



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA

Anna Carolina Momm

**Práticas inclusivas para estudantes com deficiência visual no contexto do
Ensino de Física**

Florianópolis

2024

Anna Carolina Momm

**Práticas inclusivas para estudantes com deficiência visual no contexto do
Ensino de Física**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Licenciatura em Física do Campus Reitor João David Ferreira Lima da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientadora: Profa. Gabriela Kaiana Ferreira, Dra.

Florianópolis

2024

Momm, Anna Carolina
Práticas inclusivas para estudantes com deficiência
visual no contexto do Ensino de Física / Anna Carolina Momm
; orientadora, Gabriela Kaiana Ferreira, 2024.
68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Física, Florianópolis,
2024.

Inclui referências.

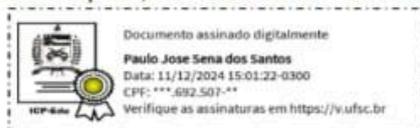
1. Física. 2. Práticas inclusivas. 3. Jogo didático
inclusivo. 4. Ensino de física. I. Ferreira, Gabriela
Kaiana. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Física. III. Título.

Anna Carolina Momm

**Práticas inclusivas para estudantes com deficiência visual no contexto do
Ensino de Física**

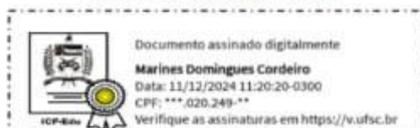
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Licenciada em Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Licenciatura em Física.

Florianópolis, 04 de dezembro de 2024.

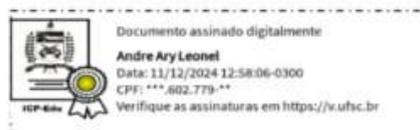


Coordenação do Curso

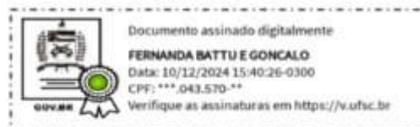
Banca examinadora



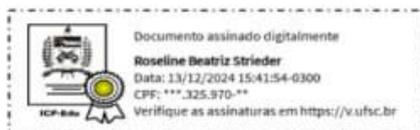
Profa. Marínes Domingues Cordeiro, Dra.
Presidente



Prof. André Ary Leonel, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)



Fernanda Battú e Gonçalo, Ma.
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGET/UFSC)



Profa. Roseline Beatriz Strieder, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis, 2024.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que me proporcionarem condições para me dedicar aos estudos, minha gratidão. Aos meus irmãos, que trouxeram leveza a essa jornada, meu carinho. Ao meu companheiro, que me incentivou nos momentos de incerteza, meu amor e reconhecimento.

À minha orientadora, por seus conselhos que vão além das palavras deste trabalho, meu genuíno agradecimento. E aos educadores que me mostraram que ensinar é algo mais que um verbo transitivo-relativo, é um ato de revolução, minha sincera admiração.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma sistematização de práticas inclusivas no contexto de Ensino de Física contemplando as especificidades dos estudantes com deficiência visual. Para tanto, são explorados aspectos da Natureza da Ciência (NdC) articulados ao desenvolvimento da Física como disciplina científica, destacando o papel atribuído à observação, linguagem e comunicação, no desenvolvimento e progresso da ciência. Após, são discutidos conceitos relacionados à inclusão no âmbito educacional, somada a uma reflexão sobre práticas inclusivas para a promoção do Ensino de Física para estudantes com deficiência visual. Por fim, é proposto um jogo didático com recurso de acessibilidade e inclusivo, denominado “Enigma das Cientistas”, com o propósito de divulgar sobre as contribuições, histórias e trajetórias de mulheres que se destacaram nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (CTEM). Foi possível concluir que para proporcionar uma educação inclusiva é pertinente explorar diversificadas formas de articulações que permitam o desenvolvimento dos indivíduos de modo a compartilhar saberes através da comunicação efetiva, oportunizando o reconhecimento e o acesso aos códigos que dão suporte à veiculação de uma informação. Esta pesquisa busca em ações futuras expandir a acessibilidade do jogo didático através da integração da escrita braille nas cartas. Além disso, será realizado um curso de formação para professores, organizada pela equipe do projeto de extensão Meninas na Ciência da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o objetivo de habilitar a implementação do jogo didático “Enigma das Cientistas” como instrumento de inclusão e de divulgação das contribuições, trajetórias e descobertas de mulheres cientistas.

Palavras-chave: práticas inclusivas; ensino de física; jogo didático inclusivo.

ABSTRACT

This work aims to present a systematization of inclusive practices in the context of Physics Education, considering the specific needs of visually impaired students. To this end, aspects of the Nature of Science (NOS) are explored, linked to the development of Physics as a scientific discipline, highlighting the role attributed to observation, language, and communication in the progress of Science. Subsequently, concepts related to inclusion in the educational context are discussed, alongside a reflection on inclusive practices to promote Physics Education for visually impaired students. Finally, the educational, accessible and inclusive game named “*Enigma das Cientistas*” (Enigma of the Scientists) is proposed, aiming to highlight the contributions, stories, and trajectories of women who have excelled in the fields of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). The study concludes that fostering inclusive education requires exploring diverse approaches that enable individual development, by sharing knowledge through effective communication and ensuring recognition and access to the codes supporting the dissemination of information. Future actions include expanding the game’s accessibility by integrating Braille writing into the cards. Furthermore, the outreach project “*Meninas na Ciência*” from the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) will conduct a workshop for school teachers to enable the implementation of the “*Enigma das Cientistas*” game as a pedagogical tool for inclusion and raising awareness of the contributions, journeys, and discoveries of women scientists.

Keywords: inclusive practices; physics teaching; inclusive educational game.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho feito por Galileu Galilei	20
Figura 2 - Gráfico da posição por tempo	33
Figura 3 - Gráfico da velocidade por tempo	34
Figura 4 - Gráfico da velocidade por tempo	34
Figura 5 - Prancheta adaptada de baixo custo	35
Figura 6 - Gráfico em alto-relevo produzido pela prancheta (frente)	35
Figura 7 - Gráfico em alto-relevo produzido pela prancheta (verso)	36
Figura 8 - Teclado de computador com recurso tátil (adesivos de alto relevo)	38
Figura 9 - Cartas enigmas do jogo “Enigma das Cientistas	47
Figura 10 - Carta de recurso de acessibilidade do jogo “Enigma das Cientistas”	48
Figura 11 - Carta de sugestões ao professor do jogo “Enigma das Cientistas”	60
Figura 12 - Estande “Mulheres e Meninas na Ciência” e jogo “Enigma das Cientistas” na 21ª SEPEX	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAE	Coordenadoria de Acessibilidade Educacional
DNA	Ácido desoxirribonucléico
Libras	Língua Brasileira de Sinais
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
NdC	Natureza da Ciência
PROEX	Pró-Reitoria de Extensão
PROPESQ	Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação da Universidade Federal de Santa Catarina
PROPG	Pró-Reitoria de Pós-Graduação
SEPEX	Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão
SINOVA	Secretaria de Inovação da Universidade Federal de Santa Catarina
SNCT	Semana Nacional de Ciência e Tecnologia
STEM	Science, technology, engineering and mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 A FÍSICA E A OBSERVAÇÃO	17
2.1 COMO OBSERVAMOS?	18
3 EDUCAÇÃO INCLUSIVA E O ENSINO DE FÍSICA	25
3.1 COMO A FÍSICA É COMUNICADA?	25
3.2 ACESSIBILIDADE OU INCLUSÃO?	28
3.3 PRÁTICAS INCLUSIVAS NO ENSINO DE FÍSICA	29
3.3.1 Uma experiência com práticas inclusivas	30
3.3.2 Descrição de imagens, gráficos, experimentos, aparatos, situações e fenômenos	32
3.3.3 Material tátil para a representação de gráficos, esquemas e símbolos físicos-matemáticos	34
3.3.4 Teclado tátil e leitor de tela estendidos à softwares de programação	36
3.3.5 Detalhamento oral do quadro, incluindo leitura dos cálculos matemáticos	38
3.3.6 Exploração dos demais sentidos	40
3.3.7 Abordagem das diferentes ênfases curriculares do conteúdo físico	41
3.3.8 Inclusão da realidade do estudante com deficiência visual	42
3.4 PRÁTICAS INCLUSIVAS E ENSINO DE FÍSICA: UMA SÍNTESE	43
4 “ENIGMA DAS CIENTISTAS”: PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO INCLUSIVO	44
4.1 SURGIMENTO E PROPOSTA DO JOGO	44
4.2 RECURSO DE ACESSIBILIDADE: AUDIODESCRIÇÃO	48
4.3 TESTAGEM E VALIDAÇÃO DO JOGO	49
4.4 OS ENIGMAS	53
4.4.1 Enigma 01: “Assassino Silencioso”	53
4.4.2 Enigma 02: “Doce Descoberta”	54
4.4.3 Enigma 03: “Cálculo lunar”	54

4.4.4 Enigma 04: “DNA estelar”	54
4.4.5 Enigma 05: “Paparazzi”	54
4.4.6 Enigma 06: Dificuldades	55
4.4.7 Enigma 07: “Mirando o horizonte”	55
4.4.8 Enigma 08: “Mudanças”	55
4.4.9 Enigma 09: “Duas caras”	55
4.4.10 Enigma 10: “Astro-desafios”	56
4.4.11 Enigma 11: “Observando o invisível”	56
4.4.12 Enigma 12: “A número 1”	56
4.4.13 Enigma 13: “Mundo animal”	56
4.4.14 Enigma 14: “Boom!”	57
4.4.15 Enigma 15: “Academia científica”	57
4.4.10 Enigma 16: “Céu Estrelado”	57
4.5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	58
4.6 APLICAÇÕES	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O aprender da Física permite às pessoas uma interpretação de fenômenos e conceitos que descrevem o funcionamento do mundo ao seu redor, nas mais diversas dimensões. Em diferentes graus de escolaridade, desde o ensino regular básico até a formação de cientistas, o conteúdo científico é explorado em diferentes níveis de aprofundamento e complexidade, devendo ser abordado com metodologias de ensino adequadas ao contexto e aos educandos, incluindo os estudantes com deficiência. De acordo com Pereira (2021), pessoas com deficiência têm assegurados seus direitos de estudarem em escolas regulares, de acesso ao atendimento educacional especializado, de terem ambiente e materiais adaptados e professores especializados e generalistas. A inclusão dos estudantes com deficiência no ensino regular já é uma realidade, e, na área educacional, o trabalho com identidade, diferença e diversidade é central para a construção de metodologias, materiais e processo de comunicação que dêem conta de atender o que é comum e o que é específico entre os estudantes (Camargo, 2017).

Para exercer um ensino inclusivo, é necessário que os profissionais da área de ensino de Física compreendam que é fundamental entender as especificidades dos estudantes, adaptando seu currículo e aulas de modo a utilizar, conforme demanda, materiais que explorem outros sentidos (visuais, táteis, auditivos) e outros recursos (pedagógicos, tecnológicos e culturais adaptados), além do importante trabalho em conjunto com outros profissionais da educação, como os intérpretes de Libras; instrutores de Braille e professores de apoio (Pereira, 2021). Neste sentido, pesquisas acerca das relações entre Ensino de Física e inclusão de pessoas com deficiência proporcionam discussões inerentes à diversidade humana e aos processos de ensino e aprendizagem, possibilitando a exploração das múltiplas percepções no ensino dessa área e a conscientização da variedade de inteligências capazes de assimilar os saberes científicos.

Este estudo se propõe a explorar os aspectos inerentes ao Ensino de Física para pessoas com deficiência visual. Em específico, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) pretende responder a seguinte questão de pesquisa: Quais práticas podem contribuir com a inclusão de estudantes com deficiência visual no contexto do ensino de Física?

O objetivo geral consiste em apresentar uma sistematização de práticas inclusivas no contexto de Ensino de Física contemplando as especificidades dos estudantes com deficiência visual. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram traçados:

- Explorar aspectos da Natureza da Ciência (NdC) articulados ao desenvolvimento da Física como disciplina científica, destacando o papel atribuído à observação, linguagem e comunicação, no desenvolvimento e progresso da ciência;
- Contextualizar e discutir conceitos relacionados à inclusão no âmbito educacional de pessoas com deficiência;
- Refletir sobre práticas inclusivas para a promoção do Ensino de Física para estudantes com deficiência visual; e
- Propor um jogo didático inclusivo com o propósito de divulgar sobre as contribuições, histórias e trajetórias de mulheres que se destacaram nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (em inglês, STEM).

Em formato teórica-reflexiva em conjunto com relato de experiência, a motivação para a proposta advém da experiência durante a graduação como estagiária na Coordenadoria de Acessibilidade Educacional (CAE). Neste contexto de atuação, me deparei com os desafios inerentes à efetivação da educação inclusiva de estudantes com deficiência visual, principalmente no Ensino de Física e Matemática.

O estudo ficará dividido em 5 capítulos, incluindo esta introdução (Capítulo 1). No capítulo 2, propõe-se uma reflexão acerca do papel da observação na construção da Ciência problematizando uma perspectiva empírico-indutivista, buscando investigar essa relação.

No capítulo 3, é explorada a importância e a complexidade da comunicação. Em seguida, são apresentados alguns conceitos inerentes à educação inclusiva, destacando suas diferenças. Assim, advindas da experiência na CAE e da literatura, são propostas práticas inclusivas no Ensino de Física para pessoas com deficiência visual.

No capítulo 4, é apresentada uma proposta de jogo didático denominado “Enigma das Cientistas”, que foi desenvolvido durante minha atuação no projeto

Meninas na Ciência da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), evidenciando seus objetivos, mecânica de jogo e recurso de acessibilidade.

Por fim, no capítulo 5 estão presentes as considerações finais, nas quais são evidenciados as principais reflexões, contribuições, limitações e ações futuras.

2 A FÍSICA E A OBSERVAÇÃO

Compreender a Ciência se tornou objeto de estudo da filosofia da ciência. A epistemologia, ramo desta filosofia, busca investigar os fundamentos lógicos, singularidades e valores que são intrínsecos ao conhecimento científico. Aparentemente, há algo intrigante na ciência e no método científico. Neste cenário, a Física se tornou alvo dos filósofos das ciências naturais, pois por muito tempo tem sido interpretada como um objeto de estudo “mais adequado” quando comparado à muitas das teorizações devido à sua própria história (Zanetic, 1990), explorando questões que envolvem a construção da realidade, a compreensão do espaço e do tempo, a relação entre o observador e a observação, e o papel das leis e teorias no conhecimento científico. Esta posição privilegiada enquanto objeto de estudo, permite a presença de um tratamento filosófico da física que desestigmatiza os estereótipos característicos de neutra, linear, ahistórico e sem vieses políticos e sociais.

A história da filosofia da ciência tem início no começo do século XVII, com Francis Bacon (1561–1626) propondo que, de acordo com Chalmers (1999), a meta da ciência consistiria no melhoramento da vida do homem na terra e, para ele, essa meta seria alcançada através da coleta de fatos com observação organizada e derivando teorias a partir daí. Com sua corrente filosófica denominada empirismo, Francis popularizou o “método científico”, mesmo que não nomeasse assim, para a investigação de fenômenos naturais, embasado na metodologia indutiva composta pelas etapas de testar e refinar hipóteses, observar, medir e experimentar. Seus ideais são sintetizados em um de seus aforismos, exprimindo a base de sua abordagem científica: “O homem, ministro e intérprete da natureza, faz e entende tanto quanto constata, pela observação dos fatos ou pelo trabalho da mente, sobre a ordem da natureza; não sabe nem pode mais” (Bacon, 1999, p.7).

Uma concepção de senso comum acerca da ciência, predominantemente de cunho empírico-indutivista, revela a obtenção do conhecimento científico de maneira objetiva, isento de especulações pessoais e de interferências externas. Da observação despretensiosa, surgem indagações - *por quê? como? quando?* - sobre o funcionamento do mundo que cerca o observador científico. Ressalta-se que o “observador científico deve ter órgãos sensitivos normais e inalterados e deve

registrar fielmente o que puder ver, ouvir etc. em relação ao que está observando, e deve fazê-lo sem preconceitos” (Chalmers, 1999, p.25).

Nessa concepção, minuciosamente, são elaboradas proposições de observação¹ que formam a base a partir da qual as leis e teorias que constituem o conhecimento científico devem ser derivadas. Satisfeitas condições criteriosas, as afirmações singulares se tornam uma afirmação universal, justificando amplamente as observações realizadas em condições diversas e sem comprometer a generalização universal da lei:

O tipo de raciocínio que estamos discutindo, que nos leva de uma lista finita de afirmações singulares para a justificação de uma afirmação universal, levando-nos do particular para o todo, é denominado raciocínio indutivo, e o processo, denominado indução (Chalmers, 1999, p.28).

Compreender a ciência de maneira indutivista pressupõe que as proposições de observação podem ser averiguadas por qualquer observador pelo uso normal dos sentidos. Isto é, o que se entende por “observação”? E, se a observação proporciona um ponto de partida para fazer Ciência, como se adapta a pluralidade dos sentidos dos “observadores” científicos?

Na maioria dos casos, a observação, o ato de observar, está intimamente relacionado ao sentido da visão, apesar de que possa ser realizada observação via os outros sentidos. Popularmente, a observação via visão pode ser compreendida como o processo físico-biológico entre a interação da luz com o olho humano. Em uma descrição simplista e introdutória: “a luz entra através das pupilas, sofre refração pelas lentes e forma uma imagem na retina que, ao estimular os bastonetes e cones, impulsos elétricos são transmitidos pelo nervo óptico ao cérebro através de fibras nervosas, o que faz o sujeito observar” (French, 2009, p.66).

2.1 COMO OBSERVAMOS?

Ao aprofundar o entendimento sobre o fenômeno da visão, compreende-se que a percepção visual é na verdade um processo de reconstrução da realidade exterior, na qual estamos imersos, realizado pelo córtex cerebral, a partir de informações captadas pelos olhos. Neste processo de percepção, é necessário

¹ Termo adotado por Chalmers para as afirmações às quais o observador científico elabora com o objetivo de explicar, satisfatoriamente e criteriosamente, o fenômeno ou objeto observado.

considerar as características e as limitações do olho humano, abrangendo suas particularidades e funções:

A córnea e o cristalino formam um conjunto de lentes que projetam sobre a retina uma imagem real dos objetos visualizados. Os músculos ciliares ajustam a distância focal equivalente, através da deformação do cristalino. A íris serve de diafragma, ajustando a quantidade de luz que entra pela abertura da pupila. Além disso, ao reduzir a abertura, diminui as aberrações de esfericidade e aumenta a nitidez da imagem. O humor vítreo é uma solução aquosa de proteínas, que, além de prover nutrientes para o cristalino, atua como um filtro protetor, absorvendo a luz ultravioleta e infravermelha (Stolfi, 1996, p.1).

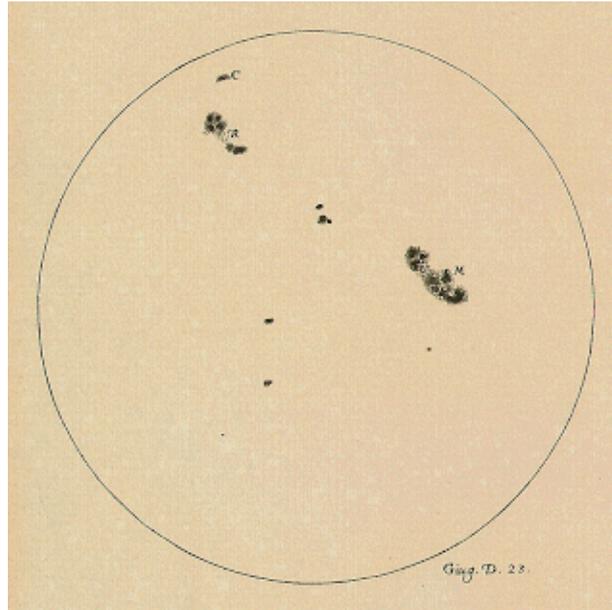
Os olhos são constantemente estimulados e se mantêm em movimento, promovido pela musculatura do globo ocular, com as funções de percepção de profundidade; detalhamento de uma imagem; percepção do movimento e renovação dos estímulos luminosos, para que a imagem seja continuamente projetada sobre a retina. Assim, a percepção visual dá-se efetivamente no cérebro, a partir dessas informações elementares fornecidas pelo olho.

Compreendendo a complexidade da observação via sentido da visão, Chalmers (1999) destaca dois pontos enraizados na perspectiva indutivista, da qual iniciamos a discussão nos parágrafos anteriores:

O primeiro é que um observador humano tem acesso mais ou menos direto a algumas propriedades do mundo externo à medida que essas propriedades são registradas pelo cérebro no ato da visão. O segundo é que dois observadores normais vendo o mesmo objeto ou cena do mesmo lugar “verão” a mesma coisa. Uma combinação idêntica de raios de luz vai atingir o olho de cada observador, vai ser focada em suas retinas normais pelas suas lentes normais e produzirá imagens similares. Informação similar vai então alcançar o cérebro de cada observador via seus nervos óticos normais, e daí podemos concluir que os dois observadores “vêm” a mesma coisa (Chalmers, 1999, p.48).

É esperado, portanto, que sujeitos observadores do mesmo objeto e nas mesmas circunstâncias, observem a mesma coisa - mas não é o que acontece. Mesmo vendo o mesmo objeto e possuindo a formação de imagens virtualmente idênticas nas respectivas retinas dos observadores, esses não possuirão necessariamente experiências visuais idênticas. Observe a figura abaixo (Figura 1):

Figura 1 - Desenho feito por Galileu Galilei



Fonte: Figura das manchas solares, publicada na obra *Istoria intorno alle macchie* (História sobre as manchas solares), em 1613.

A maioria de nós interpreta a figura como uma circunferência com manchas aleatórias, ou minuciosamente posicionadas, no seu interior. Se formos além, podemos realizar algumas suposições: podemos interpretar como sendo um desenho feito à mão, no qual o(a) artista teve o descuido (ou intenção) e derramou tinta. Ainda, poderíamos interpretar como sendo uma lente de microscópio ampliando algum microorganismo biológico. Para aquietar a curiosidade, a Figura 1 retrata um desenho feito em 1613 por Galileu Galilei (1564-1642) que, ao começar suas observações do Sol, em 1611, percebeu a existência de regiões escuras que pareciam se mover em sua superfície. A partir do seu movimento, verificou a periodicidade e comportamento das denominadas manchas solares, concluindo, portanto, que eram fenômenos que ocorriam na superfície solar, deduzindo que o Sol rotaciona em torno do próprio eixo em um período de aproximadamente um mês lunar. Suas observações astronômicas foram utilizadas com o auxílio de um instrumento óptico: o telescópio.

Mesmo visualizando imagens idênticas, dois observadores não “vêm” necessariamente da mesma forma, e há um importante sentido nisso (Chalmers, 1999). De acordo com French (2009), o que você vê não é determinado simplesmente pela luz que incide na sua retina, isso é determinado pela sua disposição mental, pelas suas crenças antecedentes, pelas suas vivências, pelas suas sugestões e outros fatores. O que um observador vê, isto é, a experiência

visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas (Chalmers, 1999).

Para a melhor compreensão da natureza da Ciência e sua relação com a observação, vamos revisitar o contexto histórico da elaboração do telescópio, apesar de controverso, e de sua utilização por Galileu, que ampliou a interpretação sobre o comportamento do universo. Sua história tem início, possivelmente, em uma das versões, em 1607 em uma fábrica de óculos de Middelburg, cidade dos Países Baixos, na qual um aprendiz do oculista Hans Lippershey (1570-1619), descobriu que colocando-se duas lentes a uma distância apropriada, poderia aumentar os objetos vistos por elas. O aprendiz comunicou o fato ao seu patrão, que colocou duas lentes em um tubo, e exibiu o instrumento na vitrine de sua loja. Um funcionário do governo viu e comprou o aparato, dando de presente para o príncipe Maurício de Nassau, que, como comandante das forças armadas, percebeu as possibilidades do instrumento para fins militares. Três holandeses disputaram a invenção do instrumento: Hans Lippershey (1570-1619) e Zacharias Janssen (1580-1638) e Jacob Metius (1571-1630). A patente não foi concedida a nenhum deles, pois vários fabricantes de lentes também começaram a fabricar lunetas e não era claro de quem seria a prioridade (Martins, 2010).

Apenas em 1608 teve início a produção e comercialização de telescópios na Europa e o termo “telescópio”, do grego tele, “distante”, e skopos, “observar”, foi criado na Itália em 1611. Galileu Galilei, que nessa época era professor da universidade de Pádua, tomou conhecimento sobre a invenção holandesa em junho de 1609. Já que não possuía conhecimento específico sobre a construção de instrumentos ópticos, utilizou das descrições expostas a respeito da confecção do telescópio, em síntese, que se tratava de duas lentes, uma em cada extremidade de um tubo, e, através de tentativas e erros, desenhou e reproduziu o seu instrumento de ver à distância. Com o passar do tempo, reduziu os defeitos e distorções de seu telescópio. Galileu utilizou um modelo rudimentar, o telescópio refrator, composto por lentes de vidro, o que ampliou a interpretação sobre o comportamento do universo.

Houve resistência acerca da credibilidade do instrumento óptico: as pequenas manchas de luz observadas, que, de acordo com Galileu, seriam luas, não eram convincentes o suficiente para os observadores aristotélicos. Portanto, a

descrença possuía questões filosóficas e religiosas. De fato, esse aspecto se revela quando compreendemos que, de acordo com Martins (2010), não foram essas observações que convenceram Galileu de que a teoria heliocêntrica estava correta, na verdade, ele se “converteu”, baseado em argumentos racionais ou evidências científicas, à teoria de Copérnico mais de dez anos antes. Os colegas de Galileu foram alvo de seu convencimento, como reflete French (2009):

Poderia ele dizer-lhes como o telescópio funcionava? Não. Na verdade, a teoria da ótica que ofereceria tal explicação só seria desenvolvida bem mais tarde. Poderia ele ao menos confirmar que o telescópio aumentava os objetos? Ora, Galileu podia apontá-lo para um objeto terrestre, a torre de uma igreja no caminho, por exemplo, e mostrar que o aparelho aumentava aquele objeto, mas, é claro, os aristotélicos acreditavam que as leis que se aplicavam aos objetos terrestres eram muito diferentes daquelas que se aplicavam aos céus, que os primeiros padeciam de decadência e morte e mudança em geral, enquanto os últimos eram incorruptíveis e imutáveis. Por que deveriam aceitar que algo funcionava aumentando os objetos terrestres funcionaria da mesma maneira quando apontado aos céus? (French, 2009, p. 69).

Esse clássico episódio da História da Ciência evidencia a intrínseca relação entre como o que o observador vê é afetado pelo seu conhecimento e experiências subjetivas que eles vivenciam ao contemplar um objeto ou fenômeno, não sendo determinado apenas pelas imagens sobre suas retinas, mas que depende também do observador. Para observar adequadamente por um telescópio, por exemplo, é necessário aprender a compreender o observável: quando utilizou o telescópio para explorar os céus, Galileu aprendera a “ver”. É essencial compreender o que o instrumento pode fazer, investigando suas limitações e potencialidades para novas situações. Como Chalmers (1999) ressalta, o arranjo desestruturado de padrões brilhantes e escuros que o iniciante observa é diferente do espécime ou cena detalhada que o observador treinado pode discernir.

Finalmente, quão seguros são os enunciados de observação para a fundamentação da Ciência? As observações, precedidas, ou não, de teoria norteadora, carregam consigo crenças e experiências subjetivas, que serão projetadas nas proposições que, na perspectiva indutivista, são a base segura e estruturante das leis e teorias que constituem o conhecimento científico. Em conformidade com French (2009, p.71), “o problema é que os enunciados de observação tipicamente pressupõem teorias e, por conseguinte, são tão seguros quanto as teorias que eles pressupõem”.

Diante da complexidade e diversidade entre os(as) cientistas, abrangendo diferenças de caráter físico, mental, intelectual ou sensorial, compreende-se que as experiências do observador não são únicas e nem imutáveis, mas variam com as expectativas, percepções e conhecimentos do mesmo. French (2009) destaca que a observação não é uma operação meramente passiva, mas envolve um engajamento ativo com o mundo.

Apesar de incongruências na concepção indutivista, a relação com a observação, em específico do sentido da visão, se demonstra presente no conhecimento físico, principalmente pela sua linguagem primordial: a matemática. Para além de um instrumento de comunicação, representa uma expressão dos pensamentos: “é a maneira de estruturarmos nossas ideias sobre o mundo físico, embora possa em determinados momentos se assemelhar a uma simples descrição de objetos” (Pietrocola, 2002, p.101). A matemática oferece a sua estruturação (números, equações, gráficos e simbologias) ao pensamento científico para compor modelos físicos que descrevem a essência da natureza e seus fenômenos. Pietrocola (2002) estabelece uma analogia com a transmissão verbal de saberes:

No caso geral da linguagem empregada pelo homem, as palavras são ideias; nas ciências os conceitos têm esta função. A gramática, ortografia, sintaxe e outras características da análise linguística são formas de se articular palavras para exprimir nosso pensamento. Na ciência precisamos de regras equivalentes, pois de outra forma ser-nos-ia impossível elaborar e exprimir nossos pensamentos de forma clara, para nós mesmos e para os outros. A Matemática, por ser uma linguagem, dispõe de tais "regras" que permitem vincular os conceitos. A geometria euclidiana, com seus axiomas e teoremas, é um exemplo de linguagem matemática amplamente utilizada na Física clássica. A álgebra vetorial é outra linguagem matemática de muito uso na Física atual. A diversidade de linguagens matemáticas leva os franceses a se referirem a ela no plural (Matemáticas). Cada uma delas se estrutura de forma diferente, com gramática, sintaxe e ortografia próprias. Aqui cabe uma analogia entre as diversas línguas existentes no mundo. Todas se prestam a expressar o pensamento, mas quem fala mais de uma língua sabe que algumas ideias melhor se exprimem numa língua do que em outras (Pietrocola, 2002, p.102).

No contexto educacional, o que acontece quando o nosso observador possui o observar por visão divergente do “ideal”? Com objetivo de inclusão e compartilhamento do conhecimento científico, busca-se, de acordo com Rosita Edler Carvalho (2019), no ponto de vista da educação inclusiva, enfrentar a fragmentação interna existente no sistema educacional, buscando diversificadas formas de articulações, e promover programas, projetos e atividades que permitem o

desenvolvimento pleno da personalidade dos indivíduos, fortalecendo o respeito aos direitos humanos e às liberdades fundamentais.

3 EDUCAÇÃO INCLUSIVA E O ENSINO DE FÍSICA

Os ambientes educacionais carregam um papel primordial e transformador no incentivo ao pensamento crítico, desenvolvimento da autonomia e autoestima, transitabilidade do conhecimento científico e valorização do saber cotidiano - fatores essenciais na formação de indivíduos. Inerente à fatores sociais, políticos e econômicos, Bourdieu (1998) aborda que a cultura escolar inculca nos indivíduos um conjunto de categorias de pensamento e de expressão que possibilita o relacionamento entre si, e difunde uma cultura de classes fundada na primazia de certos valores, favorecendo uma relação de cumplicidade e de comunicação específica. Em outras palavras, o ambiente escolar reproduz a cultura social a qual está inserida, revelando, sutilmente ou não, aspectos discriminatórios, em específico a imposição da concepção de normalidade sob a perspectiva do pensar a contradição, o que resulta na criação de representações em torno das pessoas com deficiências, pelo que lhes falta, o que as torna “diferentes” porque são “incompletas” (Carvalho, 2019). Essas reflexões aqui feitas se estendem para o Ensino de Física.

O sistema escolar possui, inconscientemente, a função de conservação social, isto é, são ignoradas as desigualdades culturais entre os estudantes, sendo isso refletido na seleção dos conteúdos de ensino, nos saberes escolares, metodologias de ensino e nos critérios de avaliação, colhendo como resultado o favorecimento dos mais favorecidos e o desfavorecimento dos desfavorecidos. Ao considerar os estudantes como iguais em direitos e deveres, desconsiderando as suas particularidades desiguais, compactua-se com a replicação das desigualdades sociais. Carvalho (2019) afirma que apesar dessas características, a escola é uma instituição social que ainda se mantém acessível à discussão, ao debate, à negociação e à participação. Sendo um espaço irradiador de saberes. Nesta perspectiva, a ação crítica se inicia ao questionar sobre qual e como a função social dessa instituição é desempenhada.

3.1 COMO A FÍSICA É COMUNICADA?

O conhecimento científico físico é responsável pela descrição dos comportamentos da natureza. Diante da complexidade dos fenômenos, o cientista utiliza das suas experiências perceptivas do mundo que o cerca para a elaboração

de modelos físicos que, amparados pela teoria e experiência, manifestam a essência do objeto estudado. Para que aconteça o compartilhamento desses saberes, é necessário que ocorra a comunicação interpessoal. Essa consiste na relação entre emissor e receptor na qual o primeiro, de forma intencional, veicula ao segundo “algo em comum” (uma mensagem, ideia ou informação) que se refere a um mesmo objeto de consciência, ou seja, entidades não materiais existentes e inicialmente representadas na esfera da consciência, do psicológico, das ideias (Camargo, 2010).

De acordo com Carvalho (2019), compreender a imaginação como uma forma de ligar as coisas ao eu, ou de plasmar visões de mundo, modelando condutas e estilos de vida, amplia a significação do fluxo comunicacional, uma vez que esse revela o imaginário dos indivíduos envolvidos. A linguagem deve ser interpretada como um meio de instituição da realidade, visto que é através dela que colocamos um sentido no mundo que nos cerca. Portanto, se a comunicação exprime a relação entre consciências, como ocorre o compartilhamento de informações? Quais elementos são essenciais e oferecem suporte à sua existência?

“*O som é uma onda mecânica.*” A informação contida nesta frase é selecionada de forma intencional pelo emissor (ou emissora) e é transmitida ao leitor (receptor). Utilizando das características gráficas das letras somadas ao seu sistema de organização, obtém-se a formação de palavras que são meios para o compartilhamento do conhecimento em questão. Destacado como pilar essencial de uma informação, o código contém um aspecto material que se refere à sua organização como objeto empírico, trata-se um meio de organização, armazenamento, veiculação e percepção de uma determinada informação (Camargo, 2010). Entretanto, se deparar com um código não garante o acesso ao significado nele contido.

A efetivação da comunicação está diretamente relacionada com o reconhecimento e acesso aos códigos que dão suporte à veiculação de uma informação. Relacionado à frase citada, um receptor que não leia português, por exemplo, não compreenderá o que quero transmitir. Porém, se a mesma frase for expressa com características sonoras do idioma, a informação poderá ser transmitida e compreendida - se este for o meio mais eficaz. Alternativamente, uma comunicação gestual-visual, como a Língua Brasileira de Sinais (Libras) ou uma comunicação tátil, como o Braille. A linguagem oral não pode ser entendida como

meio exclusivo de suporte aos processos comunicacionais, outras formas de comunicação não-verbais, como a visual ou gestual, são consideradas legítimas e válidas para a constituição do referido processo (Camargo, 2010).

Assim como é necessário codificar a informação, é igualmente importante refletir sobre a decodificação. Esse processo, além de exigir condições subjetivas de conhecimento dos códigos para a compreensão de seus significados, requer condições objetivas de acessibilidade na veiculação e percepção de suas informações (Camargo, 2010). Se comunicar é tornar comum um mesmo objeto mental (saberes, sensações, afetos, pensamentos), esse compartilhamento entre o emissor e o receptor depende do conhecimento do código por meio do qual a informação é veiculada e as condições de acessibilidade a ele.

No contexto de ensino, o educador é o responsável por efetuar as transformações necessárias na informação e código a serem comunicados. Em termos de saberes, o saber sábio, conhecimento produzido no meio acadêmico e científico, sofrem um processo de transformações adaptativas quando definido como saber a ser ensinado, tornando-o apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. No processo de transposição didática, de acordo com Pinho-Alves e Pinheiro (2010), o saber a ser ensinado deve ser passível de recortes que possibilitem sequências de ensino aceitáveis e que atendam aos critérios pedagógicos e institucionais, tornando-se “programável” e suscetível às etapas de “despersonalização” e “descontextualização”, desligando-se dos vínculos autorais e, conseqüentemente, dos fatores sociais, culturais e históricos, de modo a permitir uma livre organização do conteúdo e um controle social das aprendizagens.

Somado a isso, o saber passa também por um processo de “dessincretização”, na medida em que as especializações da prática da criação teórica são substituídas por especializações pertinentes às práticas da aprendizagem. Esse mecanismo viabiliza a apropriação do saber pelos que deverão recebê-lo, ou seja, tornar o saber a ser ensinado em saber ensinado, que é exposto a uma recontextualização, descontemporização e naturalização, previstas pela transposição didática interna. Nesse processo dinâmico, é estabelecida uma relação complexa entre o saber, o educador e o educando, na qual a acessibilidade e inclusão possuem papel crucial para a efetivação da comunicação.

3.2 ACESSIBILIDADE OU INCLUSÃO?

Ao pensar criticamente sobre uma escola inclusiva, mobilizam-se reestruturações dos currículos escolares, políticas públicas e formação de professores, de modo a construir um ambiente de saberes e compartilhamento de experiências que considere o outro como um todo, incluindo e flexibilizando, na perspectiva metodológica, estratégias que contribuam para a efetivação do ensino e aprendizagem. A inclusão dos estudantes com deficiência no ensino regular já é uma realidade e com diversas conquistas, porém ainda carece de pesquisas e discussões no contexto da formação de professores.

A inclusão escolar pressupõe que a escola se adapte para receber e fornecer condições para que qualquer aluno tenha acesso ao ensino de qualidade levando em consideração o que é comum e o que é específico entre os estudantes. Nesta perspectiva, o trabalho com identidade, diferença e diversidade é norteador para a construção de metodologias, materiais e processos de comunicação inclusivos (Camargo, 2017). Como destacam Lippe e Camargo (2009):

Além disso, considerando que incluir transcende uma integração por meios físicos, ou seja, incluir é, sobretudo, disponibilizar aos alunos a possibilidade de dominar um saber real (e não transitório), destacamos o modo excludente e inacessível com que a Ciência, muitas vezes, tem sido tratada em sala de aula (Lippe, Camargo, 2009, p. 135).

Para a promoção da inclusão nos espaços escolares, Carvalho (2019) destaca que é necessário enfrentar os mecanismos excludentes que podem acontecer no interior da escola e que possuem relações diretas, por exemplo, com sua estrutura e funcionamento; com suas práticas pedagógicas e com as condições de trabalho do corpo docente.

Do ponto de vista normativo e regulatório, o Ministério da Educação, a partir da sua Secretaria de Educação Especial, apresenta a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, que acompanha os avanços do conhecimento e das lutas sociais, visando constituir políticas públicas promotoras de uma educação de qualidade para todos os alunos. Sendo que a educação inclusiva:

[...] constitui um paradigma educacional fundamentado na concepção de direitos humanos, que conjuga igualdade e diferença como valores indissociáveis, e que avança em relação à ideia de equidade formal ao contextualizar as circunstâncias históricas da produção da exclusão dentro e fora da escola (Brasil, 2008, p. 1).

A acessibilidade, portanto, pode ser compreendida como ações, práticas, métodos e técnicas que permitam a participação plena do estudante no processo educativo, com o objetivo de diminuir os obstáculos sociais e barreiras de comunicação. Este conceito se estende à fatores arquitetônicos em prédios escolares, como banheiros; rampas de acesso; salas de aula; nos transportes; nos mobiliários, nas informações. Um ambiente acessível permite que pessoas com deficiência possam entrar e utilizar um espaço, mas a inclusão garante que essas pessoas se sintam verdadeiramente parte da comunidade educacional.

Ao aplicar os conceitos da educação inclusiva, temos uma relação bilateral de transformação do ambiente educacional, que inclui o educador e o referido educando, pois o primeiro gera, mobiliza e direciona as condições para a participação efetiva do segundo (Camargo, 2017). Esse, por sua vez, age ativamente sobre tal transformação, modificando e sendo modificado por ela. Portanto, o educador deve buscar diferentes estratégias de ensino em suas áreas de atuação disciplinar, visando ampliar a magnitude de tal ensino.

3.3 PRÁTICAS INCLUSIVAS NO ENSINO DE FÍSICA

Pesquisas sobre as relações entre Ensino de Física e inclusão das pessoas com deficiência proporcionam discussões inerentes à diversidade humana e aos processos de ensino e aprendizagem, possibilitando a exploração das múltiplas percepções no ensino dessa área e a conscientização da variedade de inteligências capazes de assimilar os saberes científicos.

Para exercer um ensino inclusivo, ainda é necessário que os profissionais da área de ensino de Física compreendam que é fundamental entender as especificidades dos estudantes, adaptando seu currículo e aulas de modo a utilizar, conforme demanda, materiais que explorem outros sentidos (visuais, táteis, auditivos) e outros recursos (pedagógicos, tecnológicos e culturais adaptados), além do importante trabalho em conjunto com intérpretes de Libras, instrutores de Braille e professores de apoio. De acordo com Pereira (2021):

Entende-se que o movimento que está ocorrendo para a inclusão de deficientes nas aulas de Física, ainda que pequeno se comparado a outros temas, é fundamental para valorizar a diversidade e exercer o respeito por todas as pessoas. No entanto, espera-se que esse desejo de mudança na educação tenha mais interlocutores e que esse processo resulte em ações de melhoria e acessibilidade para as pessoas com deficiência (Pereira, 2021, p.205).

A busca pelas relações entre Ensino de Física e inclusão das pessoas com deficiência proporciona discussões inerentes à diversidade humana e aos processos de ensino e aprendizagem, possibilitando a exploração das múltiplas percepções no ensino dessa área, e a conscientização da variedade de inteligências capazes de assimilar os saberes científicos. De acordo com Eder Pires de Camargo (2018):

Neste sentido, avança em relação aos princípios gerais de inclusão, dando voz às características intrínsecas relacionadas às tipologias dos conteúdos escolares e das diferentes deficiências. [...] Embora a organização das séries escolares possa sofrer alterações e flexibilização, e o currículo necessite ser focado de maneira interdisciplinar, entendemos que características etárias e curriculares devem ser consideradas na organização escolar e na forma de abordagem dos conteúdos disciplinares. [...] Essas normativas e variáveis devem ser respeitadas e consideradas no processo de construção de uma didática inclusiva, processo este que não é simples (Camargo, 2018, p.23).

Em suma, ao objetivar a discussão, o debate, a negociação, a participação e, principalmente, a inclusão, é necessário que o compartilhamento de saberes no ambiente escolar priorize a efetivação da comunicação, oportunizando o reconhecimento e o acesso aos códigos que dão suporte à veiculação de uma informação. Nesse contexto, a acessibilidade e a inclusão possuem papel crucial para a efetivação da comunicação, estando inseridas na relação dinâmica e complexa entre o saber, o educador e o educando. Nos enlaces entre reflexões e ações para desenvolver um ensino de Física inclusivo, destaca-se a relevância da experiência que permite a apropriação das teorias norteadoras e que, ao colocá-las em prática, são recriadas, num verdadeiro processo de construção e aprimoramento teórico, a partir da própria prática (Carvalho, 2017). Aos que decidem enfrentar os desafios na promoção da educação inclusiva: há muitas riquezas na trajetória com a diversidade.

3.3.1 Uma experiência com práticas inclusivas

No decorrer da graduação de Licenciatura em Física me foi oportunizado a realização de Estágio não-obrigatório junto à Coordenadoria de Acessibilidade Educacional² (CAE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), acompanhando estudantes da graduação e pós-graduação. A CAE garante os direitos das pessoas com deficiência, mediante a equiparação de oportunidades,

² Página virtual: [Coordenadoria de Acessibilidade Educacional – Pró Reitoria de Ações Afirmativas e Equidades \(CAE/PROAFE\) \(ufsc.br\)](http://www.caeproafe.ufsc.br)

proporcionando à autonomia pessoal e acesso ao conhecimento. Durante a realização do Estágio, como bolsista, as atuações realizadas em disciplinas de Ciências Exatas e da Terra³ transpareceram a relevância de ações de acessibilidade e viabilizaram a exploração e aplicação de estratégias didáticas adaptadas à linguagem matemática-científica norteadora das aulas acompanhadas.

Durante o período no Estágio na CAE da UFSC, atuei na promoção das seguintes acessibilidades, dispostas de acordo com os referenciais de acessibilidade na educação superior e a avaliação *in loco* do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) (BRASIL, 2013):

1. Acessibilidade pedagógica: aplicação de métodos e técnicas que permitam a participação plena do estudante no processo educativo, adaptando-se às necessidades individuais dos estudantes;
2. Acessibilidade atitudinal: consiste na aplicação de práticas que visam diminuir ou eliminar obstáculos sociais enfrentados por pessoas com deficiência, tais como preconceitos, estigmas, estereótipos e discriminações;
3. Acessibilidade comunicacional: diz respeito a ações de enfrentamento de barreiras na comunicação interpessoal, escrita e virtual (acessibilidade digital).

As atuações referentes à acessibilidade atitudinal consistiram na participação e elaboração de programas e práticas de sensibilização e de conscientização da comunidade em geral sobre a convivência perante a diversidade humana. Estas possuíam relação direta com a acessibilidade comunicacional tais como a realização de audiodescrição, legendas, janela de libras e dublagem de vídeos. Como exemplo, temos o projeto da Websérie “Incluir-se: a acessibilidade envolve você”⁴, composto por 7 episódios, que aborda não apenas a acessibilidade, mas o respeito à diversidade, e, sobretudo, permite a visibilidade de corpos e funcionalidades que fogem às padronizações. Os recursos de acessibilidade com os quais contribuí foram a legendagem dos episódios e da audiodescrição, e a inclusão da janela de libras. Outro exemplo é o projeto “CAEnsina”⁵, que tem por finalidade oferecer suporte à comunidade acadêmica (interna e externa) nas questões

³ Classificação de cursos da UFSC. Disponível em: [Guia de Cursos de Graduação \(ufsc.br\)](http://Guia_de_Cursos_de_Graduacao_(ufsc.br))

⁴ [Coordenadoria de Acessibilidade Educacional – Pró Reitoria de Ações Afirmativas e Equidades \(CAE/PROAFE\) \(ufsc.br\)](http://Coordenadoria_de_Acessibilidade_Educacional_-_Pro_Reitoria_de_Acoes_Afirmativas_e_Equidades_(CAE/PROAFE)_ufsc.br)

⁵ [Coordenadoria de Acessibilidade Educacional – Pró Reitoria de Ações Afirmativas e Equidades \(CAE/PROAFE\) \(ufsc.br\)](http://Coordenadoria_de_Acessibilidade_Educacional_-_Pro_Reitoria_de_Acoes_Afirmativas_e_Equidades_(CAE/PROAFE)_ufsc.br)

pertinentes à acessibilidade e à inclusão educacional com a elaboração de diversos materiais, em que contribui na realização do material tutorial de como legendar vídeos por aplicativos de celular, visto que o contexto era ensino remoto devido a pandemia. E também o projeto “CAE em pauta”⁶, que tem como intuito explicar os serviços oferecidos pela CAE no que diz respeito ao seu funcionamento, composição da equipe, site e qual a sua importância junto à comunidade acadêmica. Minhas atuações foram contribuições nos roteiros dos vídeos, tais como a elaboração e gravação da audiodescrição; a gravação da Libras e edição dos vídeos. Por fim, destacam-se a realização de audiodescrição e de tradução em Libras de demandas pontuais.

No contexto da CAE da UFSC, a dinâmica da acessibilidade pedagógica é estabelecida através de solicitações realizadas pelos estudantes com deficiência da graduação ou pós-graduação, sendo atendidas conforme a disponibilidade dos estagiários. Neste contexto, acompanhei estudantes da graduação de diversos cursos em sala de aula, com a minha atuação variando de acordo com a necessidade solicitada pelo estudante. Algumas atuações contam com momentos extraclasse de frequências variadas, a depender da solicitação do estudante. Este momento é reservado para demandas pessoais, tais como realização de trabalho, realização de exercícios, revisão do conteúdo, entre outras. As práticas inclusivas utilizadas serão apresentadas a seguir.

3.3.2 Descrição de imagens, gráficos, experimentos, aparatos, situações e fenômenos

Por meio de esquematizações desenhadas à mão livre no quadro ou dispostas em recursos virtuais (vídeos, imagens, simulações), os educadores demonstram e representam os mais diversos comportamentos e interações que são objetos de estudo da Física. Ao pensar na inclusão de educandos com deficiência visual, coloca-se em pauta a exploração das diferentes características da comunicação: os elementos visuais precisam ser transpostos em informações sonoras. Através do processo de descrição, o educador transmite a mensagem e a faz ser compreendida. Nesse processo, todos os estudantes são beneficiados, visto

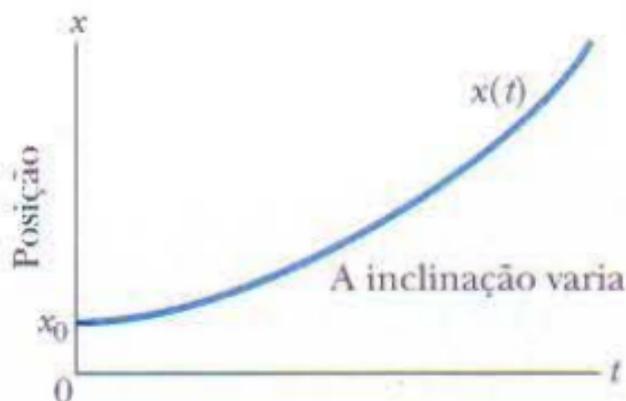
⁶ [Coordenadoria de Acessibilidade Educacional – Pró Reitoria de Ações Afirmativas e Equidades \(CAE/PROAFE\) \(ufsc.br\)](http://www.ufsc.br/proaefe)

que reforça a interpretação e significado do que pretende ser transmitido. Como destaca Camargo (2012):

Descrição oral detalhada de gráficos, de tabelas, comportamento geométrico de raios e de fenômenos luminosos, passagens matemáticas, são exemplos do potencial comunicacional dessas estruturas empíricas. Nesse contexto, a utilização de recursos instrucionais visuais como lousa, data show, retroprojeto, não é necessariamente inconveniente. Tais recursos podem ser utilizados em salas de aulas que contenham alunos com deficiência visual, desde que o elemento “descrição oral detalhada” seja explorado ao máximo (Camargo, 2012, p.261).

Para exemplificar, foram selecionados gráficos que representam situações de aceleração constante. Uma possibilidade de descrever o gráfico representado na Figura 2 é: “o eixo vertical representa a grandeza “posição”, já o eixo horizontal representa a grandeza “tempo”, ambos iniciando em zero. A curva desenhada é levemente inclinada para cima, com sentido positivo em ambos os eixos. Tem início na posição “ x ” subíndice zero e no tempo zero, com sua inclinação variando.” Para maior efetividade, é indicado a utilização de material tátil (explorado posteriormente).

Figura 2 - Gráfico da posição por tempo



Fonte: Halliday, Resnick (2008, p.23).

Uma possibilidade de descrever o gráfico representado na Figura 3 é: “o eixo vertical representa a grandeza “velocidade”, já o eixo horizontal representa a grandeza “tempo”, ambos iniciando em zero. A reta desenhada é inclinada para cima, com sentido positivo de ambos os eixos. A reta tem início na velocidade “ v ” subíndice zero e no tempo zero, com sua inclinação constante, representando a aceleração.”

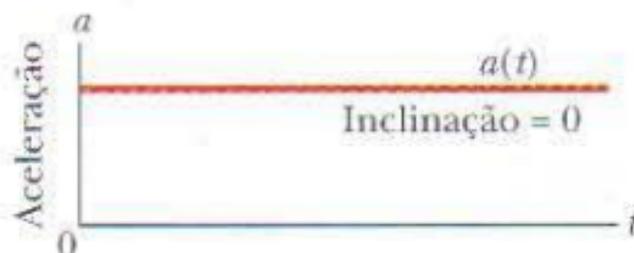
Figura 3 - Gráfico da velocidade por tempo



Fonte: Halliday, Resnick (2008, p.23).

Uma possibilidade de descrever o gráfico representado na Figura 4 é: “o eixo vertical representa a grandeza “aceleração”, já o eixo horizontal representa a grandeza “tempo”, ambos iniciando em zero. A reta desenhada é paralela ao eixo do tempo, com sentido positivo do mesmo, possuindo inclinação zero. A reta tem início no tempo zero e em uma aceleração determinada, que se mantém constante”.

Figura 4 - Gráfico da velocidade por tempo



Fonte: Halliday, Resnick (2008, p.23).

3.3.3 Material tátil para a representação de gráficos, esquemas e símbolos físicos-matemáticos

De acordo com Camargo, na hipótese da descrição oral tornar-se insuficiente ou limitada, a introdução de registros e esquemas táteis será sempre adequada e necessária para a veiculação de informações. Uma possibilidade de baixo custo e fácil manipulação é a prancheta adaptada utilizada no decorrer do estágio na CAE. Uma rede de tela de proteção (ou algum outro material similar) é sobreposta a uma prancheta de madeira comum, sendo fixada por grampos (Figura 5). A pessoa

posiciona um papel em cima da prancheta adaptada e desenha o que pretende ser comunicado.

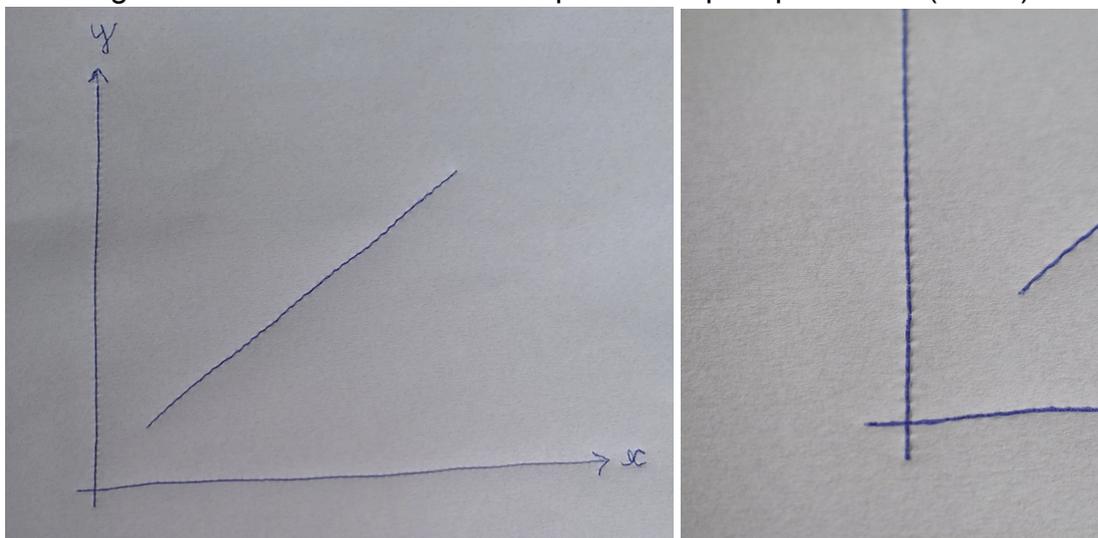
Figura 5 - Prancheta adaptada de baixo custo



Fonte: a autora.

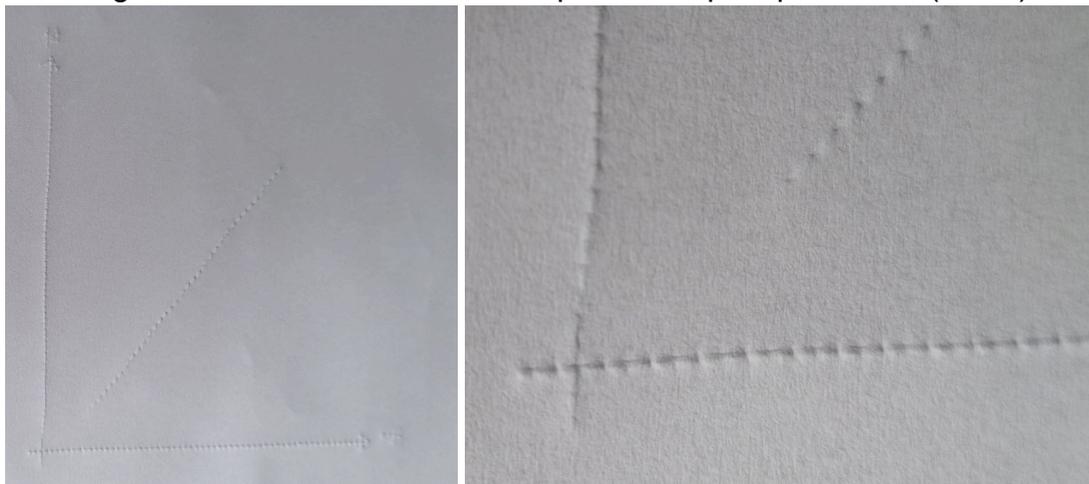
Após, retira-se a folha de papel de cima da prancheta e tem-se o desenho em alto-relevo (Figuras 6 e 7). É indicado o auxílio inicial para localizar o desenho e condução da mão da pessoa com deficiência visual, se necessário. Somado a isso, pode ser necessário realizar a descrição oral concomitantemente com a ação tátil.

Figura 6 - Gráfico em alto-relevo produzido pela prancheta (frente)



Fonte: a autora.

Figura 7 - Gráfico em alto-relevo produzido pela prancheta (verso)



Fonte: a autora.

3.3.4 Teclado tátil e leitor de tela estendidos à softwares de programação

Direcionada aos saberes computacionais da Física, essa prática inclusiva explora recursos táteis e auditivos para a realização independente de *scripts* de programação pela pessoa com deficiência visual. Esses recursos aqui explorados podem ser estendidos para a utilização do computador ou notebook. Inicialmente, é necessário pesquisar leitores de tela e filtrar os que são compatíveis com as demandas do usuário. Por exemplo, para o sistema Windows tem-se o JAWS (Job Access With Speech), para o sistema Linux tem-se Orca - software utilizado no decorrer do estágio na CAE. Esses recursos de acessibilidade permitem que os usuários com deficiência visual tenham acesso total às principais funcionalidades do sistema, desde manipulação de pastas e arquivos, configuração e personalização do sistema, criação e edição de documentos, navegação em sites, entre outras funcionalidades.

Baixado o software, é possível configurar algumas preferências⁷:

1. Preferências gerais: configuram comportamentos fundamentais do programa, por exemplo, disposição do teclado (permite que o usuário especifique se está utilizando um Computador de mesa ou um Notebook e também, disponibiliza de uma série de atalhos para executar comandos); falar o objeto sob o mouse (quando marcada, essa opção irá instruir o Orca a apresentar informações sobre o objeto que está sob o ponteiro do mouse assim que

⁷ As configurações de preferência aqui expostas são relacionadas ao software Orca, devido a familiaridade com o recurso. Mais informações disponíveis em: <https://orca.gnome.org/>

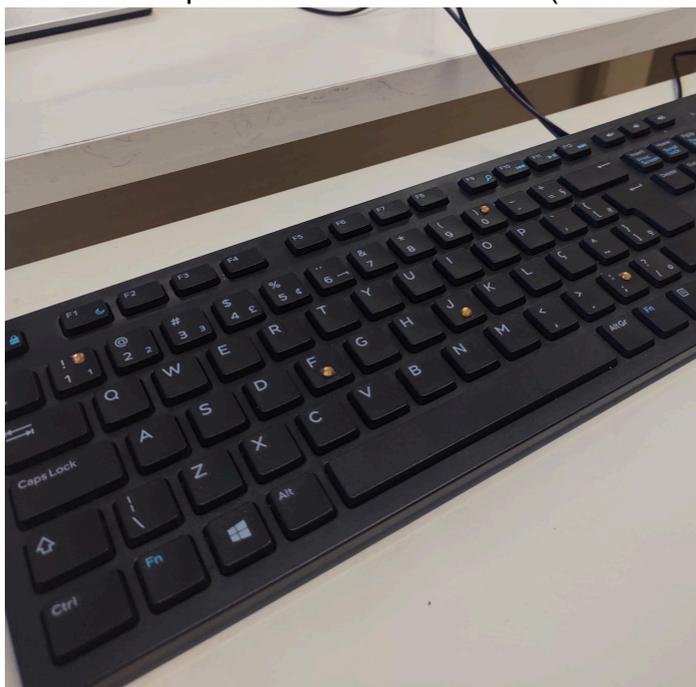
você se move por ele ao redor da tela); atualizações Braille (se a caixa de seleção Atualizações em Braille estiver marcada, o Orca exibirá periodicamente o status das barras de progresso em sua linha braille atualizável) e formato de hora e de data (As caixas de combinação Formato de Hora e Formato de Data permitem que o usuário especifique como o Orca falará e exibirá em Braille a hora e a data);

2. Preferências de fala: configuram o que é falado, por exemplo, nível de pontuação (o botão de opção nível de pontuação é usado para ajustar a quantidade de pontuação falada pelo sintetizador); contexto falado (controlam a apresentação de uma variedade de informações de "sistema" sobre o item com foco); fale cores como nomes (se Falar cores como nomes estiver marcado, o Orca descreve as cores, procurando a aproximação mais próxima); e verbosidade (determina a quantidade de informação que será falada em diversas situações);
3. Preferências de voz: configuram a voz usada pelo Software, por exemplo, tipo de voz (permite utilizar diferentes vozes) e velocidade, tonalidade e volume (estes três controles permitem personalizar a voz selecionada); e
4. Preferências de Braille: configuram o suporte à geração da informação em Braille, por exemplo, nomes abreviados de funções (determina de que maneira os nomes de regras são exibidos e como podem ser utilizados para conservar o estado real no dispositivo Braille) e verbosidade (determina a quantidade de informação que será exibida pelo dispositivo Braille em certas situações).

Somado ao leitor de tela, a maioria dos computadores e notebooks dispõem de outros recursos de acessibilidade que podem ser explorados conforme a necessidade: ampliador de tela; aumento do contraste; alteração das cores das telas; sistema para legendas e propriedades do cursor de tela.

Para a localização dos elementos do teclado, durante o estágio, explorei a utilização do recurso tátil, que consiste em adesivos autocolantes de alto relevo (Figura 8). Posicionados em teclas estratégicas e com o aumento da manipulação do estudante, foi possível a independência e dominância do mesmo na utilização do teclado. Esses recursos de acessibilidade em conjunto com a participação e compartilhamento de saberes, se enquadram como uma prática inclusiva.

Figura 8 - Teclado de computador com recurso tátil (adesivos de alto relevo)



Fonte: a autora.

3.3.5 Detalhamento oral do quadro, incluindo leitura dos cálculos matemáticos

O caráter quantitativo da Física é predominante e, muitas vezes, indispensável pela maioria dos professores. Essa relação tem origem na linguagem utilizada para interpretar a natureza: a matemática. Geralmente, inicia-se com a elaboração do raciocínio, podendo partir de diversas situações, que, simultaneamente é registrado de maneira escrita e que possui informações visuais, sendo necessário, muitas vezes, a revisitação das etapas realizadas para a determinação dos próximos passos. E, ao final, ou durante os estudos, é necessária a observação de todo o desenvolvimento matemático para a compreensão do que foi deduzido.

Buscando a inclusão, o detalhamento oral do quadro é essencial: em muitos momentos, o educador escreve e pressupõe que todos têm acesso a informação, mas isso muda na presença do estudante com deficiência visual. É sugerida a leitura dos enunciados e pressupostos que, principalmente mas não unicamente, conduziram ao início do raciocínio matemático. Camargo (2012) destaca que como

a escrita pelo estudante na reglete⁸ ocorre na parte oposta do papel, não se consulta simultaneamente o que se escreve:

Para observar durante um cálculo aquilo que está registrando, um deficiente visual precisa retirar o papel da reglete, tatear o que registrou, voltar o papel à posição anterior e continuar o processo. Isso descredencia o Braille, em sua forma original, como alternativa para a realização de procedimentos matemáticos. É preciso o investimento no desenvolvimento de materiais que proporcionem condições para que esse discente, de forma simultânea, registre, observe aquilo que registra e raciocine (Camargo, 2012, p.260).

Ao realizar o detalhamento oral, é necessário descrever as equações em conjunto com as manipulações, substituições e todo o algebrismo inerente. Inicialmente, pode ser realizada uma leitura dando enfoque ao significado físico, por exemplo, no caso da equação da diferença de velocidade (enumerada pelo índice 1): “a variação da velocidade é igual a velocidade final menos a velocidade inicial”. No processo é primordial esclarecer que o código falado “delta” possui um símbolo em formato de triângulo (pode ser assim descrito, por exemplo, se o estudante tiver familiaridade com essa representação matemática), para que se torne comum um mesmo objeto mental. Ainda, explorar que “delta” representa um significado teórico físico-matemático de variação, neste caso, da velocidade, representada pela letra “v” (informação oral “vê”). Portanto, após especificar e retirar as dúvidas sobre a simbologia, um possível detalhamento oral dessa equação seria: delta “vê” é igual a “vê” subíndice final (ou “vê” final) menos “vê” subíndice inicial (ou “vê” inicial).

$$\Delta v = v_{final} - v_{inicial} \quad (1)$$

Ainda, quando houver a utilização de chaves, parênteses, colchetes, divisão, raízes e exponenciação, é necessário explicitar quais valores ou variáveis estão envolvidos. Por exemplo, na equação enumerada pelo índice 2 temos uma parte da dedução para se obter a equação de energia interna de um gás ideal monoatômico. Uma opção para a leitura inicial é: “a energia interna é igual ao número de mols, multiplicado pelo número de Avogadro, multiplicado pela fração de 3 sobre 2,

⁸ A reglete é um dos primeiros instrumentos criados para a escrita braille. Conta com uma prancha em MDF, um fixador de papel e um encaixe nas laterais para que a punção seja colocada. Contém 4 linhas e 28 nichos de Braille com pinos na parte de baixo, para encaixar na prancheta. Na hora de escrever o papel é fixado sobre a prancheta e um molde com as celas braille é pressionado por uma punção nos locais demarcados para produzir o relevo dos pontos. Fonte: <https://www.gov.br/ibc/pt-br/centrais-de-conteudos/ibc-170-anos/por-dentro-do-ibc/equipamentos/reglete-e-puncao>

multiplicado pela constante de Boltzmann, que multiplica a temperatura”. Um possível detalhamento oral das simbologias dessa equação seria: ““ê” maiúsculo subíndice “int”, de interno, é igual a, abre parênteses, “ene” minúsculo que multiplica “ene” maiúsculo com subíndice “a” maiúsculo, fecha parênteses. Que multiplica, abre parênteses, fração de 3 no numerador e 2 no denominador. Essa fração multiplica “cá” e multiplica “tê” maiúsculo, fecha parênteses”.

$$E_{int} = (nN_A) \left(\frac{3}{2} kT \right) \quad (2)$$

Neste processo de inclusão, é essencial saber que há algumas dificuldades que serão encontradas e, com a continuidade da prática, o educador vai se aperfeiçoando e atendendo melhor as particularidades dos estudantes. Por exemplo, no processo de comunicação oral para um estudante com deficiência visual que utiliza Braille, a operação matemática de potenciação não é compreendido verbalmente como “algo elevado a algo”, como comumente é verbalizado, pois, no Braille essas notações ocorrem horizontalmente, e, portanto, a palavra “elevado”, que descreve de forma oral um registro visual, não faz sentido para esses alunos.

3.3.6 Exploração dos demais sentidos

Produzida sobre uma perspectiva predominantemente visual, o conhecimento físico acaba sendo privado dos demais estímulos sensoriais no contato com o mundo. Sendo a favor de alguma percepção específica, o conhecimento pode ser considerado incompleto, já que ele é, por completo, multissensorial.

De maneira sintetizada, Bianchi, Ramos e Barbosa-Lima (2016) propõem a seguinte reflexão sobre a percepção e sentido da visão:

Iniciemos nossa reflexão com a questão: Se nossa visão fosse em “preto e branco”, teríamos descoberto o espectro proveniente da luz branca? Induzimos uma resposta positiva, já que radiações invisíveis a nossos olhos foram descobertas ainda no início do século XIX [...] Pensemos, agora, na cor vermelha. Que representação geramos mentalmente? Possui característica universal? Sem nos aprofundarmos na fisiologia sensorial, adiantamos que nossas percepções diferem qualitativamente das propriedades físicas do estímulo em si. Sendo assim, o que é “vermelho” e qual a importância desse questionamento para a aprendizagem de física sobre cores? Quando pronunciamos a palavra “vermelho”, a pessoa vidente produz uma representação mental, que é a representação de um estímulo que impressionou as próprias células fotossensíveis da retina,

transformado-se em impulso elétrico para ser conduzido e interpretado em nível cerebral (Bianchi, Ramos e Barbosa-Lima, 2016, p.150).

Neste sentido, um conhecimento quando comunicado pode explorar os outros estímulos sensoriais, afastando a ideia de que possui uma representação exclusiva da percepção visual. Ao ensinar atrito, pode-se propor uma sequência que dá protagonismo ao sentido tátil, explorando a sensação de diversas superfícies e sua interação com outros objetos. Outra opção é solicitar que os estudantes compartilhem a primeira palavra ou ideia que vem à mente quando pensam nas cores (branca, verde, vermelha, azul, preta, amarela, laranja e cinza) e explorar os componentes subjetivos e cinestésicos que eles apresentam, e isso inclui os estudantes com deficiência visual:

Paz, algodão, limão, sangue, amor, rosas, céu, mar, serenidade, escuridão, luto, morte, fumaça, sol, ouro, riqueza, laranja, Holanda, nublado, camisa, tristeza, cegueira; percepções táteis, auditivas, gustativa, olfativas e emocionais, além das visuais, são mobilizadas no processo de aprendizagem das cores desde a infância, já que a estratégia para o ensino de cores na educação infantil é a associação (Bianchi, Ramos e Barbosa-Lima, 2016, p.158).

De maneira complementar, pode-se elaborar utilizando linhas de diferentes espessuras e texturas um mural tátil para representar as diferentes cores, para que os componentes físicos das ondas sejam explorados: comprimento de onda, frequência, amplitude e período. Essas representações com materiais de baixo custo podem também se estender para a compreensão dos fenômenos da luz, como reflexão, refração e difração.

Da mecânica clássica, ao introduzir queda livre, pode-se montar um equipamento “interface sonora para queda dos objetos” que possibilita a realização de observações auditivas do fenômeno e a coleta de dados quantitativos sobre a queda do objeto através das marcações deixadas na fita de papel pelo marcador de tempo (Camargo, Silva, 2003).

3.3.7 Abordagem das diferentes ênfases curriculares do conteúdo físico

Deve-se reconhecer as diferentes ênfases curriculares que um conhecimento científico pode ter e, objetivando a inclusão, explorar essas múltiplas abordagens e evidenciando as diversas formas de saber ciências.

Para Gurgel (2020), a ênfase formal de uma ciência privilegia tanto um pensamento racionalmente estruturado (matematicamente, no caso da Física)

quanto a fluência na resolução de problemas com formulação teórica. Por outro lado, ao explorar as características epistemológica-conceitual e filosófica-cultural é aberto diálogo para, respectivamente, a compreensão dos fundamentos conceituais de uma ciência e das características das ciências e suas relações com outras manifestações culturais. Se o enfoque do ensino estiver voltado ao desenvolvimento de habilidades científicas, promove-se um espaço para dominar habilidades típicas da prática científica, como a formulação de hipóteses, a capacidade de investigação, a interpretação de dados científicos, entre outros.

Ao abordar a ciência do cotidiano, torna-se como objetivo a compreensão do mundo que cerca o estudante, aproximando o conhecimento científico do conhecimento vivenciado. Há, também, a possibilidade de que saber ciências é refletir sobre as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), transformando este saber em práticas políticas através de uma cidadania ativa. Algumas questões que envolvem a sociedade e exigem a participação de seus agentes podem ser denominadas de questões sociocientíficas (QSC). Por fim, a abordagem do aspecto identitário da ciência, que considera que o currículo é um processo de formação de identidades, no qual a construção de relações subjetivas com o conhecimento é um elemento importante.

3.3.8 Inclusão da realidade do estudante com deficiência visual

A compreensão dos educandos com deficiência visual vinculam-se a um conjunto de significados não visuais e sociais relacionados aos objetos científicos estudados. Para Camargo (2012) saber sobre a história do aluno é fundamental para a condução da aula e propõe aos educadores que façam questões como: “O aluno é totalmente cego de nascimento? Perdeu a visão ao longo da vida? Quanto tempo enxergou? Possui resíduo visual? Esse resíduo pode ser utilizado em sala de aula? Em que medida pode ser utilizado?” (Camargo, 2012, p.250). O autor apresenta algumas possibilidades de respostas à essas questões, como:

(a) se o aluno não nasceu cego ou possui baixa visão, os significados indissociáveis de representações visuais lhes são potencialmente comunicáveis; (b) dependendo do resíduo visual do aluno, registros visuais ampliados podem ser utilizados nos processos de comunicação; (c) dependendo do resíduo visual do aluno, ele pode observar visualmente alguns fenômenos físicos (como o entortamento aparente de um lápis num copo com água) ou registros visuais provenientes de simulações

computacionais, vídeos, esquemas projetados ou desenhados (Camargo, 2012, p.250).

São questões básicas, mas extremamente importantes e que podem orientar o trabalho do professor no desenvolvimento de práticas mais inclusivas.

3.4 PRÁTICAS INCLUSIVAS E ENSINO DE FÍSICA: UMA SÍNTESE

Provenientes da experiência e, por vezes, alicerçadas nas teorias norteadoras, as práticas inclusivas enfatizam a necessidade de explorar outros sentidos e recursos. As práticas de descrição de registros visuais (imagens, gráficos, experimentos, aparatos, situações e fenômenos) e detalhamento oral do quadro (com atenção especial para os cálculos matemáticos e suas simbologias) promovem a transposição dos elementos visuais em informações sonoras. Somado a isso, a utilização de material tátil para a representação de gráficos, esquemas e símbolos físicos-matemáticos promove mais uma alternativa de comunicação do conhecimento físico.

Os saberes computacionais da Física podem ser potencializados com a utilização de leitores de tela estendidos a softwares de programação e, também, do teclado tátil, permitindo que os usuários com deficiência visual tenham acesso total às principais funcionalidades do sistema de maneira independente. Por fim, a exploração dos demais sentidos e das diferentes ênfases curriculares, assim como a inclusão da realidade do estudante com deficiência visual se tornam alicerces que contribuem significativamente para um ensino de Física mais inclusivo.

4 “ENIGMA DAS CIENTISTAS”: PROPOSTA DE JOGO DIDÁTICO INCLUSIVO

O uso de jogos na educação consiste em uma metodologia de aprendizagem ativa que busca envolver, motivar, aumentar a atividade, promover a resolução de problemas (Silva, Sales, 2017). Com resultados promissores e defendida por professores em diferentes níveis de ensino, a introdução de jogos no contexto educacional se destaca principalmente devido ao seu caráter lúdico e sua capacidade de motivar e envolver os estudantes. Podem ser utilizados para o desenvolvimento de habilidades e competências (Brasil, 2018) e durante os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos das áreas gerais (Engenharias, Ciências da Computação, Matemática, Biologia, Química, Física, Astronomia, Astrofísica, Cosmologia, e demais áreas das ciências) ou temas mais específicos das ciências (robótica, genética, bioquímica, física de partículas, física nuclear, radioatividade, por exemplo).

A linguagem de jogos didáticos permite aos professores identificar e conhecer os objetivos, valores e interesses pessoais de seus alunos, considerando suas condições sociais, faixa etária e vivências (Bzuneck, 2010). Através do exercício da verbalização, argumentação e participação, a aplicação de jogos educativos pode ser utilizada para a promoção da inclusão, com os devidos recursos de acessibilidade, valorizando suas habilidades, experiências e diferenças.

Nesse contexto, propõe-se o jogo didático “Enigma das Cientistas” com o objetivo de promover a inclusão de pessoas com deficiência visual através da acessibilidade comunicacional e pedagógica. Este jogo tem como propósito divulgar as trajetórias de mulheres na Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (sigla em inglês, STEM), destacando suas contribuições ou desafios para as ciências e para a sociedade. Ao abordar as barreiras enfrentadas pelas mulheres na carreira científica, o jogo também busca promover a conscientização para a equidade e a importância da diversidade de pessoas nessas áreas.

4.1 SURGIMENTO E PROPOSTA DO JOGO

Buscando fundamentação teórica sobre a proposição em torno do desenvolvimento e aplicação de jogos participamos do Programa Usina de Jogos promovido pelo Secretaria de Inovação (SINOVA) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PROPESQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). De

acordo com o Edital Nº13/2024/SINOVA, o objetivo do programa era estimular a criatividade, a inovação e o empreendedorismo por meio do desenvolvimento de jogos analógicos criados pela comunidade acadêmica da UFSC. Tendo como público-alvo docentes, técnicos-administrativos, acadêmicos(as) da UFSC e egressos(as), os projetos contemplados deveriam se encaixar em uma das categorias propostas:

1. Jogos analógicos desenvolvidos: para dar suporte ao público-alvo na revisão e validação de jogos já desenvolvidos, bem como no teste de jogabilidade;
2. Jogos analógicos em desenvolvimento: para dar suporte ao público-alvo na revisão e validação de jogos em desenvolvimento, bem como no teste de jogabilidade;
3. Jogos analógicos em concepção: para dar suporte ao público-alvo no desenvolvimento de uma criação, a partir de uma ideia acelerar e validar a criação de novos jogos, por meio de formações no tema e da metodologia da Usina de Jogos.

Um jogo analógico, de acordo com o referido edital, é definido como “atividades lúdicas não dependentes de tecnologia digital, envolvendo componentes físicos como peças, cartas, tabuleiros, dados, papel e caneta, promovendo dinâmicas entre uma ou mais pessoas, baseadas em regras e objetivos definidos”. Naquele momento, a inscrição para a participação no programa foi realizada na categoria de “jogos analógicos em desenvolvimento” com o nome “Trilha das Cientistas⁹ – Acessível”, objetivando inicialmente a adaptação do jogo de tabuleiro para pessoas com deficiência visual e a elaboração de cartas contendo Braille.

O programa teve duração de quatro semanas, iniciando no dia 4 de abril até 25 de abril de 2024, na modalidade remota, em que foram realizadas as seguintes atividades:

1. Kickoff de apresentação do programa e alinhamento de expectativas
2. Briefing e plano de trabalho de cada projeto (individual);
3. Feedbacks de análise do jogo destacando oportunidades de melhoria e soluções (individual);

⁹ O jogo de tabuleiro “Trilha das Cientistas” foi desenvolvido pelo projeto de extensão Meninas na Ciência da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no ano de 2023. Em formato de tabuleiro, a dinâmica do jogo consiste em descobrir quem é a cientista a partir da leitura de uma carta contendo até 10 dicas. Mais informações disponíveis em: <https://meninasnaciencia.paginas.ufsc.br/jogo-didatico/>

4. Encaminhamentos e ações propostas junto a cada participante (individual);
5. Workshop 1 - Esteira de jogos do Programa Usina de Jogos e mentoria coletiva;
6. Feedbacks de análise do jogo validando soluções encontradas e encaminhamentos (individual);
7. Workshop 2 - Imersão temática com game designer convidado e mentoria coletiva;
8. Feedbacks de análise do jogo validando soluções encontradas e direcionamento de próximos passos (individual);
9. Workshop 3 - Imersão temática com game designer convidado e mentoria coletiva;
10. Feedback de evolução dos projetos dos jogos e encerramento (individual).

Durante a participação no programa, recebendo suporte e capacitação para revisão e validação de jogos, a proposta do jogo foi sendo desenvolvida de modo a atender da melhor forma a demanda de acessibilidade para jogadores com deficiência visual. Algumas questões foram surgindo: Como adaptar a parte física e os textos do jogo? Como promover a interação entre pessoas videntes e não-videntes dentro do jogo? Como reduzir componentes sem modificar a experiência do jogo?

Ao analisar as principais mecânicas do jogo, foi possível perceber que a presença do tabuleiro (em relevo) no jogo se tornaria opcional e que as cartas seriam mais eficientes e interativas. Concomitantemente, a dinâmica do jogo se modificou para descobrir sobre a trajetória e vida da cientista através de um enigma disposto na carta - o objetivo é não restringir apenas ao nome da cientista. Alguns enigmas foram elaborados e testados em relação à jogabilidade com familiares, amigos e com as participantes do projeto de extensão Meninas na Ciência UFSC. A ideia pareceu promissora e foi sendo elaborada, chegando ao produto final “Enigma das Cientistas”¹⁰, constituído de 16 cartas enigmas com solução, 1 carta de instruções de jogo, 1 carta de sugestões ao professor, 1 carta com instruções sobre recursos de acessibilidade e 1 carta sobre o projeto Meninas na Ciência (Figura 9).

¹⁰ O jogo pode ser acessado neste link:

https://www.canva.com/design/DAGViDLh2SU/CIlt690w4TIRrkb1PebFHWg/edit?utm_content=DAGViDLh2SU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Mais informações disponíveis em:

<https://meninasnaciencia.paginas.ufsc.br/2024/10/22/enigma-das-cientistas-voce-adivinha-quem-eu-sou/>

Figura 9 - Cartas enigmas do jogo “Enigma das Cientistas”



Fonte: a autora.

Sendo indicado jogar em grupo, a mecânica do jogo inicia com um pessoa, designada como narradora, escolhendo um enigma (uma carta) e lê sua descrição em voz alta. Os outros jogadores deverão fazer perguntas para resolver o enigma. O narrador só pode responder às perguntas com “Sim”, “Não” ou “Não é relevante”, de acordo com a solução apresentada. A rodada termina quando algum jogador adivinhar a solução que está relacionada com a vida de uma mulher cientista. A cada rodada, um novo enigma é lido. Fica a cargo dos jogadores acrescentar pontuação.

4.2 RECURSO DE ACESSIBILIDADE: AUDIODESCRIÇÃO

Como recurso de acessibilidade, o jogo Enigma das Cientistas conta com o recurso de audiodescrição das instruções de jogo e de cada carta, identificando o enigma e a solução, que são disponibilizadas no site e no canal do Youtube do projeto Meninas na Ciência UFSC¹¹. A intenção é que a pessoa ou estudante com deficiência visual, acesse os vídeos que contêm audiodescrição disponibilizados na carta “recursos de acessibilidade” ou pela carta do enigma do qual será o narrador. Cada carta possui um QR code que direciona diretamente para a audiodescrição da carta correspondente. Com o auxílio de fones de ouvido, o narrador escuta o enigma e a solução (Figura 10).

Figura 10 - Carta de recurso de acessibilidade do jogo “Enigma das Cientistas”



Fonte: a autora.

O processo de produção da audiodescrição iniciou-se na revisão e adaptação dos textos dispostos nas cartas para que, quando narrador, fossem condizentes e compreensíveis ao ouvinte. Devido a experiência de atuação na Coordenadoria de Acessibilidade Educacional (CAE) da UFSC, realizei as gravações minimizando os sons externos, priorizando a pronúncia pausada e em bom som, para que fosse possível utilizar em contexto que possuem outras fontes de barulhos, como em uma sala de aula, por exemplo.

¹¹ Disponível aqui:

<https://youtube.com/playlist?list=PL1sHZj8MvN2bl1owDAJtkMTSO9Sxvi2ls&si=78JaTwLAaNlxZbc3>

4.3 TESTAGEM E VALIDAÇÃO DO JOGO

De acordo com Mourão e Mendonça Junior (2017), há na literatura para o desenvolvimento de jogos diversas metodologias que, embora possuam etapas diferentes, apresentam alguns elementos importantes, entre eles está o playtest. Essa etapa consiste em jogar o produto em desenvolvimento com o intuito de descobrir se está correspondendo à experiência proposta. É proposto que os testes iniciais sejam feitos entre os próprios desenvolvedores com a versão simplificada (ou inicial) do jogo, para que seja possível realizar mudanças facilmente. No “Enigma das Cientistas”, a proposta foi testada inicialmente com as participantes do projeto Meninas na Ciência UFSC e com o mentor do programa Usina de Jogos. Assim, foi possível perceber que os enigmas deveriam ser escritos de maneira a proporcionar interpretações distintas, para promover diálogo e cooperatividade entre os jogadores, mas ao mesmo tempo obter uma resposta sólida e coerente.

Por exemplo, o Enigma 03 intitulado “Cálculo lunar” consiste no seguinte: “Katherine foi à Lua, mas sem nave espacial.” Tanto o título quanto a descrição do enigma tem como objetivo gerar discussão em torno da ideia de ir à Lua. Inicialmente, espera-se que os jogadores intrigados façam perguntas explorando as maneiras que a cientista possa ter ido, chegando ao impasse de que ela não foi fisicamente até a Lua, mas sim metaforicamente. A matemática, física e cientista espacial Katherine Johnson, nascida em 1918 nos Estados Unidos, realizou os cálculos de trajetória de lançamentos espaciais fundamentais na missão que levou o primeiro ser humano à Lua em 1969. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem que Katherine foi à Lua através dos cálculos. As informações sobre datas, sobrenome e local de nascimento podem ser fornecidas pelo narrador após os jogadores terem chegado à solução.

Ainda, o Enigma 04 intitulado “DNA estelar” possui a seguinte descrição: “Mesmo próxima do Sol, Cecília não se queimou.” Neste exemplo, a discussão é gerada em torno da contradição em estar próxima do Sol, mas não ser afetada por esse corpo celeste. No primeiro momento, espera-se que os jogadores explorem as maneiras que a cientista interagiu com o Sol, concluindo que ela utilizou algum instrumento como mediador dessa interação. Nascida em 1900, na Inglaterra, a astrônoma e astrofísica Cecilia Payne estudou espectros estelares, incluindo o do Sol. Durante a pesquisa para seu doutorado, que obteve em 1925, a astrônoma

chegou à conclusão de que as estrelas são compostas de hidrogênio e hélio. A solução esperada para o enigma é a associação de Cecilia com a descoberta da composição do Sol (“DNA estelar”).

Com a estrutura básica do jogo concluída, é recomendado que se realizem testes com amigos e familiares, para perceber, de maneira informal, se o jogo proporciona a dinâmica e experiência desejada. Mourão e Mendonça Junior (2017) ressaltam que esses testes não são tão confiáveis devido à conexão e proximidade com os membros da equipe de desenvolvimento. Após essa testagem do “Enigma das Cientistas”, foi observável a necessidade de diversificar a abordagem e conteúdo dos enigmas. Por exemplo, há enigmas que contemplam dificuldades nas trajetórias das mulheres cientistas como o Enigma 06 denominado “Dificuldades”: “Mesmo não estando em guerra, Hertha teve que batalhar”, abordando a trajetória de Hertha Marks Ayrton que mesmo completando os cursos de Matemática e de Física em Cambridge, não recebeu os diplomas, pois a instituição não reconhecia a graduação para mulheres nessas áreas. Enquanto outros dão enfoque às realizações acadêmicas das cientistas, como o Enigma 07 intitulado “Mirando o horizonte” e que possui a seguinte descrição: “Hipátia atravessou oceanos sem se molhar”. Fazendo referência à Hipátia de Alexandria, reconhecida como a primeira mulher matemática, quem construiu o astrolábio, instrumento naval muito utilizado nas Grandes Navegações para a determinação da latitude e das direções a serem seguidas.

Ainda, se demonstrou a importância da criatividade para transpor esses episódios da vida dessas cientistas para sentenças breves e que geram discussões, explorando, principalmente, de uma linguagem acessível para todas as idades. Por exemplo, o Enigma 14 intitulado “Boom!” consiste no seguinte: “Após ouvir Max, Maria tomou um rumo explosivo.” Neste enigma são explorado dois episódios da trajetória da física teórica Maria Goeppert-Mayer (1906-1972): o primeiro foi que Maria queria se formar em matemática, mas cursou Física após participar de um seminário ministrado por Max Born; o segundo foi que, devido a sua formação, esforço e dedicação, a cientista trabalhou no Projeto Manhattan, que desenvolveu a primeira bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial. A solução esperada para o enigma é a construção do seu percurso até a sua atuação no Projeto Manhattan.

Outro exemplo de transpor criativamente as informações está no Enigma 15 denominado “Academia científica”: “Ada não era fisiculturista, mas se preocupava com as proteínas.” Assim, são destacadas as proteínas, parte do objeto de estudo importante da cientista, e relacionadas com um esporte que necessita de grande consumo das mesmas. Ganhadora do Prêmio Nobel de Química de 2009, Ada Yonath é conhecida pelos seus trabalhos pioneiros sobre os ribossomos das bactérias, estruturas responsáveis pela síntese de proteínas - solução esperada.

Somado a isso, notou-se a importância de trazer nas soluções a localidade, ano de nascimento e nome completo da cientista, visto que esses são parâmetros que auxiliam na solução do enigma (construção da resposta) - aspectos disponíveis em todas as cartas enigma. Também, é destacado na cor vermelha, em todas as cartas enigma, o nome da cientista e a resposta principal aceitável ao respectivo enigma.

No Enigma 01, denominado “Assassino Silencioso”, é possível realizar diversas perguntas ao(a) narrador(a) da jogada objetivando construir a resposta: “O que ocasionou sua morte estava dentro do laboratório? Foi uma pessoa? Foi um objeto? Marie estava ciente dos riscos? Marie era da Polônia? Marie estudou química?” Para auxiliar o narrador, há na solução que Marie nasceu na Polônia em 1867 e que seu ano de falecimento foi 1934 - esses dados, se questionados pelos jogadores, incentivam a reflexão do contexto da época e possíveis fatores que cercavam Marie Curie.

Após essas testagens com indivíduos próximos aos desenvolvedores, que tiveram como objetivo avaliar a jogabilidade do “Enigma das Cientistas”, Mourão e Mendonça Junior (2017) sugerem que se inicie playtests com pessoas desconhecidas, pois é mais fácil que critiquem o jogo honestamente por não possuírem nenhum envolvimento com o jogo ou com os criadores. É de extrema importância que os desenvolvedores interfiram o mínimo no processo e que obtenham respostas às seguintes perguntas:

1. Por quê? Define o que motiva o teste e o que se deseja descobrir com ele.
2. Quem? Define quais pessoas participarão da sessão, recomenda-se que sejam indivíduos semelhantes ao público-alvo.
3. Onde? Especifica o local em que ocorrerá o playtest e elenca os locais mais comuns com suas vantagens e desvantagens.

4. O que? Define o que procura-se nesta sessão de teste, incluindo aquilo que está esperando e aquele que não havia sido previsto.
5. Como? Define como a sessão irá acontecer, incluindo o nível de intervenção dos desenvolvedores, o que deve (ou não) ser explicado, o que será observado, entre outros.

Além disso, são sugeridas as denominadas boas práticas necessárias para conduzir um playtest, tais como: escutar e anotar tudo que os testadores falaram e não tentar defender o jogo quando ele começa a ser criticado; falar o menos possível com os jogadores para não influenciar e prestar atenção às reações sutis; e as pessoas ideais são aquelas que não conhecem o projeto ou os desenvolvedores e gostam de jogos, mas não chegam a ser fãs dedicados (Mourão, Junior, 2017).

Seguindo essa perspectiva, foi realizada uma sessão de teste com uma pessoa com deficiência visual (Quem?) em um local da Universidade Federal de Santa Catarina (Onde?), com o objetivo de avaliar (1) o recurso de acessibilidade preliminar (audiodescrição), (2) a jogabilidade e (3) a estrutura das cartas (apesar de não estarem impressas, o objetivo era discutir a estrutura das cartas elaboradas e a disposição dos elementos nas mesmas) (Por quê? O que?). Em específico, para auxiliar na condução da sessão, foram elaboradas as seguintes perguntas: “A audiodescrição está adequada? O tempo e a velocidade da audiodescrição são suficientes? As instruções são suficientes para a compreensão da dinâmica do jogo? É possível jogar seguindo o que é proposto?” Previamente, foi estruturada que a explicação sobre a dinâmica do jogo ficaria a cargo do conteúdo disposto na audiodescrição da carta Instruções de Jogo e, após isso, jogaríamos alternando a função de narrador (Como?).

Seguindo ao máximo as boas práticas (Mourão, Mendonça Junior, 2017), foram sugeridas modificações na audiodescrição, sendo elas o aumento do som dos áudios, visto que estávamos em um local com barulhos semelhantes ao de uma sala de aula (ambiente proposto de aplicação futura do jogo) e não estava sendo possível compreender o que era dito; bem como a retirada dos ruídos e estalos que o arquivo em vídeo apresentava após edições. Em relação às instruções de jogo, essas foram facilmente compreendidas e permitiram jogar algumas partidas. Em relação à estrutura das cartas, foi sugerido a implementação de QR code em cada carta enigma, para que o jogador tenha acesso diretamente à respectiva audiodescrição - na estrutura anterior, somente a carta “Recurso de Acessibilidade”

continha o QR code que dava acesso à playlist de audiodescrição. Ainda, foram sugeridas a retirada da identificação numerada do enigma na parte exposta da carta, pois as pessoas videntes poderiam ter vantagem no caso de memorizarem a solução pelo número. Por fim, foi sugerida a identificação da carta em alto relevo, se necessário. Destas sugestões, a audiodescrição foi aperfeiçoada e aprovada, após outro teste. As cartas foram reestruturadas, de modo a incluírem os QR codes e possuírem uma mesma arte em toda parte externa, sem enumeração (os enigmas continuam enumerados somente para o(a) narrador(a) na parte da carta em que contém a solução).

Após esse processo, o jogo “Enigma das Cientistas” possui 1 (uma) carta sobre o Recurso de Acessibilidade, que direciona o acesso à audiodescrição e sugere a utilização de fones de ouvido para o melhor aproveitamento do recurso; 1 (uma) carta sobre o Projeto Meninas na Ciência, apresentando a missão de estimular o interesse de meninas e mulheres pelas áreas das Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemáticas (STEM), e incentivá-las na busca por profissões nessas áreas, bem como pela permanência nas carreiras científicas; 1 (uma) carta contendo Sugestões ao Professor, incluindo sugestões de objetivos pedagógicos, dinâmicas em sala de aula e avaliações para auxiliar e desmistificar a aplicação de jogos didáticos no ambiente escolar; 1 (uma) carta de Instruções de Jogos, contendo a dinâmica sugerida a ser seguida e 16 cartas de enigmas sobre diversas cientistas mulheres, incluindo Marie Curie, Dorothy Hodgkin, Katherine Johnson, Cecilia Payne e Hertha Marks Ayrton.

4.4 OS ENIGMAS

Na sequência são apresentados os enigmas desenvolvidos para o jogo didático “Enigma das Cientistas”, destacando seus títulos, descrições e soluções esperadas.

4.4.1 Enigma 01: “Assassino Silencioso”

Descrição do enigma: “Marie vai ao seu laboratório, o que ocasionou a sua morte.” Marie Curie nasceu na Polônia em 1867 e se mudou para a França em 1891 para cursar Física e Química. Foi pioneira na descoberta de dois elementos químicos: o Rádio e o Polônio. Faleceu em 1934 devido ao longo tempo de

exposição ao material que estudava, pois era radioativo. A solução esperada é que os jogadores associem a morte de Marie à exposição aos elementos radioativos, descobertos e estudados pela cientista.

4.4.2 Enigma 02: “Doce Descoberta”

Descrição do enigma: “Mesmo não sendo diabética, Dorothy discutia o assunto com interesse.” Nascida na capital do Egito (1910), a bioquímica Dorothy Hodgkin, após 35 anos de dedicação, decifrou a estrutura da insulina, que é responsável por manter o controle do açúcar no sangue. Desde então, ela passou a viajar pelo mundo dando palestras sobre a insulina e a sua importância na diabetes. A solução esperada para o enigma é que os jogadores descubram as contribuições de Dorothy.

4.4.3 Enigma 03: “Cálculo lunar”

Descrição do enigma: “Katherine foi à Lua, mas sem nave espacial.” Nascida nos Estados Unidos, em 1918, a matemática, física e cientista espacial Katherine Johnson realizou os cálculos de trajetória de lançamentos espaciais fundamentais na missão que levou o primeiro ser humano à Lua em 1969. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem que Katherine foi à Lua através dos cálculos.

4.4.4 Enigma 04: “DNA estelar”

Descrição do enigma: “Mesmo próxima do Sol, Cecília não se queimou.” Nascida em 1900, na Inglaterra, a astrônoma e astrofísica Cecilia Payne estudou espectros estelares, incluindo o do Sol. A partir do espectro estelar é possível definir do que uma estrela é feita. Durante a pesquisa para seu doutorado, que obteve em 1925, a astrônoma chegou à conclusão de que as estrelas são compostas de hidrogênio e hélio. A solução esperada para o enigma é a associação de Cecilia com a descoberta da composição do Sol (“DNA estelar”).

4.4.5 Enigma 05: “Paparazzi”

Descrição do enigma: “Por causa de uma foto, Katie foi reconhecida.” A cientista Katie Bouman, nascida em 1989, em Indiana nos Estados Unidos,

desenvolveu o algoritmo que decifrou a primeira foto de um buraco negro, que é uma região do espaço em que o campo gravitacional é tão intenso que nem a luz consegue escapar. Essa foto é um marco histórico, que esclarece diversos mistérios do Universo. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem Katie à produção da foto do buraco negro.

4.4.6 Enigma 06: Dificuldades

Descrição do enigma: “Mesmo não estando em guerra, Hertha teve que batalhar” Hertha Marks Ayrton, nascida em 1854, foi uma engenheira, matemática e inventora. Estudou Matemática e Física em Cambridge, mas a universidade não fornecia diploma de graduação às mulheres e após realizar uma prova na Universidade de Londres em 1881, conseguiu um diploma de bacharelado em Ciências. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem Hertha às dificuldades encontradas por mulheres na história das ciências para se graduarem em cursos relacionados a essas áreas.

4.4.7 Enigma 07: “Mirando o horizonte”

Descrição do enigma: “Hipátia atravessou oceanos sem se molhar.” Reconhecida como a primeira mulher matemática, Hipátia de Alexandria construiu o astrolábio, instrumento naval muito utilizado nas Grandes Navegações para a determinação da latitude e das direções a serem seguidas. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem Hipátia à produção do astrolábio.

4.4.8 Enigma 08: “Mudanças”

Descrição do enigma: “Inconformada, Bertha teve que ir à luta.” Formada em Direito em 1933 pela Faculdade do Rio de Janeiro, Bertha Lutz foi uma ativista que lutou por mudanças na legislação trabalhista, lutando pelos direitos das mulheres ao trabalho, direito à licença maternidade, equiparação de salários e direitos. A solução esperada para o enigma é que os jogadores explorem as contribuições de Bertha para a conquista de direitos das mulheres e trabalhistas.

4.4.9 Enigma 09: “Duas caras”

Descrição do enigma: “Para chegar mais longe, Sophie trocou de roupa.” Nascida em Paris, Sophie Germain frequentou a Escola Politécnica de Paris que só aceitava alunos homens, então Sophie teve que assumir a identidade de um antigo aluno da universidade para poder estudar. A solução esperada para o enigma é que os jogadores percebam as dificuldades enfrentadas por Sophie durante sua formação acadêmica tendo que se passar por outra pessoa para poder estudar.

4.4.10 Enigma 10: “Astro-desafios”

Descrição do enigma: “Ainda que sua estrela pulsasse, Jocelyn não brilhou.” A cientista Jocelyn Bell Burnell descobriu os primeiros pulsares (estrelas de nêutrons rotativas). Sua descoberta venceu o Prêmio Nobel de Física em 1974, mas não levou crédito. A solução esperada para o enigma é que os jogadores associem a descoberta de Jocelyn ao campo da Astrofísica e reconheçam as dificuldades enfrentadas pela cientista ao não ser premiada pelas suas contribuições.

4.4.11 Enigma 11: “Observando o invisível”

Descrição do enigma: “Vera viu o que ninguém mais poderia enxergar.” Nascida nos Estados Unidos em 1928, Vera Cooper Rubin foi uma importante astrofísica que, estudando galáxias em rotação, encontrou evidências de que há uma vasta massa no universo que é invisível denominada "matéria escura", mudando totalmente a compreensão científica sobre o universo. A solução esperada para o enigma é que os jogadores relacionem Vera com a descoberta da matéria escura.

4.4.12 Enigma 12: “A número 1”

Descrição do enigma: “Enedina foi a primeira de muitas.” Nascida em Curitiba em 1913, Enedina Marques, mulher negra, foi a primeira engenheira formada no país. Na sua turma formaram-se mais 32 engenheiros civis, todos homens brancos. A solução esperada para o enigma é que os jogadores destaquem a representatividade de Enedina na área da engenharia.

4.4.13 Enigma 13: “Mundo animal”

Descrição do enigma: “Maria começou sua jornada no jardim.” Nascida na Alemanha em 1647, Maria Sibylla Merian fazia pinturas detalhadas de insetos e flores para estudar eles cientificamente, recebendo o título de “Rainha dos Insetos”. Em 1699 foi a primeira mulher a montar uma expedição científica, atravessou o Atlântico para chegar na América do Sul, e documentou várias espécies que eram desconhecidas na Europa. A solução esperada para o enigma é que os jogadores destaquem o pioneirismo de Maria em relação a documentação de diversas espécies de flores e insetos.

4.4.14 Enigma 14: “Boom!”

Descrição do enigma: “Após ouvir Max, Maria tomou um rumo explosivo.” Maria Goeppert-Mayer foi uma física teórica estadunidense nascida em 1906 na Alemanha. Maria queria se formar em matemática, mas mudou para Física após participar de um seminário ministrado por Max Born, importante cientista de mecânica quântica. Com muito esforço e dedicação, Maria trabalhou no Projeto Manhattan, que desenvolveu a primeira bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial. A solução esperada para o enigma é que os jogadores façam referência à trajetória de Maria em sua atuação no Projeto Manhattan.

4.4.15 Enigma 15: “Academia científica”

Descrição do enigma: “Ada não era fisiculturista, mas se preocupava com as proteínas.” Nascida em 1939, Ada Yonath é uma cientista israelense, ganhadora do Prêmio Nobel de Química de 2009. É conhecida pelos seus trabalhos pioneiros sobre os ribossomos das bactérias, estruturas responsáveis pela síntese de proteínas. A solução esperada é que os jogadores associem Ada às pesquisas sobre as estruturas responsáveis pela síntese de proteínas.

4.4.10 Enigma 16: “Céu Estrelado”

Descrição do enigma: “Olhando para as estrelas, Henrietta expandiu além do que imaginava.” Nascida em 1868 nos Estados Unidos, Henrietta Swan Leavitt trabalhou como uma das “calculadoras de Harvard”, mas foi além desenvolvendo

uma pesquisa sobre estrelas variáveis, o que permitiu calcular as distâncias entre as galáxias, concluindo que o universo está em expansão. A solução esperada para o enigma é que os jogadores relacionem a compreensão da expansão do universo com os estudos realizados por Henrietta.

4.5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Tendo em vista sua versatilidade, o “Enigma das Cientistas” pode ser jogado em diferentes situações ou contextos, assumindo funções variadas. O jogo pode ser utilizado em uma sala de aula pelo professor que tenha desde o objetivo de motivar seus estudantes a conhecerem sobre as trajetórias de mulheres cientistas, a ampliarem as suas concepções sobre a figura de um(uma) cientista, ou para abordar temas associados à Astronomia e Astrofísica (enigmas 3, 4, 5, 10, 11 e 16 referem-se às contribuições de mulheres nessas áreas), por exemplo. O jogo também pode ser utilizado para além da sala de aula com o objetivo de promover ambientes de interação e de aproximar a população em discussões sobre ciências, por exemplo, nos espaços onde se desenvolvem oficinas e feiras de ciências.

Como metodologia de desenvolvimento do “Enigma das Cientistas” no contexto de sala de aula ou em uma oficina de jogos, produzimos uma sequência de orientações que tem como objetivo tanto organizar o debate quanto promover a acessibilidade pedagógica, atitudinal e comunicacional (Brasil, 2013). A atividade deve ser conduzida por um apresentador/narrador, que pode ser o professor, consistindo em cinco momentos/etapas, que são especificados a seguir.

1. Apresentação inicial: apresentação do contexto geral sobre a presença e ausência das mulheres nas áreas de STEM ao longo da História das Ciências, bem como sobre as contribuições delas nas suas áreas de pesquisa. Esse momento tem como objetivo conhecer o público e fazer possíveis adaptações, caso seja necessário. Para estimular o debate, algumas questões podem ser feitas aos estudantes: “Como você imagina um cientista?” ou “Para você, como se parece um cientista?”.
2. Explicação do jogo: apresentação dos materiais do jogo “Enigma das Cientistas”, entre os quais: manual de instruções, cartas e recursos de acessibilidade. O apresentador pode ler ou incentivar que os estudantes leiam em grupos as regras definidas para os jogos. Ao incentivar a leitura em

grupos, é necessário se atentar para a interação entre os grupos, garantindo que haja espaço para o diálogo.

3. Recurso de acessibilidade: apresentação do recurso de acessibilidade. É de extrema importância direcionar e auxiliar o acesso ao recurso de audiodescrição, indicados na carta “recursos de acessibilidade” e disposto em cada carta Enigma, no formato de QR Code para os narradores que possuem deficiência visual. Ainda, é necessário reforçar a utilização de fones de ouvido para melhor aproveitamento do recurso.
4. Jogo Enigma das Cientistas: neste momento, os estudantes jogam o jogo. O apresentador pode discorrer sobre as possibilidades de jogo (em duplas, grupos ou com todos os estudantes), ressaltando a importância da cooperação e verificando se há compreensão do funcionamento pelos estudantes. Durante as rodadas é importante incentivar a participação independente do estudante com deficiência visual, estimulando seu protagonismo quando for narrador. Cada carta possui informações extras sobre cada cientista, sendo recomendado que compartilhe na íntegra, após a solução do enigma, para cumprir com o objetivo de divulgar as trajetórias e reconhecer as contribuições de cada uma das cientistas mulheres.
5. Discussão e encerramento: o apresentador pode solicitar aos estudantes que compartilhem suas experiências sobre o jogo, estimulando-os a refletir novamente sobre a concepção do cientista que pensaram no início da atividade. Outra alternativa é solicitar que cada equipe escolha uma cientista para a posterior apresentação das características dela ao grande grupo, possibilitando que os estudantes exponham suas ideias e reflexões.

Durante a implementação da referida metodologia, ressalta-se a importância da promoção da acessibilidade e inclusão nesse processo. Para isso, permeando todas as etapas propostas, incentiva-se a adequação do meio de comunicação (verbal, gestual, escrita) conforme o público e, também, a diversificação das técnicas de apresentação (por exemplo, vídeos, textos, diálogos), objetivando a participação e se certificando da compreensão de todos. A depender do público, pode haver a necessidade da implementação de outros recursos de acessibilidade, como, por exemplo, audiodescrição e/ou intérpretes de Libras.

De maneira complementar, o jogo dispõe de uma carta denominada “Sugestões ao professor” (Figura 11) que sintetiza objetivos pedagógicos, dinâmica

em sala de aula e sugestões de avaliação, com o objetivo de auxiliar na implementação do “Enigma das Cientistas” no contexto escolar e convergir com os propósitos do jogo. Os objetivos pedagógicos sugeridos são: (i) reconhecer as contribuições das mulheres na Ciência; (ii) instigar a curiosidade dos alunos; e (iii) investigar conceitos científicos apresentados no jogo. Para a dinâmica em sala de aula, o professor pode atuar como narrador do jogo, enquanto os estudantes adivinham a solução; e/ou a turma pode ser dividida em grupos, e em cada rodada, um estudante atua como narrador. Como sugestões para avaliação, destacam-se a interação entre os estudantes e o trabalho em equipe.

Figura 11 - Carta de sugestões ao professor do jogo “Enigma das Cientistas”



Fonte: a autora.

Por fim, o jogo Enigma das Cientistas se destaca na modalidade de jogos de cartas, pelo diferencial em contribuir com a divulgação do legado das mulheres cientistas de uma maneira acessível aos jogadores com deficiência visual. Nesse jogo de entretenimento e divulgação científica, ao serem mostrados os aspectos biográficos, os feitos e conquistas das cientistas, tem-se a possibilidade de serem explorados tanto os conteúdos das ciências quanto as personalidades femininas, que exerceram papéis fundamentais para o desenvolvimento da área. Tudo isso atrelado à mecânica de jogabilidade divertida e pedagógica que pode ser aplicada em uma variedade de públicos e contextos, desde que adotando-se as estratégias e adequações apropriadas.

4.6 APLICAÇÕES

As aplicações do jogo “Enigma das Cientistas” aconteceram em uma feira de ciências na UFSC. Sendo um dos maiores eventos de divulgação científica de Santa Catarina, a Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão (SEPEX)¹² da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) acontece desde 2000 e reúne trabalhos desenvolvidos na Universidade em uma feira científica aberta ao público. Integrada à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) e promovida pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), tem como objetivo ampliar o acesso à diversidade de projetos e atividades promovidas pela UFSC, bem como incentivar crianças, adolescentes e adultos de todas as idades a conhecerem a universidade.

Durante a 21ª SEPEX, realizada de 6 a 8 de novembro de 2024, no Centro de Cultura e Eventos do Campus da UFSC em Florianópolis, o jogo “Enigma das Cientistas” foi apresentado ao público no estande “Mulheres e Meninas na Ciência” (Figura 12). A aplicação do jogo na feira de ciências seguiu a metodologia de aplicação proposta anteriormente sugerida para o contexto da sala de aula.

Ao entrar no estande os participantes tinham a oportunidade de observar livros e banners sobre a temática das mulheres em STEM, bem como dialogar com a equipe disponível para atender o público (etapa 1). Os participantes eram convidados a conhecer sobre o jogo “Enigma das Cientistas” - cartas, instruções, regras e recursos de acessibilidade (etapas 2, 3 e 4) - e então a jogá-lo (entre si ou com alguém da equipe do projeto). Por fim, solicitava-se aos participantes suas experiências sobre o jogo e retomava-se a discussão sobre a concepção que temos de um(a) cientista, estimulando-os a expor suas ideias e reflexões (etapa 6). Através de registros em listas de presença, constatou-se que o público atingido na feira foi de mais de 250 pessoas.

¹² Mais informações disponíveis em: <https://sepex.ufsc.br/>

Figura 12 - Estande “Mulheres e Meninas na Ciência” e jogo “Enigma das Cientistas” na 21ª SEPEX



Fonte: a autora.

Não tivemos como objetivo nesta aplicação a tomada de dados, no entanto compartilhamos algumas impressões gerais que podem ser úteis para aplicações futuras. Nesta aplicação percebemos que foi possível a promoção do diálogo entre narrador e jogadores, também entre os jogadores buscando a solução em conjunto. Neste contexto de feira científica confirmou-se a versatilidade do jogo, tendo sido aplicado em grupos com números de jogadores variados e de diferentes idades; foi garantida a divulgação das trajetórias, descobertas e dificuldades das mulheres cientistas tanto pelo conteúdo do jogo em si, quanto pelo material exposto no estande; foi importante o incentivo à criatividade dos jogadores durante a construção da solução.

No entanto, destacamos que algumas pessoas, em sua maioria professores(as), demonstraram o receio de não saber ou acertar os nomes das cientistas, sendo que esse não é necessariamente o enfoque do jogo. Tendo em vista isso, sistematizamos uma proposta de curso de formação para professores da educação básica com o intuito de oferecer subsídios teóricos e metodológicos a estes(as) profissionais para a implementação do jogo didático “Enigma das Cientistas” tanto como uma prática inclusiva, quanto para a divulgação das contribuições, trajetórias e descobertas de mulheres cientistas, refletindo e problematizando estereótipos de gênero nas áreas de STEM.

O curso será organizado pela equipe do projeto de extensão Meninas na Ciência da UFSC (da qual faço parte), incluirá encontros virtuais e/ou presenciais de caráter teórico e prático, com carga horária de 10h, estruturado da seguinte forma:

1. Encontro 1 (4 horas): Apresentação, problematização e discussão sobre estereótipos de gênero na ciência a partir de investigações nacionais e internacionais sobre o tema. Discussão de tópicos envolvendo acessibilidade e educação inclusiva. Sugestão de leituras e compartilhamento de materiais didáticos - como por exemplo livros e roteiros de leitura¹³ e o jogo “Enigma das Cientistas” - com potencial de implementação nas aulas de ciências, física, química, biologia, matemática, ou ainda em componentes interdisciplinares. Os(as) participantes do curso receberão material de estudo sobre o tema abordado durante a aula, bem como orientação sobre a atividade a ser desenvolvida com seus/suas estudantes.
2. Desenvolvimento e aplicação de atividade (4 horas): A partir da discussão realizada, os(as) professores(as) deverão produzir alguma atividade com seus/suas estudantes implementando o jogo “Enigma das Cientistas”. É estimulada a diversificação da aplicação do jogo, conforme a preferência e objetivos do educador. A equipe executora do projeto estará disponível durante o período de produção e aplicação das atividades para esclarecer eventuais dúvidas dos(as) professores(as) que venham a surgir.
3. Encontro 2 (2 horas): Ao final da etapa de aplicação do jogo, o grupo voltará a se reunir novamente para compartilhamento dos materiais produzidos e experiências vividas com relação ao tema, bem como construção de uma síntese sobre a importância de atividades que visem a promoção de espaços e oportunidades para que mulheres e meninas desenvolvam seus interesses e, também, destacar a importância da promoção da inclusão no contexto escolar. Um questionário será aplicado com os(as) participantes para que expressem suas opiniões, críticas e sugestões sobre o curso.

Através dessa ação, busca-se capacitar os educadores para utilizar o jogo de maneira inclusiva e aperfeiçoamento do produto elaborado.

¹³ Mais informações em: <https://meninasnaciencia.paginas.ufsc.br/roteiros-de-leituras-e-atividades/>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho consistiu em apresentar uma sistematização de práticas inclusivas no contexto de Ensino de Física contemplando as especificidades dos estudantes com deficiência visual. Para tanto, foi desenvolvida, inicialmente, uma reflexão sobre aspectos da Natureza da Ciência (NdC) articulados ao desenvolvimento da Física como disciplina científica, problematizando na concepção empírico-indutivista da ciência o papel atribuído à observação. Diante da diversidade dos(as) cientistas, compreende-se que as experiências do observador não são únicas e nem imutáveis, mas variam com as expectativas, percepções e conhecimentos do mesmo, envolvendo um engajamento ativo com o mundo. Apesar de divergências na concepção indutivista, a relação com a observação, em específico do sentido da visão, se demonstra presente no conhecimento físico, também por utilizar a matemática como sua principal linguagem.

Buscando proporcionar uma educação inclusiva, é pertinente explorar diversificadas formas de articulações, promover programas, projetos e atividades que permitam o desenvolvimento dos indivíduos de modo a compartilhar saberes através da comunicação efetiva, oportunizando o reconhecimento e o acesso aos códigos que dão suporte à veiculação de uma informação. Para isso, é de extrema importância a contextualização e discussão dos conceitos relacionados à inclusão no âmbito educacional. Nesse sentido, a acessibilidade permite que pessoas com deficiência possam entrar e utilizar um espaço, e a inclusão garante que essas pessoas se sintam verdadeiramente parte da comunidade educacional.

A experiência na realização de Estágio não-obrigatório junto à Coordenadoria de Acessibilidade Educacional (CAE) da UFSC promoveu a atuação e reflexão sobre práticas inclusivas para a promoção do Ensino de Física para estudantes com deficiência visual, tais como: a descrição de registros visuais (imagens, gráficos, experimentos, aparatos, situações e fenômenos); o detalhamento oral do quadro (com atenção especial para os cálculos matemáticos e suas simbologias); a utilização de material tátil para a representação de gráficos, esquemas e símbolos físicos-matemáticos; a utilização de leitores de tela estendidos a softwares de programação e, também, do teclado tátil; a exploração dos demais sentidos; a abordagem das diferentes ênfases curriculares de um conteúdo físico e a inclusão

da realidade do estudante com deficiência visual. Essas alternativas de comunicação contribuem para um ensino de Física mais inclusivo.

Nesse contexto, foi proposto o jogo didático inclusivo “Enigma das Cientistas” com o objetivo de promover a inclusão de pessoas com deficiência visual através da acessibilidade comunicacional e pedagógica. Para isso, respectivamente, foi estruturado o recurso de acessibilidade de audiodescrição, disposto em cada carta, e elaborada uma mecânica de jogo que promove e incentiva a participação plena do jogador. Com o propósito de divulgar as trajetórias de mulheres nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). O jogo é composto por 16 cartas enigmas com solução, 1 carta de instruções de jogo, 1 carta de sugestões ao professor, 1 carta com instruções sobre recursos de acessibilidade e 1 carta sobre o projeto Meninas na Ciência. Indicado para jogar em grupo, o jogo conta com o recurso de audiodescrição das instruções e de cada carta, identificando o enigma e a solução, que são disponibilizadas no site e no canal do Youtube do projeto Meninas na Ciência UFSC.

Em síntese, este estudo explorou os aspectos inerentes ao Ensino de Física para pessoas com deficiência visual, pretendendo responder a seguinte questão de pesquisa: Quais práticas podem contribuir com a inclusão de estudantes com deficiência visual no contexto do ensino de Física? Não pretendendo que esta seja a única resposta a essa questão, mas a exploração dos diversos meios de comunicação, inclusive de outros estímulos sensoriais que possuem papel crucial para a efetivação do compartilhamento de saberes. Na relação entre o educador e o educando, é necessário a empatia e a compreensão para que os educandos com deficiência visual vinculam-se a um conjunto de significados não visuais e sociais relacionados aos objetos científicos estudados.

Pesquisador em Ensino de Física com foco na inclusão de pessoas com deficiência visual, Eder Pires de Camargo (2012) destaca que, teoricamente, os professores deveriam estar preparados para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam as especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência, de modo a atender as múltiplas formas de interação entre os participantes das atividades e os fenômenos estudados. Assim, a inclusão efetiva-se com “a presença do aluno com deficiência na escola regular, a adequação da mencionada escola às necessidades de todos os seus participantes, e a adequação, mediante o fornecimento de condições, do aluno com deficiência ao

contexto da sala de aula” (Camargo, 2012, p.16). Portanto, os recursos de acessibilidades quando somados às práticas inclusivas apresentadas permitem que os estudantes com deficiência visual se sintam verdadeiramente parte da comunidade educacional.

Entre os desafios e limitações encontrados neste estudo, destacam-se a testagem, pouco conhecimentos das pessoas em relação a alguns enigmas, e custos para impressão e produção do jogo. Primeiramente a testagem do jogo “Enigma das Cientistas” foi realizada com um número limitado de pessoas com deficiência visual, o que deverá ser ampliado nos próximos anos aplicando-se em turmas de estudantes da educação básica que tenham estudantes com deficiência visual. Em segundo lugar, percebemos que alguns enigmas contêm informações pouco conhecidas pelas pessoas, o que pode dificultar a descoberta de uma solução e levar ao desinteresse do participante pelo jogo. Portanto, cabe ao professor ou ao apresentador mediar esse tipo de situação e aprimorar estratégias de engajamento. Com o intuito de fornecer mais elementos ao professor/apresentador, pretendemos produzir um manual mais detalhado sobre cada enigma para ser usado, inclusive, na formação de professores, adicionando algumas estratégias de motivação e engajamento que podem ser utilizadas em sala de aula.

Por fim, os custos de produção de materiais de qualidade e de impressão colorida em grande quantidade são bastante elevados. No ano de 2024, o Projeto de Extensão Meninas na Ciência foi contemplado no edital EDITAL N° 3/2024/PROPG/PROEX, o que garantirá arcar com os custos dos materiais para a realização do curso de formação de professores e da distribuição dos jogos nas escolas (Auxílio N° 1076/2024, Processo N° 88881.926992/2023-01). Além disso, as cartas serão disponibilizadas gratuitamente no site do projeto e os vídeos do recurso de audiodescrição se apresentam como um meio para jogar sem a necessidade de impressão.

Como objetivos futuros, os próximos passos são expandir a acessibilidade do jogo didático “Enigma das Cientistas”, integrando a escrita braille nas cartas, permitindo que os jogadores com deficiências visuais e usuários deste sistema tátil possam participar integralmente. Para isso, serão necessárias consultorias com empresas e/ou gráficas especialistas em impressões do braille, elaborando um baralho inicial para as testagens. Ademais, é pensado sobre a inclusão do recurso

de acessibilidade na Língua Brasileira de Sinais (Libras), através de uma sequência de vídeos no YouTube do projeto Meninas na Ciência UFSC. Além disso, em 2025, será realizado um curso de formação para professores, organizada pela equipe do projeto de extensão Meninas na Ciência da UFSC, com o objetivo de habilitar a implementação do jogo didático “Enigma das Cientistas” como instrumento de inclusão e de divulgação das contribuições, trajetórias e descobertas de mulheres cientistas.

REFERÊNCIAS

BACON, Francis. *Novum Organum* ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza. Tradução de José Aluysio Andrade. São Paulo: Nova Cultural, 1999. p. 1-231. (Os Pensadores).

BIANCHI, Cristina; RAMOS, Kim; BARBOSA-LIMA, Maria da Conceição. Conhecer as cores sem nunca tê-las visto. *Revista Ensaio*. Belo Horizonte, v.18, n.1, p.147-164, jan-abr, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180108>

BOURDIEU, Pierre. *Escritos de Educação*. NOGUEIRA, Maria Alice Nogueira; Catani, Afrânio. (Orgs.) (1998). 17. ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. *Referenciais de acessibilidade na educação superior e a avaliação in loco do sistema nacional de avaliação da educação superior (SINAES)*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2013.

BZUNECK, José Aloyseo. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo; GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini (Orgs.). *Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo*. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 15-34.

CAMARGO, Eder Pires de; SILVA, Dirceu. *ATIVIDADE E MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA À ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: QUEDA DOS OBJETOS*. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência (ENPEC). Bauru, SP. 2003.

CAMARGO, Eder Pires de. *Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física*. Editora UNESP. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788539303533> Acesso em: 25 jul. 2024.

CAMARGO, Eder Pires de. *Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlaces e desenlaces*. *Ciência & Educação*. Bauru, v. 23, n. 1, p. 1-6, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010001> Acesso em: 25 jul. 2024.

CAMARGO, Eder Pires de. *Inclusão e Necessidade Educacional Especial: Compreendendo Identidade e Diferença*. São Paulo: Cortez, 2018.

CARVALHO, Rosita Edler. *Educação inclusiva: como os pingos nos "is"*. 13. ed. Porto Alegre: Mediação, 2019.

CHALMERS, Alan. *O que é a ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1999.

FRENCH, Steven. *Ciência: conceitos-chave em filosofia*. Trad.: André Klaudat. Porto Alegre: Artmed, 2009, 196 pp.

GURGEL, I. Editorial: Reflexões Político-Curriculares sobre a Importância da História das Ciências no Contexto da Crise da Modernidade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 37, n. 2, p. 333-350, agosto de 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física 1. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física 2. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

LIPPE, Eliza Márcia Oliveira; CAMARGO, Eder Pires de. O ensino de ciências e seus desafios para a inclusão: o papel do professor especialista. In: NARDI, R. org. Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p. ISBN 978-85-7983-004-4.

MARTINS, Roberto de Andrade. O mito de Galileu desconstruído. Revista de História da Biblioteca Nacional, 5 (número especial de História da Ciência 1): 24-27, outubro de 2010 (ISSN 1808-4001).

MOURÃO, Marcos Arruda; MENDONÇA JUNIOR, Glaudiney Moreira. Boas Práticas para a Realização de Playtest de Jogos. In: SBC – Proceedings of SBGames 2017. Curitiba: Sociedade Brasileira de Computação, 2017. p.242-251.

PEREIRA, Tássila Zerbini Monteiro. A Inclusão De Deficientes Na área De Ensino De Física: Um Estado Do Conhecimento. Curitiba, 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPR_7d2d008c72feb346b2bfd51680ebbc28 Acesso em: 25 jul. 2024.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. Cad. Cat. Ens. Fís., v.19, n.1: p.89-109, ago. 2002.

PINHO ALVES, José, PINHEIRO, Terezinha de Fátima. Transposição didática, p.165. In: PINHO ALVES, José, PINHEIRO, Terezinha de Fátima. Instrumentação para o Ensino de Física A. Florianópolis : UFSC/EAD/CED/CFM, 2010.

SILVA, J. B.; SALES, G. L. Um panorama da pesquisa nacional sobre gamificação no ensino de Física. Tecnia, v. 2, ed. 1, p. 105-121, 2017.

STOLFI, Guido. Percepção visual humana. In: STOLFI, Guido. Princípios de Televisão Digital. 1996. Disponível em: <https://www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/ptc2547downloads.html>

ZANETIC, João. Física também é cultura. 1990. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990. Acesso em: 04 nov. 2024.