 560 kg com uma aceleração de 23 m/s².

2) Todos os objetos quando soltos caem com uma aceleração constante, chamada de aceleração da gravidade que tem o valor de 10 m/s². Quando soltamos um objeto, ele ao cair no chão faz barulho, assim sabemos que se demora em ouvirmos o barulho é porque a altura é grande, mas na verdade quando o objeto cai fica cada vez mais rápido. Se um objeto de massa 5,2 kg é solto de certa altura qual é a intensidade da força com que ele é atraído para o chão? (Inclusive essa força é chamada de peso)

Observação: o peso é diferente da massa. A massa é um valor que não muda. É sempre a mesma, já o peso não. Por exemplo: um astronauta na Lua fica com peso menor do que na Terra, porque a gravidade na Lua é menor do que na Terra. Contudo, a

massa do astronauta é a mesma na Terra e na Lua. O peso é uma força que sempre aponta para o centro da Terra.

3) Depois de ter calculado o valor do peso no exercício 2, calcule o valor da força necessária para suspender o objeto do exercício anterior. **Dica:** pense baseado no valor que você encontrou no item anterior.

4) Um jogador de futebol ao chutar uma bola pode fazer com que a bola atinja uma aceleração de 110 m/s^2 . Sabendo que a massa da bola é de $0,45 \text{ kg}$, qual a força que o pé do jogador faz na bola?

Dinâmica: Força de Atrito

Um tipo de força presente no estudo do movimento é o atrito. O atrito é um tipo de força que surge do contato entre as superfícies e ela se opõe ao movimento do corpo fazendo-o parar. Exemplo: Quando um carro freia o barulho dos pneus é causado pelo atrito entre os pneus e o chão. Se a superfície for lisa a força de atrito é quase zero e se for rugosa será maior que zero. Para calcular a força de atrito representada pelo símbolo F_{at} usa-se a equação matemática:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

onde:

μ (μ_i) é o coeficiente de atrito. Ele mede a quão áspera é a superfície e depende do material.

N é a força normal, que é a força que a superfície faz no corpo, geralmente aponta para cima, contrária ao peso.

Foram feitas algumas perguntas ao estudante sobre os conceitos de força, forças de atrito, força gravitacional, massa e aceleração, para situar o professor sobre o que o estudante estudou dessa parte da Dinâmica. Além disso, o estudante foi questionado se usou o soroban em alguma aula de Física.

Sondagem Inicial: Perguntas para o Estudante Antes da Aula:

- a) Qual é o seu nome?
- b) Qual é sua idade?
- c) Você tem baixa visão ou tem cegueira total?
- d) Em que série ou ano você está na escola?
- e) Você assiste aula com outros colegas ou é só você e o professor?
- f) Você tem aulas de Física?
- g) Você gostava das aulas?
- h) Tinha dificuldade com a matéria? Quais dificuldades?
- i) Você conhece ou já usou o Soroban?
- j) Se já usou você já usou para uma aula de Física?

O estudante após responder as perguntas da sondagem inicial leu o primeiro texto de apoio sobre a 2ª Lei de Newton, transcrito para o braile para que pudesse ter um conhecimento prévio do assunto a ser trabalhado antes da utilização da maquete tátil, como apresentado na figura 7.



Figura 7 – Estudante com deficiência visual lendo o texto sobre a 2ª Lei de Newton

Aplicação do Soroban para a resolução do exercício 1 da 2ª Lei de Newton

A seguir apresenta-se a resolução do exercício 1 passo a passo com o uso do Soroban.

Exercício 1

Calcule a intensidade da força que um caminhão precisa fazer para puxar um carregamento de 560 kg com uma aceleração de 23 m/s^2 .

Fazendo o cálculo $F = 560 \times 23$

560 (multiplicando) \times 23 (multiplicador) = **12.880 N**

Usando o Soroban⁴³

a) Posicionamento

Multiplicador colocado na 7ª classe e o **multiplicando** posicionado na 5ª classe e repetido na posição definida pela regra⁴⁴ (número de eixos usados no multiplicador + número de eixos usados no multiplicando + 1). Como 560 usa 3 eixos e 23 usa 2 eixos $\Rightarrow 3+2+1=6$, assim o algarismo da ordem mais alta será colocado no 6º eixo da direita para esquerda seguido pelo 6 e pelo zero como na figura 8.

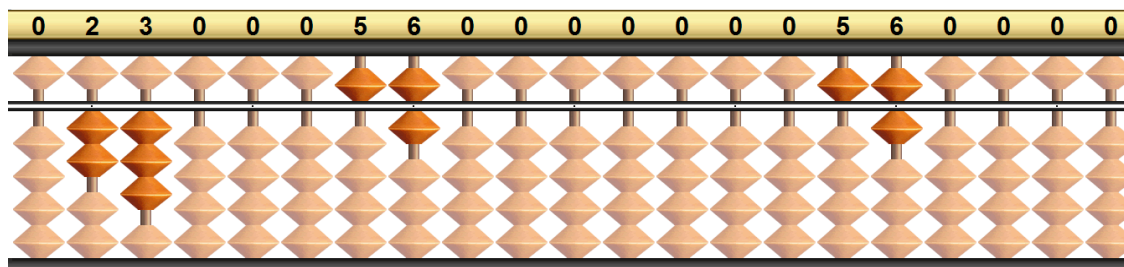


Figura 8 – Posicionamento do multiplicador e do multiplicando repetido

b) Cálculo

Algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando ($2 \times 6 = 12$). Este resultado é posicionado **nos dois eixos à direita** do 6 do multiplicando (o 1 na unidade da 2ª classe e o 2 na centena da 1ª classe) como visto na figura 9.

⁴³ Todas as figuras, apresentadas na resolução dos exercícios, foram feitas pelo autor utilizando o software Sorocalc 2.0

⁴⁴ Essa regra serve para que se tenha disponível o número de eixos suficientes para se executar a operação. O multiplicando repetido mais a direita será transformado ao longo da operação em produto e o outro ficará apenas como registro (referência de memória).

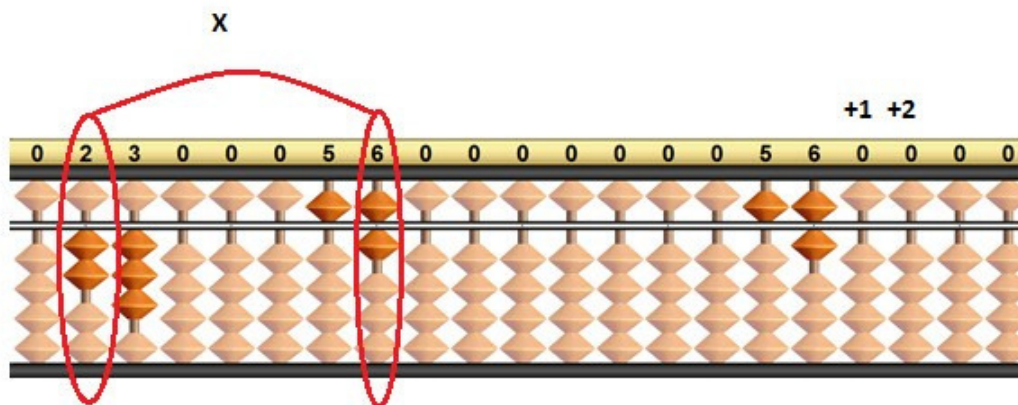


Figura 9 – Processo de multiplicação número de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando, seguida da soma do resultado na posição indicada.

O 6 do multiplicando mais afastado é **memorizado** pelo estudante e **eliminado** do eixo (figura 10). O dedo indicador do estudante está posicionado no 2 que é o último dígito do número registrado.

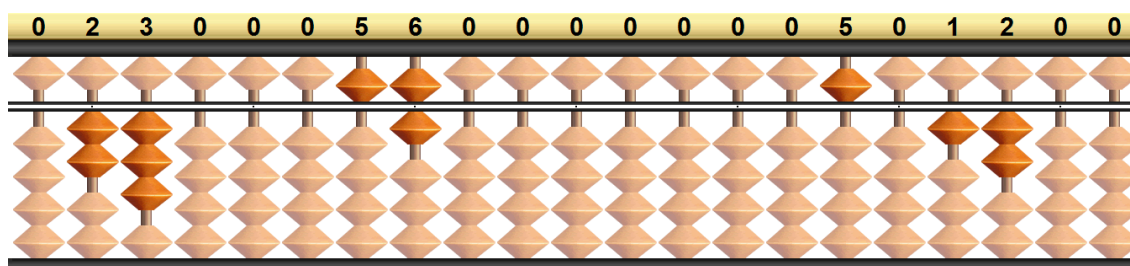
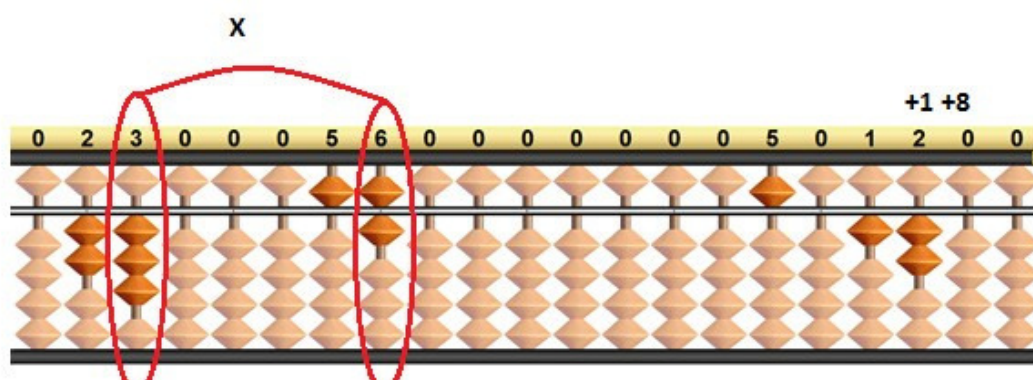


Figura 10 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 6 que foi memorizado.

Usa-se o próximo número do multiplicador, o número 3 e multiplica-se pelo 6 memorizado ($3 \times 6 = 18$) que é registrado (adicionado) **a partir do eixo onde parou o dedo indicador**, no caso o 2 como observado na figura 11.



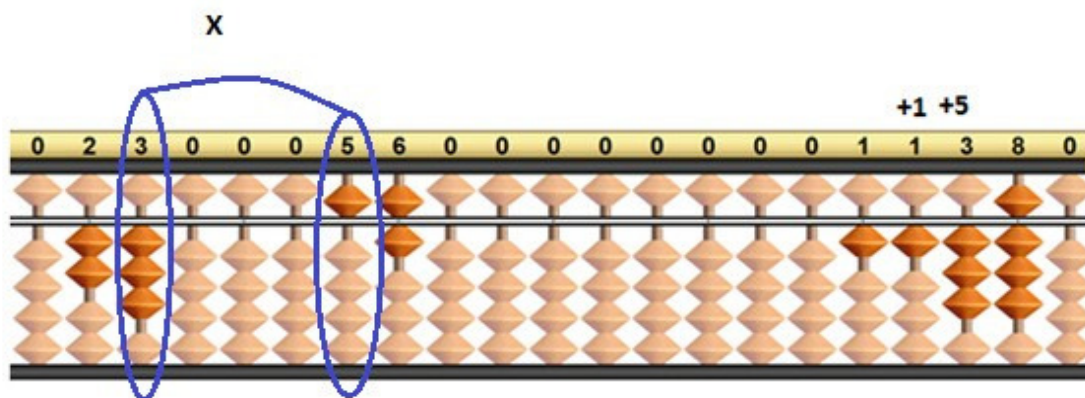


Figura 14 – Multiplicação do próximo algarismo do multiplicador com o algarismo memorizado do multiplicando e soma do resultado na posição indicada

Com isso a resposta obtida é **12.880 N** e a representação final desta multiplicação é apresentada na figura 15.

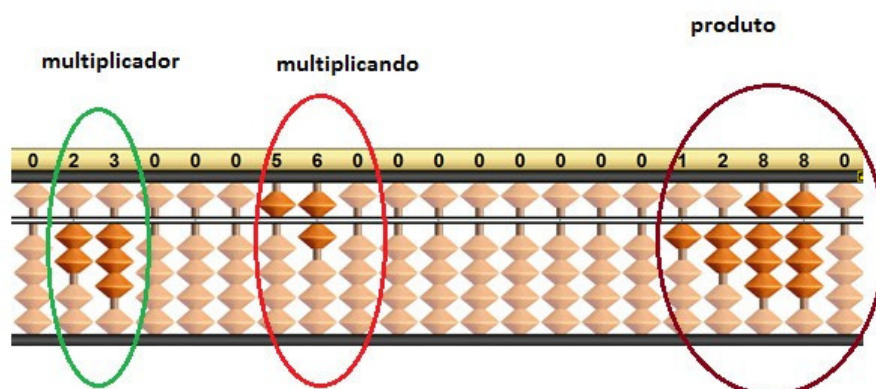


Figura 15 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 1

2ª. Aula:

Na segunda aula o estudante leu o segundo texto de apoio com o conteúdo sobre a Força de Atrito, transcrito para o braile, antes da utilização da maquete tátil, como apresentado na figura 16.



Figura 16 – Estudante com deficiência visual lendo o texto sobre a Força de Atrito

Utilizando a Maquete e o Carrinho

- 1) O estudante, inicialmente, manuseou a maquete por meio do tato obtendo informação sobre o material concreto sentindo cada uma das suas partes e construindo uma ideia do todo;
- 2) Mostrou-se ao estudante a representação concreta da força como um vetor, na forma de uma seta que tem direção, intensidade e sentido;
- 3) Com a utilização das bolinhas de gude foi possível regular a massa do carrinho e fazer uma discussão entre massa e força e conseqüentemente da aceleração, como uma medida da rapidez do carrinho;
- 4) Apresentou-se ao estudante, com a utilização dos palitos de picolé, a força normal e a força peso;
- 5) Com a inclinação do plano da maquete mostrou-se como fica posicionada a força normal e o vetor na direção paralela ao plano como componente do peso.
- 6) Com a maquete na horizontal o estudante sentiu a diferença de textura das superfícies. Lembrando que cada superfície tem uma etiqueta com o número associado do coeficiente de atrito em braile;
- 7) O estudante movimentou o carrinho em cada uma das superfícies percebendo a dificuldade de passar sobre cada uma delas. Depois o professor fez a discussão sobre o coeficiente de atrito;
- 8) Em seguida, o professor discutiu a relação entre a força normal e a força de atrito⁴⁵.
- 9) Depois da parte teórica solicitou-se ao estudante resolver os exercícios que envolviam as equações matemáticas da força e da força de atrito.

⁴⁵ A força normal é uma força de reação da superfície sobre o corpo.

Aplicação do Soroban para a resolução do exercício 5 sobre força de atrito

A seguir apresenta-se a resolução do exercício 5 passo a passo com o uso do Soroban, instrumento esse utilizado pelo estudante como ilustra a figura 17.



Figura 17 – Estudante com deficiência visual utilizando o soroban

Exercício 5

Calcule a força de atrito a que o carrinho da maquete está submetido em cada uma das superfícies. Sabendo que $\mu_1 = 0,8$ e $\mu_2 = 0,6$ são os coeficientes das superfícies e que o carrinho pesa 3,2 N.

Fazendo o cálculo $F_{at_1} = 3,2 \times 0,8$

$3,2$ (multiplicando) $\times 0,8$ (multiplicador) = **2,56 N**

Usando o Soroban

a) Posicionamento

Posiciona-se o multiplicador entre a 6^a e a 7^a classes, o multiplicando é posicionado entre a 5^a e a 4^a classes e o multiplicando é repetido usando a regra do posicionamento⁴⁶. Os pontos entre as classes são usados como vírgula como indica a figura 18.

⁴⁶ A regra diz que o multiplicando repetido deve se posicionado no eixo indicado pela soma do número de eixos do multiplicador (2) pelo número de eixos do multiplicando (2) mais 1 ($2+2+1 = 5$), logo começa a ser marcado no 5^o eixo.

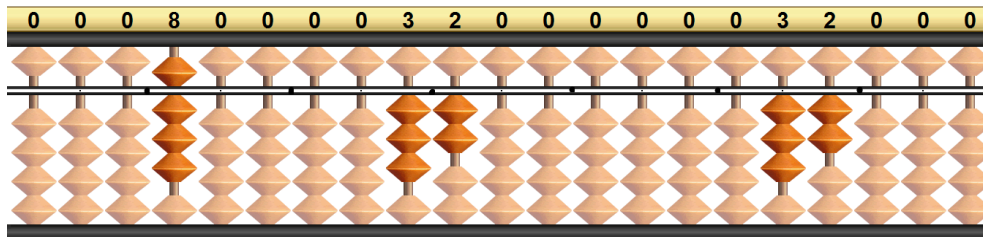


Figura 18 – Registro do multiplicador, do multiplicando e do multiplicando repetido

b) Cálculo

Primeira multiplicação: $2 \times 0 = 00$

Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando como mostrado na figura 19.

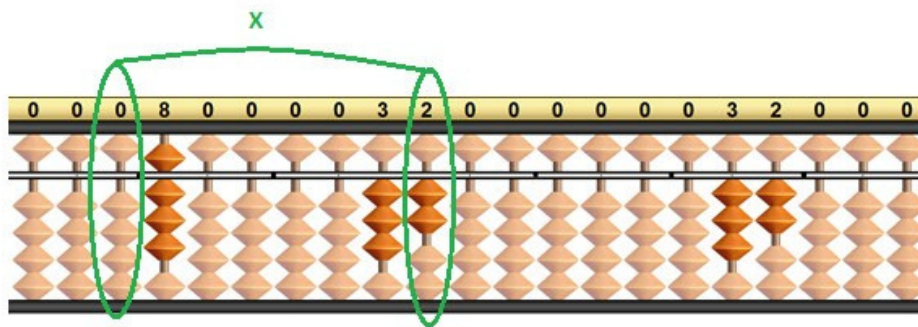


Figura 19 – Representação da primeira multiplicação no soroban

Soma-se o resultado obtido da multiplicação aos dois eixos à direita do multiplicando que foi repetido como mostrado na figura 20.

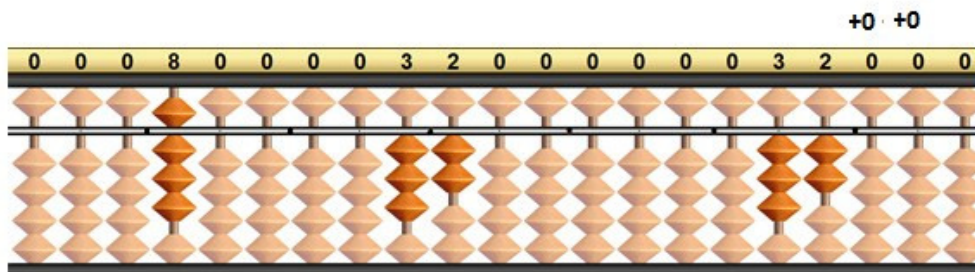


Figura 20 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando somado na posição especificada

Segunda multiplicação: $8 \times 2 = 16$

Multiplicação do algarismo de ordem mais baixa do multiplicando com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador ilustrado na figura 21.

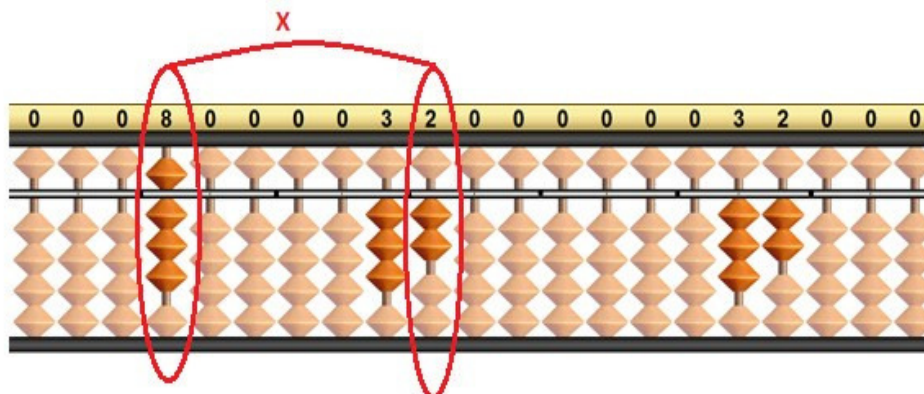


Figura 21 – Representação da segunda multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da primeira multiplicação como mostrado na figura 22.

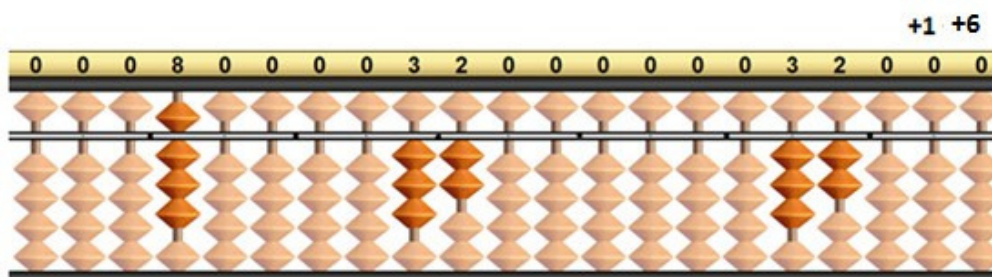


Figura 22 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando e o resultado somado na posição especificada

Retira-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando que foi utilizado nas duas últimas multiplicações. Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador (0) com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando (3) como indicado na figura 23.

Terceira multiplicação: $3 \times 0 = 00$

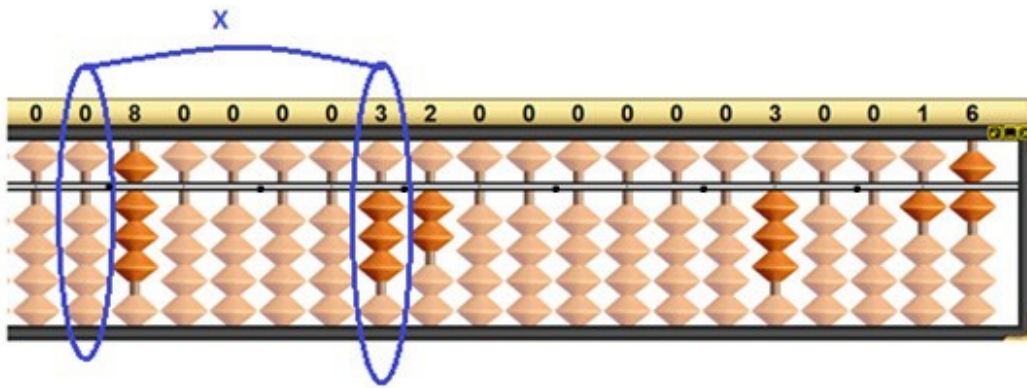


Figura 23 – Representação da terceira multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da primeira multiplicação aos dois eixos correspondentes à direita do 3 (número repetido do multiplicando que sobrou) como mostrado na figura 24.

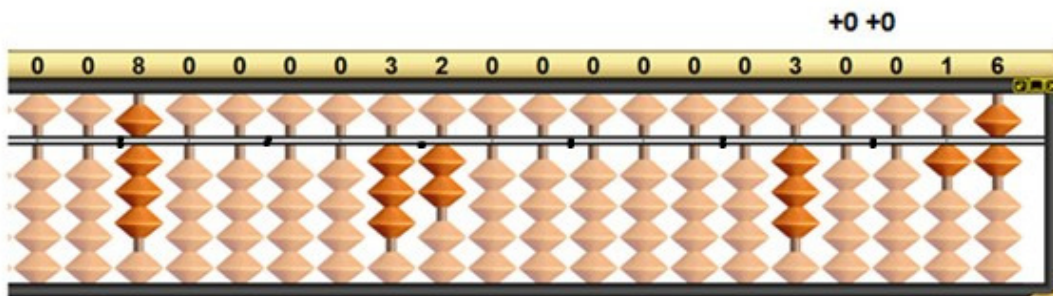


Figura 24 – Multiplicação do algarismo zero do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.

Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicando (3) ao algarismo de ordem mais baixa do multiplicador (8) como ilustrado na figura 25.

Quarta multiplicação: $8 \times 3 = 24$

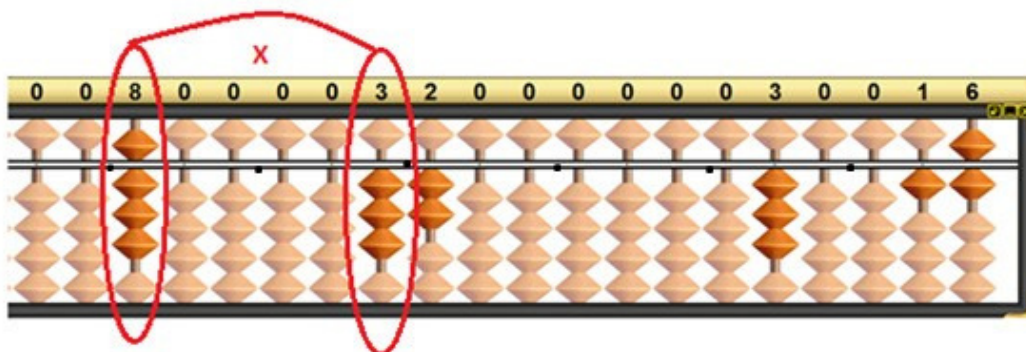


Figura 25 – Representação da quarta multiplicação no soroban

Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da terceira multiplicação como mostrado na figura 26.

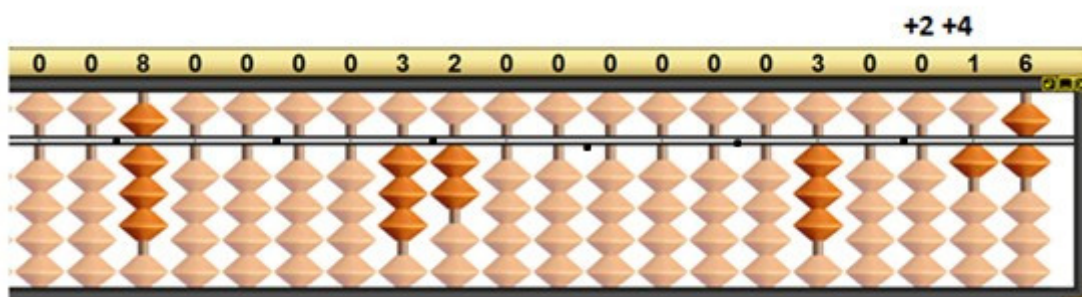


Figura 26 – Multiplicação do algarismo 8 do multiplicador pelo 3 do multiplicando e o resultado somado na posição indicada.

Na figura 27 aparece o multiplicador, o multiplicando e o produto no soroban após as somas indicadas e eliminação do algarismo 3 que já foi utilizado.

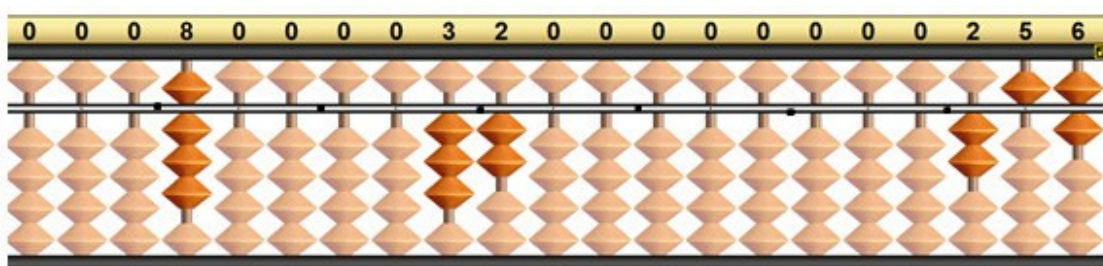


Figura 27 – Resultado do produto na primeira classe, do multiplicando e do multiplicador

Como 0,8 tem um número depois da vírgula e 3,2 tem um número depois da vírgula, obtêm-se dois números depois da vírgula no produto. Logo a resposta é **Fat₁ = 2,56 N**

Semelhantemente calcula-se a outra força de atrito, Fat₂.

Fazendo o cálculo Fat₂ = 3,2 X 0,6

3,2 (multiplicando) X 0,6 (multiplicador) = **1,92 N**

Inicialmente, posiciona-se o multiplicador entre a 6^a e a 7^a classes, o multiplicando é posicionado entre a 5^a e a 4^a classes e o multiplicando é repetido usando a regra do posicionamento. Multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o de ordem mais baixa do multiplicando (0 x 2 = 00). Soma-se o resultado da multiplicação aos dois eixos correspondentes à direita do multiplicando repetido. Multiplica-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador com o algarismo de ordem mais baixa do multiplicando (6 x 2 = 12). Soma-se o resultado da multiplicação

partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da primeira multiplicação. Elimina-se o algarismo 2 que foi utilizado nas duas multiplicações e o resultado parcial é mostrado na figura 28.

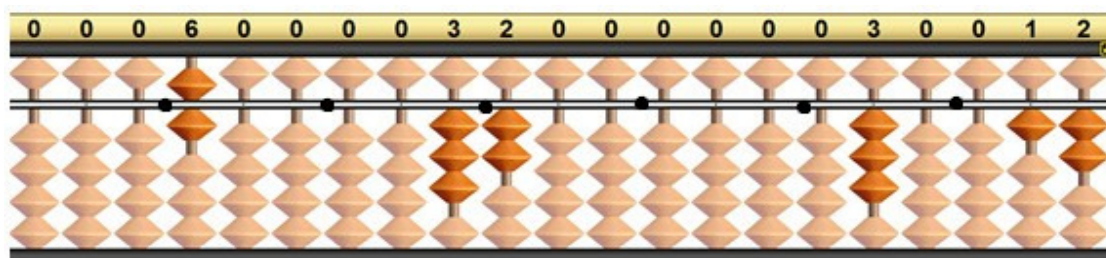


Figura 28 – Representação do resultado parcial no soroban e retirada do número 2 que foi memorizado

Continuando, multiplica-se o algarismo de ordem mais alta do multiplicador com o algarismo de ordem mais alta do multiplicando ($0 \times 3 = 00$). Multiplica-se o algarismo de ordem mais baixa do multiplicador com o de ordem mais alta do multiplicando ($6 \times 3 = 18$). Soma-se o resultado da multiplicação partindo do eixo onde foi marcado o último algarismo da terceira multiplicação. Na figura 29 aparece o multiplicador, o multiplicando e o produto no soroban após as somas indicadas e eliminação do algarismo 3 que foi utilizado.

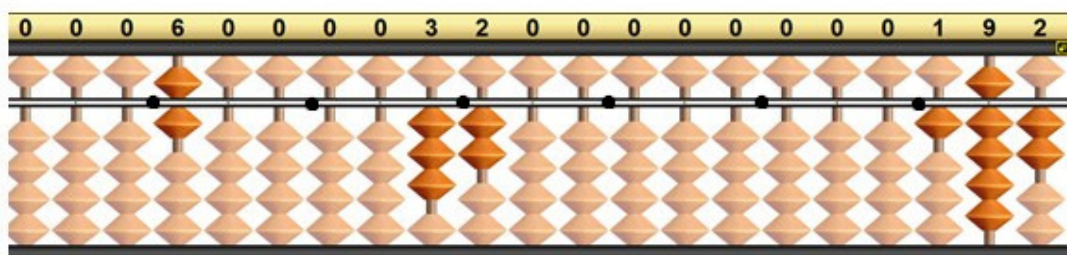


Figura 29 – Representação do multiplicador, do multiplicando e do resultado (produto) do exercício 4

Como 0,6 tem um número depois da vírgula e 0,8 tem um número depois da vírgula obtêm-se o produto com dois números depois da vírgula. Logo a resposta é **1,92 N**

Ao finalizar as duas aulas o professor realizou uma entrevista com cada estudante para obter subsídios a fim de aprimorar seu trabalho.

Sondagem Final: Perguntas para o Estudante após as Aulas

- a) O que você achou das aulas de Física?
- b) Você achou a aula melhor ou pior que a aula que tem normalmente? Por quê?
- c) Você acha que a maquete ajudou a aprender melhor?
- d) Como foi fazer os cálculos com o Soroban? Muito difícil ou não?
- e) Ter o texto em braile o (a) ajudou?

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

O professor pesquisador aplicou a unidade didática e o material concreto para quatro estudantes com deficiência visual de uma escola pública inclusiva em Brasília, Distrito Federal. Os estudantes⁴⁷ foram: Rosa (18 anos), José (18 anos), Alberto (19 anos) e Sérgio (20 anos). Sendo José, Rosa e Sérgio estudantes do 3º ano do Ensino Médio e Alberto do 1º ano do Ensino Médio. Os estudantes José, Alberto e Sérgio são cegos e a estudante Rosa tem baixa visão. As aulas foram aplicadas individualmente com cada estudante e teve, aproximadamente, duração de cinquenta minutos cada uma e foram gravadas e transcritas para posterior análise.

Observações Sobre a Aplicação do Material

Com relação à aplicação do material que consiste da maquete tátil, do carrinho com os vetores e do texto em braile houve os seguintes resultados com os estudantes participantes:

Quanto à direção e sentido de um vetor:

- Todos entenderam a diferença entre direção e sentido com o uso do carrinho e o vetor acoplado. Para isso colocaram o carrinho em duas direções distintas possibilitando duas opções de sentido: para frente e para trás numa direção e depois esquerda e direita em outra direção;
- Com o carrinho na posição horizontal e no plano inclinado entenderam o vetor como algo que “acompanha” o movimento do puxar da corda em diferentes inclinações, de forma que o vetor é paralelo à corda;

⁴⁷ O nome dos estudantes é fictício para preservar suas identidades.

- Fazendo os estudantes sentirem com o tato a inclinação do palito de picolé, colocado na parte de cima do carrinho, foi possível perceberem que a força normal muda de direção e sentido comparando o caso horizontal com o inclinado. Em relação à superfície perceberam que o vetor sempre estará na perpendicular.

Quanto às forças:

- Quando questionados sobre as forças que atuavam no carrinho, quando a maquete estava inclinada, os estudantes José e Sérgio falaram que essa força era a gravidade enquanto Alberto disse que era uma força nas rodas;
- Com a utilização dos vetores os estudantes puderam distinguir diferentes tipos de forças que atuam no carrinho, tanto no plano horizontal como no plano inclinado. Identificando a própria força aplicada no carrinho e a componente da força peso como forças opostas no plano inclinado;
- Os estudantes puderam comparar os vetores em termos de intensidade pelo comprimento variável do palito de picolé. Com o plano inclinado puderam perceber que o vetor força aplicado por eles era maior que o vetor peso na direção de escorregamento. Perceberam, também, que a variação do comprimento do vetor estava associada à regulação da quantidade de bolinhas de gude dentro do carrinho (relação massa-força);
- Os estudantes participantes não lembraram ou não sabiam da definição da força normal, mas com a utilização da maquete e do vetor representando essa força o entendimento dela ficou mais concreto. Os estudantes puderam perceber que a força normal e a força peso (vetor encaixado na parte inferior do carrinho) são forças opostas que se equilibram. Entenderam a normal como uma força que a própria mão deles exerce para segurar o carrinho.
- Os estudantes compararam os vetores que representam o atrito com o vetor que representa a força aplicada por eles no plano horizontal. Compararam o comprimento das forças de atrito na superfície rugosa e na lisa, associando isso ao esforço realizado por eles para puxar o carrinho em cada uma delas. Perceberam que a força de atrito na superfície mais rugosa é maior que na mais lisa;

- Os estudantes calcularam o valor numérico da força de atrito utilizando o valor do coeficiente de atrito, escrito em braile, em cada superfície. Sendo o valor numérico da força de atrito na superfície rugosa maior do que o da superfície lisa e correspondendo a um esforço maior para puxar o carrinho. A estudante Rosa não conhecia braile e o pesquisador teve que ler os valores numéricos dos coeficientes de atrito.

Quanto à aceleração

- O conceito de aceleração foi trabalhado como a rapidez do movimento que o carrinho faz ao se deslocar. Quanto maior a força mais veloz o carrinho fica. A aceleração como a grandeza associada à velocidade que já é conhecida dos estudantes, só que com a diferença que é uma mudança de velocidade no tempo. Por exemplo, a unidade m/s^2 é a velocidade em m/s e segundo aparece duas vezes. Com os estudantes Alberto e Sérgio não houve dificuldades em entender a forma da unidade e seu conceito mais concreto. Com a aluna Rosa foi dado um exemplo de sentir a aceleração estando dentro de um elevador e, para o estudante José, da aceleração sentida em um carro, inclusive pelo som que o motor faz. O estudante Alberto associou a aceleração com carro.

Observações Sobre a Aplicação do Texto

Quanto à leitura do texto

- Com relação ao texto de apoio Alberto e Sérgio tiveram a oportunidade de lê-lo antes da aula com a explicação verbal. Os dois afirmaram que o texto complementou o que foi dito durante a aula. Os estudantes não conheciam a notação braile para vetores e gostaram de ter a oportunidade de aprender essa notação. Os exercícios foram lidos pelo professor somente para os estudantes Rosa e José. Para Rosa porque ela é estudante com baixa visão. Para José a fim de que o pesquisador pudesse comparar o resultado de uma aula sem e com a utilização da leitura de texto. Para esses dois estudantes não houve prejuízo no fato de não ter havido a leitura prévia do texto, pois eles interagiram e procuraram se concentrar nas explicações dadas pelo professor.

Quanto às definições de Massa e Peso

- Os estudantes Sérgio e Rosa souberam responder ao questionamento sobre o que é medido numa balança se é massa ou peso, como exemplificado a seguir.

Sérgio: “*O Peso o peso dele ... não tá medindo a massa total dele...*”

Rosa: “*Na balança você tem massa*”

O José não lembrava e o Alberto errou.

José: “*Eu sabia, mas esqueci*”

Alberto: “*Peso*”

Contudo, depois do professor trabalhar as unidades de massa e apresentar o exemplo de um astronauta que na Lua tem a mesma massa que na Terra, mas devido à gravidade, tem seu peso na Lua diferente do da Terra, os estudantes perceberam, mais claramente, a diferença entre peso e massa. Na maquete com a utilização das bolinhas de gude ficou mais concreta a relação de aumento de massa com aumento de peso do carrinho.

Recursos Matemáticos Utilizados nas Resoluções dos Exercícios Propostos

A intenção inicial do autor era a aplicação do soroban como método de cálculo em todos os exercícios propostos. Contudo, considerando o relato na entrevista dada pela professora especialista⁴⁸ em ensino de soroban e pelo professor⁴⁹ da sala de recursos da escola, onde foi aplicada a unidade didática, o pesquisador utilizou o soroban com o estudante Sérgio que aprendeu as operações básicas e sabia manuseá-lo com destreza. Com os demais estudantes utilizou a calculadora sonora⁵⁰ porque eles há muito tempo, não praticavam o soroban.

Relações Matemáticas

- Tendo entendido melhor os conceitos de massa (m) e aceleração (a) não houve grandes problemas para os estudantes utilizarem a relação da 2ª lei de Newton onde a grandeza força (F) é obtida pela multiplicação desses outros dois valores;

⁴⁸ O estudante com deficiência visual para dominar bem o manuseio do soroban necessita de um tempo relativamente longo de treino e preparação.

⁴⁹ Por mudanças na rede de ensino, os estudantes com deficiência visual, não tem base nas quatro operações matemáticas com o soroban.

⁵⁰ Calculadora com voz sintetizada para o Português que fala os dígitos numéricos e os operadores matemáticos pressionando as teclas correspondentes.

- Da mesma forma ocorreu com o ensino da relação matemática da força de atrito. Pelo tato os estudantes associaram a etiqueta em braile com os valores numéricos do coeficiente de atrito.

Na tabela 1 descrevem-se as análises de cada exercício sobre a 2ª lei de Newton.

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 1	EXERCÍCIO 2	EXERCÍCIO 3	EXERCÍCIO 4
SÉRGIO (soroban)	Ficou inseguro de multiplicar números maiores. Usando o soroban chegou ao valor 12.870 N. Foi avisado, pelo professor que chegou perto da resposta. O estudante refez o cálculo e obteve o resultado correto. O estudante tinha feito bem rápido e por descuido deixou de subir uma conta da dezena carregando o erro até o final do cálculo.	O exercício envolvia uma multiplicação mais simples para o estudante e ele usou cálculo mental.	É um exercício de dedução e o estudante teve dificuldade na interpretação do que foi pedido. Com a ajuda do professor fornecendo um exemplo mais concreto de uma pessoa tentando levantar um botijão que necessita de uma força maior ou igual ao peso do mesmo. O estudante deu um exemplo numérico de força que resolveu a questão.	Ficou inseguro com cálculos com decimais, mas com a orientação do professor mostrando que poderia fazer o cálculo com os números 45×110 ao invés de $0,45 \times 110$ e depois ajustar a vírgula, conseguiu fazer o cálculo.
JOSÉ (cálculo mental)	Tentou fazer o cálculo mentalmente e chegou ao valor de 11.700 N, mas não tentou refazer os cálculos.	Fez os cálculos mentalmente sem problemas.	Entendeu, sem muita dificuldade, o que foi pedido no problema e deu um exemplo numérico de força maior que a calcula anteriormente.	Fez os cálculos rapidamente dando a resposta em menos de um minuto.
ROSA (calculadora com números grandes)	Com o professor lendo o exercício e com a ajuda da calculadora a estudante chegou ao resultado sem dificuldades	Apesar de ser um cálculo que outros estudantes fizeram mentalmente, a estudante usou a calculadora para chegar à solução.	Entendeu o que foi pedido no exercício e deu uma resposta semelhante a dos outros estudantes dizendo o valor maior de força.	Com o uso da calculadora e com a leitura do exercício pelo professor, a estudante fez os cálculos corretos.
ALBERTO (calculadora sonora)	Inicialmente tentou fazer os cálculos mentalmente, mas não conseguiu. Então, foi permitido que ele usasse a calculadora sonora e com isso pode obter a resposta correta.	Com o professor reforçando que valor deveria utilizar nos cálculos e com a calculadora conseguiu obter o resultado.	Com o professor lembrando ao estudante do valor calculado no exercício anterior, ele entendeu o que foi pedido e falou um valor numérico maior para a força.	O professor repetiu os valores que estavam no problema e o estudante, com a calculadora, conseguiu resolver o exercício.

Tabela 1 - Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a 2ª lei de Newton

Na tabela 2 apresentam-se as análises referentes a cada exercício sobre força de atrito.

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 5	EXERCÍCIO 6	CONCLUSÃO
SÉRGIO (soroban)	Com a ajuda do professor para dar dica de quais valores deveriam ser usados nos cálculos e anotar os resultados, o estudante se sentiu mais confiante para fazer utilizar o soroban. Calculou com desenvoltura os dois valores da força de atrito apesar de serem multiplicações de dois números decimais.	O professor orientou que o raciocínio para resolver o exercício 6 era análogo ao do exercício 3. O estudante, inicialmente, confundiu os valores da Fat pelos valores de μ dando como resposta valores maiores para a Fat. O professor repetiu os valores calculados pelo estudante no soroban para que ele pudesse resolver corretamente os valores da força.	O estudante mostrou ter uma boa base do soroban. Ele gostava de usar o soroban porque era prático e sentia com o tato os cálculos realizados. Mesmo com a orientação do professor em registrar os valores calculados pode-se afirmar que o soroban é uma ferramenta válida para o cálculo das grandezas físicas solicitadas nos exercícios apresentados.
JOSÉ (cálculo mental)	Com a orientação do professor indicando os valores do exercício, o estudante conseguiu realizar os cálculos. Errou o cálculo de uma das Fat pela posição da vírgula.	Conseguiu responder o exercício deduzindo de forma semelhante ao exercício 3.	O estudante saiu-se bem no que foi pedido nos cálculos só usando o cálculo mental. Essa é uma habilidade dele como afirmado pelo professor da sala de recursos. Para cálculos mais difíceis ele usa a calculadora sonora.
ROSA (calculadora com números grandes)	Como a estudante não sabe braile o professor lembrou os valores dos coeficientes de atrito das duas superfícies. Usando a calculadora e orientada nos cálculos, a estudante resolveu o exercício.	O professor orientou que o raciocínio para resolver o exercício 6 era análogo ao do exercício 3. A estudante diferentemente dos outros estudantes não deu uma resposta numérica. Apenas disse que era maior que o valor calculado no exercício 5.	A estudante por ser baixa visão fez os cálculos com uma calculadora de números grandes. Com o professor lendo os valores numéricos em braile na maquete, a mesma concluiu todas as tarefas solicitadas.

continua

ESTUDANTE	EXERCÍCIO 5	EXERCÍCIO 6	CONCLUSÃO
ALBERTO (calculadora sonora)	O professor auxilia o estudante indicando quais os valores a serem utilizados nos cálculos e pede ao estudante ler o outro valor do coeficiente de atrito em braile para fazer o cálculo. O estudante lê cada número, faz os cálculos com a calculadora sonora e os resultados são anotados pelo professor.	O professor precisou ler os valores anotados no exercício anterior para o estudante recordar e dar exemplos de forças que são maiores que as calculadas no exercício 5.	O estudante tem dificuldade de fazer cálculos mentais, mas com o auxílio do professor e com a calculadora sonora conseguiu realizar os cálculos solicitados. O estudante costuma na sala de recursos utilizar a máquina braile ou um computador para registrar os cálculos.

Tabela 2 - Análise de cada exercício resolvido pelos estudantes sobre a força de atrito

Na tabela 3 mostram-se algumas das respostas dos estudantes quando aplicada a sondagem final.

ESTUDANTE	AULAS DE FÍSICA NA CLASSE REGULAR	SUGESTÕES PARA APRIMORAMENTO DO MATERIAL E DA AULA	SATISFAÇÃO COM A AULA E COM A MAQUETE TÁTIL
SÉRGIO (soroban)	Fica mais como ouvinte nas aulas. Quando têm muitas equações matemáticas no quadro ele fica mais confuso.	Fazer um mecanismo que possa ensinar a força normal. Utilizar corda maleável no lugar do barbante	A maquete o ajudou bastante, pois foi a primeira vez que conseguiu entender um assunto com material concreto. Achou a aula dinâmica porque conseguiu trazer os conceitos físicos para o cotidiano.
JOSÉ (cálculo mental)	Afirmou que o conteúdo de Física Moderna apresentado pelo professor na classe regular, sendo mais teórico e menos visual é mais fácil de acompanhar.	Amarrar a corda que puxa o carrinho no vetor de palito que indica sua direção e sentido.	O estudante disse que entendeu melhor o conteúdo, por causa do material e da explicação do professor/pesquisador

continua

ESTUDANTE	AULAS DE FÍSICA NA CLASSE REGULAR	SUGESTÕES PARA APRIMORAMENTO DO MATERIAL E DA AULA	SATISFAÇÃO COM A AULA E COM A MAQUETE TÁTIL
ROSA (calculadora com números grandes)	Por ter baixa visão e as aulas de física serem muito visuais, por conta dos cálculos, a estudante não consegue acompanhar as mesmas e, por isso, não se sente incluída.	Utilizar uma argola no lugar do prego que prende o barbante para puxar o carrinho. Usar um vetor para representar o atrito.	Quanto à maquete a estudante disse que a mesma lhe ajudou no entendimento do conteúdo trabalhado. Quanto à aula, o professor/pesquisador explicou de forma bastante clara.
ALBERTO (calculadora sonora)	Às vezes não consegue acompanhar o conteúdo da sala de aula.	Sem sugestões para a melhoria do material.	Gostou da aula e disse que o material concreto ajudou na explicação. Conseguiu se concentrar melhor com o silêncio e com o atendimento individualizado realizado pelo professor/ pesquisador

Tabela 3 – Algumas respostas dos estudantes na sondagem final

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escola inclusiva, em que foi realizada a aplicação da unidade didática, é uma escola privilegiada em comparação com outras do Distrito Federal.

A utilização de uma unidade didática estruturada de forma a melhorar o entendimento dos conceitos referentes a 2ª lei de Newton e a força de atrito, vistos em sala de aula, tornaram o estudante com deficiência visual mais atuante na sua aprendizagem e não apenas um mero ouvinte. Propiciar, para este estudante, uma aula em que ele possa ser mais que um ouvinte foi uma experiência rica e gratificante para o professor/pesquisador, pois a aprendizagem e a interação do estudante com o professor e o material se sobrepuseram às limitações causadas pela deficiência.

Com a utilização do material concreto os estudantes tiveram aulas de física em que os conceitos apresentados têm um sentido tátil: forças como vetores de palitos, coeficiente de atrito como texturas diferentes, vetores dinâmicos reguláveis que aumentam de intensidade ou mudam de direção e sentido, massa associada com a quantidade de

bolinhas de gude colocadas dentro do carrinho, etc. Os resultados com o material concreto se mostraram satisfatórios para os estudantes.

Na aplicação dos exercícios de cálculos e naqueles que precisam ser feitas deduções é importante o apoio do professor para auxiliar o estudante com deficiência visual, independentemente do recurso matemático inclusivo utilizado. Levando em conta a situação dos estudantes em relação à base nas quatro operações do soroban foi permitido que três deles utilizassem calculadoras sonoras para que pudessem resolver os exercícios propostos e um utilizou o soroban conforme a ideia inicial. Com isso, verificaram-se as viabilidades e dificuldades de aplicação do soroban como método de cálculo no ensino de Física. Percebeu-se que o estudante precisa de um maior contato⁵¹ com o soroban ou que o professor, que quiser adotar esse instrumento de cálculo, tenha um tempo maior de pratica-lo com os estudantes.

No decorrer da aula foram feitas perguntas aos estudantes onde eles tiveram a liberdade de responder baseados naquilo que sabiam, para que dessa forma, o professor pudesse elaborar organizadores prévios, tais como explicações mais descritivas com exemplos mais concretos, que permitissem a interação dos novos conhecimentos com os antigos e assim, a mudança dos últimos.

Baseado nas ideias de Ausubel (apud Moreira, 1999) estruturou-se a unidade didática de forma a apresentar os conceitos de força de forma geral, depois das grandezas que estão envolvidas no cálculo dessa força no caso massa e aceleração, continuando com a força peso e a força normal e, por fim, a força de atrito e das grandezas envolvidas em seu cálculo, o coeficiente de atrito e a força normal. Para avaliar o entendimento dos estudantes finalizou-se com exercícios sobre o conteúdo trabalhado.

Seguindo os pressupostos da obra da Defectologia de Vygotsky (1997) que foca nas potencialidades do estudante com deficiência utilizou-se textos e etiquetas em braille para que o estudante com DV interagisse com o meio social por meio da linguagem braille, já que estão impossibilitados de utilizarem a escrita convencional⁵².

⁵¹ O Soroban foi regulamentado pelo Ministério da Educação por meio da portaria nº. 657 de 7 de março de 2002 (AZEVEDO, 2015, p.1), mas por conta de mudanças ocorridas nas salas de recursos do DF, em 2003, os professores não poderiam ensinar apenas o soroban o que prejudicou o ensino deste nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Além disso o ensino de soroban divide-se em graus e leva pelo menos um ano para o estudante começar a dominar as operações básicas de adição e subtração.

⁵² Vygotsky denomina isso de vias colaterais do desenvolvimento.

Com o auxílio de um mediador (o professor) o estudante com deficiência visual se torna capaz de resolver um exercício matemático saindo de um conhecimento mais empírico (zona de desenvolvimento cognitivo real) para um mais sistematizado e abstrato (zona de desenvolvimento proximal). Da mesma forma, o estudante pode passar do conceito mais intuitivo de força para um mais complexo, percebendo os diferentes tipos de força e como elas se relacionam por meio da linguagem matemática.

O estudante que usou o soroban, auxiliado pelo professor, mostrou ser este um recurso didático que pode auxiliar os estudantes com deficiência visual na resolução de problemas operacionais de matemática no contexto do ensino de física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 30 jun 2015.

_____. **Decreto nº. 5.296, de 02 de dezembro de 2004**: Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 06 dez. 2015.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. 181p.

VYGOTSKY, L. S. Obras Escogidas V – **Fundamentos de Defectología**. Madrid: Visor, 1997.

APÊNDICE B

Publicações do professor Eder Pires de Camargo sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual no período de 2000 a 2014

Tabela A.1. Publicações do professor Eder Pires de Camargo sobre ensino de Física para Deficientes Visuais no período de 2000 a 2014

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
01	(CAMARGO; SCALVI; BRAGA, 2000)	Concepções espontâneas de repouso e movimento de uma pessoa deficiente visual total	Análise das concepções alternativas de repouso e movimento de um sujeito cego, buscando relacioná-las com as concepções de pessoas não cegas.	Não específica	Submeter um sujeito cego de nascença a uma série de questionamentos que evocavam situações cotidianas de repouso e movimento, com o objetivo de fazê-lo refletir sobre o tema e expressar suas ideias.	Entrevista filmada e transcrita na íntegra, sendo que no ato da transcrição todas as linhas foram enumeradas para que as ideias do sujeito pudessem ser identificadas.	A construção espontânea de modelos explicativos do movimento, feita por qualquer pessoa não parece depender fundamentalmente de aspectos visuais, embora estes sejam de fundamental importância na interação do homem com o meio físico.
02	(CAMARGO et al., 2006)	O ensino de física e os portadores de deficiência visual: aspectos da relação de suas concepções alternativas de repouso e movimento com modelos históricos	Identificar quais são as convicções acerca de movimento em física de pessoas com deficiência visual e estabelecer relações entre tais convicções e os modelos históricos de repouso e movimento propostos por antigos filósofos.	Não específica	Foram passadas quatro questões problemas abertas, sendo que a partir de cada questão se estabeleceu um diálogo com o entrevistado.	Realização de entrevistas para a coleta dos dados desejados.	A construção “espontânea” de modelos explicativos do movimento, feita por qualquer pessoa não parece depender exclusivamente de aspectos visuais.
03	(CAMARGO; SCALVI, 2008)	A compreensão do repouso e do movimento, a partir de referenciais observacionais não visuais: análises qualitativas de concepções alternativas de indivíduos portadores de deficiência visual total	Análise das concepções alternativas de repouso e movimento, encontradas junto a um grupo de seis sujeitos cegos.	Não específica	Realização de entrevistas para a coleta dos dados desejados.	Análises das implicações causadas pela cegueira nas concepções alternativas de repouso e movimento de indivíduos cegos.	Verificaram que existem tendências de suas concepções convergirem aos modelos pré-científicos de movimento.

continua

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
04	(CAMARGO; SILVA; BARROS FILHO, 2006)	O ensino de física e deficiência visual: atividades que abordam o conceito de aceleração da gravidade	Analisar duas atividades de ensino de física elaboradas e aplicadas a um grupo de estudantes com deficiência visual abordando o conceito de aceleração da gravidade.	Não específica	Foi trabalhado o conceito da gravidade por meio do movimento de um objeto em um plano inclinado e por meio do movimento de queda de um disco metálico dentro de um tubo. Tanto o plano inclinado quanto o disco forneciam referenciais observacionais auditivos.	A análise dos dados procurou explicitar em relação aos significados trabalhados as seguintes atitudes dos estudantes: se eles compartilharam, defenderam, questionaram e reformularam esses significados.	As atividades foram capazes de motivar os estudantes a realizarem experimentos, coletarem e analisarem dados relacionados à variação de velocidade; além de exporem, compartilharem, questionarem e reformularem hipóteses e propriedades físicas durante as discussões estabelecidas.
05	(CAMARGO; BARROS FILHO, 2006)	Atividade de ensino de física para alunos cegos ou com baixa visão: conceito de aceleração da gravidade	Análise de uma atividade de ensino de física elaborada e aplicada a um grupo de estudantes com deficiência visual. O conteúdo da atividade abordou o conceito gravitacional de ação à distância e sua relação com a aceleração de um objeto.	Não específica	A atividade faz parte de um conjunto de cinco atividades elaboradas para o ensino do conceito "aceleração" para estudantes cegos ou com baixa visão. O referido conjunto de atividades constituiu-se em um curso aplicado a um grupo de nove estudantes com deficiência visual.	Investigação qualitativa: gravações sonoras e visuais e anotações feitas pelos pesquisadores, centrada nas qualidades das falas e dos processos que os estudantes apresentaram e foram submetidos.	A atividade proporcionou aos estudantes condições para realizarem experimentos sobre a aceleração da gravidade; observarem por meio do referencial auditivo o movimento de queda de um objeto; analisarem dados relacionados à variação de velocidade; apresentarem e compartilharem hipóteses e propriedades físicas durante as discussões estabelecidas.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
06	(CAMARGO; NARDI, 2006a)	Planejamento de atividades de ensino de mecânica e física moderna para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas	Analisar o desempenho de futuros professores, durante o desenvolvimento de uma disciplina de Prática de Ensino de Física.	Não específica	Análise das declarações provenientes do debate e dos planos de ensino de tópicos de mecânica e de física moderna de dois dos cinco grupos de licenciandos.	Análise dos planos e da aplicação prática dos mesmos em situação de sala de aula envolvendo estudantes com e sem deficiência visual.	Os dados coletados mostram que as principais dificuldades apresentadas pelos futuros professores se referem à abordagem do conhecer fenômenos físicos como dependente do ver e o não rompimento com alguns elementos da pedagogia tradicional.
07	(CAMARGO; SILVA, 2006)	O ensino de física no contexto da deficiência visual: análise de uma atividade estruturada sobre um evento sonoro: posição de encontro de dois móveis	Análise de duas atividades de ensino de física elaboradas e aplicadas a estudantes com deficiência visual. Uma atividade fundamentada na busca de soluções e a outra sendo um problema aberto (possível colisão entre um carro e um trem).	Não específica	O desenvolvimento prático constituiu-se em dois momentos: No primeiro momento, os estudantes ouviram a gravação que enfocava o movimento de um carro e de um trem. No segundo momento, por meio de um debate, os estudantes descreveram as observações e apresentaram diferentes interpretações para a situação problema.	A aplicação da atividade levou um tempo aproximado de quarenta minutos divididos: 10 min para a audição da situação problema; 30 min para a discussão por meio de um debate das interpretações acerca da referida situação, e para generalizações e conclusões.	A atividade proporcionou aos estudantes condições para a realização de um estudo qualitativo da situação problema. Os discentes apresentaram hipóteses para explicar uma possível colisão entre o carro e o trem, representadas por três soluções que articulavam variáveis físicas na determinação da referida colisão.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
8	(CAMARGO; NARDI, 2006a)	Ensino de conceitos físicos de termologia para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades	Analisar o desempenho de futuros professores durante o planejar, elaborar e ministrar, em situações reais de sala de aula, tópicos de ensino de termologia a uma turma onde se incluam estudantes com deficiência visual.	Não específica	A pesquisa qualitativa procura comparar os dados constituídos durante a pesquisa com a realidade existencial dos sujeitos envolvidos.	Análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação do conjunto de declarações dos licenciandos do grupo de termologia provenientes das fontes de dados.	Os dados coletados mostram que as principais dificuldades apresentadas pelos futuros professores se referem à abordagem do conhecer fenômenos físicos como dependente do ver. Por outro lado, como alternativas, os futuros professores mostraram criatividade em superar atitudes passivas relativas à problemática educacional.
9	(CAMARGO, 2007)	É possível ensinar física para alunos cegos ou com baixa visão? Proposta de atividades de ensino de física que enfocam o conceito de aceleração	Ensinar o conceito "aceleração" para estudantes cegos ou com baixa visão.	Não específica	Elaboração de três atividades: a) o atrito e o conceito de desaceleração; b) Queda de objetos; c) Problemas abertos: Posição de encontro.	As atividades são divididas em: problema central, questões avaliativas, um texto e uma situação problema aberta. Todas as atividades foram gravadas e analisadas.	A condução de uma atividade para estudar o problema da posição de encontro com estudantes com deficiência visual, pode como sugestão, obedecer ao critério organizacional de se tratar inicialmente o caso geral e posteriormente o caso específico (com a introdução de valores numéricos às grandezas envolvidas).
10	(CAMARGO; NARDI, 2007b)	Planejamento de atividades de ensino de física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas	Analisar as dificuldades e alternativas iniciais apresentadas por futuros professores de Física sobre o planejamento de atividades de ensino de óptica, eletromagnetismo e termologia para estudantes com e sem deficiência visual.	Não específica	Elaborar meios de ensino táteis e auditivos e utilizar estratégias metodológicas de ensino dialógicas/ participativas	Análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação do conjunto de declarações dos licenciandos	As principais dificuldades apresentadas pelos futuros professores referem-se à vinculação do conhecer e ensinar fenômenos físicos à observação visual, à atribuição de responsabilidades e ao não rompimento com atitudes diretivas / passivas caracterizadoras da pedagogia tradicional.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
11	(CAMARGO; NARDI, 2007c)	Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos em física para o planejamento de atividades de ensino de eletromagnetismo para alunos com deficiência visual	Analisar o desempenho de futuros professores durante o desenvolvimento de uma disciplina de Prática de Ensino de Física. Os discentes foram solicitados a planejar, elaborar e ministrar, em situações reais de sala de aula, tópicos de ensino de eletromagnetismo.	Não específica	Pesquisa qualitativa que compara os dados coletados com a realidade existencial dos sujeitos envolvidos.	Os dados foram declarações de um grupo de licenciandos, do curso de licenciatura em física da UNESP, acerca da estrutura de um minicurso de eletromagnetismo.	Os dados coletados mostram que as principais dificuldades apresentadas pelos futuros professores referem-se à abordagem do conhecer fenômenos físicos como dependente do ver e, o não rompimento com alguns elementos da pedagogia tradicional.
12	(CAMARGO; NARDI, 2007a)	Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de óptica para alunos com deficiência visual	Analisar o desempenho de futuros licenciandos ao elaborar um minicurso de óptica para estudantes com deficiência visual.	Não específica	Pesquisa qualitativa que compara os dados coletados com a realidade existencial dos sujeitos envolvidos.	Os dados foram declarações de um grupo de licenciandos, do curso de licenciatura em física da UNESP, acerca da estrutura de um minicurso de óptica.	As principais dificuldades apresentadas pelos futuros professores referem-se a abordagem do conhecer fenômenos físicos como dependente do ver e, do não rompimento com alguns elementos da pedagogia tradicional.
13	(CAMARGO; NARDI, 2008b)	O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de óptica	Analisar as viabilidades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual em aulas de óptica.	Não específica	Aplicação de quatro atividades de óptica em um total de 16 horas	As atividades foram filmadas e transcritas na íntegra. Em seguida, obedecendo aos critérios de análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	O emprego de linguagens de acesso tátil e/ou auditivo é fundamental para a comunicação entre vidente e deficiente visual. É o uso da estrutura empírica tátil-auditiva interdependente que vincula determinados significados ópticos às representações táteis.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
14	(CAMARGO; NARDI, 2008)	Panorama geral das dificuldades e viabilidades para inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo	Apresenta e discute as dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do estudante cego em aulas de eletromagnetismo.	Não específica	Aplicadas quatro atividades com a presença de estudantes com e sem deficiência visual.	Registro audiovisual e posterior transcrição na íntegra das atividades	Identificadas quatro classes de dificuldades: comunicacional, segregativa, operações matemáticas e realização de experimentos.
15	(CAMARGO; NARDI, 2008c)	O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo	Analisa as viabilidades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual focalizando aulas de eletromagnetismo.	Não específica	Aplicação de quatro atividades de ensino de eletromagnetismo. Análise da comunicação em sala de aula, explicitando e discutindo as linguagens adequadas à participação efetiva de estudantes com deficiência visual.	Todas as atividades foram filmadas e transcritas na íntegra. Em seguida, obedecendo aos critérios de análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	Viabilidade de comunicação para significados vinculados às representações não-visuais e de relação sensorial secundária. Os significados vinculados às representações não-visuais apoiou-se em maquetes e equipamentos multissensoriais.
16	(CAMARGO; NARDI; VERASZTO, 2008a)	A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo	Analisar as dificuldades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual.	Não específica	O grupo foi constituído por 4 licenciandos que se alternaram entre as funções de coordenação e apoio das atividades. Nas aulas, havia 35 alunos videntes e 2 com deficiência visual.	Todas as atividades foram filmadas e transcritas na íntegra. Em seguida, obedecendo aos critérios de análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	As dificuldades, originadas de quatro atividades do grupo de eletromagnetismo, fundamentaram-se, do ponto de vista semântico-sensorial. Foram observadas dificuldades ligadas à veiculação dos significados indissociáveis de representações visuais.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
17	(ALMEIDA; CAMARGO et al., 2008)	Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão?	Apresentar materiais para o ensino de óptica a estudantes cegos e com baixa visão, além de algumas orientações práticas ao professor de física.	Não específica	São descritos sete artefatos tátil-visuais para o ensino de óptica, os quais apresentam significados de fenômenos ópticos desvinculados da visão, podendo ser utilizados com os estudantes cegos.	Não houve	Os fenômenos ópticos são constituídos de vários significados (históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais, ligados às ideias não visuais). Esses significados podem ser comunicados, sem dificuldades, aos estudantes cegos.
18	(CAMARGO et al., 2008)	A comunicação como barreira à inclusão de alunos de com deficiência visual em aulas de óptica	Analisar as dificuldades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual em aulas de óptica.	Não específica	Planejamento de módulos, materiais de ensino e discussão reflexiva de temas inerentes ao ensino de óptica e à deficiência visual.	Todas as atividades foram filmadas e transcritas na íntegra. Em seguida, obedecendo aos critérios de análise temática: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	Do ponto de vista empírico, a estrutura audiovisual interdependente mostrou ser uma barreira comunicacional a ser superada. A destituição da relação interdependente dos códigos auditivos e visuais pode-se dar por meio de linguagens oralmente descritivas ou vinculadas empiricamente ao referencial tátil.
19	(CAMARGO; NARDI, 2008d)	Panorama geral das dificuldades e viabilidades para inclusão do aluno deficiente visual em aulas de óptica	Apresenta e discute as dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do estudante cego em aulas de óptica.	Não específica	Planejamento de módulos, materiais de ensino e discussão reflexiva de temas inerentes ao ensino de óptica e à deficiência visual	Registro audiovisual e posterior transcrição na íntegra das atividades. Adotando os procedimentos: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	Surgiram dificuldades: comunicacional, segregativa, relacionada aos experimentos e operação matemática. As viabilidades foram: comunicacional, apresentação de modelos, utilização de materiais e experimentos, apresentação de hipóteses.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
20	(CAMARGO; SILVA, 2009)	O ensino de física na perspectiva de alunos com deficiência visual: atividades que abordam a relação entre os conceitos de atrito e aceleração.	Analisar duas atividades de ensino de física elaboradas e aplicadas a um grupo de estudantes com deficiência visual.	Não específica	Aplicado a um grupo de nove estudantes cegos ou com baixa visão. O curso foi estruturado em cinco aulas. A dinâmica das aulas abordou a aceleração e a desaceleração de um objeto, levando em conta dois fatores causadores do referido fenômeno, o atrito e a gravidade.	A coleta de informações por meio de gravações sonoras e visuais e as anotações realizadas pelo pesquisador revelaram o caráter descritivo dos dados coletados centrada nas qualidades das falas e dos processos que os estudantes apresentaram.	As atividades proporcionaram as condições para que os estudantes estabelecessem discussões reflexivas acerca da relação entre os fenômenos do atrito e da aceleração. Os materiais desenvolvidos para essas atividades mostraram-se eficazes na realização de observações não visuais.
21	(CAMARGO et al., 2009)	O disco de Newton multissensorial	Explorar vários sentidos no intuito de incluir o discente com deficiência visual junto à atividade de ensino de óptica.	Não específica	Promover entre os discentes com e sem deficiência visual, um debate abordando as múltiplas observações do disco de Newton. Explorando as analogias entre as cores e as observações auditiva, olfativa e gustativa e solicitando que os discentes videntes descrevam suas observações visuais.	Não houve	Não houve
22	(CAMARGO; NARDI, 2012)	A condução de atividades de mecânica para alunos com e sem deficiência visual: dificuldades e viabilidades	Discutir as dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do estudante cego em aulas de mecânica.	Não específica	Caracterizou-se por duas atividades básicas: planejamento de módulos, materiais de ensino e discussão reflexiva de temas inerentes ao ensino para estudantes com deficiência visual.	Análise de conteúdo, identificando as quatro classes funcionais implicadoras de dificuldades e cinco de viabilidades.	Foram identificadas quatro classes de dificuldades de inclusão: comunicacional, operação matemática, da segregativa e da operação de software.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
23	(CAMARGO et al., 2009)	Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica	Objetiva compreender que contextos comunicacionais favorecem ou dificultam a participação efetiva do estudante cego em atividades de óptica.	Não específica	O grupo de óptica era constituído por seis licenciandos que se alternaram entre as funções de coordenação e apoio das atividades. Nas aulas, havia trinta e cinco estudantes videntes e dois com deficiência visual.	Registro audiovisual e posterior transcrição na íntegra das atividades. Adotando os procedimentos: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação, para a realização de uma análise temática.	As dificuldades para a participação efetiva do estudante cego estiveram relacionadas ao emprego de linguagens de estrutura empírica audiovisual interdependente em contextos não-interativos/de autoridade.
24	(CAMARGO; NARDI; LIPPE, 2009)	Panorama das dificuldades e viabilidades para inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de termologia	Relatar o panorama geral das viabilidades e dificuldades para a inclusão do estudante com deficiência visual em aulas de termologia.	Não específica	Foram aplicadas quatro atividades de termologia. O número de participantes foi de 35 estudantes.	Exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação. Foram identificadas dificuldades e viabilidades de inclusão do estudante.	Propostas quatro recomendações a para a inclusão do estudante com deficiência visual em aulas de termologia: (1) destituição da estrutura empírica audiovisual interdependente (2) criação de material instrucional de interface visual e não-visual (3) interação entre discentes com e sem deficiência visual, (4) reconhecer e explorar as potencialidades comunicacionais das linguagens fundamental auditivas.
25	(CAMARGO, 2010)	A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de mecânica.	Analisar as dificuldades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual em aulas de Mecânica.	Não específica	Desenvolvimento de planos de ensino para estudantes com e sem deficiência visual. Analisar a aplicação prática desses planos.	Aplicação de quatro atividades de ensino de mecânica. Análise da comunicação em sala de aula.	A necessidade de criação de canais comunicacionais adequados tais como a: criação de hipóteses, elaboração de dúvidas, reformulação e construção de conhecimentos.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
26	(TAVARES; CAMARGO, 2010)	Inclusão escolar, necessidades educacionais especiais e ensino de ciências: alguns apontamentos	Elucidar as limitações das Instituições de Ensino sobre o processo de inclusão.	Não específica	Apresentar algumas discussões que a literatura revela sobre a inclusão escolar, a Educação Especial e a construção de estratégias de ensino inclusivas.	Resgate de alguns aspectos históricos que possibilitaram as ideias atuais sobre inclusão, necessidades educacionais especiais e seus enlaces com o Ensino de Ciências.	Necessidade de criação de momentos, durante a formação inicial e continuada de docentes, que proporcionem a leitura, elaboração, aplicação e reflexão de atividades de ensino inclusivas para estudantes com deficiência.
27	(CAMARGO; NARDI, 2010)	Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de mecânica	Compreender os contextos comunicacionais que favorecem e os que dificultam a participação efetiva do estudante cego em atividades de mecânica.	Não específica	O grupo de mecânica era constituído por quatro licenciandos que se alternaram entre as funções de coordenação e de apoio das atividades. Nas aulas, havia trinta e cinco estudantes videntes e dois com deficiência visual.	Registro audiovisual e a posterior transcrição na íntegra das atividades constituíram o corpus de análise. Adotando os procedimentos de exploração do material, tratamento dos resultados e interpretação, para a realização de uma análise temática.	A relação entre o contexto comunicacional e o perfil linguístico mostrou-se fonte de dificuldades para o discente cego analisado.
28	(CAMARGO; NARDI; CORREIA, 2010)	A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de física moderna	Analisar as dificuldades comunicacionais entre licenciandos e discentes com deficiência visual em aulas de Física Moderna.	Não específica	A organização para a aplicação dos módulos de ensino ocorreu em duas etapas: momento preparatório e momento de definição do ambiente.	Foram identificadas cinco linguagens geradoras de dificuldades comunicacionais entre os licenciandos e um dos estudantes DV, e sete entre os licenciandos e o outro estudante DV participante.	Necessidade de criar canais comunicacionais adequados junto a processos intrínsecos de ensino / aprendizagem tais como a: criação de hipóteses, elaboração de dúvidas, reformulação e construção de conhecimentos.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
29	(CAMARGO; NARDI; SPARVOLI, 2011)	Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de termologia	Compreender que contextos comunicacionais favorecem e dificultam a participação efetiva do estudante cego em atividades de termologia.	Não específica	As quatro atividades do grupo de termologia constituído por cinco licenciandos que se alternaram entre as funções de coordenação e de apoio às atividades. Nas aulas, havia dois estudantes com deficiência visual.	Registro audiovisual e posterior transcrição na íntegra das atividades. A partir dos procedimentos exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação.	Explorar a interatividade e dialogicidade articuladas às linguagens de estruturas empíricas, fundamental auditiva, auditiva e visual independentes e tátil-auditiva interdependentes. Desvinculação dos significados do elemento “representações visuais”.
30	(VIVEIROS; CAMARGO, 2011)	Deficiência visual e educação científica: orientações didáticas com um aporte na neurociência cognitiva e teoria dos campos conceituais	Apresentar uma proposta educacional com orientações didático-pedagógicas no Ensino de Ciências para indivíduos com deficiência visual. Utilizando como principal referencial a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.	Vergnaud	Orientações didáticas para o Ensino de Ciências, relacionadas aos aspectos neurocognitivos, considerando principalmente as condições neurocognitivas de um indivíduo com deficiência visual.	Não houve	Para o caso específico da pessoa com deficiência visual, a Neurociência Cognitiva pode trazer um importante aporte empírico para sustentação sobre a fundamentação envolvida nos processos cognitivos humanos em tarefas ou situações didáticas específicas dentro da educação científica.
31	(EVANGELISTA; CAMARGO; ANJOS, 2011)	Aplicação de texto paradidático no ensino de física como possível alternativa para inclusão de aluno com deficiência visual	Investigar se a utilização de textos paradidáticos proporciona condições de inclusão do estudante com deficiência visual em aulas de física.	Não específica	Trabalhar um texto em seis atividades de 50 min em uma sala de aula tendo 30 alunos com visão comum e um com baixa visão.	O registro audiovisual e posterior transcrição na íntegra das atividades constituíram o corpus da análise.	O texto e a metodologia empregada aparentaram serem elementos potenciais para a interação e inclusão do estudante com deficiência visual, pois a evidência de sua participação foi gerada por perguntas do professor acerca de elementos presentes no texto.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
32	(ANJOS; CAMARGO, 2011)	Educação inclusiva: concepções de professores de ciências com relação a inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de astronomia	Identificar concepções de professores de Ciências com relação à inclusão de estudantes com deficiência visual em aulas de astronomia.	Não específica	Este trabalho é de cunho qualitativo e a constituição dos dados deu-se na forma de questionário com respostas dissertativas.	Questionários entregues a 6 professores, sendo 5 professores de Ciências em exercício. A análise dos questionários foi feita por meio de análise de conteúdo.	Todos os docentes compreenderam que o ensino dos estudantes com deficiência visual ocorre de forma diferente dos estudantes videntes. Os docentes enfatizaram dificuldades por parte dos estudantes na aprendizagem dos conceitos de astronomia. O tato foi citado como meio de aprendizagem por um único professor.
33	(CAMARGO, et al., 2012)	Artefatos tátil-visuais e procedimentos metodológicos de ensino de física para alunos com e sem deficiência visual: abordando os fenômenos presentes na fibra óptica e em espelhos esféricos	Abordar materiais e métodos para o ensino de óptica para estudantes com deficiência visual.	Não específica	Apresentar dois artefatos tátil-visuais: (1) artefato representando a formação de imagem em espelhos esféricos e (2) artefato representando a trajetória da luz no interior de uma fibra óptica trabalhando com os estudantes em pequenos grupos e na realização de debates entre todos eles. Durante a tarefa, os discentes interagiram com a representação do fenômeno estudado. Os discentes elaboraram hipóteses explicativas para os problemas.	As questões apresentadas aos estudantes com deficiência visual foram respondidas oralmente ou em braile. Foram de caráter diagnóstico e não classificatório. O objetivo foi observar se, após a realização de cada etapa, as explicações dos estudantes, à questão que lhes foi apresentada, aproximaram-se ou não das explicações científicas.	Pequenas adaptações nos recursos instrucionais mostraram-se suficientes para a participação efetiva do estudante cego ou com baixa visão em aulas de Física.

continuação

N.º	AUTORES	TÍTULO	QUESTÃO-PROBLEMA OBJETIVO	REFERENCIAL TEÓRICO	METODOLOGIA	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	RESULTADOS
34	(LIPPE; ALVES; CAMARGO, 2012)	Análise do processo inclusivo em uma escola estadual no município de Bauru: a voz de um aluno com deficiência visual	Analisar a fala do estudante com deficiência visual incluído na sala de aula regular.	Vygotsky	O trabalho dividiu-se em duas partes, na primeira foi feita a observação da prática das docentes. No segundo momento, foram realizadas as entrevistas com as professoras.	A coleta de dados foi realizada no 9º ano. A análise dos dados foi feita por meio da Análise Textual Discursiva.	Os resultados obtidos demonstraram que o estudante com deficiência visual está apenas inserido na sala de aula regular, e as políticas públicas pouco se atentam para a sua inclusão.
35	(VERASZTO et al., 2014)	Professores em formação em ciências da natureza: um estudo acerca da atuação de cegos congênitos em atividades científicas	O trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa que investiga como estudantes de licenciaturas em Física, Química e Biologia entendem a percepção de cegos congênitos sobre fenômenos naturais e o processo de conceitualização em ciências.	Não específica	A pesquisa foi realizada com cinquenta e três estudantes dos anos finais de cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, Física e Química, por meio de um questionário.	O trabalho identifica, por meio da Análise de Conteúdo, as percepções de professores em formação na área de Ciências da Natureza acerca da possibilidade de realização de trabalho científico por cegos congênitos.	Os resultados indicam que os graduandos entrevistados julgam possível a realização de atividade científica por indivíduos cegos
36	(VIVEIROS; CAMARGO, 2014)	Teoria dos campos conceituais e neurociência cognitiva: utilizando uma interface cérebro-computador no ensino de física para deficientes visuais e físicos.	Utilização da Teoria dos Campos Conceituais juntamente com o uso de interface cérebro-computador como tecnologia assistiva no ensino de física para pessoas com deficiência.	Vergnaud	Aulas multissensoriais com utilização de kit de robótica	Oito aulas de Física aplicadas a três estudantes com deficiência visual com registro da atividade cerebral e controle de robôs	Ativação de mecanismos de cognição emocional relacionados com atenção e memória e predisposição para elaboração de esquemas e conceitos.

Conclusão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, P. T. A.; CAMARGO, E. P. Educação inclusiva: concepções de professores de ciências com relação à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de astronomia. **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología**, v. 17, p. 850-854, 2011.

CAMARGO, E. P.; BIM, C.; OLIVO, J. S.; FREIRE, R. L. H. Disco de Newton multissensorial. **A Física na Escola**, v. 10, n.2, p. 35-36, 2009.

CAMARGO, E. P.; AGOSTINI, M. M.; SILVA, R. P.; ALCÂNTARA, D.; SANTOS, G. F. S.; VIVEIROS, E. R. Artefatos tátil-visuais e procedimentos metodológicos de ensino de física para alunos com e sem deficiência visual: abordando os fenômenos presentes na fibra óptica e em espelhos esféricos. **Revista Benjamim Constant**, v. 51, abr. 2012.

CAMARGO, E. P. É possível ensinar física para alunos cegos ou com baixa visão? Proposta de atividades de ensino de física que enfocam o conceito de aceleração. **A Física na Escola**, v. 8, p. 30-34, 2007.

_____. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de mecânica. **Ciência e Educação**, v. 16, p. 258-275, 2010.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Ensino de conceitos físicos de terminologia para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 12, p. 149-168, 2006a.

_____. Planejamento de atividades de ensino de mecânica e física moderna para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 1, p. 39-64, 2006b.

_____. Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de óptica para alunos com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 115-126, 2007a.

_____. Planejamento de atividades de ensino de física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, p. 378-401, 2007b.

_____. Dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades de ensino de eletromagnetismo para alunos com e sem deficiência visual. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 55-69, 2007c.

_____. O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. **Acta Scientiae (ULBRA)**, v. 10, p. 97-118, 2008a.

_____. O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 12, p. 405-426, 2008b.

_____. Panorama geral das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 3, n. 2, p. 35-48, 2008c.

_____. Panorama geral das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de óptica. **Alexandria**, v. 1, p. 81-106, 2008d.

_____. Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de mecânica. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, p. 27-48, 2010.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. A condução de atividades de mecânica para alunos com e sem deficiência visual: dificuldades e viabilidades. **Acta Scientiae**, v. 11, n. 2, p. 101-118, 2012.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, p. 1-13, 2008a.

_____. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 47, p. 1-18, 2008b.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; MIRANDA, N. A.; VERASZTO, E. V. Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, p. 98-122, 2009.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; SPARVOLI, D. A. P. Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de termologia. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 23, v. 1, n. 2, p. 21-40, 2010.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; MACIEL FILHO, R. P.; ALMEIDA, D. R. V. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão? **A Física na Escola**, v. 9, p. 20-25, 2008.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; CORREIA, J. N. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de física moderna. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, p. 1-18, 2010.

CAMARGO, E. P.; SCALVI, L. V. A. A compreensão do repouso e do movimento a partir de referenciais observacionais não visuais: análises qualitativas de concepções alternativas de indivíduos portadores de deficiência visual total. **Revista Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 2, p. 117-131, 2008.

CAMARGO, E. P.; SCALVI, L. V. A.; BRAGA, T. M. S. Concepções espontâneas de repouso e movimento de uma pessoa deficiente visual total. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 307-327, 2000.

CAMARGO, E. P.; SCALVI, L. V. A.; BRAGA, T. M. S.; VERASZTO, E. V. O ensino de física e os portadores de deficiência visual: aspectos da relação de suas concepções alternativas de repouso e movimento com modelos históricos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 38, p. 1-19, 2006.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. O ensino de física no contexto da deficiência visual: análise de uma atividade estruturada sobre um evento sonoro - posição de encontro de dois móveis. **Ciência e Educação**, v. 12, p. 155-169, 2006.

_____. O ensino de física na perspectiva de alunos com deficiência visual: atividades que abordam a relação entre os conceitos de atrito e aceleração. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 38-59, 2009.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D.; BARROS FILHO, J. Atividade de ensino de física para alunos cegos ou com baixa visão: conceito de aceleração da gravidade. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 19, n. 2, p. 57-68, 2011.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D.; BARROS FILHO, J. Ensino de física e deficiência visual: atividades que abordam o conceito de aceleração da gravidade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 343-364, 2006.

- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; LIPPE, E. M. O. Panorama das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de termologia. **Atas do II Congresso Brasileiro de Educação**, Bauru, 2009.
- EVANGELISTA, C. R.; CAMARGO, E. P.; ANJOS, P. T. A. Aplicação de texto paradidático no ensino de física como possível alternativa para a inclusão de aluno com deficiência visual. **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnologia**, v. 17, n. especial, p. 834-839, 2011.
- LIPPE, E. M. O.; ALVES, F. S.; CAMARGO, E. P. Análise do processo inclusivo em uma escola estadual no município de Bauru: a voz de um aluno com deficiência visual. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 81, 2012.
- TAVARES, L. H. W.; CAMARGO, E. P. Inclusão escolar, necessidades educacionais especiais e ensino de ciências: alguns apontamentos. **Ciência em Tela**, v. 3, n. 2, p. 1-8, 2010.
- VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; MIRANDA, N. A.; CAMARGO, J. T. F. Professores em formação em ciências da natureza: um estudo acerca da atuação de cegos congênitos em atividades científicas. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores-Formação Docente**, v. 6, n. 10, 2014.
- VIVEIROS, E. R.; CAMARGO, E. P. Deficiência visual e educação científica: orientações didáticas com um aporte na neurociência cognitiva e teoria dos campos conceituais. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 7, p. 25-50, 2011.
- _____. Teoria dos campos conceituais e neurociência cognitiva: utilizando uma interface cérebro-computador no ensino de física para deficientes visuais e físicos. **Interciência e Sociedade**, v. 3, p. 99-107, 2014.

APÊNDICE C

**Publicações com Conteúdos Específicos de Física para Deficientes
Visuais no período de 2000 a 2014**

A tabela C.1 mostra a quantidade de publicações encontradas sobre o Ensino de Física para pessoas com deficiência visual no período de 2000 a 2014, segundo os conteúdos de física trabalhados em sala de aula⁵³.

Física Moderna	Termologia	Mecânica (⁵⁴)	Eletromagnetismo	Óptica	Astrofísica/ Astronomia	Ondulatória	Total
1	3	16	8	7	6	1	59

Tabela C.1- Quantidade de Publicações sobre Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual

A seguir, descreve-se resumidamente, as propostas apresentadas nos artigos da tabela C.1

C.1.1 Trabalhos de Física Moderna

PUPO et al. (2011) no artigo **“Materiais e referencial teórico para o ensino de física moderna para alunos com e sem deficiência visual”** apresentam propostas de produção de materiais e referencial teórico para o ensino de Física Moderna para estudantes sem e com deficiência visual. São apresentados quatro dispositivos tátil-visuais que representam fenômenos relacionados à Física Moderna e da transição da Física Clássica para a Moderna. O primeiro dispositivo representa o experimento de Rutherford. O segundo simula o aparelho utilizado para a separação magnética das radiações de materiais radioativos. O terceiro representa um gráfico tátil-visual sobre a meia-vida do elemento químico rádio e o quarto dispositivo simula uma reação em cadeia. Em cada dispositivo apresentado é mostrado como construí-los, bem como uma descrição histórica e teórica dos fenômenos estudados.

C.1.2 Trabalhos de Termologia

TAGLIATI et al. (2009) no artigo **“Ensino de Física para portadores de deficiência visual: atividades desenvolvidas num centro de ciências”** mostram experiências

⁵³ Foram registradas na tabela C.1 apenas as publicações que tratavam explicitamente de uma área de ensino de Física para deficientes visuais. Os artigos que tratam de mais de um tema e os que falam de forma geral sobre o ensino inclusivo não foram contabilizados.

⁵⁴ Descritos no Capítulo 2 dessa dissertação.

desenvolvidas com um estudante DV. As práticas realizadas na pesquisa são para demonstrar a existência do ar e a sua expansão térmica, o comportamento do ar e a pressão atmosférica.

SANTOS, SILVA e LIMA (2009) em **“Concepções de calor e temperatura de alunos cegos”** fazem uma análise com relação a concepção dos estudantes DV sobre o conceito de calor. A pesquisa descreve como poderiam ser desenvolvidos experimentos de baixo custo que explicam a diferença entre os conceitos de calor e temperatura.

RIBEIRO e BARBOSA-OLIVEIRA (2011) em **“Experimento de baixo custo no ensino de absorção de calor sob a perspectiva inclusiva”** apresentam um experimento de baixo custo que valoriza a percepção do fenômeno de absorção do calor por meio do tato.

C.1.3 Trabalhos de Eletromagnetismo

EVANGELISTA (2008) na sua dissertação **“O ensino de corrente elétrica a alunos com deficiência visual”** por meio da observação de atividades experimentais discute o conceito clássico de corrente elétrica junto aos estudantes DV, utilizando como metodologia o registro em áudio para posterior análise.

SOUZA, COSTA e STURDART (2008) em **“Tecnologia para o ensino de eletrodinâmica para o aluno cego”** mostram o processo de aplicação de experiências que simulam a atração e repulsão entre cargas elétricas, o conceito de corrente elétrica, potencial elétrico e resistência, ilustrando também a associação de resistores em série e paralelo.

BORGES, SILVA e SANTOS (2009) em **“Ensino da Lei de Lenz adaptado para a deficiência visual: um experimento com circuito oscilador”** descrevem o desenvolvimento de um medidor de corrente que gera informações sonoras e táteis. O equipamento, que pode ser produzido em conjunto com os estudantes visa favorecer o entendimento do conceito de corrente elétrica e a sua medição.

MORRONE, ARAÚJO e AMARAL (2009) no artigo **“Conceituando corrente e resistência elétrica por meio do conhecimento sensível: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais”** propõem uma metodologia para analisar conhecimentos físicos relacionados a conceitos iniciais em eletrodinâmica

baseando-se na realização de atividades experimentais envolvendo os sentidos e as sensações.

MEDEIROS et. al. (2009) em **“Uma estratégia para o ensino de associações de resistores em série/paralelo acessível a alunos com deficiência visual”** apresentam a descrição de um experimento que auxilia na compreensão de conceitos relacionados a circuitos elétricos em série e em paralelo.

Corrêa et al. (2011) em **“Inclusão no ensino de Física: materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo”** discutem a confecção de dois materiais multissensoriais que objetivam auxiliar o professor na explicação de duas características do magnetismo: o dipolo magnético e as linhas de campo magnético.

PEREIRA et al. (2011) no artigo **“Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva”** apresentam a descrição da montagem e do uso de um circuito em série e um em paralelo enfatizando as percepções visuais, auditivas e táteis.

ALMEIDA et al. (2012) em **“Ensino de física e educação inclusiva: exemplo de uma sequência didática para a abordagem de conceitos da eletrodinâmica”** apresentam uma sugestão de sequência didática para o ensino de conceitos da eletrodinâmica aplicada a um estudante cego do Ensino Médio.

C.1.4 Trabalhos de Óptica

FERREIRA e DICKMAN (2007) em **“Ensino de física a estudantes cegos na perspectiva dos professores”** discutem as conexões de experimentos que facilitam a compreensão de conceitos relacionados à óptica geométrica e mecânica.

PARANHOS e GARCIA (2009) no artigo **“Montagem experimental para a verificação do fenômeno de difração da luz adaptada para portadores de deficiência visual”** montaram um experimento para a verificação do fenômeno de difração da luz, adaptada a estudantes DV cursando o Ensino Médio.

SILVA e SILVEIRA (2009) em **“Ensinando ciências numa perspectiva de uma educação inclusiva: um estudo de caso com a luz”** relatam atividades como oficinas e apresentação de teatro de fantoches, que favorecem a compreensão do conceito de luz e sua relação com as cores e a visão.

ALMEIDA et al. (2011) em **“Ensino de óptica a deficientes visuais: uma alternativa lúdica de inclusão”** apresentam um experimento para trabalhar óptica de forma lúdica com estudantes das turmas inclusivas. O experimento foi utilizado para explicar a formação de imagens reais nos espelhos côncavos.

GAGLIARDO JUNIOR et al. (2011) no artigo **“Explicando o fenômeno da sombra para alunos com deficiência visual”** mostram uma estratégia para ensinar como ocorre a formação da sombra. Eles construíram um equipamento com materiais de baixo custo que permite a realização de observações táteis de esquemas de formação de sombra a partir do modelo da óptica geométrica. O equipamento mostra a formação da sombra de um objeto quando uma fonte de luz se encontra próxima a ele.

EVERTON, SILVA, R. e SILVA, L. (2012) em **“Ensino de óptica para alunos com deficiência visual: um desafio a ser vencido”** propuseram um conjunto de métodos e recursos adaptados para o ensino de Óptica para estudantes DV, objetivando favorecer a aprendizagem e conseqüentemente a inclusão desses estudantes no ensino regular.

FERREIRA (2014) em sua dissertação **“Uma abordagem para o ensino de física a alunos deficientes visuais: ‘um olhar diferente para o espelho’”** apresenta um roteiro com planejamento de aulas abordando tópicos de óptica geométrica para ajudar estudantes DV que estão se preparando para o vestibular. Aborda as leis de reflexão e espelhos planos utilizando maquetes feitas de madeira e materiais de baixo custo (pregos, parafusos, linhas, miçangas, barbantes, papel e tintas de alto-relevo) mais acessíveis para serem reproduzidos por outros professores.

C.1.5 Trabalhos de Astrofísica/Astronomia

DOMINICI et al. (2008) em **“Atividades de observação e identificação do céu adaptadas às pessoas com deficiência visual”** descrevem o planejamento e desenvolvimento de um kit de Astronomia contendo: oito mapas celestes, sendo quatro do hemisfério Norte e quatro do hemisfério Sul; três mapas de mudanças do céu ao longo da noite; dois mapas celestes em relevo mostrando a poluição luminosa na cidade de São Paulo; um catálogo em tamanho A4 com 14 constelações separadas em relevo: duas constelações tridimensionais: Órion e Cruzeiro do Sul; uma esfera celeste de 21 cm de diâmetro com as estrelas em relevo e os desenhos das constelações e um livro

voltado aos educadores com os principais conceitos astronômicos e explicação para o uso do kit. É feita uma descrição do kit e sugestões de aplicação e depoimentos.

BERNARDES e SOUZA (2009) em **“Arquivos portáteis de áudio para o ensino de Astronomia em turmas inclusivas no Ensino Fundamental e Médio”** relatam uma experiência utilizando arquivos de áudio de curta duração para explicar e descrever detalhadamente fenômenos, conceitos e equipamentos comuns na Astronomia, como: ônibus espaciais, planetas, cometas, Lua, Sol etc.

Em outro trabalho **“Recursos táteis para o ensino de astronomia para deficientes visuais em turmas inclusivas”** BERNARDES e SOUZA (2011) apresentam o desenvolvimento de um material tátil elaborado para o ensino de Astronomia, assim como sua aplicação em sala de aula regular.

SIQUEIRA e LANGHI (2011) em **“Um estudo exploratório de pesquisas brasileiras sobre educação em astronomia para deficientes visuais”** apresentam uma pesquisa documental sobre os trabalhos realizados no Brasil em Astronomia para DV. O principal objetivo da pesquisa foi analisar o potencial dessa produção bibliográfica para o trabalho dos professores em turmas inclusivas. O artigo fornece uma visão geral dos resultados de pesquisas na área de Ensino em Astronomia para deficientes visuais.

No trabalho de COZENDEY, COSTA e PESSANHA (2011) **“Modelo experimental para o ensino das fases da lua aos indivíduos com e sem deficiência visual”** é relatado o desenvolvimento de um experimento para explicar o funcionamento do sistema Sol-Terra-Lua. O experimento consiste em uma maquete que procura representar a Terra e a Lua com bolas de isopor e uma lâmpada representando o Sol. Para ser utilizado com os estudantes DV foram criadas variações na superfície dos modelos da Terra e da Lua, representando as regiões iluminadas ou não. Dessa forma, com o uso do tato, é possível a percepção das regiões.

SIQUEIRA (2014) na sua dissertação **“Estrelarium: permitindo o acesso de deficientes visuais à astronomia”** relatam a produção de um recurso didático tátil para levar o ensino de Astronomia à deficientes visuais. O trabalho teve como objetivo identificar a percepção de DV sobre a eficácia do recurso “Estrelarium”. O recurso foi apresentado para dois estudantes deficientes visuais de uma escola de Planaltina, DF.

C.1.6 Trabalhos de Ondulatória

SILVA, BERNARDO e OLIVEIRA (2010) em “**Ensinando ondas sonoras para pessoas cegas**” aplicaram uma atividade adaptada com a finalidade de explicar o conteúdo de ondas sonoras. Durante essa atividade foram utilizados vários recursos, entre eles: o uso de instrumentos musicais, diapasão, molas e desenhos de ondas em alto-relevo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. et al. Ensino de óptica a deficientes visuais: uma alternativa lúdica de inclusão. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0560-1.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.
- ALMEIDA, L. C.; XAVIER, C. T. A.; MARINHO, K. S. A. Ensino de física e educação inclusiva: exemplo de uma sequência didática para a abordagem de conceitos da eletrodinâmica. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 102-113, ago. 2012.
- BERNARDES, A.; SOUZA, M. Arquivos portáteis de áudio para o ensino de astronomia em turmas inclusivas no ensino fundamental e médio. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0169-1.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.
- _____. Recursos táteis para o ensino de astronomia para deficientes visuais em turmas inclusivas. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0136-1.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.
- BORGES, J.; SILVA, E.; SANTOS, Z. Ensino da Lei de Lenz adaptado para a deficiência visual: um experimento com circuito oscilador. In: **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, PR, out. 2008. Anais do XI EPEF. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0097-2.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2009.
- CORRÊA, B. et al. Inclusão no ensino de Física: materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0393-1.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2015.
- COZENDEY, S.; COSTA, M. P.; PESSANHA, M. Modelo experimental para o ensino das fases da lua aos indivíduos com e sem deficiência visual. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0051-2.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2015.
- DOMINICI, T. et al. Atividades de observação e identificação do céu adaptadas às pessoas com deficiência visual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, out./dez., 2008.
- EVANGELISTA, F. L. **O ensino de corrente elétrica a alunos com deficiência visual**. 2008, 210p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- EVERTON, L. S.; SILVA, R. S.; SILVA, L. C. S. Ensino de óptica para alunos com deficiência visual: um desafio a ser vencido. In: **VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, 2012.
- FERREIRA, A. C.; DICKMAN, A. G. Ensino de física a estudantes cegos na perspectiva dos professores. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2007

FERREIRA, M. F. **Uma abordagem para o ensino de física a alunos deficientes visuais: “um olhar diferente para o espelho”**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2014, 82p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Belo Horizonte, 2014.

GAGLIARDO JUNIOR, C. E.; CAVALHEIRO, M. G.; CAMARGO, E. P.; ANJOS, P. T. A. Explicando o fenômeno da sombra para alunos com deficiência visual. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Manaus, AM, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-1.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

MEDEIROS, A.; NASCIMENTO JÚNIOR, M.; JAPIASSÚ JÚNIOR, F.; OLIVEIRA, W.; OLIVEIRA, N. Uma estratégia para o ensino de associações de resistores em série/paralelo acessível a alunos com deficiência visual. In: **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Luís, MA, jan. 2007. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0460-1pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

MORRONE, W.; ARAÚJO, M.; AMARAL, L. Conceituando corrente e resistência elétrica por meio do conhecimento sensível: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0441-1pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

PARANHOS, R.; GARCIA, D. Montagem experimental para a verificação do fenômeno de difração da luz adaptada para portadores de deficiência visual. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0204-1pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

PEREIRA, E.; OCAWADA, J.; CESTARI, R.; CAMARGO, E.; ANJOS, P. Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-1.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2015.

PUPO, P. et al. Materiais e referencial teórico para o ensino de Física moderna para alunos com e sem deficiência visual. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-2.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

RIBEIRO, L.; OLIVEIRA, A. Experimento de baixo custo no ensino de absorção de calor sob a perspectiva inclusiva. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0341-1.pdf>>. Acesso em: 15 de set. 2015.

SANTOS, M.; SILVA, F.; BARBOSA-LIMA, M. Concepções de calor e temperatura de alunos cegos. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0083-1pdf>>. Acesso em: 17 de ago. 2015.

SILVA, M.; BERNARDO, R.; OLIVEIRA, N. Ensinando ondas sonoras para pessoas Cegas. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0204-1pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

SILVA, M.; SILVEIRA, A. Ensinando ciências numa perspectiva de uma educação inclusiva: um estudo de caso com a luz. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0561-1pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

SIQUEIRA, J. C. D. **Estrelarium**: permitindo o acesso de deficientes visuais à astronomia. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Licenciatura em Ciências Naturais, 2014.

SIQUEIRA, K.; LANGHI, R. Um estudo exploratório de pesquisas brasileiras sobre educação em astronomia para deficientes visuais. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0066-1.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

SOUZA, M.; COSTA, M.; STURDART, N. Tecnologia para o ensino de eletrodinâmica para o aluno cego. **Revista Física na Escola**, v. 9, n. 2, p. 10-13, out. 2008.

TAGLIATI, J. et al. Ensino de física para portadores de deficiência visual: atividades desenvolvidas num centro de ciências. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0389-2.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

APÊNDICE D

Confecção da Maquete Tátil e do Carrinho Usadas na Pesquisa

D.1 CONFECÇÃO DA MAQUETE TÁTIL

D.1.1 MATERIAL

O material utilizado foi pensado de forma que fosse ao mesmo tempo de baixo custo para facilitar a sua replicação e que pudesse explorar bem o sentido do tato dos estudantes.

a) Materiais de papelaria:

2 placas de isopor de 15 mm de espessura; 2 folhas de EVA (uma de EVA atoalhado e outra mais lisa); pedaços de madeirite de 3 mm de espessura e de 2 cm de espessura; 4 palitos de picolé; 7 pregos com cabeça 10 mm x 10 mm; 1 rolo de barbante, 1 tubo de cola Super Bonder; 1 caixa de alfinetes; 1 saco com bolinhas de gude; 1 fita Durex; tesoura grande; estilete; cola branca; 2 pranchetas; 1 pedaço de lixa de madeira; lápis; régua; compasso, liguinhas.

b) Instrumentos específicos para DV:

Reglete; punção; Soroban (adaptado para deficientes visuais).

c) Ferramentas:

Serra do tipo segueta; alicate; martelo; chave de fenda.

D.1.2 MONTAGEM DA MAQUETE

1) Utilizar as placas de isopor colando com cola branca uma sobre a outra para que a maquete tenha maior espessura e resistência. A utilizada, para esse produto educacional, é de 40 cm x 40 cm;

2) Marcar a placa de isopor pela metade e colar utilizando o super bonder, uma metade com o EVA atoalhado e a outra metade com o EVA mais liso;

3) Utilizar a reglete e o punção para escrever em braile as etiquetas com os valores dos coeficientes de atrito de cada superfície (lembrando que a escrita é espelhada) o recurso on-line Atractor pode fornecer os valores numéricos utilizados em braile;

4) Fixar as etiquetas em braile feitas na etapa 3 colando com cola branca apenas suas bordas e depois contornando-as com fita durex por cima, como indicado na figura 1;

- 5) Usar os alfinetes para fixar as extremidades das etiquetas e também nas extremidades da maquete para fixar os EVAs a placa de isopor (cuidado para retirar as pontas do alfinete dobrando várias vezes com o alicate, antes de fixar na maquete);
- 6) Serrar dois pedaços de madeira tipo MDF de 2 cm de espessura e 15 cm de comprimento e colar sobre o EVA, cada um na frente de uma das etiquetas. Servirão de apoio para que o carrinho não caia ao se inclinar a maquete.
- 7) Retirar as peças metálicas das duas pranchetas com a chave de fenda e posicioná-las perpendicularmente. Serrar dois pedaços de madeirite de 2cm de espessura e 20 cm de comprimento colando-as com a cola super bonder em cada lado da prancheta na vertical para dar suporte e martelando um prego em cada extremidade. Utilizar o martelo para dobrar a ponta do prego. Essa estrutura servirá para ajudar a inclinar o plano da maquete como mostrado na figura D1.

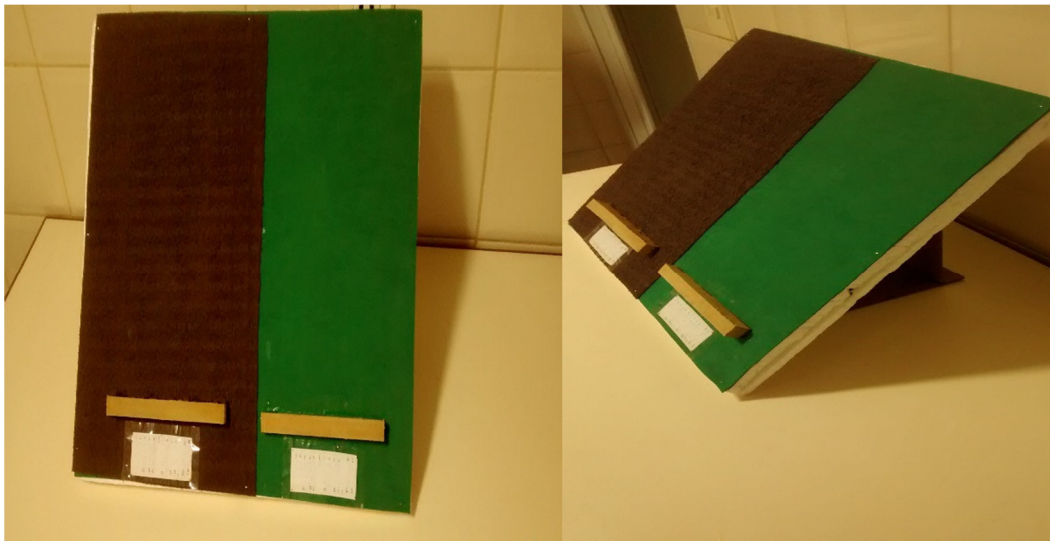


Figura D1 – Maquete tátil com as duas superfícies com texturas diferentes

D.1.3 MONTAGEM DO CARRINHO

- 1) Utilizar a madeirite mais fina para montar a estrutura de uma caixa sem tampa com as dimensões: 13 cm x 4 cm x 8 cm. Os pedaços devem ser serrados e lixados e colados com super bonder ou cola de madeira. Colar dois pedaços da mesma madeirite dentro do carinho para servir de apoio para a tampa, sendo que um deles deve ter uma fresta feita pela serra para passar o palito.

- 2) Usar a mesma madeirite para fazer as quatro rodas do carrinho, marcar com compasso aberto 1,5 cm e fazer quatro círculos. Cortar cada círculo com a tesoura grande e depois lixar o contorno das rodas. Usar o martelo e pregar as quatro rodas com os pregos na parte inferior da caixa e depois retirar cada um dos pregos, dobrá-los com o alicate e colocá-los novamente para que as rodas não saiam.
- 3) Preguar mais um prego na parte da frente do carrinho e fazer o mesmo que foi feito com as rodinhas no item 2. Amarrar um pedaço de barbante, nesse prego, para poder puxar o carrinho, como mostrado na figura D2.
- 4) Utilizar o estilete para fazer um corte na parte da frente e alargar esse corte com a chave de fenda. Repetir esse procedimento para a parte de trás, de baixo e na tampa do carrinho. Esses cortes servirão para encaixar os palitos de picolé que funcionarão como vetores.

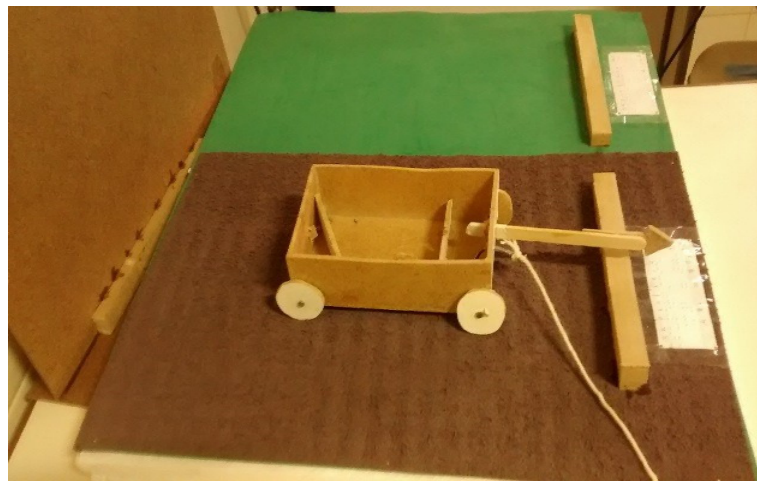


Figura D2 – Maquete tátil com o carrinho

D.1.4 MONTAGEM DOS VETORES

- 1) Utilizar os palitos de picolé e outros pedaços de madeirite. Desenhar com lápis na madeirite o formato de uma seta para representar os vetores força envolvidos. O procedimento é parecido com o das rodas utilizando a tesoura. Depois que os pedaços são cortados, deverão ser lixados e colados nas extremidades dos palitos com super bonder como exposto na figura D3.



Figura D3 – Carrinho puxado no plano inclinado

OBSERVAÇÕES:

- 1) As bolinhas de gude são colocadas dentro do carrinho para que se possa regular a massa e consequentemente o peso do carrinho como apresentado na figura D4.



Figura D4 – Bolinhas de gude dentro do carrinho

- 2) O vetor, na parte da frente do carrinho, pode ser inclinado para cima permitindo uma amostra da representação do vetor força acompanhando o movimento do barbante puxado.
- 3) A liguinha serve para envolver o carrinho e com isso prender um dos vetores na parte de baixo próximo à roda para representar a força de atrito oposta a força exercida como mostra a figura D5.

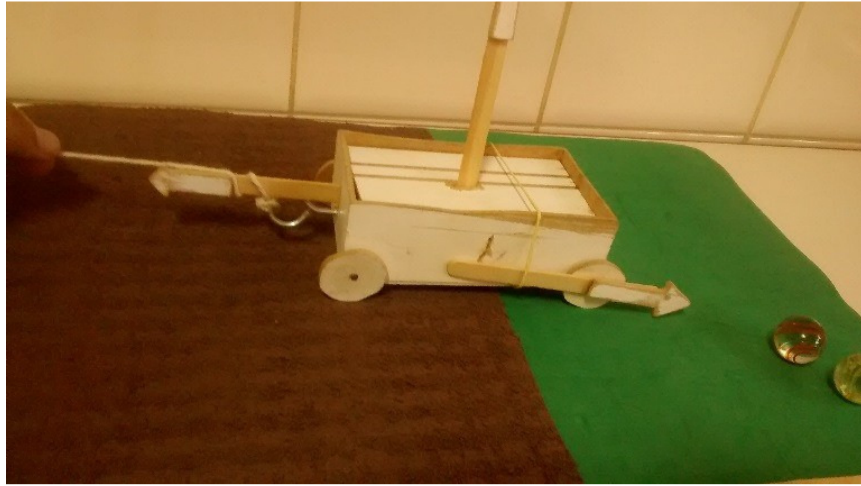


Figura D5 – Vetor amarrado a liguinha representando a força de atrito