PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

Nivaldo Manske

ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS:
materialização de figuras do livro didático

Belo Horizonte
2013

Nivaldo Manske

ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS:
materialização de figuras do livro didático

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação de Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr[a] Adriana Gomes Dickman
Co-orientador: Dr. Amauri Carlos Ferreira

Belo Horizonte
2013

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Manske, Nivaldo
M288e Ensino de física para deficientes visuais: materialização de figuras do livro didático / Nivaldo Manske. Belo Horizonte, 2013.
85f.: il.

Orientadora: Adriana Gomes Dickman
Coorientador: Amauri Carlos Ferreira
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Cegos - Educação. 3. Material didático. 4. Imagens, ilustrações, etc. como recursos de informação. 5. Livros para cegos. I. Dickman, Adriana Gomes. II. Ferreira, Amauri Carlos. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. IV. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 53:376.32

Nivaldo Manske

ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS:
materialização de figuras do livro didático

_____

Adriana Gomes Dickman (orientadora)- Pucminas

_____

Amauri Carlos Ferreira (co-orientador)- Pucminas

_____

Eliane Gazire - Pucminas

_____

Denise Queiroz- Pucminas

Belo Horizonte, 02 de agosto de 2013.

A minha família, em especial a minha mãe pelas dificuldades que passou na vida, mas sempre me conduziu no caminho correto. A minha querida e amada esposa pelo incentivo e compreensão nos momentos difíceis, e a minha filha que sempre me perturbava de uma forma prazerosa embora às vezes não tivesse a devida paciência para com ela.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ficam a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, em especial:

A professora amiga e orientadora Adriana Gomes Dickman, pelas conversas que muito contribuíram na condução deste trabalho.

Aos meus colegas de classe que me trouxeram a alegria de um colegial novamente, em especial aos meus dois amigos de viagem José Edson Mora e Eduardo Balliana que a transformavam de cansativa a um passeio longe de casa.

A minha querida esposa Cione Marta Raasch Manske, que sempre incentivou para que este trabalho fosse realizado.

A minha mãe Wilma Manske, mulher batalhadora na qual fui seu próprio professor e de simples trabalhadora rural, cozinheira, conseguiu realizar seu sonho de fazer faculdade e ver seu filho formado.

A minha filha Luiza Raasch Manske, que mudou minha vida pra melhor desde que nasceu e me fez ver o mundo de forma mais agradável.

Ao meu cunhado e cunhada Carlos Alberto Raasch e Sonia Maria Raasch Timm nos momentos de pescaria para aliviar o stress.

Ao meu primo João Luis Mansque, que sempre esteve presente nos momentos dos churrascos no sítio.

Somos inclinados a julgar a intolerância como um defeito de família, uma característica da personalidade, uma distorção da natureza, quando na verdade deveríamos considera-la uma verdadeira falha do caráter do homem. Em razão disso, na análise que faz do Amor, Paulo cita a tolerância. E a Bíblia, em muitas outras passagens, cita a intolerância como elemento mais destruidor da nossa maneira de agir.

O que mais impressiona é que a intolerância, o preconceito, está sempre presente na vida de pessoas que se julgam virtuosas. Geralmente é a grande mancha numa personalidade que tinha tudo para ser gentil e nobre. Conhecemos muitas pessoas que são quase perfeitas mas que – de repente- acham que estão certas em alguma coisa e perdem a cabeça por causa disto.

Esta suposta boa relação entre a virtude e a intolerância é um dos mais tristes problemas da raça humana e da sociedade. (COELHO, 1993).

RESUMO

Neste trabalho é desenvolvido um material didático em alto-relevo sobre o efeito fotoelétrico para estudantes cegos. Uma revisão da literatura mostra que apenas uma fração pequena dos artigos em Ensino de física é dedicada ao processo de ensino e aprendizagem de estudantes cegos. A maioria dos resultados de pesquisa nesta área indica que o processo de aprendizagem destes estudantes depende, não apenas de exposição oral, mas também dos recursos didáticos disponíveis. Em particular, estudantes cegos, em geral, não têm acesso às ilustrações que acompanham os livros didáticos. Nós entrevistamos professores do Ensino médio para identificar os desafios que eles enfrentam ao ensinar física para estudantes cegos. Entre as dificuldades que estes professores mencionam estão falta de materiais adaptados para os cegos, de suporte por parte da escola, como por exemplo, a falta de profissionais especializados, e de experiência profissional ou capacitação profissional para lidar com estes estudantes. Na opinião destes professores, Óptica é o assunto mais difícil de ser ensinado para estudantes cegos. Com base nos dados coletados, nós produzimos representações táteis de figuras típicas do livro didático sobre o efeito fotoelétrico e do modelo atômico, usando o processo de termoformagem. Nós também elaboramos uma proposta de ensino baseada no material produzido. Esta proposta pode ser usada para ensinar o efeito fotoelétrico para estudantes cegos. Nós acreditamos que os passos do procedimento para construir um material tátil pode servir como modelo para os professores produzirem suas próprias figuras, para outros tópicos de física e de outras disciplinas.

Palavras-chave: Ensino de física. Estudantes cegos. Termoformagem. Representação. Efeito fotoelétrico. Ensino médio.

ABSTRACT

In this work we develop embossed didactic material about the photoelectric effect for blind students. A review of the literature shows that only a small fraction of physics education papers are devoted to the learning-teaching process of blind students. Most of the research results in this area indicate that the learning process of these students depends, not only on oral exposition, but also on the didactic resources available. In particular, blind students, in general, do not have access to the illustrations that accompany textbooks. We interviewed High School teachers to identify the challenges they face when teaching physics to blind students. Among the difficulties these teachers mention are the lack of materials adapted to the blind, of school support, such as specialized staff, and of professional experience or training to deal with such students. In these teachers´ opinions, optics is the most difficult subject to teach blind students. Based on these data, we recast typical textbook figures of the photoelectric effect and of the atomic model, typical from textbooks, using thermoforming to produce tactile representations. We also elaborate a teaching proposal based on the tactile graphics material produced. This proposal can be used to teach the photoelectric effect to blind students. We believe that our procedure of building a plastic-like sheeting material can serve as a model for teachers to produce their own figures, for other physics topics and other subjects.

Keywords: Physics education. Blind students. Tactile graphics. Representation. Photoelectric effect. High school.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Cartão de leitura utilizado em exames oftalmológicos..... 19
FIGURA 2- Copiadora térmica..... 29
FIGURA 3- Modelo do átomo de hidrogênio 30
FIGURA 4- Constelação de Escorpião elaborada numa placa de madeira com bolas de isopor..... 35
FIGURA 5- Produção da imagem real..... 36
FIGURA 6- Placas menores colocadas entre o topo da pirâmide e a base.. 36
FIGURA 7- Atendimento especializado na escola..... 48
FIGURA 8- Material pedagógico disponível na escola..... 48
FIGURA 9- Célula fotoelétrica da porta de um elevador..... 50
FIGURA 10- Modelo atômico..... 51
FIGURA 11- Desenho esquemático para estudar o efeito fotoelétrico..... 52
FIGURA 12- Material utilizado para construção da matriz termoformica..... 54
FIGURA 13- Retirando o excesso de cola..... 55
FIGURA 14- Pintando a linha de contorno..... 56
FIGURA 15- Matriz para o modelo do átomo..... 56
FIGURA 16- Matriz para o efeito fotoelétrico..... 58

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Panorama das publicações sobre Ensino de física a deficientes visuais no EPEF..... 38
QUADRO 2- Panorama das publicações sobre Ensino de física a deficientes visuais no SNEF..... 38
QUADRO 3- Questionário aplicado aos professores..... 44
QUADRO 4- Formação acadêmica dos professores pesquisados..... 45
QUADRO 5- Conteúdos classificados pelos professores entrevistados como difíceis de serem ensinados a estudantes com deficiência visual..... 47
QUADRO 6- Conteúdos indicados pelos professores entrevistados para a confecção de material didático..... 49
QUADRO 7- Etapa básica do roteiro de aula 64
QUADRO 8- Etapa quantização do roteiro de aula..... 64
QUADRO 9- Etapa efeito fotoelétrico do roteiro de aula..... 65

LISTA DE ABREVIATURAS

LDB- Lei de Diretrizes e Bases

EPEF- Encontro de Pesquisa em Ensino de Física

SNEF- Simpósio Nacional de Ensino de Física

PIBID- Programa Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência

IBC- Instituto Benjamin Constant

CAP- Centro de Apoio Pedagógico

PCN- Parâmetro Curricular Nacional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
2. ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS 24
2.1 Ensino de física 24
2.2 Ilustrações do Livro didático 25
2.3 Representação de figuras 27
2.4 A termoformagem no atendimento dos deficientes visuais 28
2.5 Revisão da literatura 31
2.5.1 Uso de maquetes e recursos didáticos 33
2.5.2 Panorama das publicações 37
3. METODOLOGIA 43
3.1 Levantamento preliminar 43
3.1.1 Elaboração do instrumento 43
3.1.2 População pesquisada 45
3.1.3 Experiência com inclusão 45
3.1.4 Conteúdo de física 46
3.1.5 Recursos oferecidos pelas escolas 47
3.1.6 Material de termofor 48
3.1.7 Discussão dos resultados 49
3.2 Escolha do tema 50
3.3. Escolha da representação 51
3.4 Material termofórmico 52
3.4.1 Instituto Benjamin Constant e Cursos oferecidos 53
3.4.2 Montagem de uma matriz de termoformagem 54
3.5 Montagem da matriz para termoformagem: Efeito fotoelétrico 55
3.5.1 Impressão da matriz 58
4. PROPOSTA DE AULA: ENSINANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO 60
4.1 O Efeito fotoelétrico 60
4.2 Plano de ensino 61
4.2.1 Métodos didáticos 62
4.2.2 Unidades de ensino 62
4.3 Aula sobre o Efeito fotoelétrico 63
4.3.1 Etapa Revisão de conceitos básicos 63
4.3.2 Etapa Quantização 64

4.3.3 Etapa Efeito fotoelétrico 65
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 67
REFERÊNCIAS 69
APÊNDICE 75
1. ARTIGO APRESENTADO NO XIX SNEF 75
Resumo 75
Introdução 76
Revisão da literatura 78
Metodologia 80
Resultados e análise da pesquisa 82
Considerações finais 84
Referências 84

1. INTRODUÇÃO

A contemporaneidade vem sendo acompanhada por uma multiplicidade de temas, considerados relevantes à sociedade, que são instituídos na forma de lei e se tornam prioridade na elaboração de políticas públicas. Um dos temas em questão trata da inclusão social das pessoas com necessidades especiais. Adequar prédios públicos e privados, construir rampas, sinalizar vias e apropriar meios de comunicação são algumas metas estabelecidas para possibilitar a acessibilidade dessas pessoas aos espaços físicos.

Entretanto, a acessibilidade deve ser ampla, abrangendo principalmente a inserção do deficiente na sociedade, como cidadão com direitos e deveres. A inclusão deve garantir o direito a uma educação de qualidade, que proporcione condições de escolha de uma carreira profissional e igualdade de oportunidade no mercado de trabalho. Para tal, é importante que a pessoa deficiente tenha acesso à escola.

A escola é o local onde o ser humano passa a vivenciar o mundo fora do âmbito familiar, logo ela não pode ser uma escola que atenda apenas a determinadas pessoas, a escola deve ser heterogênea para vivenciar experiências múltiplas com pessoas diferentes de sua realidade.

> Numa escola inclusiva só pode existir uma educação inclusiva, uma educação em que a heterogeneidade do grupo não é mais um problema, mas um grande desafio à criatividade e ao profissionalismo dos profissionais da educação, gerando e gerindo mudanças de mentalidades, de políticas e de práticas educativas. (SANCHES; TEODORO, 2006, p. 72)

A educação inclusiva hoje é preocupação dos governos, de tal forma que no Brasil a legislação assegura o ensino nas escolas regulares, com a disposição de serviços especializados para se atender as peculiaridades dos alunos inclusos.

> Art. 58. Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais.
> § 1º Haverá, quando necessário, serviços de apoio especializado, na escola regular, para atender às peculiaridades da clientela de educação especial.

A lei institui que alunos com necessidades educativas especiais deverão ser atendidos pelo sistema de ensino com recursos educativos e novos métodos, de tal

forma que é permitido até mesmo mudança do currículo, para que se atendam às suas particularidades de ensino. Isto é assegurado pela Lei de Diretrizes e Bases 9.394/96, no art. 59. “Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais: I - currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específica, para atender às suas necessidades.”

No entanto, as preocupações em ensinar esses alunos tornou-se um processo que se apresenta inacabado. Embora a lei cite o direito garantido aos alunos deficientes, o que se vê na prática é o contrário. Os alunos deficientes são simplesmente colocados na sala de aula como se isto fosse educação inclusiva, não há uma capacitação adequada dos funcionários, o ambiente escolar possui inúmeros obstáculos à locomoção do deficiente, conforme afirma Manzini (1999).

> Há também por parte do Estado um descaso com a escola pública: faltam funcionários e não há investimentos na capacitação de funcionários e professores. Esse mesmo descaso ocorre com o prédio escolar que não está adequado para receber alunos deficientes físicos. A maioria dos prédios possui escadas, banheiros inadequados; não há rampas, os pisos e os mobiliários (carteiras e cadeiras) são também inadequados aos deficientes. A luta, portanto, em prol do deficiente deve vir acompanhada por uma luta pela melhoria da escola pública como um todo: condições das escolas, salas de aulas, formação do professor, funcionários suficientes, equipamentos adequados aos alunos, mobiliário adequado às diferentes faixas etárias e às diferentes deficiências. (MANZINI, 1999, p.23)

As dificuldades inerentes ao ensino inclusivo devem ser contornadas com o estudo e análise das metodologias a serem usadas no aprendizado. Uma das dificuldades da inclusão é a própria formação do profissional da educação, segundo Feldmann (2009) os profissionais são condicionados a transmitir o saber de forma linear não se preocupando com a diversidade existente na escola. Em suas palavras,

> A formação dos profissionais da educação durante anos manteve-se assegurada por uma preparação profissional na qual a linearidade e a homogeneidade eram garantidas pela reprodução em série do saber. (FELDMANN, 2009, p. 191)

As Necessidades Educativas Especiais dos alunos deficientes requerem educadores habilitados, a fim de lhes proporcionar um atendimento compatível ao meio em que estão inseridos. Autores como Goffredo (1992) e Gotti (1998) afirmam que a formação universitária deveria intervir na necessidade de atender os

deficientes na área educacional, oferecendo cursos de capacitação para tal fim. O professor deve ser um pesquisador da prática pedagógica e na questão da inclusão escolar. Se o mesmo possui uma formação profissional deficitária, requer de sua parte a busca por capacitação em cursos, que mudem a sua prática de ensino-aprendizagem, tornando assim o processo de inclusão dos deficientes uma democratização do ensino.

Nesta complexidade de ensinar os aperfeiçoamentos dos profissionais de ensino devem ser constantes, as mudanças sociais ocorrem a todo o momento, e os métodos científicos produzidos para colaborar nem sempre chegam à extremidade desta cadeia.

Embora a formação profissional tenha melhorado com os debates de inclusão nos currículos das universidades, muito ainda tem que ser feito para romper as dificuldades dos alunos que apresentam necessidades educativas especiais.

> O problema da integração não é somente do deficiente, é um problema de todos e, para que ocorra de forma eficaz, faz-se necessário a melhoria da formação dos professores da rede regular de ensino em relação às necessidades educativas especiais; a definição de uma política que venha subsidiar princípios e práticas para as necessidades educativas especiais, criando normas uniformes sobre a igualdade de oportunidades para pessoas com deficiência - física, intelectual, social, emocional, linguística ou outras - e o desenvolvimento de uma pedagogia que se ajuste às necessidades de cada criança, ao invés de cada criança se adaptar aos supostos princípios quanto ao ritmo e a natureza do processo educativo. (MANZINI, 1999, p. 87)

A escola inclusiva implica em mudanças na prática educacional, construção que só pode ser concretizada com a elaboração de um novo contexto educacional dentro de um planejamento flexível integrado ao ambiente escolar.

Ao colocar o aluno deficiente junto com os outros alunos, mesmo sem se preocupar com a condição de atendimento deste aluno, fez a sociedade perceber estas pessoas dentro da comunidade. Assim, ainda com a situação precária constatada na inclusão escolar, pode-se considerar que houve avanços, pois isto proporcionou a comunidade a enxergar o problema, e perceber que ao seu redor existem pessoas que necessitam de um atendimento especializado e que isto pode melhorar a qualidade de ensino para todos.

Outra dificuldade da implantação da inclusão nas escolas brasileiras são as condições em que se encontram mediante a falta de investimento na educação, o

processo de inclusão requer escolas adequadas desde ao quadro de profissionais à acessibilidade para o deficiente em seu ambiente.

> Diante disto, defende-se que discutir a inclusão escolar implica em trazer à tona questões muito amplas, como: o pouco investimento no sistema educacional brasileiro; a falta de infraestrutura no tocante a recursos físicos para atender a todos os alunos, sejam eles especiais ou não; o preconceito; a discriminação; e, a falta de credibilidade que ainda impera em relação às pessoas diferentes, principalmente as que possuem algum tipo de deficiência. Essas pessoas são desrespeitadas e não são compreendidas como seres humanos com potencialidades e capazes de produzir como os demais cidadãos. (LEONARDO; BRAY; ROSSATO, 2009, p.291)

Muitas escolas não possuem rampa de acesso ao cadeirante, placas nas portas em braile, elevadores, material para ampliação para o deficiente de baixa visão, intérpretes de libras. Segundo Leonardo, Bray e Rossato (2009) em seu estudo, eles revelam que uma porcentagem elevada de escolas não passou por nenhuma mudança ao iniciar a inclusão, as únicas alterações que ocorreram em algumas escolas foram apenas nas estruturas físicas, dentre elas a adequação de banheiros, carteiras e rampas. Neste estudo também fica exposta a fragilidade da capacitação dos profissionais de ensino em adequar suas metodologias de aprendizagem para estes alunos, numa clara demonstração de que os deficientes apenas garantiram o acesso à escola e não ao ensino.

Neste mesmo contexto de inclusão escolar, Feldmann (2009) ainda alerta que na escola a socialização é secundária, ou seja, não é afetiva, ela desconsidera a socialização primária, em que o ser humano absorve o conhecimento do que lhe é apresentado no mundo e o que é significativo para se constituir como sujeito. Segundo Batista e Enumo (2004), outro fator relevante na dificuldade do aluno deficiente interagir está associado à identidade dentro de um processo de formação básica de cada grupo escolar, pois a proximidade apenas não o faz pertencer ao grupo. Desta forma, a escola não pode negar as interações sociais que foram vivenciadas pelo sujeito, negar esta experiência é tornar a escola exclusiva.

A política educacional estabelecida na lei não está sendo cumprida com o rigor que a lei pede. Já observando o aspecto da diversidade proposta pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o professor deve atender as especificações básicas do aluno. No caso dos alunos deficientes há a necessidade de novos materiais pedagógicos, e para tal verificar a aprendizagem analisando assim estes novos materiais.

> Atender necessidades singulares de determinados alunos é estar atento à diversidade: é atribuição do professor considerar a especificidade do indivíduo, analisar suas possibilidades de aprendizagem e avaliar a eficácia das medidas adotadas. (MAINIERI, 2012, p. 115)

Esta pesquisa discute especificamente o ensino de física para alunos com deficiência visual, desta maneira, é importante caracterizar este grupo perante a deficiência. Assim, uma pessoa será considerada deficiente quando houver a incapacidade permanente de algum órgão, de tal forma que determinadas tarefas ou atividades não poderão ser exercidas com naturalidade dentro dos padrões humanos.

O homem possui cinco sentidos, e a visão contribui para a compreensão do ambiente a nossa volta, ela permite à comunicação visual, a identificação de situações de perigo, a determinação de distância e de situações do cotidiano. Para uma melhor compreensão do que é ser deficiente visual, há a necessidade de se definirem os tipos existentes de deficiência visual.

A deficiência visual corresponde à perda da visibilidade, ou ter a visibilidade reduzida nos olhos com caráter definitivo, não sendo possível a correção através de lentes, tratamento clínico ou cirúrgico.

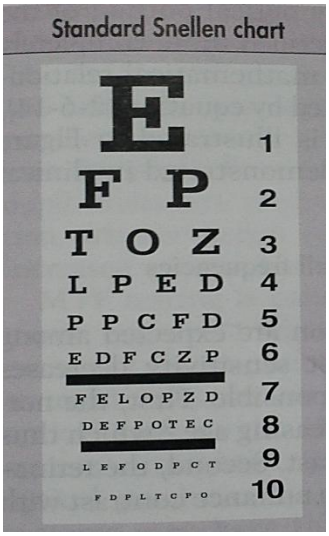
> De acordo com o Decreto 3.298, de 20/12/1999, pessoa portadora de deficiência é aquela que apresenta, em caráter permanente, perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gera incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal. É considerada portadora de deficiência visual quando apresenta acuidade visual igual ou menor que 20/200 no melhor olho, após a melhor correção, ou campo visual 21 inferior a 20º (tabela de Snellen), ou ocorrência simultânea de ambas as situações (art. 3º, I e II, combinado com art. 4º, III).

Em observância à legislação brasileira, a acuidade 20/200 (número 1) da tabela de Snellen representa deficiência visual. Esta tabela é usada como padrão mundial no exame oftalmológico. Neste exame a pessoa encontra-se a uma distância de seis metros de um cartão (figura 1), não pode usar lentes de contato nem óculos, um dos olhos é tampado, enquanto é feita a leitura com o outro olho, a pessoa deve ler até onde é possível. Havendo a necessidade de reparar a acuidade visual, repete-se o exame com o auxílio de lentes reparadoras, para então oferecer uma visão compatível dentro da normalidade.

A deficiência visual pode ser congênita ou adquirida. A congênita é consequência de característica genética, como a amaurose congênita de leber, catarata congênita, malformações oculares e glaucoma congênito. A adquirida pode ser causada por traumas oculares, hipertensão arterial, diabetes, glaucoma, catarata e degeneração senil de mácula.

As pessoas com deficiência visual possuem algumas características que facilitam a percepção da existência da deficiência. Como atitudes típicas pode-se observar que os olhos se cruzam voltando um para o outro, a pessoa se choca com objetos, tem dificuldade de ler e identificar figuras, não segue os objetos e pessoas visualmente, esfrega os olhos com frequência ou pisca demasiadamente, apresenta dor de cabeça com tontura após a leitura, inclina a cabeça frequentemente e segura os objetos próximos dos olhos. Já os olhos possuem as características de excesso de lágrimas, vermelhidão ou sempre inflamados, tendo uma crosta e com aparência de inchados, podem também ser pesados, nublados e enrugados, as pupilas têm normalmente tons de cinza, ou são descoloridas ou brancas.

Figura 1. Cartão de leitura utilizado em exames oftalmológicos



Fonte: (YANOFF, 2009, p. 57)

A detecção precoce da deficiência visual na infância é importante para que a criança não sofra restrição no aspecto educacional conforme afirma Rahi e Dezteux (1998). Durante o período de educação familiar os pais devem ficar atentos aos problemas da visão, já no período de educação escolar os professores têm um papel de fundamental importância durante o aprendizado do alfabeto, pois se a criança

apresenta um déficit de aprendizagem ou concentração, isto pode estar associado a problemas visuais.

Assim, os professores podem auxiliar a detectar a existência de uma deficiência visual, conjuntamente com os programas de saúde, atuando como parceiro das políticas públicas no combate à deficiência visual.

> O conhecimento da magnitude e das causas da deficiência visual é fundamental para o planejamento, provisão e avaliação de programas de prevenção, de serviços de saúde e educacionais. (SAMPAIO; HADDAD, 2009, p.4)

A cegueira é um tipo de deficiência sensorial, e ao se pensar como ocorre a compreensão de conteúdos pelo estudante cego é fundamental delimitar o que se está considerando como cegos no âmbito escolar. Do ponto de vista pedagógico, considera-se como cego aquele que, mesmo possuindo visão subnormal, necessita de instrução em Braille[1], e como baixa visão aquele que lê tipos impressos ampliados ou com auxílio de potentes recursos ópticos.

A visão afeta as associações cognitivas que ajudam a estabelecer os princípios básicos de aprendizagem. É através deste sentido que a criança estabelece uma sinergia entre o ver e identificar, desenvolvendo conhecimentos.

Os conhecimentos construídos pelo Homem estão baseados na visão. Um mesmo ponto de vista retratado pelo deficiente visual será dado por conceitos adquiridos de maneiras diferentes daquelas utilizadas pelo vidente. É importante destacar que o mundo dos videntes possui conceitos e valores ditados pelo sentido da visão, desta forma o fenômeno físico visto por um vidente e um não vidente é assimilado de formas diferentes, pois a “visão” de um cego é diferente da pessoa que enxerga, mas o entendimento deve ser o mesmo. Esta percepção é relatada por Masini (1992):

> Isso havia deixado claro que fazer fenomenologia não é utilizar um método previamente considerado, mas cingir-se a regras formais dirigidas especialmente ao fenômeno (fenômeno entendido como aquilo que se mostra como é, ou que se mostra a si mesmo). Não existe “o” ou “um” método fenomenológico, mas uma atitude - atitude de abertura do ser humano para compreender o que se mostra, livre de preconceitos ou definições. Está-se livre quando se sabe dos próprios valores, conceitos,

[1] Processo de leitura e escrita em relevo, com base em sessenta e quatro símbolos resultantes da combinação de seis pontos, dispostos em duas colunas de três pontos que substitui o alfabeto convencional. Este método foi desenvolvido por Louis Braille.

> definições e se volta para o que se mostra cuidando de possíveis distorções. (MASINI, 1992, p. 32)

A criança cega embora não possua visão, isto não quer dizer que ela não identifica o que está ao seu redor. A forma como os objetos são percebidos é estabelecida por meio do tato. Essa referência deve ser também estabelecida na escola, uma vez que o contexto da aprendizagem se apresenta múltiplo, o atendimento a essa especificidade representa possibilitar o acesso ao conhecimento.

A educação escolar cria novas vias de conhecimento às pessoas com deficiência visual, o que corresponde a toda uma reestruturação psicológica. Nuernberg (2008) aponta que Vigotski propõe que a reestruturação psíquica é produzida por condições que conduzem às "funções psicológicas superiores a assumirem um papel diferente daquele desenhado nos videntes". (NUERNBERG, 2008, p.312)

Neste sentido, sendo a percepção de um deficiente visual analisada pelo tato, os conceitos normalmente formados por um vidente sofrem modificações, surgindo a dificuldade do professor em descrever um determinado fenômeno físico a um aluno deficiente visual. Camargo e Nardi (2010) referenda esse contexto como uma dificuldade apresentada pelos professores por não conhecerem o fenômeno da deficiência visual e por vincularem o conhecimento à visão.

> Para se quebrar esta "cultura do exílio da compreensão" é mister ouvir-se o sujeito conhecedor, ou seja, o próprio aluno. É necessária a busca de uma relação dialógica onde nos seja possível mapear as concepções que estes alunos trazem na interpretação da fenomenologia física. (NEVES, 2000)

Cabe ao educador repensar estes conceitos, analisar como o auxílio aos alunos deficientes visuais pode propiciar a quebra deste paradigma, introduzindo neste caso uma nova concepção de esclarecimentos ao docente, tornando o seu ato de educar outrora infrutuoso aos cegos, com fartura para a aquisição dos conceitos científicos necessários ao aluno deficiente visual, tornando assim a inclusão mais adequada dentro da sociedade.

Nesse sentido, atender o cego no processo de ensino e aprendizagem requer, além da aula expositiva por meio da oralidade do professor, o acompanhamento do aluno por meio de materiais que facilitem a compreensão do conteúdo proposto.

Os materiais de ensino adequados aos deficientes são escassos, no caso específico do aluno cego e de baixa visão, o material que é disponibilizado nas escolas não atende de forma eficaz esse grupo, uma vez que seria necessário produzir materiais que tivessem por primazia a especificidade dessa necessidade.

Para tanto, é fundamental a produção de materiais que atendam essa demanda. Esse material deve auxiliar a compreensão do aluno por meio de figuras táteis, complementando a explicação do professor, desta forma o conteúdo é melhor assimilado pelo aluno deficiente visual. Assim destaca-se a importância da produção de materiais de apoio pedagógico com conteúdos físicos adequados ao atendimento das necessidades dos alunos cegos e de baixa visão, atribuindo a esses conteúdos relevância no processo de aprendizagem.

Vale lembrar que os conteúdos de física propostos aos alunos são também apresentados de forma organizada e constituída em livros didáticos. Em se tratando da produção de materiais específicos para o aluno deficiente, seriam então materiais que acompanhariam os conteúdos propostos inseridos nos livros didáticos, numa atuação de complementaridade.

A par dessa realidade, a gênese desse trabalho de dissertação é a reprodução de figuras do livro didático em termofor, objetivando facilitar, por meio desse, a compreensão dos conteúdos do ensino de física a alunos deficientes visuais.

Desta maneira a fim de auxiliar os deficientes visuais a entender os fenômenos físicos naturais, discute-se técnicas de construir uma matriz para termoformagem, na disposição de materiais táteis baseados nas figuras existentes do livro didático, como opção no atendimento ao aluno deficiente visual, de forma que facilite a compreensão desta parcela de alunos inclusos no sistema educacional.

A seguir descreve-se como este trabalho foi organizado. No segundo capítulo discute-se a importância do livro didático como recurso educacional, as dificuldades em utilizar representações de figuras para estudantes deficientes visuais, o processo da termoformagem como recurso didático, e por último faz-se uma revisão da literatura, indicando trabalhos que relacionam o ensino de física a alunos com deficiência visual.

O terceiro capítulo trata da identificação de uma das demandas do ensino de física para os deficientes visuais. Essa identificação é proporcionada por meio da metodologia de trabalho que fornece, por meio de pesquisa realizada entre os

professores de física, dados que orientaram as escolhas feitas neste trabalho. Discute-se também os passos seguidos para a montagem do produto educacional.

No quarto capítulo, é apresentada uma proposta de inserção do material confeccionado em sala de aula. No quinto capítulo apresenta-se as considerações finais, com uma análise da investigação realizada e perspectivas futuras.

No apêndice, é apresentado um artigo de investigação que busca orientações para produção de material didático em termofor, que auxilie o deficiente visual.

2. ENSINO DE FÍSICA PARA DEFICIENTES VISUAIS

2.1 Ensino de física

A física é uma ciência que investiga a natureza baseada em métodos científicos, compartilhando suas descobertas para o desenvolvimento tecnológico da humanidade. Ciência fundamental para a sociedade, a física utiliza cada vez mais recursos tecnológicos. Além do conhecimento tecnológico, responsável, na atualidade, por inserir o homem ao meio, a física tem um compromisso com a evolução do cognitivo humano, e com o bem estar da sociedade. Os conceitos físicos devem ser oferecidos a todos e sem nenhuma distinção.

Nesse sentido, são necessárias novas técnicas de aquisição dos conteúdos físicos para atender essa demanda, uma vez que ensinar os conceitos científicos ao indivíduo, contribui para a conscientização e compreensão da tecnologia que o cerca, dando a ele um pensamento crítico. Freire (1992) aponta a importância de ensinar aos alunos os conteúdos das disiciplinas escolares, tendo por referência a formação de sujeitos críticos.

> Não é possível ensinar a aprender, sem ensinar um certo conteúdo através de cujo conhecimento se aprende a aprender, não se ensina igualmente a disciplina de que estou falando a não ser na e pela prática cognoscente de que os educandos vão se tornando sujeitos cada vez mais críticos. (FREIRE, 1992, pg.81)

A partir desse contexto, destaca-se que o ensino de física tem como objetivos gerais fornecer aos alunos as condições de: conhecer os códigos e seus significados; organizar ideias, interpretar e sistematizar os conhecimentos para a prática; despertar a curiosidade; contribuir na formação de uma cultura científica; desenvolver competências e habilidades para competir no mercado de trabalho; compreender o papel do homem na natureza; ter responsabilidade com as questões socio-ambientais e valorizar o trabalho em equipe. Assim sendo, o trabalho do profissional do ensino de física é desenvolver atos educacionais comprometidos com a compreensão dos fenômenos naturais e do desenvolvimento tecnológico.

A preocupação em discutir o conhecimento físico, sanando as dificuldades encontradas pelos alunos se apresenta como um desafio ao professor. Desafio maior é a aprendizagem de alunos deficientes visuais. Essa realidade vem de

séculos atrás, sendo que o acesso à leitura só foi possível ao cego quando Louis Braille, há 187 anos, inventou o sistema de escrita e leitura para cegos, promovendo uma revolução na vida das pessoas com deficiência visual, dando a eles condições de desenvolvimento intelectual, profissional e, aumentando a sua autoestima.

O aluno deficiente visual necessita de professores especializados, para realizar adaptações nos materiais de apoio pedagógico, para proporcionar a integração de seu aprendizado. De acordo com Caiado (2006), há uma transformação social do deficiente visual ao se integrar na escola, fornecendo uma nova perspectiva de vida.

Existe uma dificuldade em passar conceitos de física, e de qualquer outra matéria, para um deficiente visual, observando que ele “visualiza” o mundo com os outros sentidos. A maioria das pessoas usa a visão como elemento de aprendizagem fundamental, e se o mundo é dominado pelos videntes, cabe analisar quais são as necessidades básicas do estudante cego e do estudante deficiente visual, que possuem aspectos diferentes para o aprendizado.

O estímulo do tato permite o reconhecimento e a manipulação de objetos, a determinação de texturas diferentes, distinção entre os estados sólido, líquido e gasoso, e associação dos estados da matéria à temperatura. Desta forma, os materiais de relevo auxiliam aos estudantes com deficiência visual a compreender o conteúdo ou o significado dos fenômenos existentes na natureza e explicados nos livros didáticos.

2.2 Ilustrações do Livro didático

As aulas, em geral, são baseadas na oralidade do professor e auxiliadas pelas figuras contidas nos livros didáticos. Oferecer esta mesma oportunidade que os videntes possuem ao deficiente visual é um processo de igualdade na acessibilidade ao ensino.

A linguagem visual é mais integradora e anterior à linguagem oral e anterior à linguagem escrita, assim as figuras contribuem na compreensão dos fenômenos que ocorrem na natureza.

> Interessante observar o uso das imagens fotográficas nos livros didáticos: em sua grande maioria, no sentido de garantir a existência do fato, isto é, de aproveitar a força de realidade própria da fotografia, ora para ampliar a consciência social do aluno, ora para uma aproximação mais fácil com um grupo de dados de informação considerados relevantes para o projeto pedagógico do livro. (BELMIRO, 2000, p. 23)

Kiill (2009) relata que o educador deve avaliar as ilustrações que acompanham o fenômeno juntamente com o texto, verificando se a mesma condiz com o fenômeno.

> A imagem visual é um veículo único assim como a palavra escrita. Sendo assim, ao selecionar um material didático, o educador não pode atentar-se apenas para o texto, é importante também considerar e avaliar criticamente as ilustrações que o acompanham. (KIILL, 2009, p.28)

É inegável que a utilização do livro didático como apoio pedagógico a apresentação e explanação dos conteúdos pelo professor é um processo que facilita o entendimento do aluno. A explicação do conteúdo proposto e a ligação que o aluno cria entre esta e a sua interpretação por meio da leitura dos textos e compreensão de gráficos e figuras do livro didático possibilita a sua aprendizagem.

Contudo, esse processo assume relevância para o aluno deficiente visual no momento em que a leitura do texto ou a compreensão das figuras e gráficos dos livros atendam sua condição de aprender. Essa condição perpassa pelo processo de tatear esses textos, figuras, gráficos ou tabelas. Assim, se faz necessário produzir materiais com relevo de apoio à explanação do professor e ao livro didático.

Mediante a análise dos trabalhos publicados verifica-se que não há citação de materiais de apoio ao livro didático para alunos com deficiência visual. Os livros trazem figuras que são descritas oralmente pelos professores sem critérios descritivos para o deficiente visual. Assim se faz necessário um material tátil com relevos que pode facilitar o aprendizado do aluno cego com a respectiva descrição do professor em sala de aula.

Nesse sentido, a disponibilidade desse material como suporte pedagógico ao aluno deficiente visual amplia a aprendizagem e o entendimento dos conteúdos. Em se tratando do ensino de física, essa relação se torna indispensável por estabelecer a compreensão dos fenômenos físicos e matemáticos por meio de sua ligação, além de interligar esses fenômenos aos textos propostos, facilitando o entendimento da explanação destes conteúdos pelo professor.

Por assim mencionar, a produção de material, como apoio ao conteúdo proposto pelo livro didático e à explicação do professor de física ao aluno deficiente visual são ações indispensáveis ao processo de aprendizagem escolar. Desta maneira, a técnica de termoformagem, que oferece relevo a uma película termoplástica, permite a representação da figura esquemática dos livros didáticos aos alunos de baixa visão e cegos, podendo suprir a necessidade de materiais de apoio ao professor.

2.3 Representação de figuras

Dentro das dez competências que devem ser desenvolvidas para ensinar, citadas por Perrenoud (1999), a primeira “Organizar e dirigir situações de aprendizagem” requer traduzir os conteúdos de ensino em objetivos de aprendizagem, desenvolvendo-os a partir das representações dos estudantes, para que rompam as barreiras da aprendizagem e corrijam os seus erros, planejar e construir dispositivos que envolvam os alunos em atividades de pesquisa para a construção de conhecimento.

No caso específico de alunos com deficiência visual, e tendo em mente a importância da visão na negociação de significados, é essencial a adaptação de recursos didáticos que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos.

A elaboração de recursos para ilustrar as figuras do livro didático requer uma compreensão da utilização de representações na descrição das imagens. Para os videntes, a construção de analogias é baseada na familiaridade com a realidade. Nas palavras de Silva e Martins (2010)

> Além disso, ao apreender novos conceitos e novos modelos ou reconstruir modelos, o uso de analogias pode ser relevante para o aluno ao considerar, no ensino do desconhecido, conceitos ou modelos conhecidos. (SILVA; MARTINS, 2010, p.256)

A elaboração de recursos para ilustrar as figuras do livro didático requer uma compreensão da utilização de representações na descrição das imagens. Para os videntes, a construção de analogias é baseada na familiaridade com a realidade.

A imagem para ser apreendida está circunscrita a analogias e representações. Há vários estudos utilizando analogia, compreendida numa

perspectiva familiar e de similaridades. Segundo Contenças (apud PERELMAN) “o papel da analogia é esclarecer o tema pelo foro, explicando uma relação desconhecida através de outra mais familiar.”

Em acordo com Ferreira e Dickman (2013) entende-se que a representação é uma modalidade de analogia e nesse sentido ela é primária, ou seja, apenas de equivalência à imagem já representada por símbolos. Assim, todos os signos, palavras, diagramas, desenhos, ícones estão dentro desse campo de representação de analogia primária.

No caso de estudantes com deficiência visual, o uso de analogias também deve associar modelos conhecidos para ensinar ou representar o desconhecido. Entretanto, cabe questionar se o mundo construído pelos deficientes visuais, por meio do tato, audição, olfato e paladar corresponde ao mundo representado pelos videntes.

O livro didático é uma representação do conhecimento já descoberto, necessário para apreensão do estudante. Assim, devem-se repensar como suas figuras e ilustrações serão representadas em alto-relevo, pois é esta representação que vai auxiliar o estudante deficiente visual a construir o modelo mental daquele fenômeno.

2.4 A termoformagem no atendimento dos deficientes visuais

No ensino de física, o atendimento aos alunos com necessidades educativas especiais, em particular aos alunos cegos ou de baixa visão, tornou-se um grande desafio na atualidade, uma vez que a formação do professor e o material didático, facilitadores da aprendizagem, não atendem de forma eficaz a esta demanda. Nas palavras de Costa,

> De modo geral, em quaisquer tipos de escola ou níveis de ensino faltam ao deficiente visual a literatura e os recursos didáticos adaptados, computadores e tecnologia específica, monitoria especial, acessibilidade arquitetônica, professores habilitados, entre outros. Isso sem considerar o fato de que a dificuldade torna-se ainda maior à medida em que o grau de escolarização aumenta, impossibilitando o estudante com deficiência visual de concluir, até mesmo, as etapas de escolarização anteriores ao ingresso na universidade: os ensinos Fundamental e Médio. O sistema escolar é incapaz de lidar com a deficiência: suas deficiências são bem maiores que as dos assim rotulados “deficientes”! (COSTA et al. 2006, pg. 151)

Cabe referir, que a produção de materiais pedagógicos que possuam relevo se apresenta útil ao aprendizado dos alunos deficiente visuais, justificativa que permeia a necessidade de relacionar a teoria à prática via atividade tátil. Nesse sentido, o uso de polímeros termoplásticos é adequado na fabricação destes recursos pedagógicos.

A termoformagem é um processo que consiste em aquecer uma película plástica denominada brailon por extrusão, em que se introduz um molde e através do uso do calor e pressão forma-se um relevo na película plástica. Os polímeros podem ser conformadas mecanicamente várias vezes, desde que reaquecidos, ou seja, são facilmente recicláveis.

Há copiadoras térmicas, como mostrada na figura 2, que fazem a moldagem dos termoplásticos aquecendo placas a uma temperatura entre 135°C e 250°C. Nessas copiadoras os termoplásticos são produzidos com um molde por baixo, e um processo de aquecimento, seguido por resfriamento, ficando no plástico uma figura em relevo.

Figura 2: Copiadora térmica

Fonte: Acervo do autor.

Os desenhos ou moldes, utilizados pelas copiadoras podem ser feitos com barbantes colados em cartolinas. Este tipo de trabalho tem sido desenvolvido pelo Instituto Benjamin Constant (IBC), que oferece cursos de capacitação para produção de materiais.

O Instituto Benjamin Constant disponibiliza materiais em termoformagem para diversos conteúdos, como Química, Biologia, Matemática, Geografia, dentre outros.

Em Química, por exemplo, são construídos vários modelos de átomos, bem como tabela periódica e distribuição eletrônica. Na figura 3 é mostrado o material que representa o modelo do átomo de hidrogênio.

Figura 3: Modelo do átomo de Hidrogênio

Fonte: Foto retirada do livro de química distribuído gratuitamente pelo IBC, e confeccionado pelos Profs. Paulo Augusto Rodrigues e Mônica Pernambuco em conjunto com a equipe do DPME.

O material disposto no Instituto Benjamin Constant possui alguns itens de química que podem ser usados nas aulas de física, há apenas a disponibilização de quatro materiais em película termofórmica para física para os conteúdos de vetores, força centrípeta, plano inclinado e força de atrito. Desta maneira, para contribuir com esta real necessidade da disciplina em si, as copiadoras térmicas podem ser utilizadas na confecção destes materiais para a Física.

O material de termoformagem representa um elo entre o conteúdo apresentado pela descrição oral e a compreensão desse contexto por materiais táteis. Assim, no que diz respeito à física, esse material de apoio pedagógico aos deficientes visuais é uma opção para a construção de figuras táteis como apoio as figuras do livro didático, que atenderia de forma a complementar a necessidade dos

alunos com deficiência visual e seus professores no processo de ensino e aprendizagem.

2.5 Revisão da literatura

A pesquisa envolvendo a temática Ensino de física a deficientes visuais vem aumentando gradativamente, fato verificado pela quantidade de artigos publicados nos simpósios e encontros nacionais da área. Entidades de outras áreas também analisam e propõem métodos de ensino inclusivos, o que vem contribuir ainda mais para a inclusão dos alunos deficientes na escola e na sociedade.

Muitos trabalhos acadêmicos têm como objeto de estudo a adaptação de métodos de ensino a alunos deficientes visuais. Segundo Fontes *et al* (2011) é preciso conscientizar os professores da necessidade de focar o ensino de física nos conceitos ou adaptar os conteúdos,

> O professor é o agente frontal na luta rumo à inclusão. Embora as instruções e orientações fornecidas sejam algumas vezes falhas, cabe a ele toda a parte de adaptação de conteúdo. Apresentar um conteúdo visual, gráfico, etc de maneira conceitual ou, mesmo, diferenciada, pode significar a diferença entre a compreensão ou incompreensão de algum assunto pelo aluno portador de DV. (FONTES, 2011, p.3)

A necessidade de adaptação do ensino traz reflexos dentro da sociedade ao aprender a conviver com as diferenças, ensinar física aos deficientes visuais com novas práticas é possível, e de acordo com Cozendey *et al*:

> [...] os resultados que as pesquisas nesta área apresentam já são o suficiente para afirmar que, se práticas diferenciadas forem adotadas, os alunos com deficiência visual podem sim ser incluídos nas aulas de física e participarem ativamente do processo de ensino e aprendizado. (COZENDEY *et al*, 2011, p.7)

Os encontros científicos de ensino de física, segundo a análise feita por Anjos e Camargo (2011), apresentam resultados incipientes nos percentuais de trabalhos apresentados de 2000 a 2010 que abordam o ensino de física a deficientes visuais. No Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) apenas sete trabalhos se referiam ao assunto, de um total de 661, e no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) foram 17 trabalhos de um total de 1784. Observa-se que apenas 1% dos trabalhos refere-se ao tema. Assim, com um quantitativo cada vez maior de

alunos deficientes visuais nas salas de aulas, é importante que as pesquisas neste campo também aumentem, visto pela necessidade de novas práticas educacionais no ambiente escolar.

O ambiente escolar em sua multiplicidade de fatores e realidades enfrenta dificuldades na inclusão dos alunos deficientes. Segundo Amaral, Ferreira e Dickman (2009), a metodologia de ensino deve ser adaptada observando a necessidade de cada deficiência, e aos educadores faltam adaptações nos programas curriculares que viabilizem a ação pedagógica.

> A ampliação das habilidades e competências dos professores pode viabilizar a expansão do conhecimento. Isto é feito com base na experiência cultural, no desenvolvimento biológico e na tradição histórica da instituição escolar. Ao educador em formação ainda faltam conteúdos, disciplinas e programas que apresentem bases metodológicas, que incorporem em suas ações pedagógicas a experiência de ter um aluno cego ou com qualquer outra deficiência. (AMARAL; FERREIRA; DICKMAN, 2009, p.4)

Lima e Alves (2011) discutem as mudanças no processo de formação de professores, considerando que muitos têm preconceito por desconhecerem o assunto e o aluno de inclusão. Atualmente, os cursos de licenciaturas possuem novas práticas de ensino que discutem a inclusão como uma necessidade do professor em sala de aula, ou nas palavras dos autores,

> O que mostra que nossos licenciandos têm consciência da necessidade de o professor conhecer o novo público que irá atender em suas salas de aula, aprender a identificar as necessidades especiais educacionais de seus estudantes e aprender como ajudá-los a superá-las. (LIMA; ALVES, 2011, p. 5)

Camargo *et al* (2009) apresentam a proposta de implantar uma nova linha de pesquisa em uma faculdade, oferecendo suporte no desenvolvimento de pesquisas na graduação e pós-graduação, com um laboratório cujo objetivo é proporcionar condições teóricas e materiais para o ensino de física, favorecendo a inclusão escolar do deficiente visual.

Em outro trabalho, Camargo *et al* (2009a) propõem a adequação de materiais para o ensino de eletricidade com a construção de maquetes, buscando uma contextualização do ensino de forma descritiva, questionadora e argumentativa. As adequações ou adaptações no ensinar física, viabilizando para o deficiente visual o seu aprendizado, deve ser coerente com o fenômeno físico, os materiais táteis são

de grande valia tanto para os videntes quanto para os cegos, sua tridimensionalidade o torna mais realista.

Nesta mesma linha, Tagliati *et al* (2009) desenvolveram um trabalho em parceria com o Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora e a Associação de Cegos de Juiz de Fora, no intuito de oferecer condições de se qualificar profissionalmente os licenciados, e oferecer um ensino de física adequado aos deficientes visuais. Uma forma encontrada pelo grupo foi a apresentação dos conteúdos da disciplina e explicação dos fenômenos através de experimentos. Algumas experiências simples aplicadas aos alunos contribuíram para a interpretação do fenômeno estudado. Os autores também apontam para a necessidade de capacitação dos professores para uma escola inclusiva realmente capaz de atender aos deficientes.

Para Lima, Mattiuci, Santos e Gurgel (2011) embora a inclusão esteja contemplada na Constituição Brasileira, a integração do aluno deficiente nas escolas não está sendo acompanhada com um ensino adequado para as diferenças. De acordo com os autores, há a necessidade de capacitação do profissional para uma prática pedagógica acompanhada de experimentos que auxiliem na compreensão dos fenômenos pelos deficientes visuais.

> [...] é a capacitação dos professores, visto que a disciplina de educação inclusiva é recente nos cursos de licenciatura, e ainda assim se trata de uma disciplina teórica, que não coloca o professor em situações reais, onde ele possa realmente interagir com o aluno com deficiência. Como se trata de uma deficiência visual, trabalhar a teoria junto com a prática pode ajudar para uma melhor compreensão do conteúdo ministrado. (LIMA *et al*, 2011, p.5)

Ainda segundo estes autores, as escolas também não estão preparadas para atender esta demanda, falta acessibilidade na maioria delas, além de adequação de materiais, tais como laboratórios de informática estruturados para o deficiente visual, placas em braille, dentre outros.

2.5.1 Uso de maquetes e recursos didáticos

A presença de alunos com baixa visão e cegos nas salas de aula exige a utilização de recursos educacionais para a compreensão dos conteúdos ministrados pelos professores. A procura por materiais elaborados para auxiliar o ensino de

física a deficientes visuais foi realizada por meio de uma revisão da literatura. A seguir são relatados alguns dos trabalhos encontrados que têm este objetivo.

Pazeto (2005) desenvolveu uma atividade voltada para alunos com deficiência visual cursando o Ensino médio. Nesta atividade os alunos utilizam aparatos construídos com materiais de baixo custo, para compreender os conceitos de peso e massa, pressão, energia potencial gravitacional e cinética, por meio do tato.

Camargo, Viveiros e Nardi (2006) utilizaram recursos didáticos como rádio, TV, UHF, VHF, bobina e materiais ferromagnéticos e paramagnéticos, em uma sala de aula com alunos deficientes visuais. Desta maneira, conceitos básicos de eletromagnetismo foram discutidos a partir da interação dos alunos com os aparelhos disponibilizados.

Morrone *et al* (2008) propõem conceituar corrente e resistência elétrica aos deficientes visuais através de uma atividade experimental. Na análise da eletrodinâmica o movimento dos elétrons livres por um condutor é representado pela condução de água em canudos de bitolas diferentes, esta água é sugada pelo próprio aluno, que assim percebe o fluxo diferente nos respectivos canudos.

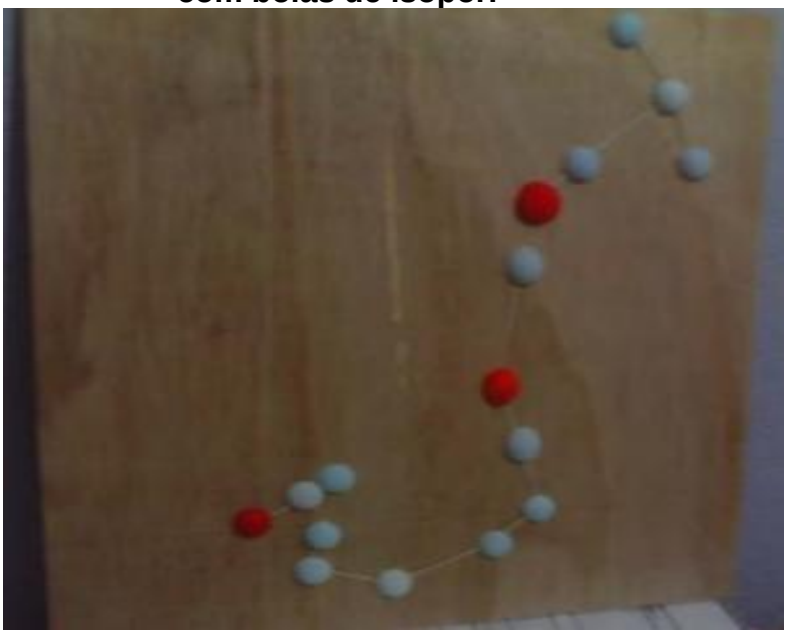
Borges *et al* (2008) adaptam a lei de Lenz para transmitir a compreensão da geração, transmissão e uso da energia elétrica que chega às residências. Para isto fazem uso de alto-falante acoplado a um circuito, este alto-falante substitui o amperímetro, e ao variar a frequência o som também varia, associando-se assim, a distorção do som à variação da corrente elétrica.

Junior, Medeiros, Junior, Oliveira e Oliveira (2007), observando o aspecto construtivista do processo de inclusão nas escolas, desenvolvem como projeto experimental uma maquete que representa a associação de resistores em série e paralelo. Este aparato permite que alunos deficientes visuais e videntes realizem diferentes tipos de associação, possibilitando-lhes vivenciar através do tato, pela diferença de temperatura e pelo som, as diferenças nos brilhos das lâmpadas do circuito, e assim caracterizar as diferenças nas ligações em série e paralelo.

Paranhos e Garcia (2009) realizaram uma montagem experimental para a verificação da difração da luz por deficientes visuais. A montagem do aparelho considerou o uso de ondas sonoras para observar uma onda eletromagnética. Na mesma linha, Almeida *et al* (2011) produziram um *kit* de estudo de movimento com a utilização de ondas sonoras.

O uso de materiais táteis de baixo custo podem ser bem aproveitados para o estudo da astronomia. Bernardes e Souza (2011), com o uso de bolas de isopor, madeira, cola e biscuit, propõem modelos de constelações táteis como mostrado na figura 4. Outra metodologia de ensino para deficientes visuais, relatada pelos mesmos autores, utiliza áudio para lecionar Astronomia. O projeto também envolveu os alunos videntes, promovendo uma integração na sala de aula.

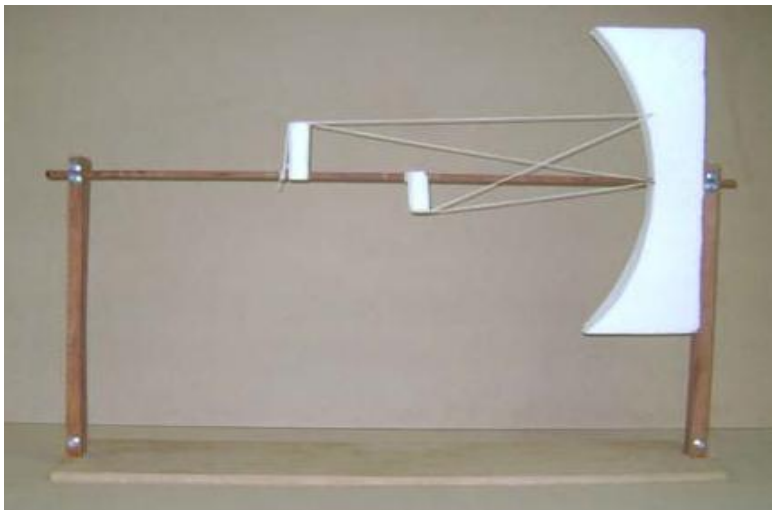
Figura 4. Constelação de Escorpião elaborada numa placa de madeira com bolas de isopor.



Fonte: (BERNARDES; SOUZA, 2011, p.5)

Almeida *et al* (2011) propuseram uma atividade lúdica com o uso de maquetes em suporte de madeira associada com o isopor e barbante para a construção de imagens num espelho côncavo de forma tátil para o deficiente visual, esta atividade lúdica é como mostrado na figura 5. Ainda que a ideia é contribuir para que o deficiente visual possa entender os fenômenos ópticos por meio do tato esta configuração também permite aos videntes uma nova perspectiva de estudo da formação de imagens num espelho esférico.

Figura 5. Produção da imagem real



Fonte: (Almeida et. al., 2011, p.6)

Neste mesmo contexto, Junior *et al* (2011) também utilizam uma maquete para demonstrar o fenômeno da sombra. Para a construção de sua maquete, figura 6, foram usados materiais de baixo custo, como isopor, hastes plásticas, régua, tesoura, fita adesiva, caneta e estilete.

Figura 6. Placas menores colocadas entre o topo da pirâmide e a base

Fonte: (Junior et. al., 2011, p.6)

Tato e Lima (2009) descrevem a necessidade de material tátil no estudo das equações matemáticas, considerando que os alunos deficientes visuais demonstraram confusão ao resolver cálculos matemáticos simples. Esta situação compromete o aprendizado de física, uma vez que a disciplina utiliza a matemática como ferramenta em seus cálculos. O material tátil proposto foi feito com

termoformagem. Entre as vantagens deste material tátil está a durabilidade, a facilidade de confecção, a leitura tátil e visual numa mesma folha.

No caso das equações matemáticas e das figuras dos livros didáticos, percebe-se que há uma grande escassez de materiais que possam auxiliar o estudante deficiente visual nos seus estudos. Alguns trabalhos indicam a dificuldade enfrentada por estes alunos ao se deparar com ilustrações que complementam a explicação de um determinado fenômeno da física. (SILVA, DICKMAN, FERREIRA, 2011).

Desta maneira, neste trabalho propõe-se a elaboração e construção de um material tátil à base de termoformagem para representar as ilustrações do efeito fotoelétrico dos livros didáticos para atender aos alunos deficientes visuais.

2.5.2 Panorama das publicações

Deve-se ressaltar que para a idealização deste trabalho em termoformagem foram analisadas todas as publicações do EPEF até 2008 e do SNEF até 2013, para constatação dos fatos que se almeja demonstrar em relação ao pouco uso da termoformagem como material de apoio nas aulas de física para o deficiente visual.

Como o intuito foi considerar em específico a deficiência visual não estão relatadas as demais deficiências. Como pode ser visto no quadro 1, trabalhos do EPEF abordam a deficiência visual apenas nos anos de 2000; 2002; 2006 e 2008, nos anos posteriores não há muita produção e o pesquisador Eder Pires de Camargo[2] é o idealizador ou coautor de quatro dos cinco trabalhos apresentados. Os trabalhos de 2000 e 2002 abordam aspectos históricos e conceituais dos alunos com deficiência visual, enquanto que os três trabalhos dos anos posteriores tratam de atividades e experimentos adaptados para ensinar conceitos de Óptica, Eletromagnetismo e Mecânica a deficientes visuais.

Quadro 1. Panorama das publicações sobre Ensino de física a deficientes visuais no EPEF

Ano	Trabalho

[2] Pesquisador em ensino de física, que adquiriu a deficiência visual ainda na infância.

2000	Conceitos sobre repouso e movimento do deficiente visual e modelos históricos. *Tania M. S. Braga, Luis V. A. Scalvi, Eder Pires de Camargo.*
2002	O Ensino de Física e os portadores de deficiência visual: aspectos da relação de suas concepções alternativas de repouso e movimento com modelos históricos. *Eder Pires de Camargo*
2004	Ensino de Física para alunos com deficiência visual: Atividade que aborda a posição de encontro de dois móveis por meio de um problema aberto. *Dirceu da Silva, Eder Pires de Camargo*
2006	Trabalhando conceitos de óptica e eletromagnetismo com alunos com deficiência visual e videntes. *Eder Pires de Camargo, Edval Rodrigues de Viveiros, Roberto Nardi*
2008	Conceituando corrente e resistência elétrica por meio das sensações e percepções humanas: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais. *Wagner Morrone, Luiz Henrique Amaral, Mauro Sérgio Teixeira de Araújo*

Fonte: Elaborado pelo autor.

No SNEF há uma produção acadêmica maior, de 1970 a 2003 não há produto acadêmico realizado neste assunto. A partir de 2005, percebe-se um aumento gradativo do número de publicações relacionadas, sendo um em 2005, três em 2007, nove em 2009, dezessete em 2011 e nove em 2013. Em 2013 há uma diminuição dos trabalhos, mas mesmo assim ela é muito superior ao do EPEF.

Quadro 2. Panorama das publicações sobre o Ensino de física a deficientes visuais no SNEF

Ano	Publicações
2005	Outras percepções no Ensino de Física. *Fábio Pazeto*
2007	**1)** Ensino de conceitos de Física moderna para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades. *Eder Pires de Camargo, Roberto Nardi* **2)** Planejamento de atividades de ensino de mecânica para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. *Eder Pires de Camargo, Roberto Nardi* **3)** Uma estratégia para o ensino de associações de resistores em série/paralelo acessível a alunos com deficiência visual. *Ana Aline de Medeiros, Mauricio Jose do Nascimento Junior, Fernando Japiassú Junior, Wesley Costa de Oliveira, Narla Sathller Musse de Oliveira*
2009	**1)** Concepções de calor e temperatura de alunos cegos. *Maira Costa Santos, Fabiana Fernandes da Silva, Maria da Conceição Barbosa-Lima* **2)** Arquivos Portáteis de Áudio para o Ensino de Astronomia em turmas inclusivas no Ensino Fundamental e Médio *Adriana Oliveira Bernardes, Marcelo de Oliveira Souza* **3)** Montagem experimental para verificação do fenômeno de difração de luz

	adaptada para portadores de deficiência visual *Rafael Rodrigo Garofalo Paranhos, Ducinei Garcia* **4)** Conceituando corrente e resistência elétrica por meio do conhecimento sensível: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais *Wagner Morrone, Mauro Sérgio Teixeira de Araújo, Luiz Henrique Amaral* **5)** Educação de estudantes cegos na escola inclusiva: o Ensino de Física *Graziele Kelly Amaral, Amauri Carlos Ferreira, Adriana Gomes Dickman* **6)** Inclusão no Ensino de Física: materiais adequados ao ensino de eletricidade para alunos com e sem deficiência visual *Eder Pires de Camargo, Alysson Cristiano Beneti, Ibraim Alcides Molero, Roberto Nardi, Noemi Sutil* **7)** Ensino de Física e deficiência visual: diretrizes para a implantação de uma nova linha de pesquisa *Eder Pires de Camargo, Roberto Nardi, Carla Reis Evange lista, Noemi Sutil* **8)** Material de Equacionamento Tátil Para Portadores de Necessidades Especiais Visuais *André Luis Tato, Maria da Conceição de Almeida Barbosa-Lima* **9)** Ensino de Física para portadores de deficiência visual: Atividades desenvolvidas em um centro de ciências *José Roberto Tagliati, Diego de Souza Moreira, Marina Ribeiro Teixeira, Lucimar Fernandes Grégio.*
2011	**1)** Ensino de Óptica a deficientes visuais: uma alternativa lúdica de inclusão *Emanuel Freitas Almeida; Raphael Ribeiro Barreto; Halsey Anselmo Pereira Ramos; Harley Alves Brito* **2)** Um estudo exploratório sobre as pesquisas no ensino da astronomia e a deficiência visual no Brasil. *KarimeDalle Siqueira, Rodolfo Langhi* **3)** Materiais e referencial teórico para o ensino de física moderna para alunos com e sem deficiência visual. *Éder Alves Pereira, Jefferson Yoshio Ocawada, Rodolfo Cesar Cestari, Eder Pires de Camargo, Paola Trama Alves dos Anjos* **4)** Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva. *Éder Alves Pereira, Jefferson Yoshio Ocawada, Rodolfo Cesar Cestari, Eder Pires de Camargo, Paola Trama Alves dos Anjos* **5)** Análise de publicações sobre o ensino de física para alunos com deficiência visual. *Sabrina Gomes Cozendey, Márlon Caetano Ramos Pessanha, Maria da Piedade Resende da Costa* **6)** Ensinando ondas sonoras para pessoas cegas *Maria Romênia da Silva, Raquel Viana Bernardo, Narla Sathler Musse de Oliveira* **7)** Projeto PIBID: Ensino de física para alunos com deficiência visual *Edivânia Bezerra de Lima, Ana Carolina Mattiuci, Thyago Paulino dos Santos, Augusto de Rubim Costa Gurgel.*

	8) Ensino de física para alunos com deficiência visual: descrição de figuras dos livros didáticos. *Kátia Cristina da Silva, Adriana Gomes Dickman, Amauri Carlos Ferreira* **9)** Ensino de física para alunos com deficiência visual: Panorama das pesquisas apresentadas nos principais encontros e revistas da área a partir do ano 2000. *Paola Trama Alves dos Anjos, Eder Pires de Camargo.* **10)** Explicando o fenômeno da sombra para alunos com deficiência visual *Cesar Eduardo Gagliardo Junior, Mauricio Grisi Cavalheiro, Eder Pires de Camargo, Paola Trama Alves dos Anjos* **11)** Inclusão no ensino de física: Materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo *Bruno José Corrêa, Marcos Paulo Segantini dos Santos, Rafael Augusto dos Anjos Rosa, Eder Pires de Camargo, Paola Trama Alves dos Anjos* **12)** Inclusão Social *Adriana da Silva Fontes, Claudete Cargnin Ferreira, Carla Maria Tavares Braga, Felipe Veiga Ramos* **13)** Modelo experimental para o ensino das fases da lua aos indivíduos com e sem deficiência visual *Sabrina Gomes Cozendey, Márlon Caetano Ramos Pessanha* **14)** Experimentos envolvendo conceitos de centro de massa para alunos com nenhuma ou pouca visão. *Helena Libardi, Fábio Martins Cardoso, Felipe Fortes Braz* **15)** A visão dos licenciandos sobre inclusão escolar dos deficientes visuais. *Maria da Conceição Barbosa-Lima, Lucia de Assis Alves.* **16)** Recursos táteis para o ensino de astronomia para deficientes visuais em turmas inclusivas *Adriana Oliveira Bernardes, Marcelo de Oliveira Souza.* **17)** A construção de um circuito elétrico misto, em uma oficina de aprendizagem no colégio Sesi de Londrina/PR, com ênfase na deficiência visual. *Ana Aline de Medeiros, Alexandre Fregolente, Diego Marques da Silva*
2013	**1)** Introdução a ondulatória para alunos deficientes visuais. *Evelyn Marcia de Andrade, Maria da Conceição de Almeida-Barbosa.* **2)** Ensino de física ondulatória para alunos com deficiência visual: proposta de material didático. *Jéssica Caroline Santos da Pascoa, Adriana Gomes Dickman, Amauri Carlos Ferreira* **3)** Ensino de física e deficiência visual: Relato de uma experiência em aulas de eletrostática. *Marcela Ribeiro da Silva, Alice Helena Campos Pierson* **4)** Ensinando Geocentrismo e Heliocentrismo para alunos deficientes visuais: uma proposta didática a luz da teoria dos modelos mentais. *Bruna Raíssa Gomes dos Santos, Erlania Hélen da Silva Fernandes, Cyro Wálison Soares da Silva, Ricardo Rodrigues da Silva, Clarissa Souza de Andrade*

	5) Ensino de física para alunos cegos: Buscando orientações para a elaboração de um material didático de thermoform[3] *Nivaldo Manske, Adriana Gomes Dickman* **6)** O ensino da física para educação inclusiva: relato de um experimento com deficiente visual. *Helena Libardi, Georgina Amélia de Oliveira, Eric Manuel Campos Dias* **7)** Experimentos com realidade virtual e aumentada e o ensino de física para alunos com nenhuma ou pouca visão. *Fabiano Gonçalves Lomonaco Junior, Antonio Luiz Fernandes Marques, Claudio Kirner, Murilo Silva Giacometti* **8)** Experimentos de ótica com laser para alunos com deficiência visual. *Alexandre Cesar Azevedo, Leonardo Pereira Vieira, Carlos Eduardo Aguiar, Antonio Carlos Fontes dos Santos* **9)** Representação Multissensorial da Evolução dos Modelos Atômicos. Material Construído em uma Disciplina de Formação Inicial de Professores de Física. *Eder Pires de Camargo, Daiana Braga de Almeida Mendonça Gabriela Selingardi Rafael dos Santos Pedro, Douglas Augusto Galbiatti*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda com relação aos trabalhos publicados pode ser feita uma separação por assunto pesquisado. Em 2007, os três trabalhos publicados estão voltados para o ensino de física e suas estratégias, abordando conteúdos de Física moderna, Mecânica e Eletricidade. Em 2009 podem-se classificar quatro trabalhos como Estratégias de ensino, envolvendo a construção de materiais adaptados para ensinar Eletricidade e para a manipulação de equações matemáticas, e construção de experimentos sobre fenômenos da Óptica física e Eletricidade. Os outros trabalhos relatam o uso de áudio para o ensino de Astronomia; discutem conceitos alternativos de Termodinâmica; o ensino de física em espaços não-formais; além de discussões teóricas sobre o ensino de física a alunos deficientes visuais e a constituição de uma linha de pesquisa nesta área.

Em 2011, dois trabalhos foram voltados para a formação e prática profissional no contexto da inclusão social; três trabalhos analisaram as publicações sobre ensino de física para alunos deficientes visuais nos principais eventos e periódicos da área. Nos outros trabalhos foram relacionadas estratégias de ensino de conteúdos da física para deficientes visuais. Destes, cinco trabalhos indicam atividades para ensinar Óptica, ondas sonoras, fases da lua e centro de massa, enquanto que seis trabalhos propõem materiais adaptados para o ensino de Magnetismo, Física moderna, Astronomia, associação de resistores, sombras, e

[3] Uma cópia deste artigo encontra-se no Apêndice.

figuras do livro didático. Um trabalho discute a experiência de ensinar física a deficientes visuais no programa do PIBID[4].

Em 2013, dos oito trabalhos apresentados, apenas dois são voltados para a prática pedagógica e formação do professor no contexto da inclusão de alunos deficientes visuais. Os outros trabalhos abordam estratégias de ensino, sendo que destes, dois discutem a adaptação de material para ensinar física ondulatória; quatro sugerem experimentos para o ensino de Eletrostática, geocentrismo e heliocentrismo, Óptica e modelos atômicos; e um utiliza recursos da realidade virtual para ensinar a este grupo de alunos.

O termofor ou brailon é um material de fácil obtenção, porém apenas dois artigos abordam o uso desta ferramenta, de acordo com o levantamento de dados realizado. No trabalho de Tato e Silva (2009) é feito um breve comentário sobre a utilização de termoformagem, e no trabalho de Manske e Dickman (2013) faz-se uma sondagem com professores do Ensino médio para averiguar se os mesmos conhecem e utilizam materiais didáticos de termoform. Vale ressaltar que, nos trabalhos analisados, é constantemente relatada a importância do processo tátil para o processo cognitivo dos alunos deficientes visuais, boa parte envolvendo a construção de objetos ou maquetes adaptados.

[4] O Programa Institucional de Iniciação à Docência concede bolsas a alunos de licenciatura participantes de projetos de iniciação à docência desenvolvidos por Instituições de Educação Superior em parceria com escolas de educação básica da rede pública de ensino.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo relatam-se as etapas seguidas na elaboração do material termofórmico para auxiliar o processo de aprendizagem de alunos com deficiência visual. O material consiste em uma representação do diagrama que ilustra o Efeito fotoelétrico, presente nos livros didáticos.

3.1 Levantamento preliminar

O passo inicial do trabalho consistiu em uma pesquisa de campo sobre a utilização do material de termoform como apoio didático no ensino de física a alunos cegos nas escolas, incluindo demais contextos que permeiam essa questão. O trabalho investigativo foi feito com docentes que atuam no Ensino médio na Região Metropolitana da Grande Vitória (ES), com a finalidade de que os resultados dêem suporte a professores e demais pesquisadores no que tange às dificuldades encontradas no atendimento a alunos cegos, além de orientações para a elaboração de um material de apoio pedagógico à base de termoform.

Dessa maneira, o objetivo desse levantamento foi realizar uma sondagem com professores de física do ensino médio, buscando orientações para elaborar um material didático em relevo, à base de termoformagem, para um determinado conteúdo de física.

3.1.1 Elaboração do instrumento

O instrumento utilizado para a realização da pesquisa de sondagem foi um questionário, mostrado no quadro 3, aplicado aos professores do ensino médio, objetivando conhecer o processo de ensino da física aos alunos deficientes visuais. Compreender, em especial, se há a utilização de materiais de apoio a este grupo de alunos, e se os professores entendem como relevantes a utilização deste apoio pedagógico.

A primeira pergunta do questionário refere-se à formação do professor. As perguntas seguintes (dois, três e quatro) buscam informações sobre a experiência do professor com alunos deficientes visuais e se houve algum tipo de preparo na sua formação para lidar com a inclusão. Na quinta pergunta busca-se identificar qual

conteúdo, na opinião do professor, seria mais difícil de ensinar para alunos deficientes visuais. A sexta e a sétima questões buscam conhecer a realidade da escola no que se refere à existência de atendimento especializado e recursos didáticos adaptados para alunos deficientes visuais. A oitava questão questiona se o professor utiliza material de relevo feito com a película termofórmica. E a nona questão busca uma orientação sobre qual conteúdo deveria ser contemplado em um material de alto-relevo.

Quadro 3. Questionário aplicado aos professores

1) Especifique a sua formação Acadêmica:

a) ( ) Licenciatura ( ) Bacharelado ( ) Outros; Qual? _____

b) ( ) Ciências ( ) Biologia ( ) Física ( ) Química ( ) Outros; Qual?_____

2) No seu curso de graduação você cursou alguma disciplina que discutiu inclusão?

( ) Sim ( ) Não. Justifique sua resposta._____

3) Você se sente preparado para lidar com alunos com deficiência visual?

( ) Sim ( ) Não. Justifique sua resposta.

4) Você já lecionou para alunos com deficiência visual?

( ) Sim ( ) Não. Em caso afirmativo descreva sua experiência.

5) Ao ensinar Física para alunos deficientes visuais, qual o conteúdo de física que na sua opinião representaria a maior dificuldade? Justifique.

6) Há atendimento especializado para alunos com deficiência visual em sua escola? Em caso afirmativo, descreva seu funcionamento.

7) Quais são os recursos/materiais pedagógicos disponíveis na sua escola para o ensino de física a alunos com deficiência visual?

8) Você conhece o material de termoformagem para deficientes visuais?

( ) Não e não tenho interesse.

( ) Não mas tenho interesse.

( ) Usei algumas vezes.

( ) Conheço, mas nunca trabalhei com ele.

( ) Faço uso regularmente.

Caso já tenha trabalhado com material de termoformagem, descreva sua experiência.

9) Se você pudesse encomendar um material em alto-relevo (de termoformagem) para auxiliar suas aulas de física a alunos com deficiência visual, qual seria o tópico de física que você escolheria? Justifique sua resposta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.2 População pesquisada

O questionário foi enviado eletronicamente a sessenta e cinco professores de física do ensino médio. Foram analisados dez questionários respondidos por um mestrando, oito tutores e um doutor.

No quadro 4 é mostrada a formação acadêmica dos professores pesquisados. Apenas um professor não é formado em física, sendo que a maioria possui licenciatura em física.

Quadro 4: Formação acadêmica dos professores pesquisados

Formação	Área	Número de professores
Licenciados	Física	08
Bacharel	Física	01
Bacharel	Engenharia	01

Fonte: Dados da pesquisa.

Dos professores que responderam o questionário oito são licenciados e um é bacharel em Física, e um é bacharel em Engenharia.

3.1.3 Experiência com inclusão

Dentre os professores pesquisados, apenas um obteve informação sobre inclusão na licenciatura. Segundo este professor:

> *Durante a disciplina de psicologia da educação, discutiu-se brevemente alguns casos de jovens com necessidades especiais e como a psicologia ajudava a entender os processos de desenvolvimento dos mesmos. Estes educandos, no entanto, eram avaliados apenas sob o ponto de vista psicológico, as demais deficiências e necessidades especiais não foram discutidas.*

Entretanto, todos destacaram não estar preparados para dar aulas a alunos que possuam deficiência visual, apesar de quatro dos professores terem relatado já ter lecionado para deficientes visuais.

Dentre os professores com experiência no contato com alunos deficientes visuais, um deles citou que trabalhou com dois alunos deficientes visuais sem

nenhum auxílio, e com o quantitativo elevado de alunos por sala, o atendimento a esses alunos era totalmente comprometido. Eventualmente, os alunos participavam de aulas experimentais, necessitando a sensação do tato para a compreensão dos fenômenos. Neste caso, o professor exemplificou o experimento relacionado com a sensação térmica, em que foi utilizada água na temperatura ambiente e os dedos do aluno resfriado ou aquecido levemente.

Outra situação envolvendo o trabalho docente com aluno deficiente visual, embora o professor tenha tido aulas sobre inclusão na sua formação, este relata que mesmo tendo o auxílio de uma professora, o seu trabalho baseava-se muito no apelo visual. Este acompanhamento ocorria apenas uma vez por semana, o que demonstrava ser ineficaz para o aproveitamento da aluna.

Para outro professor o aluno não era completamente cego, mas de baixa visão, e existia uma pessoa para acompanhá-lo apenas no início do ano letivo. No decorrer do ano a aluna se encontrava por própria conta, e o professor acabava por pedir trabalhos a serem realizados com o auxílio do computador.

O quarto professor relata não ter encontrado problema para lecionar para o aluno cego congênito presente em sua sala de aula, sem fornecer maiores detalhes.

3.1.4 Conteúdo de física

No que diz respeito ao conteúdo de física, os professores em sua maioria citaram a Óptica como o assunto que representaria a maior dificuldade para ensinar a alunos com deficiência visual, por lidar com fenômenos que envolvem a luz.

No quadro 5 são mostrados todos os conteúdos citados pelos professores. Pode-se perceber que os professores citam o Eletromagnetismo, Física quântica, gravitação e ondas como assuntos difíceis de serem explicados sem o referencial da visão.

Três professores não opinaram e um professor, licenciado em física, que não teve aula relacionada à inclusão na faculdade, declarou não sentir dificuldade em nenhum conteúdo, como mostram suas palavras:

> *Não encontrei nenhum problema para ensinar algum conteúdo específico para os cegos. Já que essa pesquisa visa a obtenção de informações coletáveis narro apenas um fato de modo muito limitado: A lida com alunos cegos parciais e não congênitos foi mais difícil. Lidar com alunos que tenham doenças contraídas de forma a causar cegueira evolutiva demanda disciplina e acolhimento por parte do professor para que o aluno compreenda que estes alunos não serão tratados diferentemente de qualquer outro aluno. Mas óptica.*

Embora o professor afirme não ter sentido dificuldades em nenhum conteúdo, ao final de sua fala ele deixa a questão em aberto ao escrever apenas “Mas óptica”.

Acredita-se que o fato de os professores relatarem o ensino de Óptica ao aluno deficiente visual como uma das principais dificuldades decorre do fato de terem se apegado ao sentido da visão como referencial.

Quadro 5: Conteúdos classificados pelos professores entrevistados como difíceis de serem ensinados a estudantes com deficiência visual

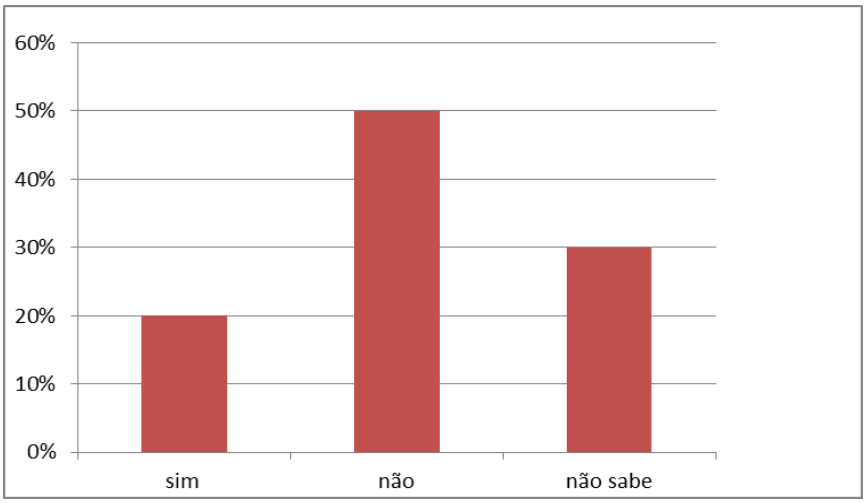
Conteúdo	Óptica	Eletromagnetismo	Física quântica	Gravitação	Ondas	Não opinou
Frequência	03	02	01	01	01	03

Fonte: Dados da pesquisa.

3.1.5 Recursos oferecidos pelas escolas

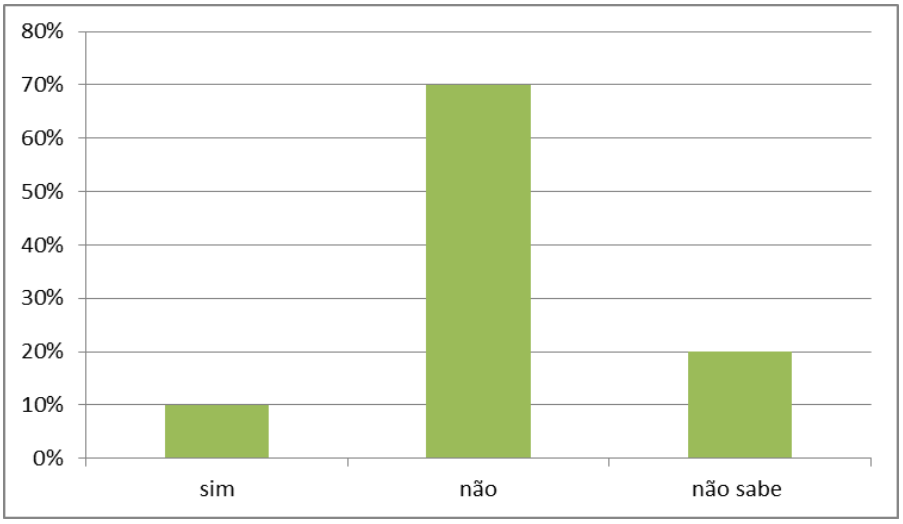
Em relação ao atendimento especializado nas escolas, 50% afirmaram que não existe, 20% não sabem e 10% não responderam. Apenas 20% dos professores indicaram que suas escolas possuem atendimento especializado. No que tange ao material de apoio pedagógico para alunos deficientes visuais, 70% afirmaram que a escola não possui nenhum material, 20% não sabem, e 10% citam o computador como recurso. No gráfico das figuras 7 e 8 são representadas estas respostas.

Figura 7. Atendimento especializado na escola



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8: Material pedagógico disponível na escola



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.6 Material de termofor

É importante destacar que nenhum dos entrevistados conhece algum material de termoformagem sobre conteúdo de física, talvez este fato seja justificado pela já constatada escassez de material desse tipo abordando conteúdos de física.

Apenas um professor afirmou não ter interesse em conhecer o material, enquanto que os demais demonstraram interesse pelo recurso.

No que diz respeito à escolha do tópico de física para elaboração do material em relevo, quatro dos entrevistados não souberam responder, um citou que seria

interessante tê-los para todos os assuntos. Os outros professores citaram: Eletromagnetismo (2); associação de resistência elétrica e capacitores (1); Eletricidade (1); Termologia e Termodinâmica (1). O número entre parênteses indica o número de professores que escolheu o tópico. As respostas são mostradas no quadro 6. Observa-se que dos professores que responderam, apenas um citou um assunto específico, os demais citaram uma subárea da física.

Embora o conteúdo de Óptica tenha sido considerado o mais difícil de ensinar, nenhum professor sugeriu tópicos de Óptica para o material em termoformagem.

Quadro 6: Conteúdos indicados pelos professores entrevistados para a confecção de material didático

Conteúdo	Eletromagnetismo	Eletricidade	Termodinâmica	Não sabem
Frequência	02	02	01	04

Fonte: Dados da pesquisa.

3.1.7 Discussão dos resultados

O resultado da sondagem indica a existência de uma lacuna na formação do professor de física em relação à inclusão de alunos cegos, em acordo com Glat (1998, *apud* LEÃO; DOESCHER; DA COSTA, 2005), e que poucas escolas possuem material didático para atendimento a estes alunos, conforme apontado por Costa, Neves e Barone (2006).

Cabe ainda ressaltar que nenhum professor entrevistado conhece material de relevo à base de termofor e que a maioria tem interesse em trabalhar com o material.

Verifica-se que há muito que fazer para alunos que necessitam de novos métodos que atendam às suas especificidades de aprendizagem, estes obstáculos serão transpostos somente com o planejamento das ações educacionais realizadas pelo professor.

Assim, ao realizar uma pesquisa sobre o conhecimento do professor em relação aos materiais disponíveis, investigam-se quais são as contribuições necessárias para a criação de materiais e recursos que permitam realizar uma mediação baseada em adaptações que ajudem o aluno a aprender. Essa realidade

indica a necessidade da elaboração e utilização de materiais em relevo, fazendo com que os materiais de termofor, principalmente sobre conteúdos de Óptica, sejam apontados como um recurso que auxiliaria bastante o ensino de Física a alunos cegos.

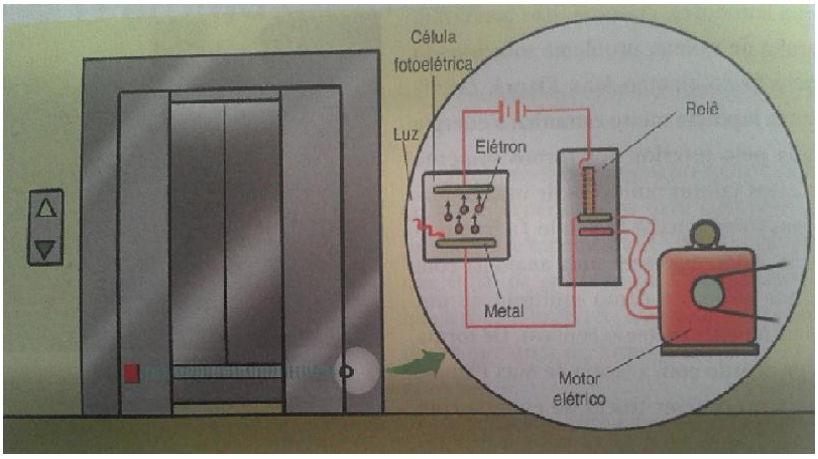
3.2 Escolha do tema

A análise da pesquisa com os professores indica a dificuldade inerente em ensinar assuntos que contenham aspectos luminosos e de Física moderna, desta forma escolher um tema que abordasse estas dificuldades para a construção de um material de apoio às figuras contidas no livro didático, é bastante produtivo. Assim justifica-se a escolha do efeito fotoelétrico, tema bem interessante, visto que envolve a representação da luz dentro da Física moderna.

Deve-se ressaltar que o efeito fotoelétrico tem na atualidade aplicações em vários equipamentos da vida cotidiana, pode-se citar como exemplo a porta eletrônica usada nos *shoppings centers*, sistemas de seguranças na forma de sensores de luminosidade, controles remotos dos diversos aparelhos eletrônicos. Inserir a explicação deste conteúdo para o aluno deficiente visual é importante para a compreensão de como alguns dispositivos tecnológicos funcionam.

Na figura 9 é mostrado um esquema de uma célula fotoelétrica que aciona a porta de um elevador. É interessante notar o tipo de representação utilizada para o efeito fotoelétrico.

Figura 9: Célula fotoelétrica da porta de um elevador



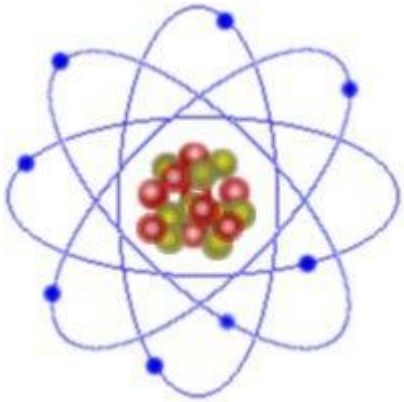
Fonte: Coleção Quanta Física, Ensino Médio, Vol. 3, pg. 28.

3.3. Escolha da representação

O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons de uma superfície metálica ao se incidir radiação eletromagnética, com frequências próximas à frequência da luz visível, nesta superfície. Este fenômeno é explicado fisicamente quando se considera o caráter corpuscular da radiação na interação com os elétrons da superfície. Por outro lado, a frequência da radiação eletromagnética evidencia o caráter ondulatório desta. Assim, para compreender o efeito fotoelétrico, deve-se ter em mente o comportamento dual da luz, ou seja, a dualidade partícula-onda.

Neste trabalho, para ensinar o efeito fotoelétrico, entende-se que seja necessário introduzir primeiramente o modelo atômico, composto pelo núcleo e os elétrons na região orbital. Desta maneira, foi escolhida uma representação típica de livros didáticos para o modelo atômico, como exemplificado pela figura 10. A matriz para termoformagem tem como base esta representação.

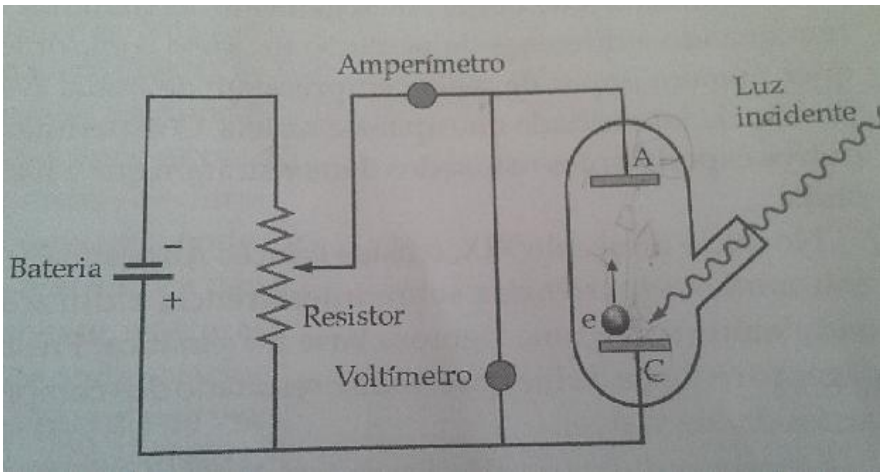
Figura 10. Modelo atômico



Fonte: www.las.inpe.br (acesso em: 20/05/2013)

Após introduzir a ideia do átomo e suas partículas constituintes, aborda-se o efeito fotoelétrico. O diagrama da figura 11 é uma representação típica do fenômeno, em que o circuito elétrico serve de apoio para a detecção da corrente elétrica, que simboliza a ejeção dos elétrons da superfície irradiada. A luz incidente, comumente ilustrada por uma senoide, incide na superfície metálica, representada por uma barra de metal, e o elétron ejetado é representado por uma esfera.

Figura 11: Desenho esquemático para estudar o efeito fotoelétrico



Fonte: (TIPLER e MOSCA, 2006, pg. 4)

Considerando que a luz tem um comportamento dual de onda e partícula, neste trabalho opta-se por representar a luz incidente por uma senoide, feita com barbante, e os fótons, feitos com pequenos quadrados texturizados, que representam os pacotes de energia associados ao caráter corpuscular da luz.

A superfície metálica será representada por um pedaço de material granular bem compacto, mostrando que apesar de macroscopicamente a matéria ser contínua, microscopicamente ela é constituída por átomos.

Os elétrons serão representados por grãos de arroz, que possuem uma estrutura alongada e pequena.

Observando as figuras dispostas em livros didáticos do efeito fotoelétrico, as ondas de luz incidem sobre uma superfície metálica liberando elétrons, sendo assim, como proposta de auxílio ao livro didático para a prática de educação inclusiva do deficiente visual, uma superfície com relevo de material termofórmico, possibilita a compreensão deste efeito físico pelo estudante cego.

3.4 Material termofórmico

A montagem das matrizes para construir a película em termofor objetiva auxiliar ao professor em sua prática pedagógica quanto à disponibilização de material de apoio às figuras existentes nos livros didáticos, nas salas que possuem alunos cegos ou de baixa visão.

A película termofórmica possui a propriedade de ter o relevo estabelecido nela. Assim, podem-se construir modelos associados às figuras existentes no livro didático, de forma a contribuir com o aprendizado do deficiente visual.

Apenas alguns centros de atendimento ao deficiente visual possuem equipamentos necessários para a confecção do material em termoformagem. Um deles é o Instituto Benjamin Constant que além de distribuir gratuitamente material em alto-relevo para todo o Brasil, oferece cursos para capacitar profissionais da educação na técnica de termoformagem.

3.4.1 Instituto Benjamin Constant e Cursos oferecidos

O Instituto Benjamin Constant (IBC) foi criado por Dom Pedro II, com o decreto imperial 1428, de 12 de setembro de 1854, com o nome de Imperial Instituto dos Meninos Cegos. Hoje o IBC é conhecido nacionalmente pelo seu trabalho ao longo dos anos, oferecendo capacitação para professores, assessoria a escolas e instituições, produção de material especializado e impressões em braile.

O IBC também possui uma escola para os alunos cegos, oferece à comunidade atendimento médico especializado e reabilitação, e disponibiliza durante o ano diversos cursos para atender aos deficientes visuais, aos professores, e à comunidade em geral.

Dentre os cursos oferecidos pelo Instituto vale ressaltar o curso **Produção de Material Didático Especializado** destinado a Professores e acadêmicos da educação, Terapeutas Ocupacionais, Fonoaudiólogos e Psicomotricistas. Neste curso são ensinadas técnicas de conceituação, classificação e função de recursos e materiais didáticos utilizados pelo deficiente visual; conceituação e caracterização de texturização envolvendo materiais necessários e acessórios; e confecção de materiais.

Um dos autores desta pesquisa participou deste curso em julho de 2012, perfazendo um total de 40h. No programa foram discutidos os tipos básicos de materiais para o ensino, materiais adaptados e alternativos; representações grafo-táteis em relevo; texturização diferenciada; texturização para termoform; confecção de materiais alternativos; confecção de matriz diferenciada; confecção de matriz para termoform; confecção livre de matriz; reprodução de matrizes em termoform; e pinturas e acabamentos de películas de PVC termoformadas.

Este curso capacitou este autor a desenvolver materiais de alto-relevo com base no processo de termoformagem, essencial para a produção do material didático proposto neste trabalho.

3.4.2 Montagem de uma matriz de termoformagem

O processo de fabricação da matriz de termofor requer alguns materiais de fácil obtenção, que podem ser recicláveis, tais como, tampas de papel, alumínio de latas de achocolatados, sementes, pedaços de papel, pedaços de pano, sobras de EVA, botão, e outros.

A confecção do material é um trabalho que requer atenção, organização e local silencioso. Após a escolha do local de trabalho os materiais necessários devem ser separados, e deixados no local apenas o que será usado, isto facilita o trabalho a ser desenvolvido. Os materiais principais são destacados na foto da figura 12, como papel, lápis, borracha, tesoura, linha, cola, palito de churrasco (muito útil para retirar o excesso de cola e auxiliar na colagem), canetas hidrocor, punção, reglete e prancha.

Figura 12. Material utilizado para a construção da matriz termofórmica

Fonte: Acervo do autor.

Com o material disponível em mãos, e escolhido o assunto a ser representado, escolhe-se uma ilustração do livro didático, ou desenha-se uma figura que representa o fenômeno. Após isto, contorna-se a figura colando uma linha

grossa, ou barbante, e preenche-se o meio desta figura com outros elementos tais como as tampas de latas, sementes, botão ou qualquer outro material que possa oferecer uma diferença de relevo na matriz.

3.5 Montagem da matriz para termoformagem: Efeito fotoelétrico

Como a finalidade deste trabalho é construir um material que dê o suporte necessário ao professor para que o aluno deficiente visual consiga compreender as figuras do livro didático, uma vez definido o tema, o processo de construção da matriz para a termoformagem foi planejado cuidadosamente. Um dos primeiros passos é pensar sobre o que se quer fazer e qual objetivo a atingir, é importante que o material atenda aos alunos cegos e de baixa visão.

Como o tema de aula escolhido é o efeito fotoelétrico, é importante que o aluno entenda o modelo do átomo, constituído por prótons e nêutrons no núcleo e elétrons na eletrosfera. A construção de uma matriz deste elemento é importante para que o aluno compreenda que é o elétron de um dos átomos da superfície metálica que será arrancado da eletrosfera.

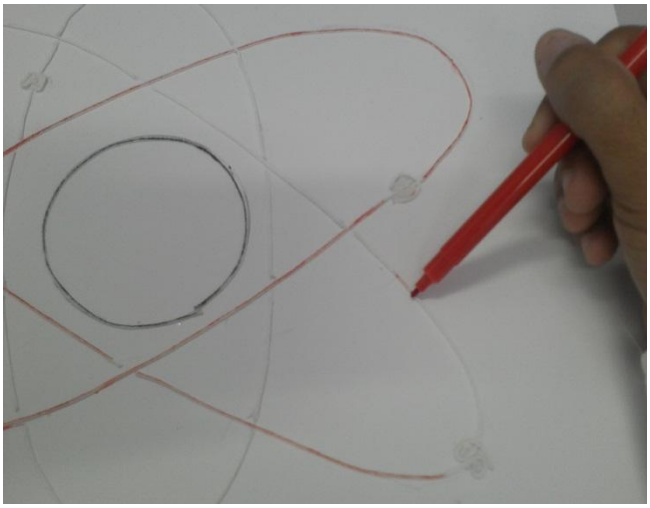
Após desenhar a representação do modelo do átomo no papel é importante contornar o desenho com uma linha grossa ou um barbante. A linha para este contorno é de melhor qualidade do que o barbante, pois possui uma estrutura mais compacta. Ao iniciar a colagem da linha, é ideal o uso de um palito de churrasco para retirar os excessos de cola, como mostrado na figura 13.

Figura 13. Retirando o excesso de cola

Fonte: Acervo do autor.

Muitos materiais podem ser usados na confecção de uma matriz para construir o relevo na película termofórmica. Nesse caso em específico é usado: um pedaço de linha que foi enrolado e colado na eletrosfera para transmitir a ideia do elétron, também poderia ser usado um botão para tal fim.

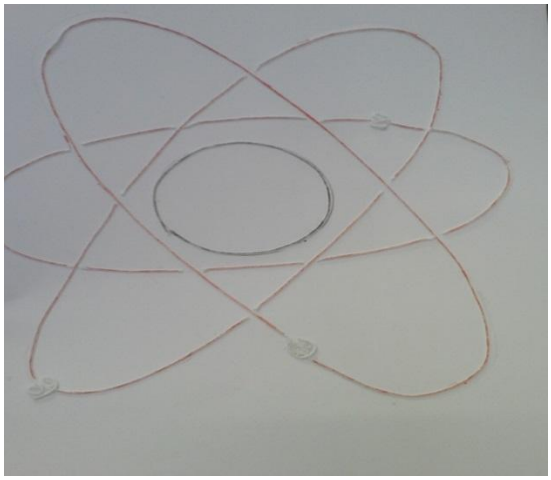
Figura 14. Pintando a linha de contorno



Fonte: Acervo do autor.

A linha foi pintada após a cola ter secado, processo mostrado na figura 14, com a finalidade desta matriz poder ser usada também para os alunos videntes e de baixa visão já que o material fica ampliado. A matriz para o modelo do átomo é mostrada na figura 15.

Figura 15. Matriz para o modelo do átomo



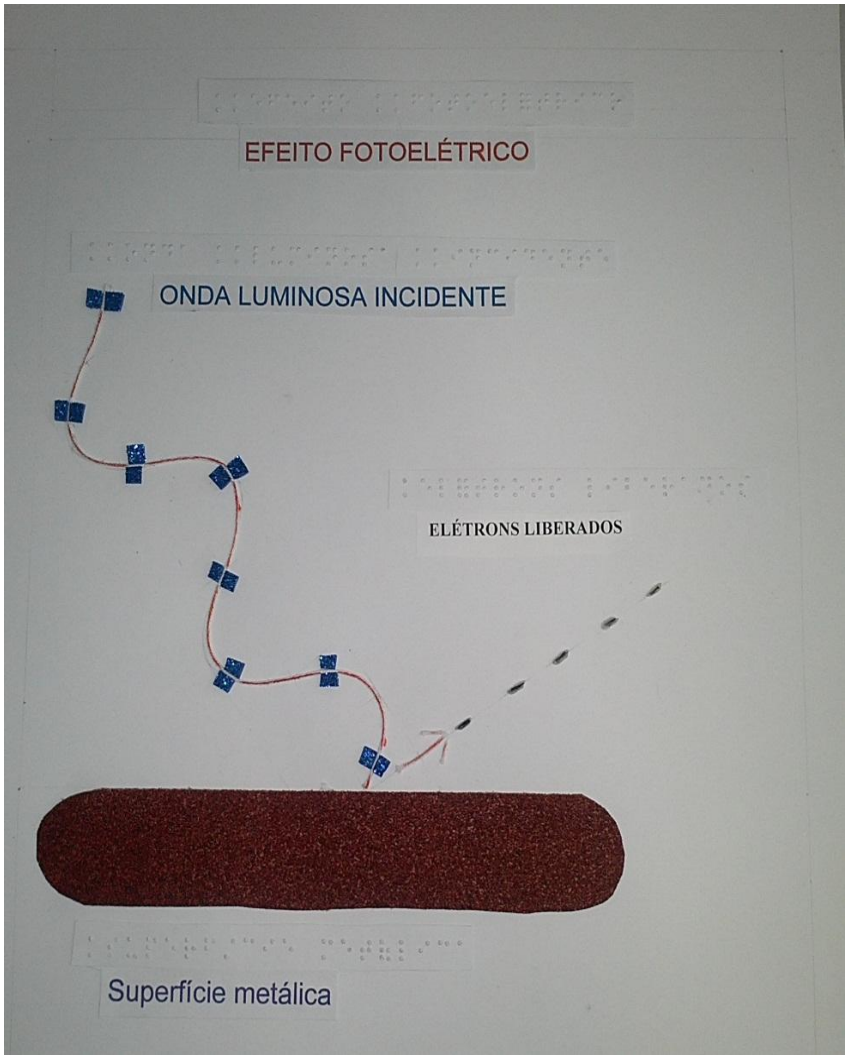
Fonte: Acervo do autor.

O planejamento para a demonstração do efeito fotoelétrico foi mais complicado, uma das questões indagadas era de como representar os “pacotes de energia”, e representar ao mesmo tempo a natureza ondulatória da luz.

No ensino de física, o que importa é a explicação do fenômeno, e como a luz é uma onda eletromagnética, a melhor representação é o desenho de uma onda. Nesta representação da onda luminosa incidente foi usada linha, e para os pacotes de energia foram utilizados pequenos pedaços de EVA, uma lixa grossa foi usada para representar a superfície metálica composta por átomos bem unidos, e grãos de arroz para os elétrons liberados da superfície metálica. Na figura 16 é mostrada a matriz que representa o efeito fotoelétrico.

A própria matriz por ser ampliada pode ser usada para os alunos de baixa visão. Para ajudar na identificação dos desenhos foram colados pedaços de papel com o nome de cada elemento da figura, escritos em braille para que o aluno cego possa fazer sua leitura. Assim, espera-se que com o auxílio do desenho, a identificação dos elementos e a explicação oral do professor o aluno com deficiência visual possa interpretar o fenômeno físico que está ocorrendo.

Figura 16. Matriz para o Efeito fotoelétrico



Fonte: Acervo do autor

3.5.1 Impressão da matriz

Para a fabricação da película termofórmica foi necessário o auxílio do Centro de Apoio Pedagógico (CAP) do Espírito Santo, que disponibilizou as copiadoras térmicas.

O CAP oferece vários cursos entre eles a Alfabetização Braille, Orientação e Mobilidade, Estimulação Visual, este essencial para os alunos de baixa visão. Neste centro também há a produção de livros didáticos em braille no modo interponto[5], e digitais no formato DAISY (Sistema de Informação Acessível Digital), e cursos de formação de professores. Há também aulas de música em um projeto de Serviço de

[5] Tipo de impressão que permite o código Braille em ambos os lados de uma folha.

Atendimento Musical numa Perspectiva Inclusiva (SAMPI), oferecendo aulas teóricas e práticas de violão, flauta doce, teclado e percussão, os alunos utilizam material adaptado com relevo e ampliado, as aulas instrumentais são individuais, mas há grupos vocais e instrumentais.

O atendimento do CAP é maior para os reabilitandos, pessoas que ficaram cegas por algum motivo. Nas escolas é essencial a transcrição do livro didático em braille, esta transcrição é realizada pelo envio do CD em formato PDF do livro pelas editoras, e o assessoramento dos professores para qualquer rede. Há também a disponibilização, através de empréstimo, de livros da literatura brasileira e estrangeira em braille e digitalizada em áudio na biblioteca deste centro.

4. PROPOSTA DE AULA: ENSINANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO

Neste capítulo é apresentado o produto educacional elaborado neste trabalho, juntamente com uma sugestão de aplicação no formato de uma proposta de ensino.

Inicialmente, discute-se brevemente a teoria do Efeito fotoelétrico, e em seguida, descreve-se o plano de ensino e a aula proposta.

4.1 O Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico consiste na incidência de radiação eletromagnética em uma chapa metálica, que emite elétrons da sua superfície. A energia cinética dos elétrons ejetados depende da frequência da onda eletromagnética incidente e da função trabalho, ou seja, a energia de ligação dos elétrons ao material. O aumento da intensidade da radiação eletromagnética da onda aumenta o número de elétrons emitidos da placa metálica.

Para Einstein a luz, uma onda eletromagnética, é formada por *quanta,* ou seja, pequenos pacotes de energia denominados fótons. Ao incidir na superfície metálica, cada fóton atinge um único elétron desta superfície transferindo a este toda a sua energia. A energia do fóton é dada por

$$E_f = hf \qquad (1)$$

em que E_f é a energia do fóton, h é a constante de Planck e f é a frequência da radiação eletromagnética. A constante de Planck tem valor de $6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s.

> A energia de uma onda eletromagnética é quantizada; ela é emitida e absorvida em pacotes semelhantes a partículas com energias definidas, chamados de *fótons* ou *quanta*. A energia de um único fóton é proporcional à frequência da radiação. (YOUNG, 2009, p. 179)

Os elétrons estão ligados à superfície metálica, assim, para arrancá-los os fótons devem ter uma energia maior do que esta energia de ligação, dá-se o nome a esta energia de função trabalho.

A energia cinética máxima de cada elétron emitido pelo efeito fotoelétrico será dada pela diferença entre a equação de Planck e a função trabalho, como mostrado na equação 2,

$$E_{\max} = E_f - W_0 = hf - W_0 \qquad (2)$$

em que E_{max} é a energia cinética máxima do elétron e W_o a função trabalho. Ao passar pelo metal, alguns elétrons perdem energia através de interações, assim, E_{max} é a energia máxima que o elétron pode ter.

Einstein ganhou o prêmio Nobel de Física por conseguir provar através do efeito fotoelétrico que a constante de Planck não era simplesmente um artifício matemático como proposto inicialmente, ou seja, a energia é descontínua.

O efeito fotoelétrico é o efeito quântico que possui a maior aplicação na atualidade, é através dele que a iluminação pública é possível, a leitura de bandas sonoras de filmes, possibilitando o cinema falado e o desenho animado, códigos de barras, contagem de pessoas em exposições e espetáculos, células solares para a captação de energia, a fotometria, controle do tamanho de peças em indústrias, dentre outras inúmeras aplicações.

4.2 Plano de ensino

Nesta seção descreve-se uma proposta de aula para alunos deficientes visuais sobre o efeito fotoelétrico utilizando os materiais confeccionados. O objetivo dessa proposta é fazer com que o aluno seja capaz de identificar o modelo atômico e seus componentes, compreender o fenômeno fotoelétrico, visualizando a interação fóton-elétron, e as energias envolvidas no processo, discutir as aplicações tecnológicas do fenômeno.

O público-alvo são estudantes deficientes visuais que estejam cursando o terceiro ano do Ensino médio, por já terem estudado fenômenos ondulatórios, o princípio de conservação da energia e tipos de energia. Em geral, de acordo com os documentos que parametrizam a educação, a discussão de assuntos da Física moderna é feita nesta etapa do Ensino médio.

A carga horária necessária para a apresentação do conteúdo, modelo atômico e efeito fotoelétrico, seria de duas horas aula. A referência bibliográfica utilizada é o livro didático **Física 3º ano: Coleção Quanta Física** (KANTOR *et al*, 2010).

4.2.1 Métodos didáticos

O assunto deve ser abordado por meio de aula expositiva dialogada, principalmente considerando a diferença nos meios de apropriação do conhecimento pelo público-alvo, deve-se priorizar a discussão do conteúdo com os alunos deficientes visuais. Essa discussão permitirá ao professor conhecer os aspectos conceituais dos alunos, que poderá utilizar estas informações durante a apresentação do conteúdo.

O material termofórmico produzido deve ser utilizado durante a discussão para permitir que o aluno visualize por meio do tato a representação dos conceitos. Vale ressaltar que esta representação é a mesma utilizada em livros didáticos ou esquematizada no quadro pelo professor.

4.2.2 Unidades de ensino

Nesta seção são apresentados os tópicos que devem ser discutidos com o aluno durante a aula sobre o efeito fotoelétrico.

1. Estrutura da matéria
   - Modelo atômico
   - Elétrons livres nos metais
   - Energia de ligação

2. Fenômenos ondulatórios
   - Grandezas características (comprimento de onda, frequência, amplitude)
   - Tipos de ondas

3. Ondas eletromagnéticas
   - Espectro eletromagnético
   - Energia das ondas eletromagnéticas
   - Natureza corpuscular das radiações (fótons)
   - Constante de Planck

4. Energia

- Energia cinética
- Princípio da conservação de energia

5. Efeito fotoelétrico
   - Descrição do fenômeno
   - Grandezas características e suas influências
   - Energia cinética máxima do elétron
   - Aplicações tecnológicas

4.3 Aula sobre o Efeito fotoelétrico

Nesta seção é apresentado um roteiro para orientar a discussão do professor ao ministrar uma aula sobre o efeito fotoelétrico. O roteiro é dividido em três etapas, a primeira é mais básica, em que são discutidos os pré-requisitos necessários para entender o fenômeno; a segunda introduz conceitos de quantização da energia; e a terceira é focada no efeito fotoelétrico e suas características.

4.3.1 Etapa Revisão de conceitos básicos

Nesta etapa são revistos os conteúdos que permeiam a discussão do efeito fotoelétrico. Assim, em um primeiro momento o professor pode promover um debate sobre os temas relacionados vistos no primeiro e segundo anos do Ensino médio.

Nos tópicos do quadro 7 são apresentadas questões como sugestões para o professor abordar o assunto em sala de aula. No item 3, o professor pode utilizar a representação do modelo atômico em alto-relevo confeccionada neste trabalho. Esta representação contribuirá para a construção da visualização do modelo de um átomo pelos alunos deficientes visuais, da maneira como é feita para o aluno vidente.

Fica a cargo do professor fazer uma discussão mais detalhada da evolução dos modelos atômicos.

Quadro 7. Etapa básica do roteiro de aula

1) Discutir com os alunos as características de uma onda. Quais são as grandezas que a descrevem? Como as ondas interagem com a matéria. O que são ondas eletromagnéticas? Descrever o espectro eletromagnético. Dar exemplos do cotidiano.
2) Discutir com os alunos o princípio de conservação de energia. O que ocorre quando dois corpos colidem? Quais são os tipos de energia? Citar exemplos do cotidiano.
3) Discutir com os alunos como é constituída a matéria. Qual é a menor porção de matéria conhecida? O que é um átomo? Quais são os constituintes do átomo? Por que as partículas que formam o átomo ficam ligadas? Quais são as características de um metal? Dar exemplos de metais e não metais. Discutir suas diferenças.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2 Etapa Quantização

Nesta etapa é introduzida a quantização da energia. É importante que esteja clara para o aluno a ideia dos fótons como partículas da radiação eletromagnética. No quadro 8 são apresentadas questões que podem ser utilizadas pelo professor para conduzir a discussão com os alunos.

Quadro 8. Etapa Quantização do roteiro de aula

1) Discutir a diferença entre onda e partícula de acordo com a física clássica.
2) Discutir com os alunos o nascimento da teoria quântica descrevendo fenômenos que não podem ser explicados pela física clássica. Introduzir a hipótese de Planck de que a energia é quantizada.
3) Discutir a natureza dual onda-partícula da luz. Descrever fenômenos em que a luz se comporta como onda ou como partícula.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O professor pode preparar uma discussão mais detalhada dos assuntos delineados no quadro 8, mostrando por exemplo, como cientistas famosos interpretaram a luz, descrevendo os experimentos que comprovaram suas hipóteses.

4.3.3 Etapa Efeito fotoelétrico

Nesta etapa o professor apresenta o fenômeno do efeito fotoelétrico e discute em detalhes as características de cada grandeza relevante. No quadro 9 são mostrados os passos que podem ser seguidos nesta discussão.

Quadro 9. Etapa Efeito fotoelétrico do roteiro de aula

1) Conceituar o efeito fotoelétrico. Mostrar aos alunos o material termofórmico que representa o efeito fotoelétrico. Descrever cada parte da representação, relacionando com os conceitos vistos nas etapas anteriores.
2) Explicar o arranjo experimental geralmente utilizado para observar o fenômeno.
3) Discutir a interação entre elétron e fóton neste fenômeno.
4) Construir com os alunos a relação entre energia da radiação, energia cinética do elétron e energia de ligação (função trabalho) do elétron.
5) Discutir a situação em que a energia cinética do elétron é máxima.
6) Explorar como a variação da frequência da radiação afeta o efeito fotoelétrico. Discutir o termo frequência de corte.
7) Explorar a relação entre a intensidade da radiação e o número de elétrons ejetados da placa metálica.
8) Discutir com os alunos algumas aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta discussão o professor poderá adicionar fatos históricos relacionados, como a detecção do efeito fotoelétrico por Hertz, a discussão sobre o comportamento ondulatório ou corpuscular da luz, a suposição feita por Planck e sua

utilização como fato físico por Einstein para explicar o fenômeno, o nascimento da física quântica.

5. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O processo de inclusão ocorre de forma gradativa e lenta na sociedade, e esta no processo escolar favorece a heterogeneidade dentro da escola, traz para os alunos a convivência com pessoas deficientes, contribuindo para que as pessoas enxerguem no deficiente uma pessoa com potencialidades e direito de ter trabalho, educação e lazer.

Contribuindo neste processo de inclusão a Física precisa oferecer ao aluno deficiente os conhecimentos necessários para que este possa competir no mercado de trabalho, e desenvolver sua curiosidade científica. Entretanto, percebe-se que os recursos educacionais disponíveis são escassos, bem como a formação do professor que, em geral, não prepara o docente para trabalhar com a diversidade em sala de aula.

A sondagem realizada com professores do Ensino médio indica a existência de uma lacuna na formação do professor de física em relação à inclusão de alunos cegos, e a carência de material didático adaptados para estes alunos nas escolas.

Uma revisão da literatura mostra que há iniciativas na tentativa de contribuir para a inclusão dos alunos deficientes nas aulas de física. Os materiais produzidos são na maioria maquetes, ou materiais de relevos fixados sobre uma superfície, o que o torna de difícil manipulação. Em relação ao livro didático, embora haja centros de atendimento que fazem a tradução do texto para o braille, em geral as figuras não são reproduzidas, e no seu lugar vem uma frase orientando o aluno deficiente visual a buscar ajuda com o professor ou o colega.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo auxiliar o aluno deficiente visual a estudar física tendo como base o livro didático, mostrando uma maneira de materializar suas figuras. A proposta realizada reproduziu a figura que descreve o efeito fotoelétrico em alto-relevo. Para tal foi utilizado o termoform, material maleável e leve como uma folha de papel, o que facilita seu manuseio pelo aluno, além de não ocupar muito espaço.

Neste trabalho foi desenvolvida uma proposta de aula para trabalhar o material confeccionado a base de termoformagem. Esta proposta pode ser utilizada pelo professor para ensinar o efeito fotoelétrico, que pode adaptá-la à sua realidade.

A utilização da termoformagem na materialização de figuras é uma proposta que vem sendo pouco explorada, e pode-se afirmar desconhecida pelos professores

como material de apoio, fato constatado na pesquisa de sondagem, em que todos afirmaram desconhecer o material. O desconhecimento da termoformagem também é verificado nos trabalhos pesquisados do SNEF e EPEF, tendo sido encontrado apenas um trabalho publicado em que o processo de termoformagem é citado, no caso para uso nas operações matemáticas substituindo o soroban.

É importante enfatizar o papel do professor como o mediador de adaptações que realmente auxiliem os alunos com deficiência visual a aprender o conteúdo. Essa realidade indica a necessidade da elaboração e utilização de materiais em relevo, fazendo com que os materiais de termofor, principalmente sobre conteúdos considerados dependentes do referencial visual, contribuam para a inserção do aluno deficiente visual na sala de aula.

As perspectivas de uso do termoform na sociedade podem ir desde uso na escola, como apoio ao livro didático, ao comércio e indústria, com a fixação de placas de relevo contendo informação dos produtos. Cabe ressaltar que pesquisas futuras do uso do termoform, contribuirão com o processo de inclusão na sociedade, tornando-a mais justa e igualitária para os deficientes visuais.

Espera-se que os passos descritos na montagem da matriz que representa o fenômeno físico possam orientar os professores a produzirem seu próprio material sobre outros assuntos de física ou outras áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Emanuel Freitas de, BARRETO, Raphael R., RAMOS, Halsey Anselmo P., BRITO, Harley Alves. **Ensino de óptica a deficientes visuais: uma alternativa lúdica de inclusão.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

AMARAL, Graziele Kelly, FERREIRA, Amauri Carlos, DICKMAN, Adriana Gomes. **Educação de estudantes cegos na escola inclusiva: o ensino de física.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

ANJOS, Paola Trama A. dos, PEREIRA, Eder A., OCAWADA, Jefferson Yoshio, CESTARI, Rodolfo Cesar, CAMARGO, E. Pires. **Material sobre associação de resistores para o ensino de alunos com deficiência visual e auditiva.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

ANJOS, Paola Trama A. dos, PEREIRA, Eder A., PUPO, Paulo Durval, CAMARGO, E. P., NARDI, Roberto. **Materiais e referencial teórico para o ensino de física moderna para alunos com e sem deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

ANJOS, Paola Trama A. dos, CAMARGO, E. Pires. **Ensino de física para alunos com deficiência visual: panorama das pesquisas apresentadas nos principais encontros e revistas da área a partir do ano 2000.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

ANJOS, Paola Trama A. dos, CAMARGO, E. Pires, GAGLIARDO, Cesar E., CAVALHEIRO, Mauricio Grisi. **Explicando o fenômeno de sombra para alunos com deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

ANJOS, Paola Trama A. dos, CAMARGO, E. Pires, CORREA, Bruno José, SANTOS, Marcos Paulo Segantini dos, ROSA, Rafael A. dos Anjos. **Inclusão no ensino de física: materiais multissensoriais que auxiliam na compreensão de fenômenos do magnetismo.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

ARAUJO, Mauro Sérgio T. de, AMARAL, Luiz Henrique, MORRONE, Wagner. **Conceituando corrente e resistência elétrica por meio do conhecimento sensível: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

BATISTA, Marcus W., ENUMO, Sônia R. Fiorim. **Inclusão escolar e deficiência mental: análise da interação social**, Estudos de Psicologia, 2004. 9(1), p.101-111. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epsic/v9n1/22386.pdf> Acesso 08/02/2013.

BELMIRO, Célia Abicalil. **A imagem e suas formas de visualidade nos livros didáticos de português.** Educação e Sociedade, ano XXI, n. 72. Agosto, 2000.

BERNARDES, Adriana O., SOUZA, Marcelo de Oliveira. **Arquivos portáteis de áudio para o ensino de astronomia em turmas inclusivas no ensino fundamental e médio.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

BERNARDES, Adriana O., SOUZA, Marcelo de Oliveira. **Recursos táteis para o ensino de astronomia para deficientes visuais em turmas inclusivas.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

BERNARDO, Raquel Viana, SILVA, Maria R., OLIVEIRA, Narla S. M. de . **Ensinando ondas sonoras para pessoas cegas.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

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, 2008.

CAIADO, Katia R. M., **Aluno deficiente na escola: lembranças e depoimentos.** 2 ed. Campinas, SP: Autores Associados: PUC, 2006.

CAMARGO, Eder P.; **O ensino de Física e os portadores de deficiência visual: aspectos da relação de suas concepções alternativas de repouso e movimento com modelos históricos.** VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Aguas de Lindóia, SP, 2002.

CAMARGO, Eder P., VIVEIROS, Edval Rodrigues de, NARDI, Roberto. **Trabalhando conceitos de óptica e eletromagnetismo com alunos com deficiência visual e videntes.** X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, PR, 2006.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Planejamento de atividades de ensino de Física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias,** v. 6, n. 2, p. 378-401, 2007.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. **Ensino de conceitos de Física moderna para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades.** XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís, Maranhão, 2007.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. **Planejamento de atividades de ensino de mecânica para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas.** XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís, MA, 2007.

CAMARGO, E. P., NARDI, Roberto, EVANGELISTA, Carla Reis, SUTIL, Noemi. **Ensino de Física e Deficiência Visual: diretrizes para a implantação de uma nova linha de pesquisa.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

CAMARGO, E.P.; NARDI, R. 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, n.2, 2010.

CARDOSO, Fábio Martins, LIBARDI, Helena, BRAZ, Felipe Fortes. **Experimentos envolvendo conceitos de centro de massa para alunos com nenhuma ou pouca visão.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

COELHO, Paulo. **O Dom Supremo/** Henry Drummond; traduzido e adaptado do sermão “a coisa mais importante do mundo” por Paulo Coelho. Rio de Janeiro: Rocco 1991.

CONTENÇAS, P. A eficácia da metáfora na produção da ciência: o caso da genética. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

COSTA, L.G.; NEVES, M.C.D.; BARONE, D.A.C. O Ensino de Física Para Deficientes Visuais a Partir de Uma Perspectiva Fenomenológica. **Ciência e Educação**, v.12, n.2, p.143-153, 2006.

COZENDEY, Sabrina G., COSTA, Maria da P. R. da, PESSANHA, Márlon C. R.. **Análise de publicações sobre o ensino de física para alunos com deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

FELDMANN, Marina Graziela (org.). **Formação de Professores e Escola na Contemporaneidade.** São Paulo: Ed. Senac. São Paulo, 2009.

FERREIRA, A.C.; DICKMAN, A.G. **Ensino de física para alunos com deficiência visual: analogias ou representações?** No prelo. 2013.

FONTES, Adriana da S., FERREIRA, Claudete Cargnin, BRAGA, Carla Maria T., RAMOS, Felipe V.. **Inclusão Social.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

GOFFREDO, V. (1992**). Integração ou segregação? O discurso e a prática das escolas públicas da rede oficial do município do Rio de Janeiro**. *Integração*, *4*(10), 118-127.

GOTTI, M. O. (1998). **Integração e inclusão: nova perspectiva sobre a prática da educação especial**. Em M. Marquenzine (Org.), *Perspectivas multidisciplinares em educação especial* (pp.365-372). Londrina: Ed. UEL.

JUNIOR, Mauricio J. do Nascimento. MEDEIROS, Ana Aline de. JUNIOR, Fernando Japiassú. OLIVEIRA, Wesley Costa de. OLIVEIRA, Narla Sathller Musse de.; **Uma estratégia para o ensino de associações de resistores em série/paralelo acessível a alunos com deficiência visual.** XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís, Maranhão, 2007.

KANTOR, Carlos A., *et al.* **Física 3º ano: Coleção Quanta Física.** 1ª ed. São Paulo: Editora Pueri Domus, 2010.

KIILL, Keila Bossolani. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico.** Tese de doutorado, UFSCar, São Carlos, 2009.

LEÃO, A.M.C.; DOESCHER, A.M.L.; DA COSTA, M.P.R. A (Design) Formação dos Professores Para o Processo Inclusivo. In: CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES, 8, 2005, São Paulo. **Perspectivas de Formação Docente e Grupos Diferenciados**. São Paulo: UNESP, 2005, 122p.

LEONARDO, Nilza S. T., BRAY, Cristiane T., ROSSATO, Solange P. M.. **Inclusão Escolar: Um Estudo Acerca da Implantação da Proposta em Escolas de Ensino Básico.** Rev. Bras. Ed. Esp., Marília, v.15, n.2, p.289-306, Mai-Ago., 2009. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rbee/v15n2/08.pdf (acesso em 08/02/2013)

LIMA, Edivânia B. de, MATTIUCI, Ana Carolina, SANTOS, Thyago Paulino dos, GURGEL, Augusto de Rubim Costa. **Projeto PIBID: ensino de física para alunos com deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

LIMA, Maria da C. Barbosa, ALVES, Lucia de Assis. **A visão dos licenciandos sobre inclusão escolar dos deficientes visuais.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

MAINIERI, Claudia Mara Padilha. **Desenvolvimento e aprendizagem de alunos surdos: cognitivo, afetivo e social.** Curitiba, PR, IESDE Brasil S.A., 2012.

MANSKE, Nivaldo, DICKMAN, Adriana G. **Ensino de Física para alunos cegos: Buscando orientações para elaboração de um material didático de thermoform.** XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo, SP, 2013.

MANZINI, Eduardo José. **Integração do aluno com deficiência: Perspectiva e prática pedagógica.** Marília: Unesp-Marilia-Publicações, 1999.

MASINI, E.F.S. O perceber e o relacionar-se do deficiente visual: orientando professores especializados. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v.1, n.1, 1992. [online]. pp.29-39.

MEDEIROS, Ana Alice de, FREGOLENTE, Alexandre, SILVA, Diego M. da. A **construção de um circuito elétrico misto, em uma oficina de aprendizagem no colégio Sesi de Londrina/PR, com ênfase na deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

MORRONE, Wagner, AMARAL, Luis Henrique, ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira de. **Conceituando corrente e resistência elétrica por meio das sensações e percepções humanas: um experimento para aprendizagem significativa de**

alunos deficientes visuais. XI Encontro em Pesquisa de Ensino de Física, Curitiba, PR, 2008.

NEVES, M.C.D.; COSTA, L.G.; CASICAVA, J.; CAMPOS, A. Ensino de física para portadores de deficiência visual: uma reflexão. **Revista Benjamin Constant (MEC)**, n.16, ano 6, 2000.

NUERNBERG, A.H. Contribuições de Vigotski Para a Educação de Pessoas com Deficiência Visual. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v.13, n.2, 2008. pp.307-316.

PARANHOS, Rafael Rodrigo Garofalo, GARCIA, Ducinei. **Montagem experimental para verificação do fenômeno de difração de luz adaptada para portadores de deficiência visual.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

PAZÊTO, Fabio. **Outras percepções no Ensino de Física.** XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.

PERRENOUD, Phellip. **Dix nouvelles compétences pour enseigner. Invitation au Voyage.** Paris. ESF, 1999.

PESSANHA, Marlon Caetano Ramos, COZENDEY, Sabrina Gomes. **Modelo experimental para o ensino das fases da lua aos indivíduos com e sem deficiência visual.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

RAHI, J.S., DEZTEUX, C. **Epidemiology of visual impairment in Britain.** Art Dis Child, 1998, 78: 381-6.

SAMPAIO, Marcos Wilson, HADDAD, Maria A. Onuki. **Baixa Visão: manual para o oftalmologista**. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2009.

SANCHES, Isabel, TEODORO, Antonio. **Da integração à inclusão escolar: cruzando perspectivas e conceitos.** Revista Lusófona de Educação, 2006, 8, p. 63-83.

SANTOS, Maira Costa, SILVA, Fabiana F. da, LIMA, Maria da C. Barbosa. **Concepções de calor e temperatura de alunos cegos.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

SANTOS, Zanoni Tadeu Saraiva, BORGES, Jacques Cousteau da Silva, SILVA, Ed-ek Soares da. **Ensino da lei de Lenz adaptado para a deficiência visual: um experimento com circuito oscilador.** XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, PR, 2008.

SILVA, Dirceu da, CAMARGO, Eder P. **Ensino de Física para alunos com deficiência visual: Atividade que aborda a posição de encontro de dois móveis por meio de um problema aberto.** IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, MG, 2004.

SILVA, Kátia C. da, DICKMAN, Adriana G., FERREIRA, Amauri Carlos. **Ensino de Física para alunos com deficiência visual: descrição de figuras dos livros didáticos.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

SILVA, Cláudia A. de Sousa, MARTINS, Maria Inês. Analogias e metáforas nos livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.27, n.2, 2010.

SIQUEIRA, Karime Dalle, LANGHI, Rodolfo. **Um estudo exploratório sobre as pesquisas no ensino de astronomia e a deficiência visual no Brasil.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.

SUTIL, Noemi, CAMARGO, E. P., BENETI, Alysson C., MOLERO, Ibraim A., NARDI, Roberto. **Inclusão no ensino de física: materiais adequados ao ensino de eletricidade para alunos com e sem deficiência visual.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

TAGLIATI, José R., GREGIO, Lucimar Fernandes, MOREIRA, Diego da Souza. **Ensino de física para portadores de deficiência visual: atividades desenvolvidas em um centro de ciências.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

TATO, André Luís, BARBOSA-LIMA, Maria da C. de Almeida. **Material de equacionamento tátil para portadores de necessidades especiais visuais.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES, 2009.

TIPLER, Paul A., MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros.** Volume 3, Rio de Janeiro, Ed. LTC, 2006.

YANOFF, Myrom, DUKER, Jay S. **Ophthalmology**. London, Mosby Elsevier, third edition, 2009.

YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A. **Física IV, ótica e física moderna.** São Paulo, Ed. Addison Wesley, 2009.

APÊNDICE

1. ARTIGO APRESENTADO NO XIX SNEF

Ensino de física para alunos cegos: Buscando orientações para a elaboração de um material didático de thermoform[6]

Nivaldo Manske, Adriana Gomes Dickman

Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
raaschmanske@oi.com.br / adickman@pucminas.br

Resumo

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa sobre a utilização de materiais em alto relevo, à base de thermoformagem, como apoio didático ao ensino de física a alunos cegos, incluindo também algumas questões que permeiam o processo de inclusão. A expectativa é que os resultados dêem suporte a professores e demais pesquisadores no que tange às dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem de alunos cegos, além de orientações para a elaboração de um material de apoio pedagógico à base de thermoformagem. Participaram da sondagem, docentes que atuam no ensino médio na Região Metropolitana da Grande Vitória (ES). Os resultados indicam a falta de preparo do professor para lidar com alunos cegos, em função principalmente da existência de uma lacuna na sua formação em relação à inclusão. Foi possível verificar que poucas escolas possuem material didático adequado para o atendimento a alunos cegos. Cabe ainda ressaltar que nenhum professor entrevistado conhece algum material de relevo que possa auxiliá-lo nas aulas como recurso pedagógico, e indicam a Óptica como o conteúdo que representa o maior desafio para ensinar a alunos cegos. Essa realidade indica a necessidade de aquisição e utilização de materiais de relevo ou tridimensionais em sala de

[6] Trabalho financiado pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais) e pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

aula, fazendo com que os materiais de thermoform sejam apontados como recursos que auxiliariam bastante o ensino de Física a alunos cegos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Estudantes cegos, Material didático, Thermoform, Ensino médio.

Introdução

A contemporaneidade vem sendo acompanhada de uma multiplicidade de temas, considerados relevantes para a sociedade, que são instituídos na forma de lei e se tornam prioridade na elaboração de políticas públicas. Um dos temas em questão refere-se à inclusão social das pessoas com necessidades especiais. A adequação de prédios públicos e privados, construção de rampas, sinalização de vias e apropriação de meios de comunicação são algumas metas estabelecidas para possibilitar a acessibilidade de todas as pessoas às instituições.

A educação, enquanto política pública, também tem como proposta o atendimento das pessoas com necessidades especiais. A educação inclusiva é uma preocupação dos governos, de tal forma que no Brasil a legislação assegura o ensino a alunos com necessidades educativas especiais nas escolas regulares, com a disposição de serviços especializados para atender às peculiaridades dos alunos. Assim, de acordo com a lei 9.394/96, Art. 58:

> Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais.
> § 1º Haverá, quando necessário, serviços de apoio especializado, na escola regular, para atender às peculiaridades da clientela de educação especial.

A lei institui que alunos com necessidades educativas especiais deverão ser atendidos pelo sistema de ensino com recursos e métodos específicos, de tal forma que é permitida a mudança do currículo para que as suas particularidades sejam atendidas. Esse direito é também assegurado pelas Leis de Diretrizes e Bases (LDB) no art. 59: “Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais: I - currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específica, para atender às suas necessidades.”

Assim, a inclusão escolar, garantida por lei, provoca a necessidade de mudança na formação dos profissionais de educação, e ainda, a capacitação dos professores que já se encontram no mercado de trabalho. No entanto, de acordo

com Glat (1998, *apud* LEÃO; DOESCHER; DA COSTA, 2005, p.5) a maioria dos cursos de licenciatura ainda não possui uma estrutura adequada para oferecer uma formação profissional que atenda à diretriz da inclusão.

Outro fator que prejudica o processo de inclusão é a falta de recursos pedagógicos adequados à cognição dos alunos com necessidades educativas especiais. No caso específico do aluno cego e de baixa visão, o material disponibilizado nas escolas não atende de forma eficaz esse grupo, uma vez que seria necessário produzir materiais que tivessem por primazia a especificidade de aprendizagem desses alunos (AMARAL; FERREIRA; DICKMAN, 2009).

Além do conhecimento tecnológico, responsável por inserir o homem ao meio, a física tem um compromisso com a evolução do cognitivo humano e com o bem estar da sociedade. Os conceitos físicos devem ser oferecidos a todos sem nenhuma distinção. Nesse sentido, são necessários recursos didáticos que permitam a aquisição dos conteúdos da física por todos os indivíduos, independentemente de suas especificidades. O ensino de conceitos científicos contribui para a conscientização do cidadão e compreensão da tecnologia que o cerca, a partir da formação de um pensamento crítico. Freire (1992) aponta a importância de ensinar aos alunos os conteúdos das disciplinas escolares, tendo por referência a formação de sujeitos críticos.

Nesse contexto, uma das áreas que merece atenção é o ensino de física a alunos cegos, principalmente pela necessidade da compreensão de uma variedade de pressupostos científicos que se baseiam em diagramas, gráficos e modelos visuais (CAMARGO; SILVA, 2003). Assim sendo, tanto o aluno com necessidade educacional especial, quanto o professor, precisam de um suporte pedagógico que facilite o processo de ensino e aprendizagem.

A partir desse contexto, destaca-se a importância da produção de materiais de apoio pedagógico adequados ao processo de ensino e aprendizagem de alunos cegos. Assim, foi realizada uma pesquisa sobre a utilização do material de thermoform como apoio didático no ensino de física a alunos cegos nas escolas, incluindo demais contextos que permeiam essa questão. O trabalho investigativo foi feito com docentes que atuam no Ensino médio na Região Metropolitana da Grande Vitória (ES), e espera-se que os resultados dêem suporte a professores e demais pesquisadores no que tange às dificuldades encontradas no atendimento a alunos cegos, além de orientações para a elaboração de um material de apoio pedagógico

à base de thermoform. Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é realizar uma sondagem com professores de física do ensino médio, buscando orientações para elaborar um material didático em relevo, à base de thermoformagem, para um determinado conteúdo de física.

Revisão da literatura

A deficiência visual impossibilita o processo de desenvolvimento cognitivo das informações por meio da visão. Assim, a forma como os objetos são percebidos é estabelecida pelo tato. Essa referência deve ser também adotada na escola, uma vez que o contexto da aprendizagem se apresenta múltiplo, o atendimento a essa especificidade representa a ampliação do acesso ao conhecimento.

A preocupação em transmitir o conhecimento, sanando as dificuldades encontradas pelos alunos se apresenta como um desafio ao professor. Desafio maior é a aprendizagem de alunos cegos. Em atendimento à normatização, e em especial, ao aferir importância ao ensino de física a alunos cegos por meio da construção de materiais que objetivem a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo do aluno, a educação escolar cria novas vias de conhecimento às pessoas cegas. É importante destacar que o mundo dos videntes possui conceitos e valores ditados pelo sentido da visão, desta forma um fenômeno físico visto por um vidente, é percebido por um não vidente de forma diferente, pois a forma de apreensão de uma pessoa cega é diferente da pessoa que enxerga, enquanto que o entendimento é o mesmo (MASINI, 1992). Assim, as novas vias para aquisição de conhecimento correspondem a uma reestruturação psicológica. De acordo com Nuernberg (2008), Vigotski propõe que a reestruturação psíquica é produzida por condições que conduzem as “funções psicológicas superiores a assumirem um papel diferente daquele desenhado nos videntes”. (NUERNBERG, 2008, p. 312)

Camargo e Nardi (2010) referendam esse contexto como uma dificuldade apresentada pelos professores por não conhecerem o fenômeno da deficiência visual e por vincularem o conhecimento à visão. Cabe ao educador repensar sua prática, analisar como o auxílio a um aluno cego pode propiciar a quebra deste paradigma, introduzindo neste caso, uma nova concepção de esclarecimentos ao docente que propicie um ato de educar adequado à aquisição dos conceitos

científicos necessários à formação dos estudantes cegos, tornando a inclusão uma realidade. Assim, acredita-se que:

> Para se quebrar esta “cultura do exílio da compreensão” é mister ouvir-se o sujeito conhecedor, ou seja, o próprio aluno. É necessária a busca de uma relação dialógica onde nos seja possível mapear as concepções que estes alunos trazem na interpretação da fenomenologia física. (NEVES *et al*, 2000)

No ensino de física, o atendimento aos alunos com necessidades educativas especiais, em especial aos alunos cegos ou de baixa visão, se tornou um grande desafio na atualidade, uma vez que a formação do professor e o material didático, facilitador da aprendizagem, não atendem de forma eficaz à demanda, conforme afirmam Costa, Neves e Barone (2006):

> De modo geral, em quaisquer tipos de escola ou níveis de ensino faltam ao deficiente visual a literatura e os recursos didáticos adaptados, computadores e tecnologia específica, monitoria especial, acessibilidade arquitetônica, professores habilitados, entre outros. Isso sem considerar o fato de que a dificuldade torna-se ainda maior na medida em que o grau de escolarização aumenta, impossibilitando o estudante com deficiência visual de concluir, até mesmo, as etapas de escolarização anteriores ao ingresso na universidade: os ensinos Fundamental e Médio. O sistema escolar é incapaz de lidar com a deficiência: suas deficiências são bem maiores que as dos assim rotulados “deficientes”! (COSTA; NEVES; BARONE, 2006, p.151)

Cabe referir que a produção de materiais pedagógicos, que possuem relevo, é útil ao aprendizado dos alunos cegos, cuja justificativa permeia a necessidade de relacionar a teoria à prática via atividade tátil (CARDINALI, 2008). De acordo com Ferronato (2002),

> Para o deficiente visual a utilização de materiais concretos se torna imprescindível, haja vista que tem no concreto, no palpável, seu ponto de apoio para as abstrações. Ele tem no tato seu sentido mais precioso, pois é através da exploração tátil que lhe chega a maior parte das informações. É através dela que ele tem a possibilidade de discernir objetos e formar ideias. (FERRONATO, 2002, p. 40)

Nesse sentido, a técnica de thermoformagem é adequada para a fabricação de recursos pedagógicos em alto relevo. Esta técnica utiliza polímeros termoplásticos que podem ser conformados mecanicamente várias vezes, desde que reaquecidos, ou seja, são facilmente recicláveis. Há impressoras térmicas que fazem a moldagem dos termoplásticos quando suas placas são aquecidas a uma

temperatura entre 135°C e 250°C. Nessas impressoras os termoplásticos são produzidos com o auxílio de um molde que passa por um processo de resfriamento, ficando no plástico uma figura em relevo. Os desenhos dos moldes podem ser feitos com barbantes colados em cartolinas.

Este tipo de trabalho foi desenvolvido pelo Instituto Benjamin Constant (IBC), para diversos conteúdos de Química, Geografia, Matemática, sendo encontrados exemplos de modelos atômicos, tabela periódica, fases da lua, distribuição eletrônica, apostila de trigonometria, mapas, dentre outros. Na figura 01 é mostrado o modelo em alto relevo para o átomo de Hidrogênio.

Figura 01: Modelo do átomo de Hidrogênio. **Fonte:** Caderno de Química (Material fornecido pelo IBC), confeccionado pelos professores Paulo Augusto Rodrigues e Monica Pernambuco em conjunto com a equipe da Divisão de Pesquisa e Produção de Materiais Especializados (DPME).

Dessa maneira, o material de thermoform representa um elo entre o conteúdo representado pela descrição em relevo de modelos e a compreensão desse contexto pelo tato. Com exceção do modelo atômico de Bohr, observa-se que não há material específico para conteúdos de física. Assim, no que diz respeito à física, esse material de apoio pedagógico poderia ser uma opção para atender de forma efetiva a necessidade de professores e de estudantes cegos no processo de ensino e aprendizagem.

Metodologia

O passo inicial do trabalho consiste em uma pesquisa de campo, na qual um questionário, previamente elaborado, foi enviado eletronicamente a sessenta e cinco professores de física do Ensino médio. Com a aplicação desse questionário busca-se a experiência desses docentes em relação à inclusão de alunos cegos,

averiguando as principais dificuldades encontradas no dia-a-dia da sala de aula, com o objetivo de estabelecer as principais linhas de ação a serem executadas neste trabalho.

A elaboração do instrumento de pesquisa, mostrado no quadro 01, foi feita visando obter informação sobre a prática docente dos professores pesquisados. Tendo como objetivo principal professores de física do Ensino médio, busca-se na pesquisa identificar: A formação universitária dos docentes; se o tema inclusão foi abordado em alguma disciplina; se os professores lecionam/lecionaram física para alunos com deficiência visual e se sentem-se preparados para esta tarefa; qual conteúdo seria mais difícil de ensinar a estudantes cegos; qual o material de suporte educacional utilizado nas aulas de física; se a escola disponibiliza algum recurso pedagógico ou atendimento especializado; se os professores conhecem o material de thermoform como recurso didático para deficientes visuais; qual tópico de física eles indicariam para a confecção de um material deste tipo.

Posteriormente, a partir da análise das respostas dadas às questões, foi avaliada a situação dos professores de física frente à inclusão de alunos cegos em sala de aula. Essas informações serão adaptadas a uma proposta de elaboração de um material didático à base de thermoformagem que possa auxiliar as aulas de física.

Quadro 01 - Questionário aplicado aos professores.

QUESTIONÁRIO

Especifique a sua formação acadêmica: ( ) Licenciatura ( ) Bacharelado
( ) Outros; Qual? ( ) Em Ciências ( ) Biologia ( ) Física
( ) Química ( ) Outros; Qual?_____

2) No seu curso de graduação você cursou alguma disciplina que discutiu inclusão?
( ) Sim ( ) Não. Justifique sua resposta

3) Você se sente preparado para lidar com alunos com deficiência visual?
( ) Sim ( ) Não. Justifique sua resposta

4) Você já lecionou para alunos com deficiência visual?
( ) Sim ( ) Não. Em caso afirmativo descreva sua experiência.

5) Ao ensinar Física para alunos deficientes visuais, qual o conteúdo de física que na sua opinião representaria a maior dificuldade? Justifique

6) Há atendimento especializado para alunos com deficiência visual em sua

escola? Em caso afirmativo, descreva seu funcionamento.

7) Quais são os recursos/materiais pedagógicos disponíveis na sua escola para o ensino de física a alunos com deficiência visual.

8) Você conhece o material de thermoform para deficientes visuais?

( ) Não e não tenho interesse ( ) Não, mas tenho interesse

( ) Usei algumas vezes

( ) Conheço, mas nunca trabalhei com ele ( ) Faço uso regularmente

Caso já tenha trabalho com este tipo de material, descreva sua experiência.

9) Se você pudesse encomendar um material em alto-relevo (de thermoform) para auxiliar suas aulas de física a alunos com deficiência visual, qual seria o tópico de física que você escolheria? Justifique sua resposta.

Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados e análise da pesquisa

Foram analisados dez questionários respondidos por um mestrando, oito tutores e um doutor, do total de sessenta e cinco questionários enviados. No quadro 02 é mostrada a formação acadêmica dos professores pesquisados. Apenas um professor não é formado em física, sendo que a maioria possui licenciatura em física.

Quadro 02: Distribuição da formação acadêmica dos professores pesquisados.

Formação	**Área**	**Número de professores**
Licenciados	Física	08
Bacharel	Física	01
Bacharel	Engenharia	01

Fonte: Dados da pesquisa.

Apenas um professor obteve informação sobre inclusão na licenciatura. Segundo este professor:

> *Durante a disciplina de psicologia da educação, discutiu-se brevemente alguns casos de jovens com necessidades especiais e como a psicologia ajudava a entender os processos de desenvolvimento dos mesmos. Estes educandos, no entanto, eram avaliados apenas sob o ponto de vista psicológico, as demais deficiências e necessidades especiais não foram discutidas.*

Embora quatro professores já tenham lecionado para alunos que possuem deficiência visual (DV), todos destacaram não estarem preparados para dar aulas a esses alunos.

No que diz respeito ao conteúdo de física, os professores em sua maioria citaram a Óptica como o assunto que representaria a maior dificuldade para ensinar

a alunos DV, por lidar com fenômenos que envolvem a luz. No quadro 03 são mostrados todos os conteúdos citados pelos professores. Três professores não opinaram e um declarou não sentir dificuldade em nenhum conteúdo, como mostram suas palavras:

> *Não encontrei nenhum problema para ensinar algum conteúdo específico para os cegos. Já que essa pesquisa visa a obtenção de informações coletáveis narro apenas um fato de modo muito limitado: A lida com alunos cegos parciais e não congênitos foi mais difícil. Lidar com alunos que tenham doenças contraídas de forma a causar cegueira evolutiva demanda disciplina e acolhimento por parte do professor para que o aluno compreenda que estes alunos não serão tratados diferentemente de qualquer outro aluno. Mas óptica.*

Embora o professor afirme não ter sentido dificuldades em nenhum conteúdo, ao final de sua fala ele deixa a questão em aberto ao escrever apenas “Mas óptica”.

Quadro 03: Conteúdos classificados pelos professores entrevistados como difíceis de serem ensinados a estudantes com deficiência visual.

Conteúdo	Óptica	Eletromagnetismo	Física quântica	Gravitação	Ondas	Não opinou
Frequência	03	02	01	01	01	03

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao atendimento especializado nas escolas, 50% afirmaram que não existe, 20% não sabem e 10% não responderam. Apenas 20% dos professores indicaram que suas escolas possuem atendimento especializado. No que tange ao material de apoio pedagógico para alunos DV, 70% afirmaram que a escola não possui nenhum material, 20% não sabem, e 10% citam o computador como recurso. É importante destacar que nenhum dos entrevistados conhece o material de thermoform, talvez pela escassez desse material sobre conteúdos de física. Apenas um professor afirmou não ter interesse em conhecer o material.

No que diz respeito à escolha do tópico de física para elaboração do material em relevo, quatro dos entrevistados não souberam responder, um citou que seria interessante tê-los para todos os assuntos. Os outros professores citaram: Eletromagnetismo (2); associação de resistência elétrica e capacitores (1); Eletricidade (1); Termologia e Termodinâmica (1). O número entre parênteses indica o número de professores que escolheu o tópico. Embora o conteúdo de Óptica tenha

sido considerado o mais difícil de ensinar, nenhum professor sugeriu tópicos de Óptica para o material em thermoformagem.

Considerações finais

O resultado da sondagem indica a existência de uma lacuna na formação do professor de física em relação à inclusão de alunos cegos, em acordo com Glat (1998, *apud* LEÃO; DOESCHER; DA COSTA, 2005), e que poucas escolas possuem material didático para atendimento a estes alunos, conforme apontado por Costa, Neves e Barone (2006). Cabe ainda ressaltar que nenhum professor entrevistado conhece material de relevo à base de thermoformagem e que a maioria tem interesse em trabalhar com o material.

Verifica-se que há muito o que fazer para alunos que necessitam de novos métodos que atendam às suas espeficidades de aprendizagem, estes obstáculos serão transpostos somente com o planejamento das ações educacionais realizadas pelo professor. Assim, ao realizar uma pesquisa sobre o conhecimento do professor em relação aos materiais disponíveis, investigam-se quais são as contribuições necessárias para a criação de novos materiais e recursos que permitam ao professor realizar uma mediação baseada em adaptações necessárias para o aluno aprender. Essa realidade indica a necessidade da elaboração e utilização de materiais em relevo, fazendo com que os materiais de thermoformagem, principalmente sobre conteúdos de Óptica, sejam apontados como um recurso que auxiliaria bastante o ensino de Física a alunos cegos.

Referências

AMARAL, G.K.; FERREIRA, A.C.; DICKMAN, A.G. Educação de estudantes cegos na escola inclusiva: o ensino de Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, Vitória, 2009. **Atas...** São Paulo: SBF, 2009.

CAMARGO, E.P.; SILVA, D. Trabalhando o conceito de aceleração com alunos com deficiência visual: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, Curitiba, 2003. **Atas...** São Paulo: SBF, 2003.

CAMARGO, E.P.; NARDI, R. 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, n.2, 2010.

CARDINALI, S.M.M. **O Ensino e aprendizagem da célula em modelos táteis para alunos cegos em espaços de educação formal e não formal**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Belo Horizonte.

COSTA, L.G.; NEVES, M.C.D.; BARONE, D.A.C. O Ensino de Física Para Deficientes Visuais a Partir de Uma Perspectiva Fenomenológica. **Ciência e Educação**, v.12, n.2, p.143-153, 2006.

FERRONATO, R. **A Construção de Instrumento de Inclusão no Ensino da Matemática.** 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis.

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

LEÃO, A.M.C.; DOESCHER, A.M.L.; DA COSTA, M.P.R. A (Design) Formação dos Professores Para o Processo Inclusivo. In: CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES, 8, 2005, São Paulo. **Perspectivas de Formação Docente e Grupos Diferenciados**. São Paulo: UNESP, 2005, 122p.

MASINI, E.F.S. O perceber e o relacionar-se do deficiente visual: orientando professores especializados. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v.1, n.1, 1992. [online]. pp.29-39.

NEVES, M.C.D.; COSTA, L.G.; CASICAVA, J.; CAMPOS, A. Ensino de física para portadores de deficiência visual: uma reflexão. **Revista Benjamin Constant (MEC)**, n.16, ano 6, 2000.

NUERNBERG, A.H. Contribuições de Vigotski Para a Educação de Pessoas com Deficiência Visual. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v.13, n.2, 2008. pp.307-316.