



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS PIRANHAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA

GILBERTO HELDER JÚNIOR AQUINO SOUZA

**A COMPREENSÃO DA MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA ESTRUTURANTE
NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE ONDULATÓRIA**

PIRANHAS, AL

2023

GILBERTO HELDER JÚNIOR AQUINO SOUZA

A COMPREENSÃO DA MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA ESTRUTURANTE
NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE ONDULATÓRIA

Orientador: Prof. Dr.Robenilson Ferreira dos Santos
Co-orientador: Prof. Me.Evandro Barbosa Nunes

PIRANHAS, AL
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Piranhas
Biblioteca Tabela Cacilda Damasceno Freitas

S729c Souza, Gilberto Helder Júnior Aquino.
A compreensão da matemática como ferramenta estruturante na construção dos conceitos de
ondulatória. / Gilberto Helder Júnior Aquino Souza.–2023.

Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de
Alagoas, *Campus Piranhas*, Piranhas, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Robenilson Ferreira dos Santos
Co-orientador: Prof. Me. Evandro Barbosa Nunes

1.Ensino de física. 2.Linguagem matemática. 3. Ondulatória. I. Título.

CDD:530

Fabio Fernandes Silva
Bibliotecário – CRB- 4/2302

GILBERTO HELDER JÚNIOR AQUINO SOUZA

A COMPREENSÃO DA MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA ESTRUTURANTE
NA CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE ONDULATÓRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Piranhas,
como requisito parcial para obtenção de grau de
Licenciado em Física.

Aprovado em: 20 / 07 / 2023.

Conceito Obtido: 10,0

BANCA EXAMINADORA

Robenilson Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Robenilson Ferreira dos Santos (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Evandro Barbosa Nunes

Prof. Me. Evandro Barbosa Nunes (Co - Orientador)

Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Felipe Alexandre Medeiros de Freitas

Prof. Me. Felipe Alexandre Medeiros de Freitas

Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Documento assinado digitalmente

BELIATO SANTANA CAMPOS

Data: 21/07/2023 10:55:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Beliato Santana Campos

Instituto Federal da Bahia - IFBA

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha mainha Helenilda Aquino Ramos, por seu amor e apoio deste meu nascimento, sendo de suma importância para minha formação acadêmica e pessoal, me incentivando a seguir o caminho dos estudos.

Expresso minha gratidão ao meu orientador Prof. Dr. Robenilson Ferreira dos Santos, pela orientação, suporte e conhecimentos compartilhados ao longo desse processo. Seu comprometimento e dedicação foram fundamentais para a construção deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Me. Evandro Barbosa Nunes, por suas aulas e experiências compartilhadas que contribuíram significativamente na formulação deste trabalho.

Não posso deixar de mencionar os meus amigos, Franklin, Jonas e Wilas, que me apoiaram durante toda minha jornada acadêmica. O incentivo, encorajamento e compreensão que recebi de vocês foram fundamentais para superar os desafios e alcançar este marco.

Por fim, expresso minha gratidão às instituições e pessoas que forneceram recursos, materiais e colaboração para a realização deste trabalho. Sem a contribuição de cada um, essa pesquisa não teria sido possível.

A todos vocês, meu sincero agradecimento. Seu apoio e contribuição foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

A vida é como um lápis que certamente se
esgota, mas deixará a bela escrita da vida.

-Eiichiro, Oda

RESUMO

O ensino de Física utiliza de várias linguagens, metodologias e estratégias didáticas para apresentar os conteúdos aos alunos, tendo em vista que na sua maior parte as estruturas abstratas nem sempre são compreendidas pelos educandos. Neste contexto, a linguagem matemática é usada para transpor ideias e teorias para o papel e o uso dela é indispensável nas aulas de Física. Assim, o presente trabalho investigou o uso da linguagem matemática por meio de um questionário (feito para os alunos) direcionado aos conhecimentos de ondulatória, além de analisar a percepção dos estudantes. A aplicação do questionário foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas - IFAL, localizado no interior do estado de Alagoas - AL, em 4 turmas do 2º ano do Ensino Médio/Técnico, totalizando 91 participantes. A pesquisa utilizou para a análise a abordagem qualitativa, visando estabelecer relações entre as respostas e os comentários feitos pelos sujeitos do estudo. Ao término do trabalho pôde-se notar algumas dificuldades dos alunos em utilizar a linguagem matemática em situações básicas, como em quantizar características de uma onda transversal, fazer análises gráficas, no qual pode-se notar embaraços na obtenção de informações presentes nos gráficos, dentre outras dificuldades. Portanto, deve-se pensar em estratégias didáticas que possam mitigar os problemas com as equações matemáticas e seus respectivos conceitos, de modo a favorecer que a aprendizagem significativa possa alcançar novos objetivos, tornando a assimilação e desenvolvimento físico-matemático mais cristalino para os discentes, o qual poderão utilizar do conhecimento obtido para alçar novos horizontes científicos.

Palavras-chaves: Ensino de Física. Linguagem Matemática. Ondulatória

ABSTRACT

The teaching of Physics uses several languages, methodologies and didactic strategies to present the contents to the students, considering that, for the most part, the abstract structures are not always understood by the students. In this context, mathematical language is used to transpose ideas and theories to paper and its use is indispensable in Physics classes. Thus, the present work investigated the use of the mathematical language through a form (made for the students) directed to the knowledge of wave, besides analyzing the students' perception. The application of the form was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Alagoas - IFAL, located in the countryside of the state of Alagoas - AL, in four classes of the 2nd year of High school/Technical Education, totaling 91 (ninety one) participants. The research used a qualitative approach for the analysis, aiming to establish relationships between the answers and the comments made by the study subjects. At the end of the work, it was possible to notice some difficulties of the students in using the mathematical language in basic situations, such as quantizing characteristics of a transverse wave, doing graphic analysis, in which one can notice embarrassments in obtaining information present in the graphs, among others. Therefore, one should think about teaching strategies that can mitigate problems with mathematical equations and their respective concepts, in order to favor that "liquid" learning can reach new "airs", making the physical-mathematical assimilation and development more crystalline for students, who will be able to use the knowledge obtained to raise new scientific horizons.

Keywords: Physics Teaching. Mathematical Language. Undulatory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Questionário da pesquisa.....	26
Quadro 2 - Padrão de resposta.....	30
Quadro 3 - Critérios para análise.....	33
Quadro 4 - Resposta do aluno A.....	36
Quadro 5 - Resposta do aluno B.....	36
Quadro 6 - Relato do aluno E.....	40
Quadro 7 - Resposta do aluno H.....	42
Quadro 8 - Resposta do aluno I.....	42
Quadro 9 - Resposta do aluno J.....	42
Quadro 10 - Resposta do aluno K.....	45
Quadro 11 - Resposta do aluno L.....	45
Quadro 12 - Resposta do aluno M.....	45
Quadro 13 - Comentário do aluno a.....	48
Quadro 14 - Comentário do aluno b.....	48
Quadro 15 - Comentário do aluno c.....	48
Quadro 16 - Comentário do aluno d.....	49
Quadro 17 - Comentário do aluno e.....	49
Quadro 18 - Comentário do aluno f.....	49
Quadro 19 - Comentário do aluno g.....	49
Quadro 20 - Comentário do aluno h.....	50
Quadro 21 - Comentário do aluno i.....	50
Quadro 22 - Comentário do aluno j.....	50
Quadro 23 - Comentário do aluno k.....	50
Quadro 24 - Comentário do aluno l.....	51
Figura 1 - Representação do processo de modelagem matemática.....	23

Figura 2- Exemplo da função de um Polarizador.....	30
Figura 3 - Questão sobre Polarização.....	35
Figura 4 - Questão características de uma onda transversal.....	37
Figura 5 - Gráfico do aluno C.....	38
Figura 6 - Gráfico do aluno D.....	38
Figura 7 - Questão para aplicação direta.....	39
Figura 8- Resposta do aluno F.....	40
Figura 9 - Resposta do aluno G.....	40
Figura 10 - Questão conceitual sobre característica de uma onda mecânica.....	41
Figura 11 - Questão de análise de comprimento de onda.....	44
Figura 12 - Questão análise do gráfico dos batimentos do coração.....	46
Figura 13 - Questão análise do gráfico de uma onda em corda.....	47

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CEPE	Companhia Editora de Pernambuco
BRIX	Escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis
EM	Ensino Médio
IFAL	Instituto Federal de Alagoas
PHET COLORADO	Physics Education Technology Project da Universidade do
S.I	Colorado (EUA)
TICs	Sistema Internacional de Unidades
	Tecnologias da Informação e da Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 ENSINO DE FÍSICA.....	13
3.1 HISTÓRIA DA FÍSICA.....	13
3.2 A SALA DE AULA.....	15
3.3 FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM.....	17
4 A IMPORTÂNCIA DA MATEMÁTICA PARA A FÍSICA.....	18
4.1 A HISTÓRIA DA LINGUAGEM MATEMÁTICA NA FÍSICA.....	18
4.2 A LINGUAGEM E ESTRUTURAÇÃO MATEMÁTICA.....	20
4.3 MODELAGEM MATEMÁTICA.....	22
5 METODOLOGIA.....	24
5.1 METODOLOGIA DA PESQUISA: MÉTODO COMPARATIVO COM ENFOQUE QUALITATIVO.....	24
5.2 CONTEXTO DA PESQUISA.....	25
5.3 INSTRUMENTO E CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA PESQUISA.....	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
6.1 PERCEPÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO AO QUESTIONÁRIO.....	48
7 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que estuda os fenômenos da natureza e tradicionalmente é trabalhada em sala de aula com apoio de livros e laboratórios didáticos, em escolas mais estruturadas. A Pesquisa em Ensino de Física por sua vez, contribui com metodologias e estratégias didáticas de ensino, de forma a apoiar professores em salas de aula, trazendo discussões relacionadas à aprendizagem dos discentes. Vários professores, trabalham a compreensão dos fenômenos naturais com o levantamento de hipóteses e experimentação, no entanto existem problemáticas, ao apresentar um ensino mais contextualizado, seja de ordem da formação docente, ou dos conhecimentos de base dos discentes, que se apresenta como uma barreira que impede o avanço no andamento dos conteúdos, mostrados aos alunos. Dito isto, para que haja progresso dos estudantes na compreensão verossímil sobre os fenômenos naturais abordados em sala, existe a linguagem matemática, que une a teoria e a prática, ou seja, sem a matemática as ideias dos fenômenos naturais, seriam apenas ideias. A partir disso, vem um questionamento voltado ao ensino de física: será que os alunos, em específico do 2º do ensino médio, interpretam a linguagem matemática relacionada aos conteúdos de Ondulatória?

Este trabalho teve a intenção de analisar e compreender, por meio da perspectiva dos discentes, a existências de possíveis lacunas, causadas pela incompreensão ou falta de conexão da linguagem matemática. Para esta questão, algumas possíveis hipóteses são elencadas: a didática do professor não é suficiente para o entendimento dos conteúdos, os estudantes não fazem conexões entre as disciplinas, os conteúdos de matemática e física não são consonantes entre outras possibilidades, que podem ser observadas. No que concerne à metodologia do trabalho, foi elaborado um questionário, que aborda o uso das ferramentas matemáticas no conteúdo de ondulatória, além de questões conceituais, onde foi possível verificar dificuldades presentes tanto em física conceitual quanto na matemática, ou seja, no uso de suas ferramentas.

Ao longo de toda a análise, muitos alunos expuseram por meio dos termos “não sei”, “não lembro” e com outras palavras “só estudei para a prova”. Portanto dentre os resultados analisados, destacou-se fortemente a memorização e não a aprendizagem, o que vai de encontro com a proposta central de qualquer instituição

de ensino, que seria levar uma educação de qualidade para os alunos e prepará-los para o mundo que os rodeia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender como os estudantes do 2º ano do ensino médio utilizam a linguagem matemática presentes na Física, através de um questionário sobre o conteúdo de ondulatória.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Observar se os estudantes conseguem estabelecer relações entre a matemática e a física;
- Identificar as principais dificuldades dos alunos ao utilizarem a linguagem matemática atrelada aos fenômenos ondulatórios;
- Analisar qualitativamente como os alunos associam os conteúdos de Física com aporte da linguagem matemática;

3 ENSINO DE FÍSICA

3.1 HISTÓRIA DA FÍSICA

Falar sobre a história da física é ir de encontro com o fascínio que a humanidade tem pela natureza, em tempos que o termo *ciência* não tem o mesmo significado dos dias atuais, em períodos Socráticos e pré-socráticos, em que a filosofia onde seus pensadores indagavam sobre a natureza sem a pretensão da rigorosidade que hoje é a base das ciências em geral. Desde o momento em que houve a separação entre a filosofia e a física, a busca para entender a natureza e experimentá-la tornou-se cada vez mais parte deste ramo científico, sem esquecer das suas raízes filosóficas, a história da física torna-se então parte da história da humanidade em que desta vez a modifica diretamente, envolvendo grandes pessoas ao longo desta trajetória.

Galileu Galilei (1564 - 1642) com seu estudo do movimento dos corpos, sendo um dos que introduziu a geometria nos estudos físicos, passando por Isaac

Newton (1642 - 1727) responsável por introduzir a álgebra na física e é reconhecido até os dias atuais pelas suas contribuições através das famosas Leis de Newton, formadas através de seus estudos sobre a gravitação universal (Garcia, 2010). Outro grande nome que furou a bolha científica foi Albert Einstein, entre suas contribuições para a ciência temos os seus estudos sobre o comportamento de corpos com velocidades próximas à da luz, este estudo ficou conhecido como a *relatividade*. Estas são algumas das mentes que contribuíram para o avanço da sociedade, estes e outros são nomes que não devem ser esquecidos. De acordo com Ricardo (2010):

Ao transpor tais discussões para o ensino, é relevante destacar que o ensino das ciências deveria proporcionar aos alunos o acesso a um saber legitimado culturalmente, que consiste em uma forma especializada de representar o mundo por meio de um processo histórico e com a contribuição de vários sujeitos.

Utilizar a história como parte das discussões em sala de aula traz ao estudo de física uma relevância a mais, já que, ao introduzir a história por trás do assunto estudado no momento, mostra aos alunos que sem esses processos e as pessoas que o fizeram, coisas que atualmente são consideradas supérfluas, na época de suas descobertas foram consideradas como um salto enorme para a história da sociedade e para a formação de novas questões, em exemplo o telefone por Alexander Graham Bell (1847-1922), que revolucionou a comunicação interpessoal. De tal maneira, ter o tópico abordado em sala faz com que a história não se perca e muda a forma que se enxerga a física, como apenas uma disciplina engessada e fechada.

Ao focar na história da ondulatória, nomes como Galileu e Newton foram importantes para o estudo da ondulatório através de seus estudos de movimentos e velocidades. Seguidos por Christiaan Huygens (1629 - 1695), com seus estudos sobre o tratado da luz, bastante influenciado pelo modelo mecanicista de Newton, no qual a luz era dita por ter caráter corpuscular. Já Thomas Young (1773 - 1829), com seu experimento de dupla fenda, conseguiu comprovar o caráter ondulatório da luz, quando a mesma decretou, algo que só uma onda é capaz, Foi com os experimentos de Louis de Broglie (1892 - 1987), através de seus experimentos com

elétrons, ele conseguiu chegar tanto conceitual quanto experimental que a luz tem comportamento dual, através da equação $\lambda = \frac{h}{mv}$ (da Silva, 2007; Rosa, 2004).

Desta forma, contextualizar o processo de estudos científicos, Para Oliveira (2012):

Nesse sentido, para que a formação seja a mais completa possível, é importante que a abordagem leve em consideração os vários aspectos envolvidos na construção da ciência, permitindo a aquisição de uma visão crítica bem como um aprofundamento do conteúdo.

Estes estudos foram fundamentais para o avanço da ondulatória, para que outros estudos surgissem houve um processo e pessoas que fizeram parte dele, desta maneira ao ser mostrada em sala de aula, estes avanços não podem ser esquecidos e negligenciados.

3.2 A SALA DE AULA

Há uma grande dissonância no que é visto na sala de aula, com o que é vivenciado por estudantes em seu cotidiano, isto em uma sociedade que está continuamente em estado de desenvolvimento, no qual tecnologias de informação e comunicação (TIC) que atingem diversas áreas de interesse está cada vez mais fazendo parte da vida dos estudantes, enquanto isto, o modelo de sala de aula ainda está presa no tradicionalismo, modelo este que não muda desde sua inserção no período colonial, isto fica mais gritante ao transplantarmos para o ensino de física, que não só sofre com a contextualização de seus conteúdos, mas também carga horárias reduzidas.

São diversos os textos e autores que abordam o cenário do ensino de física no Brasil, destacamos três autores: Lúcia Helena Sasseron, Elio Carlos Ricardo e Marco Antonio Moreira, autores estes que falam sobre o ensino de física, fazendo análises, problematizações e críticas acerca deste tema.

Ricardo (2010) e Sasseron (2010), trazem algumas perspectivas sobre como a "física escolar" e "física real" aparecem para os alunos no dia a dia e como são mostradas na escola, onde os alunos sujeitos às exigências do mundo moderno e por tal motivo acabam por questionar o valor ou o "por que" eles estão aprendendo tal conteúdo. Ricardo (2010) aponta ainda da necessidade de uma construção contextualizada, onde a "física real" e a "física escolar" se convergem, já que os

próprios discentes trazem consigo conhecimentos e vivências relacionadas a física fora da sala de aula, chamada por ele (Ricardo) de *concepção alternativa ou espontânea*, cabendo ao instituto de ensino mediar essas espontaneidades. Sasseron (2010) diz que a relação escola e cotidiano estão intrinsecamente ligadas, já que o surgimento de diversos aparelhos tecnológicos de alguma forma tem o envolvimento físico.

Isso implica que os conhecimentos propostos pelos físicos fazem parte de nosso cotidiano. Implica, também, que atuar e participar da sociedade tecno-natural, na qual vivemos hoje, requer reconhecer a Física como uma cultura cujos conhecimentos nos fornecem possibilidades de compreender o mundo.

Sasseron ainda ressalta a importância da escola não só fornecer conteúdos, mas também de preparar os estudantes para uma racionalidade crítica que os possibilitem identificar problemas sociais de caráter científico.

Moreira (2018), faz alguns apontamentos e diversas críticas acerca do ensino de física do país, para ele há uma disparidade entre a pesquisa na área, sendo esta bem reconhecida fora do país, com o ensino propriamente dito, este último está em um estado de crise. Ao analisar como a disciplina está presente nas escolas, Moreira (2018) faz algumas observações, dos quais serão destacados três: a carga horária, a formação dos professores e um ensino para teste.

Notoriamente a disciplina de física está entre as matérias que requer do aluno uma atenção maior, com isto, o tempo de aula ou seja a *carga horária* deve ser levada em consideração na hora que o professor está fazendo seu planejamento, porém, ao longo dos anos a disciplina está perdendo cada vez mais seu espaço de aproveitamento, onde semanalmente se tinha uma carga horária de 6 h (década de 1960), atualmente é comum ter apenas 3 h a 1 h semanal de aula, a exemplo temos o Instituto Federal de Alagoas (IFAL), que segundo a Deliberação nº 34-CEPE-2019 aprova as diretrizes para que a partir do ano letivo de 2020 os cursos técnicos/integrados seja de 3 anos, que antes eram 4 anos, reduzindo a carga horária de Física de 3 h aula semanal para 2 h aula, o qual são insuficientes para dar conteúdos que requerem uma atenção e comprometimento significativo.

A segunda observação feita por Moreira (2018) está na finalidade do que se é aprendido, isto não só na física, mas também em outras áreas, no qual o ensino é entendido como uma maneira de preparar os alunos para a testagem, chamado por ele de *teaching for testing*, o foco do ensino desta forma seria preparar o alunado para testes como o ENEM, vestibular, concursos. Desta forma o conteúdo não tem uma relevância social, não há um propósito fora este já mencionado.

Por último temos a *formação docente*, Moreira (2018) compreende que desde sua formação, o docente de física não é valorizado, em cursos onde a ementa tem poucas matérias sobre física moderna, tradicional e contemporânea, que apresenta assuntos e discussões atuais como o estudo da luz (exemplo a fibra ótica), em contrapartida os cursos de licenciatura a ementa é composta por sua maioria de física clássica (antiquada), já ao ingressar na carreira docente este novo profissional deve encarar desvalorização e condições de trabalho que não permite um aproveitamento e um aprofundamento mínimo em sua aulas de física, além de salário baixo, alto número de alunos e carga horária semanal elevada que em sua maioria não é cumprida na mesma instituição.

É notório que o ensino de física está vagarosamente “desaparecendo” da escola, os autores citados trazem algumas explicações para tal acontecimento, isso pode ser visto por experiências do autor em conversas com professores de física e vivências como aluno e professor.

3.3 FERRAMENTAS DE APRENDIZAGEM

A globalização proporcionou um grande avanço das tecnologias de comunicação e informação, tornando a busca por conhecimentos mais acessíveis para a maioria da população mundial, estas novas tecnologias proporcionaram o surgimento de ferramentas de ensino que até duas décadas passadas eram totalmente inacessíveis e nada comuns. Os jovens atualmente já nascem rodeados dessas ferramentas tecnológicas (nativos digitais), com isso, a escola deixou de ser a única fonte de aprendizagem (Oliveira, 2023), não só isso, seguir o caminho acadêmico também deixou de ser o único método de ganho de reconhecimento, estabilidade econômica e social, sites como: Youtube, Instagram, Twitter, Tiktok, oferecem de maneira mais atrativa e que delonga um tempo relativamente rápido

para tais ganhos, ou seja, as instituições de ensino não tem ferramentas motivacionais para os alunos se manterem ativos em seus estudos.

Ao transpor para a aprendizagem de física, que possuem conceitos abstratos, se não apresentados de maneira didática, lúdica e dinâmica, acaba por deixar as aulas ainda mais complicadas e enfadonhas, ao buscar ferramentas que auxiliem a aprendizagem (falado brevemente na seção anterior) de maneira a incentivar e proporcionar novas visualizações para o entendimento do assunto abordado. Tomemos como exemplo a Ondulatória, que demanda uma capacidade de abstração considerável, fenômenos como difração e interferência ao ser abordado acaba por requerer do visual, para uma maior explicação, desta maneira ferramentas fazem necessárias. Ferramentas estas que podem ser softwares que trazem experimentos físicos, um exemplo seria o simulador PhET COLORADO (simulador online) que traz uma gama de experimentos de diversas áreas de ciências naturais, inclusive da física, outra ferramenta seria práticas experimentais, que podem ser vistas em sala de aula ou em um laboratório didático, sendo esta última ferramenta que pode levar a diversos desdobramentos.

As práticas experimentais, proporcionam diversas metodologias que podem ser trabalhadas com os estudantes, De Carvalho (2010) traz algumas metodologias que podem ser abordadas em práticas experimentais:

- i) *Demonstração investigativa*, neste tipo de metodologia é apresentado apenas o fenômeno e cabe aos estudantes a investigação e construção do fenômeno através de discussões com o professor.
- ii) *Laboratório investigativo*, nesta metodologia os objetivos estão claros, no qual o objetivo real é observar a capacidade organizacional e extração de dados pelos estudantes.

Ferramentas que explorem o aluno e que ao mesmo tempo deem atenção aos conceitos, podem ser bastante úteis e atrativas, mas que requerem tempo e material para a realização do experimento.

4 A IMPORTÂNCIA DA MATEMÁTICA PARA A FÍSICA

4.1 A HISTÓRIA DA LINGUAGEM MATEMÁTICA NA FÍSICA

Os primeiros vislumbres do uso da linguagem matemática em teorias físicas foi através do sistema heliocêntrico da organização do sistema celeste de Nicolau Copérnico (1473 - 1543), o qual concebeu um sistema matemático circular simples para expressar a estrutura celeste. Johannes Kepler (1571 - 1630) continuou os trabalhos de Copérnico, buscando ajustar o modelo das órbitas dos planetas e apresentou uma nova maneira para o movimento dos planetas, o modelo elíptico e leis que regiam esses movimentos (Guanabara, 2006).

Galileu Galilei (1564 - 1642), aficionado pela matemática e a mecânica, escreveu obras e leis que foram base para outros cientistas como Newton, Segundo Guanabara (2006), Galileu concebia a natureza como geométrica.

No mundo, há o que é absoluto, objetivo, imutável e que diz respeito ao conhecimento verdadeiro, matemático. [...] Para ele, a Natureza é geométrica, configurada por proporções e quantidades, que apenas o conhecimento matemático permite entender.

A mecânica a partir de Galileu começou a ter um caráter geométrico, nesta nova abordagem o *movimento é um estado*, da mesma forma que o repouso, o espaço agora é formado por caracteres geométricos e o tempo é mensurável, sendo uma quarta dimensão *irreversível*, a descrição destes estados foi feito por Galileu em três etapas a primeira etapa a "abstração" a segunda etapa a "demonstração" e a terceira etapa a "experimentação". Neste processo de matematização a física deixa de ser uma ciência qualitativa para uma ciência quantitativa (Ricardo, 2010). Isaac Newton aliou os trabalhos de Kepler com os de Galileu, para os seus estudos sobre movimento, adicionou ao espaço e tempo de Galileu a *massa*, surgindo as *três leis do movimento ou as leis de Newton*. De acordo com Guanabara (2006):

Newton chegou à expressão máxima da eficiência de suas proposições: a definição da lei da gravitação universal, equacionada em termos matemáticos, segundo a qual matéria atrai matéria e na ordem direta do produto das massas e na ordem inversa do quadrado da distância que separam os corpos.

Foi através dos estudos sobre a gravitação universal, que Newton precisou formular uma nova matemática, com o estudo dos infinitesimais, que recebeu o nome de método dos fluxos atualmente conhecido como cálculo diferencial. Newton encontrou outras aplicações para o método, como: Determinar máximos e mínimos, tangentes e curvas, curvatura de curvas, pontos de inflexão e convexidade, concavidade de curvas e integrar algumas curvas diferenciais (Melchior, 2013).

À medida que a matemática foi inserida nos estudos da natureza, foi perceptível a sua capacidade de adaptação desde, possibilitar a formalização do micro na física quântica, até o macro na relatividade, o qual se ajusta aos pensamentos dos cientistas de épocas diferentes. Nesse sentido, a matemática é o reflexo da sociedade e época em que ela está, e se ajusta conforme as mesmas, ou até em uma situação específica e, portanto, demonstra a importância de possuir um conhecimento relevante da mesma, para que possa ser usada fora da sala de aula (Silva, 2020).

4.2 A LINGUAGEM E ESTRUTURAÇÃO MATEMÁTICA

Ao compreender a matemática como uma *linguagem especial*, que se adequa às especificidades que as ciências requerem, desta forma o uso de tal, que neste trabalho será chamado de linguagem, teria sua maneira de encarar o problema físico mudado de acordo com a situação, já que ao afirmar que a matemática é uma língua acarretaria em algumas contradições, como aponta OLIVEIRA (2021), ao analisar a matemática em três categorias, sendo estas: *Matemática como ferramenta de tradução; Matemática como língua e Matemática como um a priori*.

1. *Matemática como ferramenta de tradução*, nesta categoria a matemática seria uma ferramenta de tradução, o qual traduz habilmente a fenômenos da natureza, logo a natureza seria matematicamente construída, de tal maneira, coube ao ser humano apenas a descobri-lá. Porém a matemática já não faz parte somente do mundo material, desse modo a sua descoberta teria que ser feita fora do âmbito da natureza.
2. *Matemática como língua*, nesta categoria a matemática seria uma língua rigorosa e precisa, que descreveria o universo independentemente de sua

forma. Porém, *nem sempre é possível encontrar uma correlação não matemática para conceitos matemáticos*.

3. *Matemática como um a priori*, nesta categoria a matemática tem sua eficácia na descrição do mundo, pois compreendemos a realidade de aparatos mentais e sensoriais. Contudo a complexidade de alguns estudos não teriam como ser explicadas por essa perspectiva.

Partindo da visão de cada uma destas três categorias, logo, a matemática não é absoluta e que seu uso tem limitações, entretanto, ao visualizá-la como uma *linguagem especial*, que comportasse de acordo com quem a utiliza, neste momento da história humana ela não tem limitações em seu uso, pois mesmo sendo facilmente maleável a quem a utiliza, esta linguagem não perde sua rigurosidade e precisão, o que neste momento a torna única e importante para as ciências.

Ao visualizar a matemática como a linguagem utilizada pela física, para transcrever a natureza a entendimento humano, ao encarmos o ensino de física temos que averiguar o aprendizado da linguagem matemática e como os alunos a estruturam na física, Pietrocola (2010), diz que:

Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a Matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isso possível. [...] Não é suficiente aprender o “alfabeto” matemático para extrair as leis e os princípios dos fenômenos físicos, assim como não é suficiente conhecer o alfabeto árabe para ser capaz de ler o Alcorão em sua versão original.

Portanto, é errôneo atribuir que o estudante terá sucesso nos estudos de Física apenas por ter o conhecimento matemático, embora seja necessário ter tal conhecimento para seguir com estudos na física, para Pietrocola e Karam (2009), existe uma diferença entre saber matemático e o saber físico estruturado pela matemática, eles chamam esta capacidade de *habilidade técnica* e *habilidade estruturante*. De acordo com Pietrocola (2010):

A primeira se fundamenta no domínio técnico dos sistemas matemáticos, como a operação com algoritmos, a construção de gráficos, a solução de

equações, etc. Esse domínio está ligado ao contexto interno dos saberes matemáticos, e designaremos habilidade técnica, no sentido de ser capaz de lidar com as regras e propriedades específicas dos sistemas matemáticos. A segunda se fundamenta na capacidade de utilizar os saberes matemáticos para a estruturação de situações físicas. Essa capacidade está ligada ao uso organizacional da matemática em domínios externos a ela e a designaremos habilidade estruturante.

A não garantia do sucesso em física, mesmo em posse de habilidades matemáticas traz implicações didáticas, desta forma, faz-se necessário um plano que possa trabalhar a construção desta estrutura matemática, uma maneira de construção seria modelagem matemática.

4.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

Segundo Teixeira (2018), apesar da imensa modernidade que existe atualmente, a estrutura educacional ainda segue o modelo tradicional, os alunos neste modelo tem ação passiva ao conhecimento, de maneira que, pode fazer o aluno se sinta ineficiente diante de um aprendizado mecânico e de memorização. Retomando a fala de Ricardo (2010), vista na seção 3.2, os alunos têm *concepções espontâneas* sobre temas relacionados às ciências naturais, ou seja, o aluno entende que se apertar um interruptor caso tenha energia a lâmpada irá acender, o que lhe falta é a base física para entender o porque acontece. Ao modelar a aula para que os alunos possam interagir com ocorrências, que eles já viram em termos matemáticos, de modo que eles participem ativamente, criem hipóteses, calcule e debatam, surge a *modelagem matemática*, o qual consiste em transformar situações do cotidiano em problemas matemáticos.

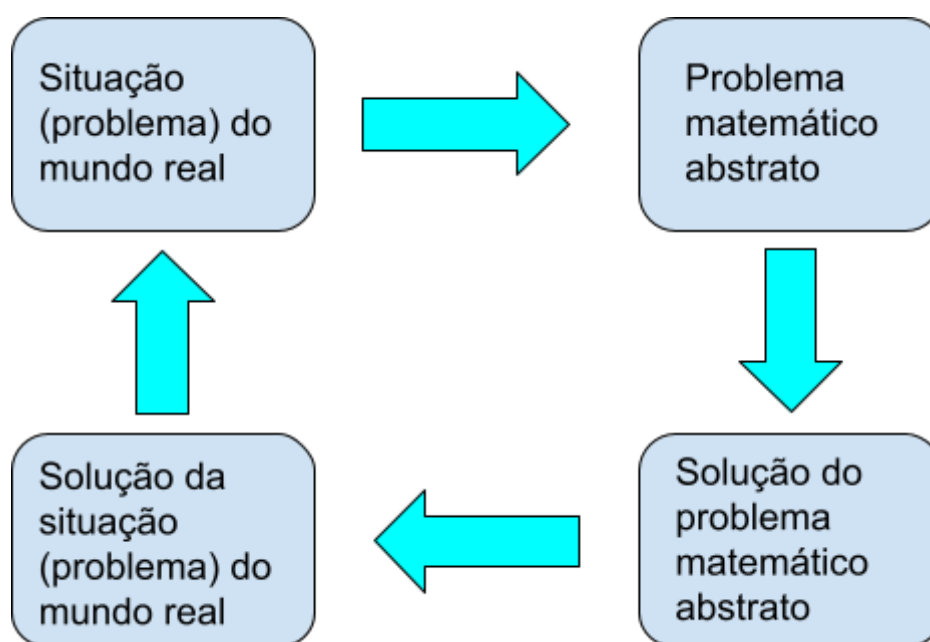
A modelagem matemática seria uma forma de construir uma atividade, a partir de uma situação empírica, desta maneira a abstração e a formalização estarão presentes em todo o processo. De acordo com Bassanezi (1999):

A nosso ver, a Modelagem Matemática utilizada como estratégia de ensino-aprendizagem é um dos caminhos a ser seguido para tornar um curso de matemática, em qualquer nível, mais atraente e agradável. Tal processo, que consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos, resolvê-los e, então, interpretar suas soluções na linguagem

do mundo real, é um processo dinâmico e atraente. Uma modelagem eficiente permite fazer previsões, tomar decisões, explicar e entender, enfim, participar do mundo real com capacidade de influenciar em suas mudanças.

A modelagem matemática seria então, uma maneira de trazer os conhecimentos de cada um dos alunos à tona, o professor com o papel de mediador, que dentre outras finalidades, pode criar um ambiente convidativo para a turma, onde os alunos se sintam confortáveis para explorar e aprender (Batista e Fusinato, 2015). Os alunos vão se deparar com situações problemas reais, que podem ser resolvidos por meio de quaisquer técnicas conhecidas por eles, para se obter uma solução matemática. A Figura 1, mostra o processo de modelagem matemática:

Figura 1 - Representação do processo de modelagem matemática



Fonte: Modelagem Matemática

Ao trabalhar com este tipo de abordagem demandaria do professor, dispor de um tempo considerável para a preparação do material que “leve” aos discentes a uma estruturação matemática a partir de problemas reais, neste caso cada passo a ser tomado deve ser devidamente organizado levando em conta também a dinâmica dos alunos e suas especificidades. Contudo, ao perpassar por esses contratempos as vantagens surgem naturalmente, conforme Bertone (2014):

As vantagens do emprego da modelagem em termos de pesquisa podem ser constatadas nos avanços obtidos em vários campos como a Física, a Química, a Biologia e a Astrofísica, entre outros. Uma das características mais importantes da modelagem é que pressupõe multidisciplinaridade. [...] No setor educacional, a aprendizagem realizada por meio da modelagem facilita a combinação dos aspectos lúdicos da matemática com seu potencial de aplicações. E mais, com este material, o estudante vislumbra alternativas no direcionamento de suas aptidões ou formação acadêmica.

Portanto, trabalhar com modelagem matemática nas aulas de Física, traz algumas implicações didáticas, tais como: Interdisciplinaridade entre física e matemática; Situações reais que trabalham as *concepções espontâneas* do alunado; Contempla a estruturação matemática, uma vez que os alunos precisam das ferramentas da matemática. Além de promover, o domínio de procedimentos e técnicas associados à construção do conhecimento científico, o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, tais como mecanismos de autocontrole e autorregulação (Oliveira, 2020).

5 METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA DA PESQUISA: MÉTODO COMPARATIVO COM ENFOQUE QUALITATIVO

O professor em seu trabalho na sala de aula está constantemente fazendo comparações entre seus alunos, seja em relação às atividades, ou entre eles e seus desempenhos obtidos/ mostrados em contexto escolar. Desta forma, o método empregado para análise de dados desta pesquisa será o método comparativo que segundo Lakatos (2018):

O método comparativo permite analisar dados concretos, deduzindo deles elementos constantes, abstratos e gerais [...] finalmente, em termos de explicação, pode, até certo ponto, apontar vínculos causais entre fatores presentes e ausentes.

Este método permite que em uma mesma sala de aula pode-se observar diferentes tipos de comportamentos ao descrever o mesmo contexto. O enfoque qualitativo auxilia este método, para que a análise seja feita, “oferecendo riqueza de dados descritivos, bem como focalizando a realidade de forma complexa e contextualizada.” (Lakatos, 2018).

5.2 CONTEXTO DA PESQUISA

A aplicação do questionário foi realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas IFAL, localizado no interior do estado de alagoas - AL. De acordo com o Plano de Desenvolvimento Institucional(PDI) - 2019/2013, O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas(IFAL), surgiu em 29 de Dezembro de 2008, pela junção do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) e a Escola Agrotécnica Federal de Satuba e veio como uma proposta de ensino superior e um ensino técnico integrado. Sendo que uma de suas propostas pedagógicas é inserir os estudantes ao mundo social como sujeitos pensantes donos de suas próprias ideias e que possam ser capazes de dominar as tecnologias de suas respectivas áreas. Dentro dos cursos oferecidos pelos IFs de Alagoas, temos os cursos integrados em administração, agroecologia, agropecuária, agroindústria, eletroeletrônica e meio ambiente. Entre os cursos de ensino superior

temos engenharia civil, engenharia agrônoma, licenciatura em física, matemática, química, entre outros diversos cursos de diversos níveis e áreas.

O trabalho teve como sujeitos da pesquisa, 4 turmas de 2º ano do ensino médio/integrado, totalizando 91 participantes, de um instituto federal do interior de Alagoas. A investigação foi realizada através de um questionário feito a partir do conteúdo de ondulatória - características e fenômenos ondulatórios, presente na Física do 2º ano do ensino médio. Sendo assim, o questionário teve 7 quesitos, divididos em questões conceituais e de aplicação da linguagem matemática.

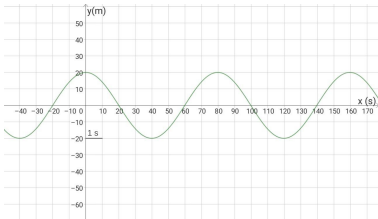
As questões que abordavam os conceitos físicos foram elaboradas com o intuito de verificar o entendimento que os alunos tinham sobre o conteúdo de ondulatória. As questões de aplicação da linguagem matemática tiveram como foco analisar a habilidade de estruturação entre um conceito físico e matemático, verificando a percepção associativa destes alunos, ao usarem as ferramentas matemáticas para a resolução de questões-problemas. Importante salientar que a realização da pesquisa na qual os discentes foram submetidos, foi realizada cerca de 3 meses após o término do conteúdo de ondulatória, o qual o último tópico abordado foi os fenômenos ondulatórios e o questionário foi produzido tendo esta informação como base.

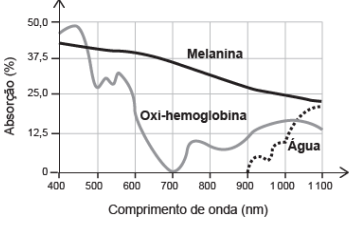
5.3 INSTRUMENTO E CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA PESQUISA

Para o instrumento de coleta de dados, foi utilizado um questionário contendo 7 (sete) itens, dos quais tiveram como base para a elaboração o conteúdo de ondulatória, cada questão foi elaborada/selecionada pensando em um objetivo a ser observado, quando os sujeitos da pesquisa a responderem, como exposto no quadro 1.

Quadro 1 - Questionário da pesquisa

Conteúdo	Perguntas	Objetivos
Características de uma onda: onda polarizada	1. A sacarose, como todos os carboidratos, apresenta carbono assimétrico e possui a capacidade de desviar o plano de luz polarizada. Explique o que significa	Compreender o papel do polarizador. Relacionar o fenômeno físico do desvio da luz-plano polarizada com o brix (escala numérica que mede a quantidade de sólidos

	uma onda polarizada e indique algumas aplicações no dia a dia.	solúveis em uma solução de sacarose) do alimento analisado.
Grandezas físicas associadas a ondas	2. O estudo da ondulatória é um importante campo de pesquisa da física, que abrange diversas áreas de atuação, desde a indústria alimentícia à indústria musical. Por esta razão a compreensão de suas características e comportamento é tão importante. O gráfico a seguir representa uma onda transversal típica. Com estas informações em mãos, faça uma análise deste gráfico, e indique (no gráfico) as seguintes informações: amplitude (A), período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ) e velocidade de propagação de onda (V). 	Identificar os elementos (características) de uma onda transversal no gráfico.
Propagação de ondas transversais em cordas	3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine: a) a densidade linear da corda; b) a velocidade de propagação da onda na corda	Ser capaz de utilizar as equações de densidade linear e velocidade em uma corda tensa.
Propagação de uma onda	4. O sol é a principal	Diferenciar os meios de

sonora	estrela do nosso sistema solar e constantemente há explosões ocorrendo em sua superfície, porém, essas explosões não podem ser ouvidas. Explique por que não são audíveis.	propagação para uma onda mecânica versus onda eletromagnética.
A luz	5. A epilação a laser (popularmente conhecida como depilação a laser) consiste na aplicação de uma fonte de luz para aquecer e causar uma lesão localizada e controlada nos folículos capilares. Para evitar que outros tecidos sejam danificados, selecionam-se comprimentos de onda que são absorvidos pela melanina presente nos pelos, mas que não afetam a oxi-hemoglobina do sangue e a água dos tecidos da região em que o tratamento será aplicado. A figura mostra como é a absorção de diferentes comprimentos de onda pela melanina, oxi-hemoglobina e água.  Qual o comprimento de onda em nm, ideal para a epilação a laser? a) 400 b) 700 c) 1100 d) 900 e) 500	Interpretar e associar o que está exposto no texto sobre depilação a <i>laser</i> com o gráfico de absorção de diferentes comprimentos de ondas em relação ao laser.

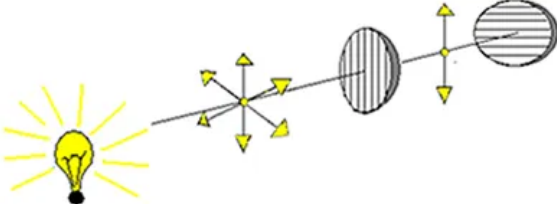
	Justifique a sua resposta.	
Fenômeno ondulatório: Batimento	6. Os músculos do coração pulsam devido a pequenas descargas elétricas. O eletrocardiograma (ECG) é um exame utilizado para a prevenção de doenças cardíacas. Nesse exame são colocados eletrodos sensíveis em diferentes pontos do corpo do paciente. O aparelho irá registrar a variação da tensão elétrica (ddp) nos pontos conectados. Os sinais elétricos podem ser vistos na tela de um osciloscópio ou impressos em uma tira de papel quadriculado, como representado na figura a seguir.  O registro da onda do pulso cardíaco do paciente mostra a variação da tensão elétrica, em milivolt (mV), na vertical, e os intervalos de tempo, em segundo, na horizontal. Analisando a representação gráfica expressa na figura, determine: - a amplitude máxima, em milivolt (mV); - o período e a frequência cardíaca do paciente; - o comprimento da onda cardíaca, em metros, sabendo-se que a velocidade de propagação dessa onda no equipamento é de 20 cm/s.	Analisar o gráfico e informar corretamente as informações solicitadas. Utilizar as expressões matemáticas para calcular a frequência, amplitude, período e comprimento de onda.

Ventres e nós de uma onda	7. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda, de modo a formar três ventres e quatro nós, como está esquematizado na figura abaixo:  Sabendo que a distância entre os nós extremos é de 1,5 m e a velocidade da onda é de 10 m/s, determine a frequência dessa onda.	Diferenciar <i>ventre</i> e <i>nós</i> e a partir disto aplicar a resolução matemática.
---------------------------	--	---

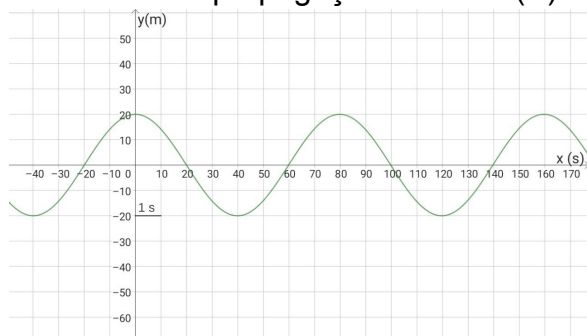
Fonte: Arquivo pessoal.

Para os critérios preconcebidos antes de realizar as análise dos resultados de cada questão foi estabelecido um padrão de resposta, que serviria de base para as resoluções dos alunos. Ao adotar um padrão de resposta, o papel fica de apenas auxiliar a análise, para que o analisador não se perca na hora de realizar o trabalho, não necessariamente o que está no padrão de resposta, tem que ser o que deve estar nas provas dos alunos. visto a seguir:

Quadro 2 - Padrão de resposta

Perguntas	Padrão de resposta
1. A sacarose, como todos os carboidratos, apresenta carbono assimétrico e possui a capacidade de desviar o plano de luz polarizada. Explique o que significa uma onda polarizada e indique algumas aplicações no dia a dia.	O polarizador funciona como um filtro que seleciona um determinado comprimento de onda. O aluno também poderia fazer um esquema (como visto na Figura 2 abaixo) da função do polarizador. Figura 2- Exemplo da função de um Polarizador  Fonte: https://brasilecola.uol.com.br/fisica/polarizacao-ondas.htm

2. O estudo da ondulatória é um importante campo de pesquisa da física, que abrange diversas áreas de atuação, desde a indústria alimentícia à indústria musical. Por esta razão a compreensão de suas características e comportamento é tão importante. O gráfico a seguir representa uma onda transversal típica. Com estas informações em mãos, faça uma análise deste gráfico, e indique (no gráfico) as seguintes informações: amplitude (A), período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ) e velocidade de propagação de onda (V).



Amplitude: observar o ponto máximo ou mínimo do gráfico, em específico o eixo das ordenadas;

$A = 20 \text{ m}$

Período: analisar o tempo de um ciclo completo, que pode ser de uma crista a outra;

$T = 8 \text{ s}$

frequência: relacionar que a frequência é o inverso do período;

$f = 1/80 \text{ Hz}$

Comprimento de onda: a distância de uma crista a outra.

$\lambda = 80 \text{ m}$

Velocidade de propagação de onda:

aplicar a equação $v = \lambda \cdot f$ ou $v = \frac{\lambda}{T}$

$v = 10 \text{ m/s}$

3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine:
a) a densidade linear da corda;
b) a velocidade de propagação da onda na corda

Nesta questão o estudante deveria calcular a Densidade linear (δ): $\delta = m/L = 0,8 \text{ Kg/m}$

e Velocidade (v): $v = \sqrt{F/\delta} = 10 \text{ m/s}$

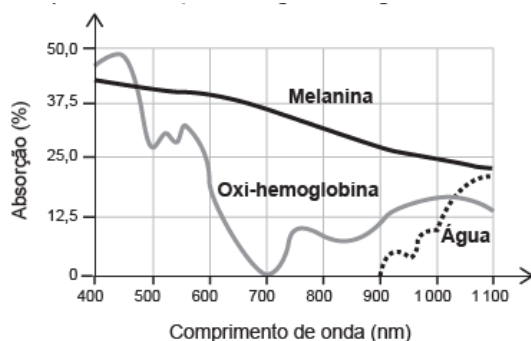
4. O sol é a principal estrela do nosso sistema solar e constantemente há explosões ocorrendo em sua superfície, porém, essas explosões não podem ser ouvidas. Explique por que não são audíveis.

A onda sonora é uma onda mecânica e as ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagar, o que não existe no vácuo do espaço.

5. A epilação a laser (popularmente conhecida como depilação a laser) consiste na aplicação de uma fonte de luz para aquecer e causar uma lesão localizada e controlada nos folículos capilares. Para evitar que outros tecidos sejam danificados, selecionam-se comprimentos de onda que são absorvidos pela melanina presente nos

O comprimento de onda em que apenas a melanina absorve é de 700 nm.

pelos, mas que não afetam a oxi-hemoglobina do sangue e a água dos tecidos da região em que o tratamento será aplicado. A figura mostra como é a absorção de diferentes comprimentos de onda pela melanina, oxi-hemoglobina e água.



Qual o comprimento de onda em nm, ideal para a epilação a laser?

- a) 400
- b) 700
- c) 1100
- d) 900
- e) 500

Justifique a sua resposta.

6. Os músculos do coração pulsam devido a pequenas descargas elétricas. O eletrocardiograma (ECG) é um exame utilizado para a prevenção de doenças cardíacas. Nesse exame são colocados eletrodos sensíveis em diferentes pontos do corpo do paciente. O aparelho irá registrar a variação da tensão elétrica (ddp) nos pontos conectados. Os sinais elétricos podem ser vistos na tela de um osciloscópio ou impressos em uma tira de papel quadriculado, como representado na figura a seguir.



O registro da onda do pulso cardíaco do paciente mostra a variação da tensão

- a) Ao observar os máximos e mínimos (amplitude) do gráfico, verifica-se que o valor é de 4 mV.
- b) Ao verificar que o tempo de uma crista a outra ou a de um vale a outro, corresponde a 0,6 s, ou seja, o período é 0,6 s. tendo conhecimento que a frequência é o inverso do período temos que $1/0,6$ Hz corresponde a frequência.
- c) Primeiramente convertamos 20 cm/s para 0,2 m/s e aplicando na equação $v = \lambda \cdot f$, o qual resulta no valor de 0,12 m

elétrica, em milivolt (mV), na vertical, e os intervalos de tempo, em segundo, na horizontal. Analisando a representação gráfica expressa na figura, determine:

a) a amplitude máxima, em milivolt (mV);

b) o período e a frequência cardíaca do paciente;

c) o comprimento da onda cardíaca, em metros, sabendo-se que a velocidade de propagação dessa onda no equipamento é de 20 cm/s.

7. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda, de modo a formar três ventres e quatro nós, como está esquematizado na figura abaixo:



Sabendo que a distância entre os nós extremos é de 1,5 m e a velocidade da onda é de 10 m/s, determine a frequência dessa onda.

Temos na situação 3 ventres, então intuitivamente o valor do início de um ventre até o seu término e início de outro é de 0,5 m e que o comprimento de onda pode ser medido da distancia do inicio de ciclo até seu termino, com isto, $\lambda = 1,0$ m, aplicando a fórmula $v = \lambda \cdot f$, o valor da frequência é de 10 Hz.

Fonte: Arquivo pessoal.

Além do padrão de resposta, outro sistema de análise foi adotado, como dito anteriormente o método de comparação, inicialmente foram utilizadas 4 formas para separar as resoluções, divididas em: Correta, satisfatória, errada e não feita.

Quadro 3 - Critérios para análise

Classificação	Critério
Correta	Respondeu corretamente ao que foi pedido na questão, através de justificativas e cálculos matemáticos
Satisfatória	Respondeu ao mínimo 50% da questão de maneira correta ou apresentou justificativas a qual puderam ser percebidas de que o aluno é capaz de fazer, mas eventualmente não conseguiu (este último fica a critério da percepção do autor)

Errada	Apresentou resposta que foge totalmente do padrão de resposta, através da escrita e de cálculos equivocados.
Não fez	Nesta categoria estão os que não responderam a pergunta e que apresentou a justificativa “não sei”

Fonte: Arquivo pessoal.

Os critérios apresentados neste capítulo, foram a base para a análise dos dados coletados no questionário. E guiaram o autor na sua análise e levantamento de hipótese acerca da aprendizagem de física, que serão apresentados no capítulo seguinte.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e análises, obtidos com a aplicação do questionário feita com 91 alunos do 2º ano do ensino médio/integrado, sobre o conteúdo de ondulatória - características e fenômenos ondulatórios. As análises foram feitas seguindo os critérios pré-estabelecidos de cada questão, visto no capítulo anterior, apresentando hipóteses e embasamento teórico para as respostas descritas pelos alunos.

A primeira questão (Figura 3) tinha como objetivo identificar se os alunos compreendiam sobre o papel de um polarizador e relacionar o fenômeno físico do desvio da luz-plano polarizada com o brix do alimento analisado. Esta questão foi elaborada propositalmente, pois, o Instituto Federal campo de pesquisa, tem em sua grade de cursos, o curso técnico-integrado de agroindústria, para que fosse observado em especial se estes alunos fariam analogias somente com a física, de maneira isolada ou com a sua área de aprendizagem em relação aos conhecimentos da área técnica.

Figura 3 - Questão sobre Polarização

1. A sacarose, como todos os carboidratos, apresenta carbono assimétrico e possui a capacidade de desviar o plano de luz polarizada. Explique o que significa uma onda polarizada e indique algumas aplicações no dia a dia.

Fonte: Arquivo pessoal.

A partir da análise das respostas da questão em foco, podemos tirar duas hipóteses. A primeira é: que os alunos não tenham lembrança do estudo da polarização, onde pode ter ocorrido o pouco aproveitamento do estudo em sala de aula; A segunda hipótese seria: que houve equívoco em diferenciar polarização de difração, pois, em muitas respostas estavam conceituando polarização de ondas como difração de ondas, isto, devido a uma possível confusão por parte dos discentes, ou a não clara diferenciação entre os dois fenômenos ondulatórios em suas apresentações.

Quadro 4 - Resposta do aluno A

Aluno A:

“A polarização é quando a luz passa por obstáculos com espaços, onde ela por sua vez irá ser barrada por partes sólidas, passando sua pequena parte sendo diminuída, um exemplo é quando a luz bate em uma parede que tenha um buraco, a luz só vai por uma fresta”.

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 5 - Resposta do aluno B

Aluno B:

“Uma onda é polarizada quando passa por uma zona/superfície e perde parte de sua características. Algumas aplicações no dia a dia é na confecção de óculos polarizados, na qual bloqueiam a passagem de uma parte da luz, evitando possíveis danos à visão”.

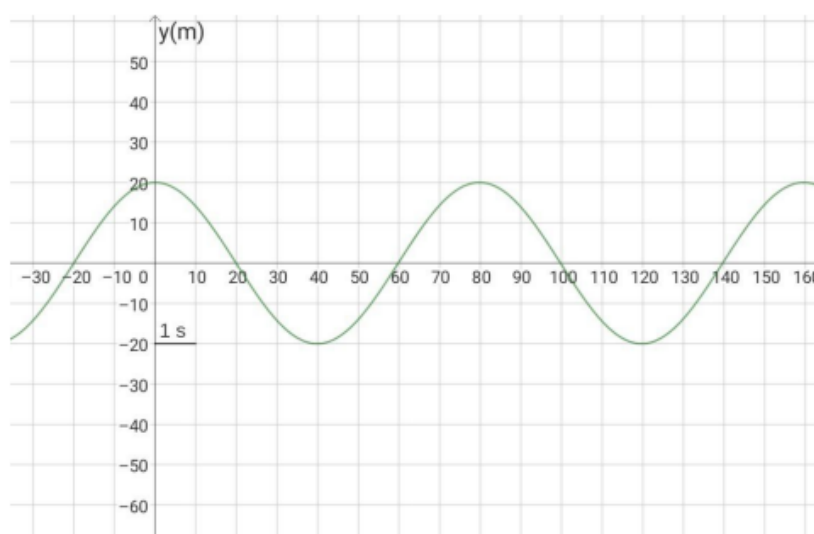
Fonte: Arquivo pessoal.

Pode-se notar o equívoco do *aluno A (Quadro 4)* ao definir o que é uma onda polarizada. A ideia de que este fenômeno não foi apresentado, não se sustenta nesta questão, pois, como visto o *aluno B (Quadro 5)*, definiu perfeitamente uma onda polarizada. A partir disto, temos as seguintes hipóteses: Este conteúdo teve pouco/nenhum aproveitamento; Faltou uma abordagem que contemplasse todos os estudantes; Os estudantes não se empenharam nas aulas no qual abordaram este fenômeno.

A questão de número 2 (Figura 4) tinha como objetivo a identificação dos elementos que caracterizam uma onda transversal típica, através da utilização de um gráfico que a representa.

Figura 4 - Questão características de uma onda transversal

2. O estudo da ondulatória é um importante campo de pesquisa da física, que abrange diversas áreas de atuação, desde a indústria alimentícia à indústria musical. Por esta razão a compreensão de suas características e comportamento é tão importante. O gráfico a seguir representa uma onda transversal típica. Com estas informações em mãos, faça uma análise deste gráfico, e indique (no gráfico) as seguintes informações: amplitude (A), período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ) e velocidade de propagação de onda (V).

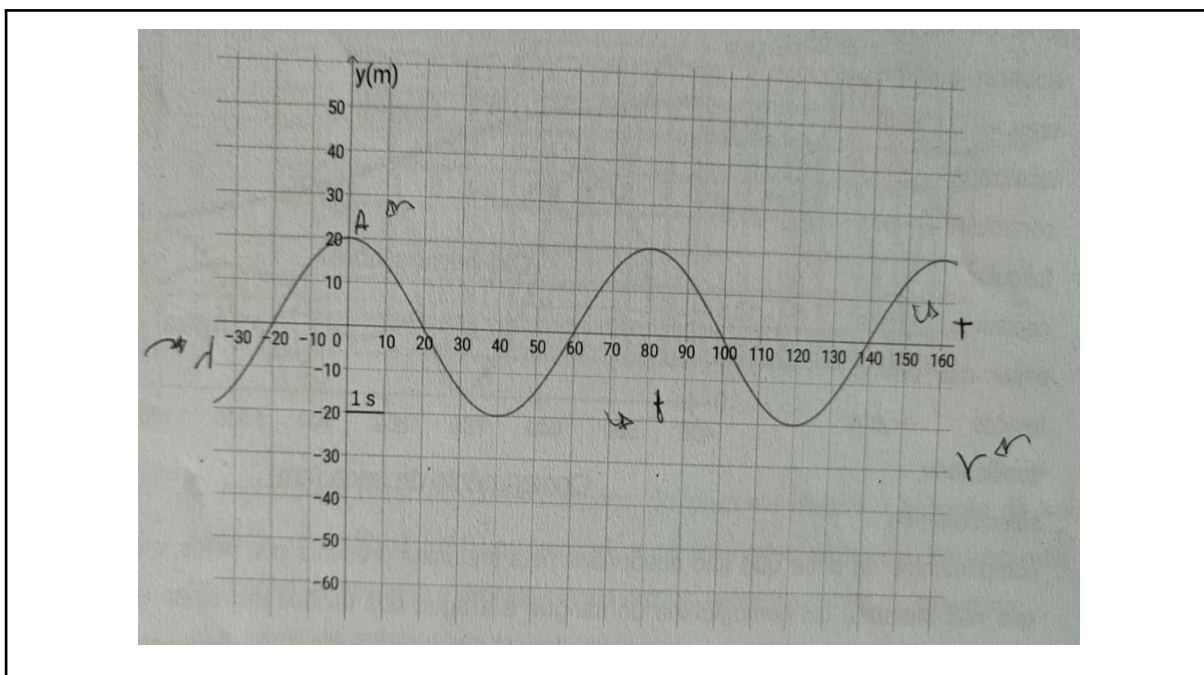


Fonte: Arquivo pessoal.

O gráfico é uma ferramenta de grande importância não somente para a matemática, em certos níveis de utilização todas as matérias utilizam gráfico em seus estudos, de acordo com Pinker (1990) citado por Cazorla (2002), a leitura de um gráfico aciona no aluno uma série de reações cognitivas, 'o processo de reconhecimento', 'o processo de montagem da mensagem', 'o processo de interrogação' e o 'processo inferencial', ou seja, quando é utilizado gráficos para o estudo de uma determinada aula (neste caso ondulatória) o alunado passará por processos que retomará conhecimentos, já presentes neles e adquirirão novos.

Nesta questão pode-se observar que para aqueles que a responderam, a maioria teve dificuldade na utilização do gráfico, no qual não conseguiram indicar corretamente os elementos pedidos. O qual teve como consequência indicações "aleatórias" em todo o gráfico, como no exemplo a seguir.

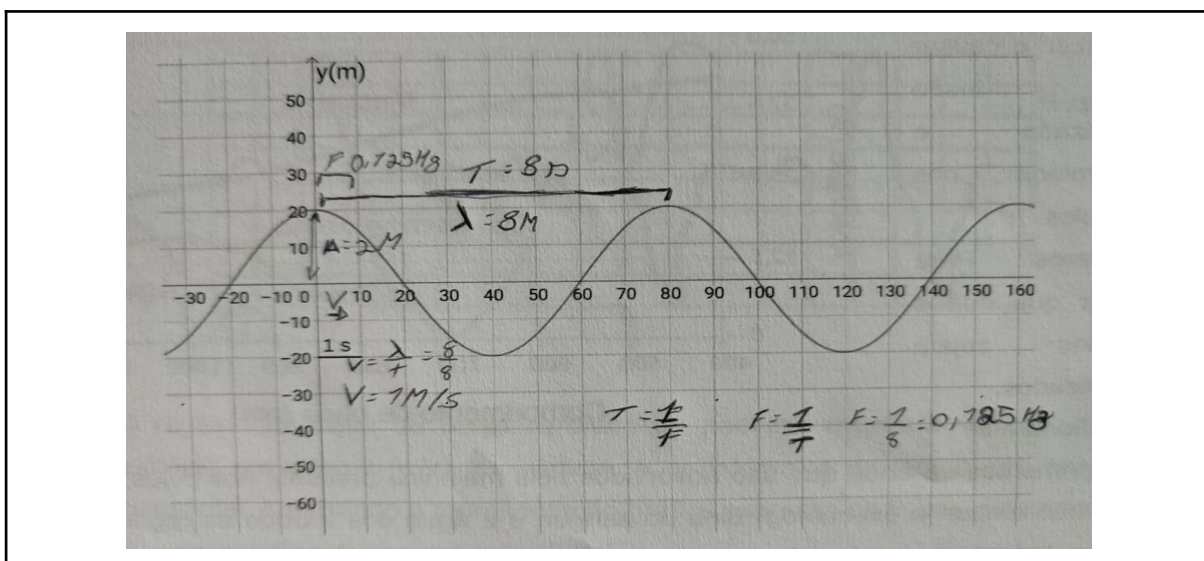
Figura 5 - Gráfico do aluno C



Fonte: Arquivo pessoal.

Esta situação repetiu-se durante todos os que responderam erroneamente. Outra situação vista ao que foram considerados “satisfatórios”, foram detalhes, no qual fica nítido que eles fazem uma análise do gráfico, porém ao retirar informações pecam em algumas situações, onde uns apenas indicam no gráfico sem mostrar numericamente e outros apenas indicam numericamente sem mostrar no gráfico, e o que eles têm em comum é que não realizam os cálculos necessários.

Figura 6 - Gráfico do aluno D



Fonte: Arquivo pessoal.

Neste exemplo pode-se observar que este discente (aluno D) conseguiu fazer uma boa análise de um gráfico, porém, supõem-se que por falta de “atenção”, ele não observou a escala em qual este gráfico estava.

Para fazer uma boa análise de uma grafico é preciso considerar o contexto em que ele está inserido e a partir disso fazer a leitura do mesmo, desta forma Duval (2011) diz que:

A significação dos gráficos cartesianos e por consequência a sua leitura, depende da percepção desta articulação. Quando o gráfico representa grandezas heterogêneas, a abordagem de interpretação global se desdobra em uma interpretação das grandezas presentes.

Ao fazer o estudo de um gráfico deve-se ter em mente o contexto o qual ele foi pensado, pois, a forma em que as informações serão expostas mudará. Deve-se pensar em uma maneira de agregar esta grande ferramenta matemática nas aulas de física com mais ênfase, de modo que, os estudantes ao direcionar o olhar para um gráfico saibam qual conteúdo e quais informações terão que obter, pois, algo que a questão 2, demonstrou foi que dentre os alunos que a responderam, são poucos aqueles que conseguem fazer uma análise gráfica satisfatória, e além disso, nenhum conseguiu responder corretamente a questão.

A terceira questão (Figura 7) tinha como objetivo identificar no aluno a sua memória e sua “habilidade estruturante” em uma aplicação direta de fórmula.

Figura 7 - Questão para aplicação direta

3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine:
- a) a densidade linear da corda;
 - b) a velocidade de propagação da onda na corda.

Fonte: Arquivo pessoal.

Esta questão buscava aguçar a memória dos discentes ao resolverem uma questão relacionada a uma onda em uma corda tensa, porém, o resultado e os

relatos dos estudantes deixados no espaço de resolução da pergunta, indicavam para o esquecimento das "fórmulas".

Quadro 6 - Relato do aluno E

"Eu sabia, porém esqueci como se faz"

Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 8- Resposta do aluno F

3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine:

a) a densidade linear da corda;

$$\mu = \frac{2,5 \text{ M}}{2,0 \text{ Kg}} = 1,25 \text{ M/Kg}$$

b) a velocidade de propagação da onda na corda.

$$v = \frac{1,25 \text{ Kg/M}}{80 \text{ N}} = 0,104 \dots$$

Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 - Resposta do aluno G

3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine:

a) a densidade linear da corda;

$$\delta = \frac{M}{L} = \frac{2}{2,5} = 0,8 \text{ Kg/M}$$

b) a velocidade de propagação da onda na corda.

$$v = \frac{N}{\delta} = \frac{80}{0,8} = 100 \text{ M/s}$$

Não tenho certeza do B Não

Fonte: Arquivo pessoal.

O aluno F (Figura 8, questão 3.B) e o aluno G (Figura 9, questão 3.B) esboçam bem a não lembrança das equações. Observa-se que o aluno F (Figura 8) há uma inversão na equação $\sigma = \frac{m}{L}$ por $\sigma = \frac{L}{m}$, por sua vez o terceiro caso (aluno G - Figura 9) demonstra o esquecimento da equação $V = \sqrt{\frac{F}{\sigma}}$, com a confirmação do próprio estudante ao comentar a sua incerteza na resolução.

Este tipo de questão onde a pura habilidade do estudante de expressar e manipular funções físicas, são as que mais envolve a *habilidade estruturante* exposto Karam e Pietrocola (2009), eles falam que o aluno pode ter afinidade por matemática mas que tem muitas dificuldades na física, estes autores falam que este aluno possui apenas a *habilidade técnica*, pois, ele tem conhecimento de uma matéria (matemática) o qual é importante para a outra (física), mas falta nele a *habilidade estruturante*, que analogamente seria a ponte de união destas duas matérias, desta maneira deixar claro a importância matemática e suas diferentes representações de um determinado assunto, ajudará no desenvolvimento do alunado, como por exemplo: a função afim e a função do espaço, vistas no 1º ano do ensino médio.

A questão 4 (Figura 10) apresentava a onda sonora como objeto de estudo, que é classificado como onda mecânica e que ao estudar ondulatória, as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas são apresentadas, estabelecendo que a maneira de diferenciar as duas é que, uma precisa de um meio material para se propagar (onda mecânica) enquanto que a outra não (onda eletromagnética). A questão tinha o objetivo de observar se os estudantes estabelecem diferenças entre onda mecânica e onda eletromagnética, através das explosões que ocorrem na superfície do Sol.

Figura 10 - Questão conceitual sobre característica de uma onda mecânica

4. O sol é a principal estrela do nosso sistema solar e constantemente há explosões ocorrendo em sua superfície, porém, essas explosões não podem ser ouvidas. Explique por que não são audíveis.

Fonte: Arquivo pessoal.

Pode ser observado que nesta, foi a questão que houve o maior número de resoluções e resoluções corretas em comparação às outras questões, porém, houve equívocos, ao qual os alunos descreveram conceitos de outros assuntos, de maneira atribuir a resposta da questão a *intensidade sonora* ao analisar a distância como causa de ser possível ouvir as explosões na superfície do Sol, ao invés da propagação de uma onda mecânica.

Quadro 7 - Resposta do aluno H

“Porque nós estamos muito distantes do mesmo, seu som vai ‘se perdendo’ e até chegar aqui todo o som já se espalhou.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Diante disso é bastante perceptível que eles possuem o entendimento de intensidade sonora, vista em acústica, um capítulo exclusivo somente para ondas sonoras, supondo que acústica foi visto posteriormente a ondulatória em contexto geral, este assunto estaria mais recente em suas memórias. Em comparação aos alunos que responderam corretamente, pode ser visto uma grande absorção do conteúdo ao explicarem a sua maneira sobre propagação de ondas sonoras no espaço.

Quadro 8 - Resposta do aluno I

“Porque no vácuo não a transporte (não se propaga a vibração) dessa vibração, porque no vácuo não há matéria para essa vibração sair do Sol.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 9 - Resposta do aluno J

“A distância entre o Sol e a Terra possui o vácuo, esse vácuo impede que as ondas sonoras das explosões do Sol se propaguem até chegar à superfície terrestre.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Pode-se dizer que este assunto de acústica foi significativo para uma boa parte dos alunos, já que mesmo em seus “erros” sendo contraditório houve acertos. Nesta questão, os alunos conseguiram estabelecer uma relação entre o fenômeno

que ocorre constantemente na superfície do Sol, com sua explicação ondulatória do porque não a ouvimos, sendo assim houve uma significância nesta parte de seus estudos. Segundo Moreira (2003):

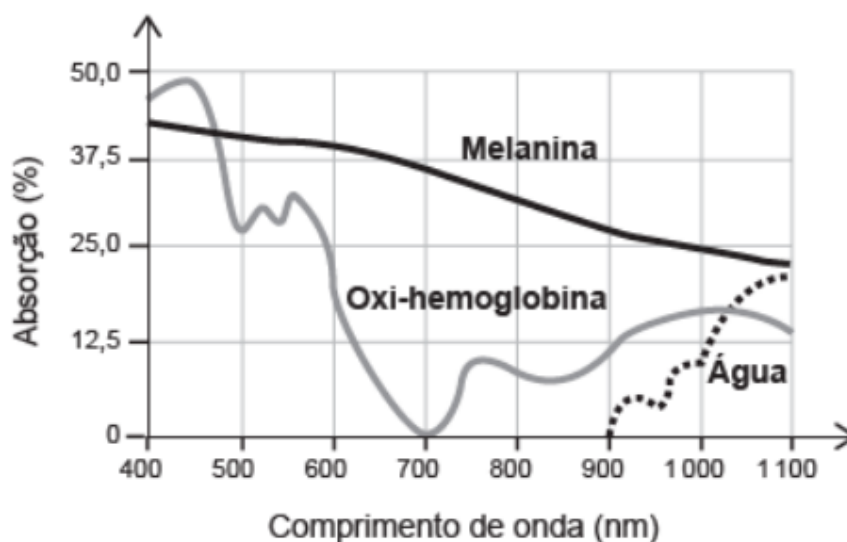
A aprendizagem significativa se caracteriza basicamente pela interação entre novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para isso, em sala de aula, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender e os materiais educativos devem ser potencialmente significativos. Contudo, tais condições são necessárias, mas não suficientes.

Desta forma, é observável que o conceito apresentado nas aulas de física ondulatória, ficaram mais presentes nos alunos, não só nesta questão, como em outras que tem a parte conceitual como centro.

A questão número cinco (Figura 11), buscou investigar se o discente era capaz de fazer a análise do gráfico, pois, a resposta dependia exclusivamente desta análise e se ele fazia uma análise em cima do resultado.

Figura 11 - Questão de análise de comprimento de onda

5. A epilação a *laser* (popularmente conhecida como depilação a laser) consiste na aplicação de uma fonte de luz para aquecer e causar uma lesão localizada e controlada nos folículos capilares. Para evitar que outros tecidos sejam danificados, selecionam-se



comprimentos de onda que são absorvidos pela melanina presente nos pelos, mas que não afetam a oxi-hemoglobina do sangue e a água dos tecidos da região em que o tratamento será aplicado. A figura mostra como é a absorção de diferentes comprimentos de onda pela melanina, oxi-hemoglobina e água.

Qual o comprimento de onda em *nm*, ideal para a epilação a *laser*?

- a) 400
- b) 700
- c) 1100
- d) 900
- e) 500

Justifique a sua resposta.

Fonte: Arquivo pessoal.

Nesta questão pode ser visto inicialmente a utilização de uma prova que apresente questões objetivas, no qual foi perceptível que muitos estudantes, apenas marcaram uma das alternativas e eventualmente acertam, ou seja, existe aqui o fator sorte.

Quadro 10 - Resposta do aluno K

x b) 700
"não sei justificar"

Fonte: Arquivo pessoal.

Pode-se indagar: Estes alunos têm alguma dificuldade em formular uma justificativa? Estes alunos "chutaram"? Este pode ser um ponto negativo de uma prova objetiva, pois, falta a subjetividade de cada um ao responder a uma questão, tornando-a em apenas uma prova mecânica. Por este motivo lhes foi pedido uma justificativa ligada à sua escolha de resposta. A partir disso foi visto um "equilíbrio" entre respostas que apresentavam uma justificativa. Por outro lado, temos os alunos que marcaram e justificaram corretamente.

Quadro 11 - Resposta do aluno L

x b) 700
"Com o comprimento de onda de 700 nm (seguindo o gráfico) a melanina seria atingida, mas a oxi-hemoglobina não, visto que nesse comprimento sua absorção é 0; não afetaria a água, pois o comprimento da onda necessária para essa absorção se dá a partir de 900 nm,"

Fonte: Arquivo pessoal.

De outro lado aqueles que justificaram corretamente, mas em sua marcação considerou apenas a absorção da água (Quadro 12).

Quadro 12 - Resposta do aluno M

x d)
"Pois não afeta o tecido nem a oxi-hemoglobina do sangue e a água."

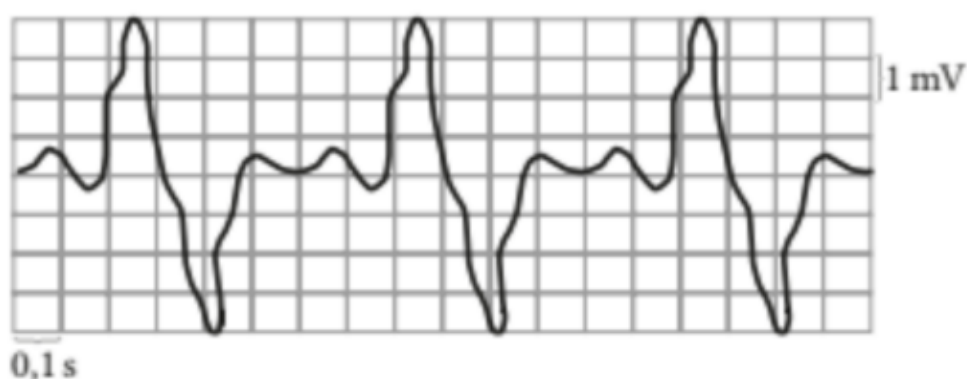
Fonte: Arquivo pessoal.

A sexta e sétima questão (Figura 12) tinham como objetivo verificar se os alunos conseguiam retirar informações de um gráfico e aplicá-los. Como visto anteriormente, uma questão que envolve gráficos, trabalha diversas áreas cognitivas do aluno, desta maneira apresentar questões que envolvam esta ferramenta, que

também envolva contextos físicos, trará à tona a habilidade estruturante, mencionada anteriormente, além da capacidade de interpretação.

Figura 12 - Questão análise do gráfico dos batimentos do coração

6. Os músculos do coração pulsam devido a pequenas descargas elétricas. O eletrocardiograma (ECG) é um exame utilizado para a prevenção de doenças cardíacas. Nesse exame são colocados eletrodos sensíveis em diferentes pontos do corpo do paciente. O aparelho irá registrar a variação da tensão elétrica (ddp) nos pontos conectados. Os sinais elétricos podem ser vistos na tela de um osciloscópio ou impressos em uma tira de papel quadriculado, como representado na figura a seguir.



O registro da onda do pulso cardíaco do paciente mostra a variação da tensão elétrica, em milivolt (mV), na vertical, e os intervalos de tempo, em segundo, na horizontal. Analisando a representação gráfica expressa na figura, determine:

- a amplitude máxima, em milivolt (mV);
- o período e a frequência cardíaca do paciente;
- o comprimento da onda cardíaca, em metros, sabendo-se que a velocidade de propagação dessa onda no equipamento é de 20 cm/s.

Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 13 - Questão análise do gráfico de uma onda em corda

7. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda, de modo a formar três ventres e quatro nós, como está esquematizado na figura abaixo:



Sabendo que a distância entre os nós extremos é de 1,5 m e a velocidade da onda é de 10 m/s, determine a frequência dessa onda.

Fonte: Arquivo pessoal.

Diante destas duas questões pôde-se observar que os alunos têm muita dificuldade em relembrar fórmulas e fazer análises gráficas, pois, foi alto o índice de relatos de esquecimentos e erros nas duas questões, sendo que, na sexta questão houve apenas uma questão correta e uma satisfatória. Sendo assim, não foi possível fazer comparações e que para esse resultado, há possíveis possibilidades de que estes alunos tiveram pouco ou nenhum aproveitamento nas aulas de matemática e física em relação a análise de gráficos; A maneira que estes assuntos foram abordados não atingiu significativamente os discentes; Os alunos não conectam assuntos de matemática para a física ou esta interdisciplinaridade não é apresentada de forma clara.

Diante de tudo que foi exposto neste capítulo, o questionário apresentou 7 questões no qual das sete (7), três (3) delas apresentaram perguntas conceituais sobre ondulatória e quatro (4) delas necessitavam da linguagem matemática. Após análise das respostas dos alunos apresentadas no questionário e de um olhar criterioso sobre os escritos, observou-se que os alunos carregam dificuldades estruturais ao lidar com questões matemáticas, pois dentre as questões, as que envolviam o uso matemático, foram as que obtiveram mais erros ou foram as perguntas que os alunos não responderam. Possivelmente o trabalho feito pelo

docente em sala de aula, carregou um viés mais conceitual e a parte matemática pouco explorada, isto corroborado com as análises das questões e os comentários dos alunos, que será exposto no próximo tópico, faltou uma significância na linguagem matemática, pois aparentemente não houve interdisciplinaridade entre física e matemática. Mesmo que para o docente seja visível, que a matemática e a física se unem nas suas aulas, para o discente isto fica implícito e muitos não percebem, e mostrar para eles pode não ser um trabalho fácil, mas é de suma importância para que eles visualizem as disciplinas como “irmãs” que tem coisas em comuns.

6.1 PERCEPÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO AO QUESTIONÁRIO

Neste subtópico, será apresentado os comentários feitos pelos próprios estudantes participantes desta pesquisa. Foi solicitado, que os mesmos pudessem escrever quaisquer comentários sobre dúvidas, dificuldades e comentários em geral sobre as disciplinas de física e matemática no próprio formulário do questionário, para uma melhor compreensão.

Quadro 13 - Comentário do aluno **a**

“em dividir número com ,(vírgula)... também em lembrar as fórmulas de física”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 14 - Comentário do aluno **b**

“Não lembro como realiza as questões, tenho dificuldade em matérias exatas então normalmente só estudo para a prova, é difícil fixar na mente, principalmente fórmulas.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 15 - Comentário do aluno **c**

“ *Não me lembro de muita coisa; * tenho dificuldade principalmente em lembrar das fórmulas; *tenho um pouco de dificuldade de lembrar de conceitos.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 16 - Comentário do aluno **d**

“eu tenho vagas memórias dos assuntos, mas não consigo lembrar ao ponto de conseguir responder”.

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 17 - Comentário do aluno **e**

“ Não lembro a fórmula! decorei só para a prova”

Fonte: Arquivo pessoal.

Inicialmente pode-se observar a falta de lembrança das fórmulas (Quadros 13, 14, 15, 16 e 17), isto corroborado com as análises anteriores, em seus comentários vemos que a falta da memorização foi um dos motivos que os fizeram não obterem êxito, nas resoluções das questões. Moreira (2020), aponta que a educação em geral, não somente a de física, está voltada na preparação dos alunos para testes, como vestibulares e ENEM, com isto, o ensino não se volta pros interesses dos alunos, o referido autor ainda diz para o ensino e aprendizagem de física deveria estar voltada para os interesses dos alunos e sendo assim, trabalhar em maneiras e abordagens de despertá-lo. Logo em seguida um dos outros motivos apontados por eles, seria o pouco conhecimento em matemática ou sua aptidão para as matérias de exatas não serem suficientes (Quadros 18, 19, 20, 21, 22 e 23).

Quadro 18 - Comentário do aluno **f**

“Sim, tenho dificuldade para entender um pouco das fórmulas e conta de matemática.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 19 - Comentário do aluno **g**

“eu tenho muita dificuldade em matemática (vocês são ótimos professores)”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 20 - Comentário do aluno **h**

“Tenho muita dificuldade em matérias de exatas, principalmente física, pois são muitas informações e eu acabo não conseguindo adquirir todas as informações dadas, não sei se é a maneira de explicação do professor. Não me dou bem com números, acho que esse problema me prejudica demais.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 21 - Comentário do aluno **i**

“Tenho dificuldade em matemática básica”

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 22 - Comentário do aluno **j**

“ Teve muitas questões de cálculo, sou mais voltada para escrever e interpretar, a prova é boa para quem se garante na parte de cálculo”.

Fonte: Arquivo pessoal.

Quadro 23 - Comentário do aluno **k**

“ Faltou fórmulas. Não me dou bem com cálculos”.

Fonte: Arquivo pessoal.

As matérias de exatas são muito conhecidas pelos estudantes como matéria “de outro mundo”, o qual para conseguir entendê-las, já deve-se nascer com estas habilidades, de certa forma as matérias de exatas sofrem com o “pré-conceito” no sentido literal do termo, onde os alunos chegam à sala de aula com um conceito das disciplinas, dificultando a aprendizagem inicial consequentemente o restante do desenvolvimento.

Há casos onde o estudante tem aptidão para a matemática, porém, não consegue estabelecer relações, o estudante a seguir relata esta dificuldade:

Quadro 24 - Comentário do aluno I

“Tenho problemas em me concentrar na explicação às vezes. Sou bom em matemática, mas tenho dificuldade. E na matéria de física sou bom na prática e na teoria tenho dificuldade.”

Fonte: Arquivo pessoal.

Falta nesse aluno (Quadro 24) uma *habilidade de estruturação* que a linguagem matemática tem para a física, em sua fala ele afirma ser “bom em matemática”, vamos considerar que nesta fala ele tenha um certo nível elevado domínio em matemática, este aluno possui a *habilidade técnica*, porém, lhe falta a *habilidade estruturante*, mencionadas anteriormente.

Diante do exposto é visível que o ensino de física tem muitos desafios que são enfrentados tanto pelos professores quanto pelos alunos em sala de aula, de modo que os alunos não detêm para si conhecimentos, por falta de interesse e interdisciplinaridade (exposto como estruturação). A situação do ensino de física está difícil, Moreira (2018) diz que:

“Infelizmente, o ensino de Física, de um modo geral, leva a uma integração negativa de pensamentos, sentimentos e ações, na qual os alunos não gostam da Física e, quando possível, evitam-na, uma vez que apenas desejam passar nas provas, repetindo nelas, mecanicamente, “o que foi dado em aula”. Uma lástima!”.

Estas e outras dificuldades podem ser observadas no dia a dia escolar, não somente em física e matemática, saber como lidar com isto não é uma tarefa fácil e cabe ao docente responsável fazê-lo, quase sempre sem auxílio nenhum.

7 CONCLUSÃO

No estudo de qualquer temática é comum surgir dificuldades e empecilhos que impossibilita ou desacelera o aprendizado e não seria diferente no estudo da ondulatória, desta maneira a identificação de tais problemáticas, levará a possibilidades de amenizá-las/corrigi-las, ao determinar a problemática que impede o alunado de avançar no estudo da ondulatório, faz com que, ao avançar para estudos que tem como pré requisito esta temática, os empecilhos que possam vir a surgir serão novos e centrado ao novo assunto ao invés de empecilhos que estão presentes desde o conteúdo anterior. Ao fazer este trabalho foi possível, por meio das análises, a identificação de algumas dificuldades que os discentes apresentaram.

O ensino é feito de memorização

Ao longo de toda a análise e em todas as provas sem exceção, a maioria esmagadora dos alunos expuseram por meio dos termos “não sei”, “não lembro” e com outras palavras “só estudei para a prova” e ao analisar os relatos dos próprios alunos, este padrão se repete. É possível que estes alunos em sua maioria têm pouca ou nenhuma afinidade com a disciplina de física, isto, pode ser fruto de suas próprias áreas de cognições, de modo que não estejam voltadas para o ensino de física, outra possibilidade poderia ser a respeito da didática do docente que não conseguiu ser suficiente para atingir a maioria dos alunos (a didática do professor não foi citada como erro pelos alunos, mas existe a possibilidade).

A matemática não foi estruturante para a física

A matemática é a linguagem que a física utiliza para transformar suas descobertas em coisas “palpáveis”, sendo assim, ao estudar física deveria ficar subentendido que requer que, o estudante tenha o conhecimento matemático necessário paralelo ao que vai ser estudado na física, para que assim o estudo de ondulatória não seja transformado em uma aula de matemática, o qual o aluno terá que aprender como analisar um gráfico, manipular equações e estudar operações básicas.

Ao analisar cada questão que estavam diretamente relacionadas a utilização do conhecimento matemático, estas foram as questões que apresentaram o maior número de erros ou que os alunos não responderam, podemos usar como exemplo a segunda questão, no qual o objetivo da questão, era observar e analisar o gráfico e transcrever na resolução o que ela estava pedindo, ficando subentendido que além de informar no gráfico a sua característica, o aluno teria que realizar cálculos para chegar ao objetivo. O resultado disto foi que, grande parte das resoluções, foram errôneas, podendo-se notar que não houve análise por parte dos alunos, demonstrada pela aleatoriedade em que eles indicam as características pedidas. A partir disto, ao tentar encontrar possíveis causas para este tópico, não deve-se atribuir a disciplina de física toda a responsabilidade, já que envolve a matemática e sua linguagem, ou seja, interdisciplinaridade e mais que isto, a grande importância da linguagem matemática para a física. Obviamente não deve-se atribuir a uma matéria o insucesso na outra, deve-se olhar o ensino como todo e as causas que levaram a esta situação, ao ensinar física o professor tem que deixar claro o papel que a linguagem matemática representa para a sua matéria.

A importância de trabalhos fora de sala de aula

Ensinar e aprender qualquer matéria apresentam várias complexidades, já que, cada indivíduo tem sua forma de aprender, o que em sala de aula pode acabar tendo um lado negativo, já que o docente tem que mostrar o conteúdo de maneira tal que inclua a todos e indiretamente acaba por diminuir a capacidade de aprendizagem que cada indivíduo tem, desta forma, faz-se necessário que a instituição e o professor ofereça outras formas de aprendizado seja dentro ou fora da sala de aula, que podem ser:

Monitoria: os alunos têm suas linguagens próprias que diferem em grande parte da linguagem do professor, ao oferecer monitoria como aprendizagem extra, onde um aluno que tem um domínio maior da matéria vai auxiliar seu colegas para ajudar a transpor a linguagem do professor para a linguagem dos alunos.

Bolsas de ensino: através de bolsas que visem o aprendizado em matemática e/ou de física, com metodologias e modelagens que visem o mundo real como foco

de estudo, faz com que os alunos ganhem um conhecimento mais significativo e que diretamente veja possibilidades de aplicações.

Sequência didática interdisciplinar / Projeto interdisciplinar: Ao ter uma colaboração entre um professor de física e de matemática e pensar em um projeto que envolva mostrar que as suas matérias tem ligações que podem não ser perceptíveis aos olhos dos estudantes, por exemplo equações matemáticas que têm relação com equações físicas e que passam despercebidas, $f(x) = ax + b$ e $S = S_0 + vt$.

Pensar em estratégias didáticas levará a aprendizagem a alcançar novas possibilidades e novas ferramentas, que farão com que o ensino se aprimore a cada dia e em consequência o discente ganhará oportunidades de aprender com outras formas que visem sua evolução científica.

REFERÊNCIAS

- ABE, J. M. A noção de estrutura em matemática e física. Estudos avançados, v. 3, p. 113-125, 1989.
- ARAGÃO, G. da R. Estudo das dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de física no ensino médio. 2018.
- BERTONE, A. M. A. Modelagem matemática. Uberlândia, MG : UFU, 2014.
- BEZERRA, D. P. et. al. A evolução do ensino da física – perspectiva docente. Scientia Plena 5,2009.
- BASSANEZI, R. C. Modelagem Matemática Uma disciplina emergente nos programas de formação de professores. 1999.
- BRAUN, L. F. M.; BRAUN, T. A montagem de Young no estudo da interferência, difração e coerência de fontes luminosas. Caderno Catarinense de Ensino de Física. v.11,n.3: p.184-195, dez.1994.
- CAZORLA, I. M. et al. A relação entre a habilidade viso-pictórica e o domínio de conceitos estatísticos na leitura de gráficos. 2002.
- CELESTINO, C. C. et al. Modelagem matemática aplicada ao Ensino de Física a partir de um experimento de Mecânica Aplicada no Projeto Astroem III-UFABC. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 6, n. 2, 2018.
- CORCI, M.; FUSINATO, P. A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de física. REnCiMa. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.
- DELIBERAÇÃO nº 34/CEPE/2019. (2019). Diretrizes Institucionais para os Cursos Técnicos Integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal de Alagoas [Deliberação]. Maceió, AL: Ministério da Educação.
- DA SILVA OLIVEIRA, Izomar; DA COSTA, Jonas Bezerra. As TICs como instrumentos dinamizadores nos processos de ensino e aprendizagem. Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem, v. 5, p. 269-282, 2023.
- DA SILVA, R. C. A matemática como uma ferramenta de aplicação nos conceitos físicos. Série Educar-Volume 35 Matemática Tecnologia Engenharia, p. 46.
- DA SILVA, F. W.O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, p. 149-159, 2007.
- DE ANDRADE, P. C.; DE OLIVEIRA, G. C. Matemática básica aplicada ao ensino de física: relação entre competências e habilidades técnicas necessárias para a

resolução de problemas de física segundo o Inep. Ensino e Tecnologia em Revista, v. 2, n. 1, p. 3-20, 2018.

DE CARVALHO FERREIRA, Á.; GUERRA, A. A construção da identidade docente de licenciados em Física e Matemática: relatos sobre o processo formativo. Revista de Estudos em Educação e Diversidade-REED, v. 1, n. 1, p. 83-96, 2020.

DE OLIVEIRA, R. A.; DA SILVA, A. P. B. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-histórica. 2012.

DE OLIVEIRA, R. A. Thomas Young e a teoria ondulatória da luz no início do século XIX: aspectos conceituais e epistemológicos. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 2, 2019.

DE OLIVEIRA, A. C. R. D.; SILVA, C. C. Justificativas para o sucesso da matemática na descrição da natureza como demanda epistêmica no ensino de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 39, n. 1, p. 10-33, 2022.

DE MIRANDA, V. J. A. et al. Dificuldades em compreender física: Percepção dos alunos do primeiro ano do ensino médio da Escola Estadual Professora Tereza dos Santos. 2021.

DE QUADRO PEDUZZI, L. O. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 14, n. 3, p. 229-253, 1997.

DOS ANJOS, A. J. S. et al. A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em Física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 3, p. 673-696, 2017.

DUVAL, R.; MORETTI, M. T. Gráficos e equações: a articulação de dois registros. REVEMAT: Revista Eletrônica de Matemática, v. 6, n. 2, p. 96-112, 2011.

Garcia, V. G. A gravitação universal na filosofia da natureza de Isaac Newton. UFP, 2010.

GUANABARA, A. W. et al. A formação da concepção moderna de natureza: segundo Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes, Bacon e Newton. EPSJV, 2006.

KARAM, R. A. S.; OLIVEIRA, M. P. P. de. Estruturação matemática do pensamento físico no ensino: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas. 2012.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades técnicas versus habilidades estruturantes: resolução de problemas e o papel da matemática como estruturante do pensamento físico. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 181-205, 2009.

MANNRICH, J. P. et al. Linguagem matemática, física e ensino: como licenciandos discutem essa relação. 2014.

MELCHIORS, A.; SOARES, M. História do Cálculo Diferencial e Integral. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, 2013.

MENEZES, L. Matemática, Linguagem e Comunicação. Actas do ProfMat 99, 1999.

MELO, I. G. As dificuldades em lecionar Física no ensino médio na visão dos docentes. 2016.

MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. In: Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil. 2003.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. Revista do professor de física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. Estudos avançados, v. 32, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, 2021.

OLIVEIRA, M. P. de. A história e a epistemologia no ensino de ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. Ciência em Perspectiva. Estudos, ensaios e debates. Rio de Janeiro: MAST, p. 133-149, 2003.

OLIVEIRA, V. et al. Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2020.

PEREIRA, M. M. Sentidos do (e no) Ensino de Física no Ensino Médio: articulações com a teoria histórico-cultural. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 37, n. 1, p. 1-5, 2020.

PEREIRA, M. V.; DO AMARAL MOREIRA, M. C. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. Caderno brasileiro de ensino de física, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PhET Colorado. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 01 jul. 2023.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de física. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, p. 29-48, 2010.

ROSA, P. S. Louis de Broglie e as ondas de matéria. Campinas: Unicamp, 2004.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. CARVALHO, AMP et al. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-27, 2010.

SILVA, A. G. S. et al. O ensino da matemática: aspectos históricos. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, p. 2020.

SILVA, J. O uso dos jogos no ensino da matemática. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

SILVA, J. B. da et. al. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, 2019.

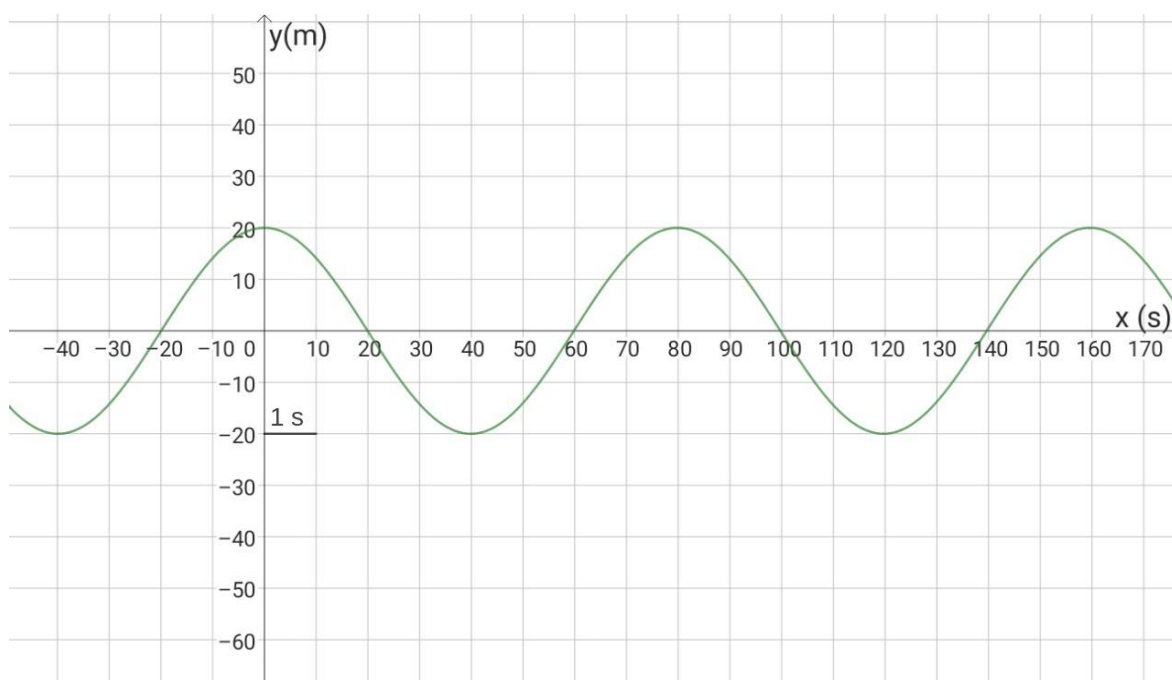
TEIXEIRA, L. H. O. A abordagem tradicional de ensino e suas repercussões sob a percepção de um aluno. Revista Educação em Foco, n. 10, p. 93-103, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: Questionário

1. A sacarose, como todos os carboidratos, apresenta carbono assimétrico e possui a capacidade de desviar o plano de luz polarizada. Explique o que significa uma onda polarizada e indique algumas aplicações no dia a dia.

2. O estudo da ondulatória é um importante campo de pesquisa da física, que abrange diversas áreas de atuação, desde a indústria alimentícia à indústria musical. Por esta razão a compreensão de suas características e comportamento é tão importante. O gráfico a seguir representa uma onda transversal típica. Com estas informações em mãos, faça uma análise deste gráfico, e indique (no gráfico) as seguintes informações: amplitude (A), período (T), frequência (f), comprimento de onda (λ) e velocidade de propagação de onda (V).



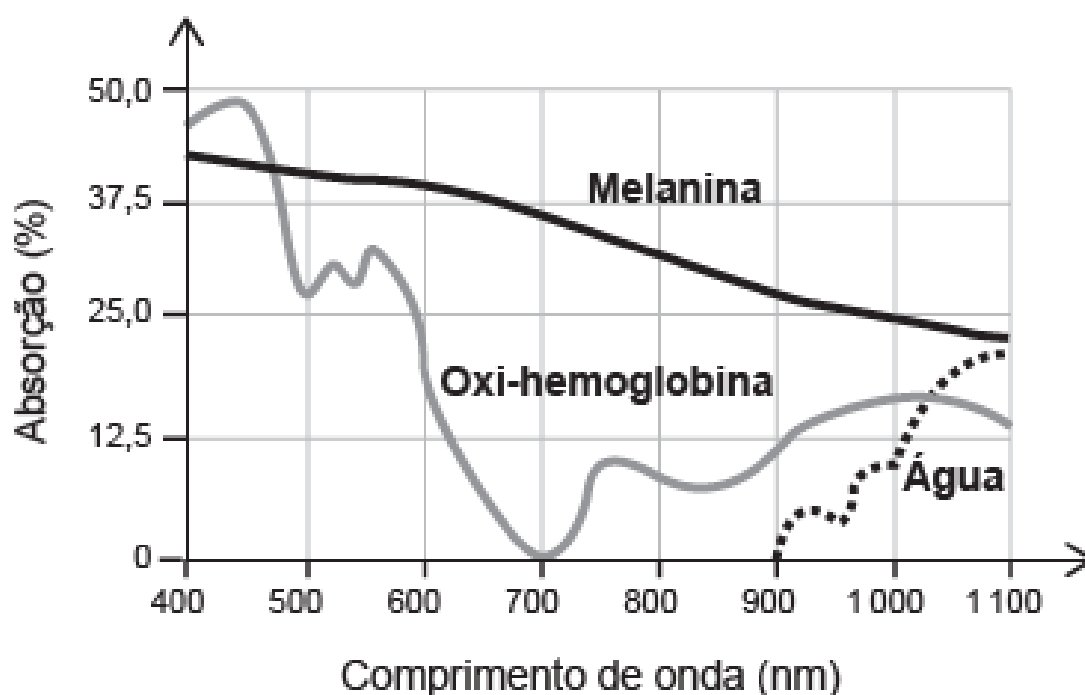
3. Uma corda de balanço 2,5 m de comprimento e 2,0 Kg massa, está submetida a uma força tensora de uma criança de 80 N. Determine:

a) a densidade linear da corda;

b) a velocidade de propagação da onda na corda

4. O sol é a principal estrela do nosso sistema solar e constantemente há explosões ocorrendo em sua superfície, porém, essas explosões não podem ser ouvidas. Explique por que não são audíveis.

5. A epilação a laser (popularmente conhecida como depilação a laser) consiste na aplicação de uma fonte de luz para aquecer e causar uma lesão localizada e controlada nos folículos capilares. Para evitar que outros tecidos sejam danificados, selecionam-se comprimentos de onda que são absorvidos pela melanina presente nos pelos, mas que não afetam a oxi-hemoglobina do sangue e a água dos tecidos da região em que o tratamento será aplicado. A figura mostra como é a absorção de diferentes comprimentos de onda pela melanina, oxi-hemoglobina e água.

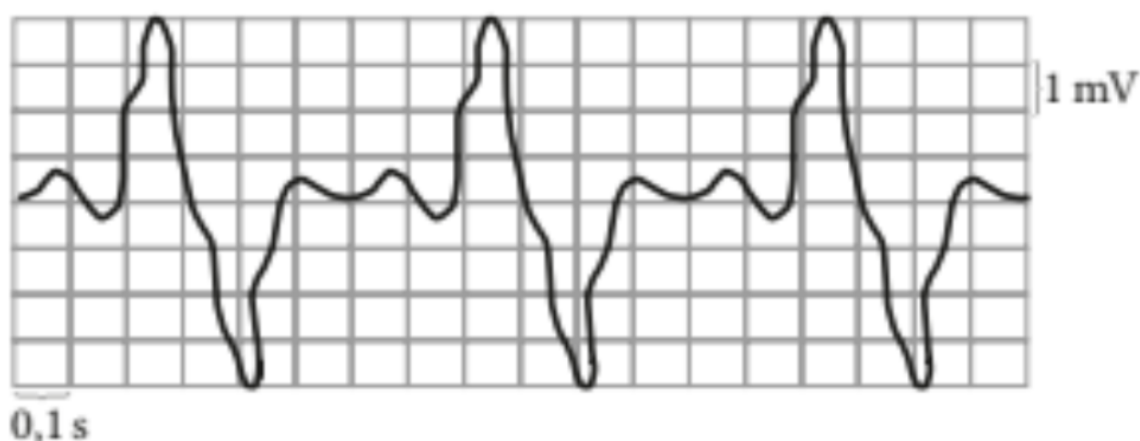


Qual o comprimento de onda em nm, ideal para a epilação a laser?

- a) 400
- b) 700
- c) 1100
- d) 900
- e) 500

Justifique a sua resposta.

6. Os músculos do coração pulsam devido a pequenas descargas elétricas. O eletrocardiograma (ECG) é um exame utilizado para a prevenção de doenças cardíacas. Nesse exame são colocados eletrodos sensíveis em diferentes pontos do corpo do paciente. O aparelho irá registrar a variação da tensão elétrica (ddp) nos pontos conectados. Os sinais elétricos podem ser vistos na tela de um osciloscópio ou impressos em uma tira de papel quadriculado, como representado na figura a seguir.



O registro da onda do pulso cardíaco do paciente mostra a variação da tensão elétrica, em milivolt (mV), na vertical, e os intervalos de tempo, em segundo, na horizontal. Analisando a representação gráfica expressa na figura, determine:

- a amplitude máxima, em milivolt (mV);
- o período e a frequência cardíaca do paciente;
- o comprimento da onda cardíaca, em metros, sabendo-se que a velocidade de propagação dessa onda no equipamento é de 20 cm/s.

7. Uma onda estacionária é estabelecida numa corda, de modo a formar três ventres e quatro nós, como está esquematizado na figura abaixo:



Sabendo que a distância entre os nós extremos é de 1,5 m e a velocidade da onda é de 10 m/s, determine a frequência dessa onda.