

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



## FÍSICA DIGITAL INTERATIVA: CRIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM LIVRO DIGITAL INTERATIVO EM FORMATO EPUB 3 NO ENSINO DE FÍSICA

**MARCELO FERNANDES GRACIANO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

Natal, RN  
Março de 2016

FÍSICA DIGITAL INTERATIVA: CRIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM LIVRO  
DIGITAL INTERATIVO EM FORMATO EPUB 3 NO ENSINO DE FÍSICA

**MARCELO FERNANDES GRACIANO**

Orientador:

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc (Presidente)

---

André Stuwart W. Torres Silva, DSc (Examinador Externo)

---

Calistrato Soares da C. Neto, DSc (Examinador Interno)

---

Jacques Cousteau S. Borges, DSc (Examinador Interno)

Natal, RN  
Março de 2016

G731f Graciano, Marcelo Fernandes.

Física digital interativa: criação e utilização de um livro digital interativo em formato EPUB 3 no ensino de física. / Marcelo Fernandes Graciano – 2016.

143 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Melquisedec Lourenço da Silva.

Dedico esta dissertação a minha família, especialmente aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus pais, que sempre me apoiaram em todas as decisões e momentos difíceis sem nunca desistir de mim.

Agradeço a Sociedade Brasileira de Física e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte por terem me proporcionado a valiosa oportunidade do mestrado.

Agradeço a CAPES pelo financiamento do MNPEF, sem o qual não teria a possibilidade de estar concluindo este mestrado.

Por fim, agradeço a todos os meus professores, que foram fontes e guias de conhecimento durante a jornada percorrida, especialmente meu orientador Melquisedec.

## RESUMO

### FÍSICA DIGITAL INTERATIVA: CRIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM LIVRO DIGITAL INTERATIVO EM FORMATO EPUB 3 NO ENSINO DE FÍSICA

Marcelo Fernandes Graciano

Orientador:

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

As tecnologias se tornaram algo imprescindível aos diversos avanços hoje presenciados em todos os ramos da sociedade. Elas têm se apresentado como ferramentas de grande valia no âmbito do processo de ensino e aprendizagem. Os tradicionais livros didáticos ainda têm seu importante papel enquanto fontes de conhecimentos, mas, diante do atual desenvolvimento tecnológico eles estão aos poucos perdendo foco em detrimento de novas alternativas, tais como os livros digitais. Esse trabalho trata justamente da utilização de livros digitais interativos como ferramentas pedagógicas no ensino de Física em escolas de ensino médio em turmas regulares. Para tanto, fez-se um estudo acerca dos principais aparatos digitais que possam mediar o processo. Foi construído assim um livro digital interativo cujo nome é *Física Digital Interativa*. Também foram realizadas pesquisas com o intuito de chegar às teorias de aprendizagem relevantes quando a intenção é trabalhar com ferramentas tecnológicas, envolvendo interações socioculturais, digitais e em rede. Dessa forma, chegou-se as teorias Construtivista com foco em Vygotsky, Construcionista de Seymour Papert e Conectivista de George Siemens.

Palavras chaves: Ensino de Física; Livro Digital; E-book; Física Digital Interativa.

## **ABSTRACT**

### **DIGITAL INTERACTIVE PHYSICS: CREATION AND USE OF A DIGITAL INTERACTIVE BOOK FORMAT EPUB 3 IN PHYSICS TEACHING**

Marcelo Fernandes Graciano

Supervisor:

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

The technologies have become something indispensable to many advances witnessed today in all areas of society. They have been presented as valuable tools when in teaching and learning process. Traditional textbooks still have their important role as sources of knowledge, but given the current technological development they are slowly losing focus at the expense of new alternatives such as digital books. This work deals precisely with the use of interactive digital books as teaching tools in teaching physics in high schools in regular classes. To this end, there was a study on the main digital devices that may mediate the process. Well-built an interactive digital book whose name is *Digital Interactive Physics*. They were also carried out research in order to reach the relevant learning theories when the intention is to work with technology tools, involving sociocultural interactions, digital and networking. Thus, we came up theories, Constructivist with focusing on Vygotsky, Constructionist of Seymour Papert and Connectivist of George Siemens.

Key words: Physics Teaching; Digital Book; E-book; Digital Interactive Physics.

## Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução</b> .....	<b>09</b>
1.1. Problematização e motivação .....	10
1.2. Objetivos .....	14
1.1.1. Objetivos gerais .....	14
1.1.2. Objetivos específicos .....	14
<b>Capítulo 2 Revisão da Literatura</b> .....	<b>16</b>
2.1. Internet e redes sociais .....	16
2.2. Dispositivos tecnológicos como mediadores de aprendizagem ...	19
2.3. Uso de livros digitais interativos no ensino .....	21
<b>Capítulo 3 Referencial Teórico</b> .....	<b>24</b>
3.1. Construtivismo (interação social e cultural) .....	24
3.1.1. A teoria sociocultural de Vygotsky .....	27
3.2. Construcionismo de Seymour Papert .....	29
3.3. Conectivismo (construção do conhecimento através de redes de conexão) .....	31
3.4. Livro Digital Interativo em formato EPUB .....	36
3.5. Tecnologias utilizadas .....	36
3.5.1. HTML5 .....	37
3.5.2. CSS3 .....	37
3.5.3. JavaScript .....	38
3.5.4. MathML + MathJax .....	38
3.5.5. Hammer.js .....	40
3.6. Ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento do produto educacional .....	41
3.6.1. Notepad++ .....	41
3.6.2. 7-Zip .....	41
3.6.3. Google Chrome (Chrome Devtools + aplicativo Radium) .....	42
3.6.4. EpubCheck + EPUB Validator (beta) .....	42
<b>Capítulo 4 O Produto Educacional</b> .....	<b>44</b>
4.1. O conteúdo tratado no objeto educacional .....	44



<b>4.2. O que é um Livro Digital Interativo? .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3. O livro desenvolvido (Física Digital Interativa) .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.1. Diferenciais do livro digital interativo .....</b>	<b>50</b>
<b>Capítulo 5 Metodologia e Resultados .....</b>	<b>57</b>
<b>Capítulo 6 Considerações Finais .....</b>	<b>67</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>69</b>
<b>Apêndice A - Questionário aplicado nas turmas .....</b>	<b>73</b>
<b>Apêndice B - Guia básico de desenvolvimento de um livro digital em formato EPUB .....</b>	<b>81</b>
<b>Apêndice C - Conteúdo do produto educacional .....</b>	<b>106</b>

# Capítulo 1

## Introdução

A cada dia se torna mais evidente a necessidade de inovar o processo ensino-aprendizagem. Com a disciplina de Física no ensino médio essa realidade se torna ainda mais evidente, tendo em vista que tal disciplina se caracteriza como uma das mais problemáticas quando são analisadas as opiniões dos alunos.

A atual realidade da nossa sociedade mostra uma grande disseminação de aparatos tecnológicos nas mais diversas classes econômicas, sendo que por meio dessa disseminação grande parcela da população passou a ter acesso a dispositivos digitais, destacando-se atualmente os smartphones, os quais são evoluções dos telefones celulares convencionais e possuem funcionalidades semelhantes às dos computadores, ou seja, são minicomputadores.

Analisando as duas vertentes contemporâneas citadas (necessidade de inovar o processo ensino-aprendizagem e grande disseminação de aparatos tecnológicos), é possível perceber que os atuais dispositivos digitais passaram a ser mais buscados diante da necessidade de estudos, principalmente na realização de pesquisas escolares, apresentando-se como alternativa viável na obtenção de fontes de conhecimentos, agilizando e dinamizando o processo ensino-aprendizagem.

Tendo em mente tal realidade, este trabalho apresenta uma proposta de criação e utilização de um livro digital e interativo como ferramenta mediadora do ensino de Física, tanto em ambiente escolar como fora dele, utilizando-se para isso da figura do livro escolar tão presente no dia a dia dos estudantes. Porém, inserindo esse ente na realidade sociocultural dos alunos por meio de um livro digital e interativo, dotando-o de funcionalidades não

possíveis aos tradicionais livros impressos, tal como utilização de animações/simulações e vídeos, por exemplo.

O termo interatividade está bastante presente nesse trabalho, uma vez que a mesma está presente em todas as teorias de aprendizagem utilizadas na base pedagógica do trabalho. Sobre a interatividade, Silva (1998) nos diz:

Interatividade é, a partir dos anos 80, uma condição revolucionária, inovadora da informática, da televisão, do cinema, do teatro, dos brinquedos eletrônicos, do sistema bancário online, da publicidade, etc. Há uma crescente “indústria da interatividade”, usando o adjetivo “interativo”, para qualificar qualquer coisa cujo funcionamento permite ao seu usuário algum nível de participação ou troca de ações. (Silva, 1998)

O livro construído aborda o tema *Grandezas Físicas e Vetores*, que geralmente é o primeiro conteúdo a ser trabalhado na primeira série do ensino médio regular em escolas públicas.

### **1.1. Problematização e motivação**

No âmbito escolar, torna-se cada dia mais comum presenciar alunos com seus dispositivos eletrônicos, conectados à internet e interagindo entre si. Trata-se de uma realidade alcançada graças aos avanços científicos e tecnológicos que têm ocorrido.

Analisando a crescente necessidade de atualização das escolas para se adaptarem às realidades dos alunos, assim como de toda a sociedade atual, órgãos governamentais voltados à educação como o MEC, por exemplo, estão em constante fase de estudo e criação de programas que têm como objetivo a implantação das TIC nas escolas públicas. Alguns exemplos são:

Programa Banda Larga nas Escolas:

O Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) tem como objetivo conectar todas as escolas públicas urbanas à internet, rede mundial de computadores, por meio de tecnologias que propiciem qualidade, velocidade e serviços para incrementar o ensino público no País. O PBLE foi lançado no dia 04 de abril de 2008 pelo Governo Federal, por meio do Decreto n.º 6.424... (PBLE/MEC, 2015)

Programa um Computador por Aluno (PROUCA):

Instituído pela Lei n.º 12.249, de 14 de junho de 2010, o PROUCA tem por objetivo promover a inclusão digital pedagógica e o desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem de alunos e professores das escolas públicas brasileiras, mediante a utilização de computadores portáteis denominados laptops educacionais. (PROUCA/FNDE, 2015)

Além dos citados, existem outros programas e projetos governamentais já implantados e outros em fase de planejamento.

Como é possível perceber, a realidade educacional mudou. No patamar atual, não faz mais sentido apenas falar a famosa frase que diz: “Temos alunos do século XXI em escolas do século XX com professores do século XIX”, é preciso agir, é preciso acompanhar a realidade sociocultural dos alunos, adaptando-nos, assim como as escolas, às necessidades educacionais contemporâneas.

No atual viés de desenvolvimento tecnológico, é constante a reclamação nas escolas de que os alunos estão cada vez menos interessados nos estudos. Os alunos perdem o interesse em materiais de estudo impressos, com isso, os livros impressos estão sendo esquecidos, abandonados em bibliotecas por não serem mais o foco enquanto fontes de conhecimento. Hoje em dia, é muito mais rápido e prático realizar pesquisas na Internet que passar horas e horas pesquisando em livros impressos nas bibliotecas. E algo importante, tais pesquisas poderiam ser realizadas a qualquer hora e em qualquer lugar, independentemente de horário.

Sendo assim, surgiu a motivação em trazer “algo a mais” enquanto ferramenta educacional. Esse “algo a mais” são os livros digitais. Porém, não apenas digitais, já que nessa era isso não é novidade, ele é interativo. Isto segue os pensamentos Construtivista, Construcionista e Conectivista, de que o conhecimento se faz mediante a interação do sujeito aprendiz com o objeto a ser aprendido, imerso na realidade sociocultural, utilizando-se de computadores, smartphones, tablets e outros e ainda com a possibilidade de criação de redes de conexões proporcionadas pela internet.

Em diversos momentos surge o questionamento crítico do uso das TIC na educação. O motivo é sempre a queixa existente por parte dos professores de que os alunos não querem aprender e que preferem ficar com a atenção voltada aos celulares (smartphones). Dessa forma, as TIC passaram a ser vistas como vilãs no ambiente escolar ao invés de ferramentas mediadoras da aprendizagem. Conforme dito anteriormente, a realidade cultural mudou. Os jovens se sentem atraídos pelas mídias, pelas redes sociais, pelo mundo tecnológico, então por que continuar ministrando aulas tradicionais onde o tradicional deixou de existir? É enorme o potencial das TIC na educação, isso já se tornou inquestionável, o ponto crítico está em como atingir os alunos de forma positiva.

A principal ferramenta vista como vilã é o smartphone. Então vamos tornar esse inimigo um aliado do professor. Se os alunos voltam sua atenção a eles, enquanto que os livros ficam embaixo das carteiras, coloquemos o material didático nesse meio. Quando os alunos são questionados ou surgem dúvidas sobre determinados temas, eles não mais procuram as respostas nos livros impressos, pois se tornou um processo enfadonho. Os discentes buscam as respostas em seus smartphones por ser mais prático e levar direto ao ponto. Além de ser possível, rapidamente, guardar as informações ou compartilhá-las em redes sociais. Trabalho em grupo? Os grupos passaram a ser digitais. Não é mais preciso obter uma informação e repassá-la colega por colega. Isso pode ser feito com muita praticidade, uma única vez, em um grupo digital.

Em particular, a Física sempre se apresentou como uma das disciplinas mais difíceis no quesito aprendizagem por parte dos alunos, principalmente quando se fazem necessários realizar raciocínios e interpretações lógicas, matemáticas e geométricas. Um dos motivos é a grande necessidade de abstração. É constante o professor lidar com momentos nos quais precisa pedir aos alunos para imaginarem determinados fenômenos e situações, o que também pode ser percebido nos livros didáticos:

Essa regra gráfica de operação se aplica quando os segmentos orientados que representam os vetores que se deseja somar são

consecutivos (...). Quando não o forem, os vetores devem ser deslocados por translação até que se tornem consecutivos, (...). A ordem de colocação não altera o resultado final. (Júnior, 2007, pág. 116 – “Ramalho, Nicolau e Toledo”)

O que também pode ser percebido em Doca (2007):

Após a demonstração formal da função horária do espaço, convém imaginar um veículo em movimento uniforme em uma rodovia, (...). (Doca, 2007, pág. 14 – “Helou, Gualter e Newton”)

Esse processo se mostra nada prático e didático, uma vez que os alunos são obrigados a transladarem os vetores mentalmente ou imaginarem situações. Cada indivíduo pode criar abstrações diferentes, mesmo com o professor passando as mesmas orientações a todos simultaneamente. Alguns irão chegar a conclusões corretas e outros, talvez a maioria, irá ficar presa na abstração proposta sem conseguir assimilar o conhecimento.

Uma solução para o caso citado são as aulas práticas, nas quais os alunos podem interagir com a realidade. Entretanto, ainda existe um impasse (uma limitação): nem tudo na física pode ser visualizado experimentalmente. Volta-se as abstrações: como imaginar as moléculas de um gás em movimento aleatório, ou elétrons circundando o núcleo atômico, ou ainda os efeitos sobre um objeto se movendo a uma velocidade relativística. Para resolver esses problemas surgiram as animações e simulações computacionais.

Um grande problema na maioria das animações e simulações computacionais existentes é que elas são encontradas em ambientes descontextualizados, ou seja, lidam com determinadas situações sem, no entanto, apresentar explicações plausíveis e/ou como podem ser utilizadas. A ideia de inserir animações no contexto de um livro digital se apresenta como uma boa solução para o problema.

Outra grande vantagem na utilização de livros digitais é a acessibilidade. Quando lidamos com alunos com deficiências, principalmente visuais, os livros digitais se apresentam como ferramenta extremamente importante na inclusão desses alunos. Atualmente existem iniciativas de ferramentas digitais para proporcionar acessibilidade. Um exemplo é o NVDA

(*NonVisual Desktop Access*), que é uma ferramenta computacional (leitor de tela) que torna possível a utilização de computadores por pessoas cegas ou com baixa visão. Porém o NVDA possui algumas limitações, como lidar com leitura de equações matemáticas, mas esse é um problema que pode ser resolvido através de iniciativas de software livre que conseguem contornar tal limitação, tal como o *JDV – Matemática Acessível*, conforme explica MEIRA (2008) et al.:

(..) Basicamente, o professor digita o texto incluindo expressões e fórmulas matemáticas e ao salvar o arquivo, o ambiente permite gerar um arquivo no formato texto, em “linguagem natural”, que pode ser reconhecido pelos *softwares* leitores de tela e outro arquivo em formato XHTML, com conteúdo MathML, para os alunos com visão normal. (...) (Meira, 2008)

Diante de tantas motivações e vantagens, o objeto educacional aqui desenvolvido utiliza justamente os diversos pontos positivos existentes, sejam no âmbito da interação enquanto processo na formação reflexiva do conhecimento, seja no compartilhamento através das interações sociais.

## **1.2. Objetivos**

### 1.2.1. Objetivos gerais

- Produzir um livro digital interativo que trata do tema *Grandezas Físicas e Vetores* utilizando diversas possibilidades de interação com o aluno buscando estimulá-lo na aprendizagem de Física. Além disso, analisar a eficiência da utilização do mesmo em turmas da primeira série do ensino médio regular.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Tratar o tema *Grandezas Físicas e Vetores* de forma interativa;
- Estimular os alunos a estudarem fora da escola;
- Facilitar estudo em grupo por meio de redes sociais;

- Ser uma ferramenta que facilite acessibilidade a pessoas portadoras de necessidades especiais;
- Verificar se houve melhora no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo abordado.



## Capítulo 2

### Revisão da Literatura

É indiscutível que a utilização das TIC como ferramentas educacionais para mediação do processo ensino-aprendizagem tem sido de grande valia. Neste capítulo serão comentados alguns pontos importantes e também como diversas literaturas relatam a utilização das TIC no âmbito escolar.

#### 2.1. Internet e redes sociais

É fácil perceber em ambientes escolares que os alunos estão intimamente ligados às Tecnologias da Informação e Comunicação, com maior destaque, em primeiro lugar, aos smartphones e em seguida aos notebooks e tablets. O uso desses dispositivos tem sido constantemente apontado como motivo de conflito entre docentes e discentes devido a falta de interesse por parte dos estudantes em aprender aquilo que os professores têm a lhes ensinar. As redes sociais são sempre as principais vilãs na história, deixando os alunos distraídos durante as aulas e ao mesmo tempo dispersos fora da escola, passando horas conectados a elas e deixando os estudos de lado. Postagens como a apresentada na Figura 2.1 podem ser encontradas facilmente em redes sociais, como uma forma de crítica e ao mesmo tempo apontamento de causa ao baixo rendimento escolar dos alunos.



Figura 2.1. Imagem compartilhada em redes sociais que mostra o quanto os estudantes têm interesse pelas tecnologias em detrimento aos estudos.

Diversas pesquisas têm sido realizadas por vários grupos de pesquisa no sentido de tentar encontrar soluções para resolver problemas como o citado. Os resultados têm mostrado que a melhor solução é utilizar as próprias TIC como aliadas ao invés de apenas serem tachadas como inimigas, proporcionando inclusive uma aprendizagem colaborativa fazendo uso das redes sociais.

Góes, Sampaio e Almeida (2015) apresentam o resultado de uma pesquisa realizada em um laboratório de informática em uma instituição federal de ensino que gerou os dados disponíveis no Gráfico 2.1.

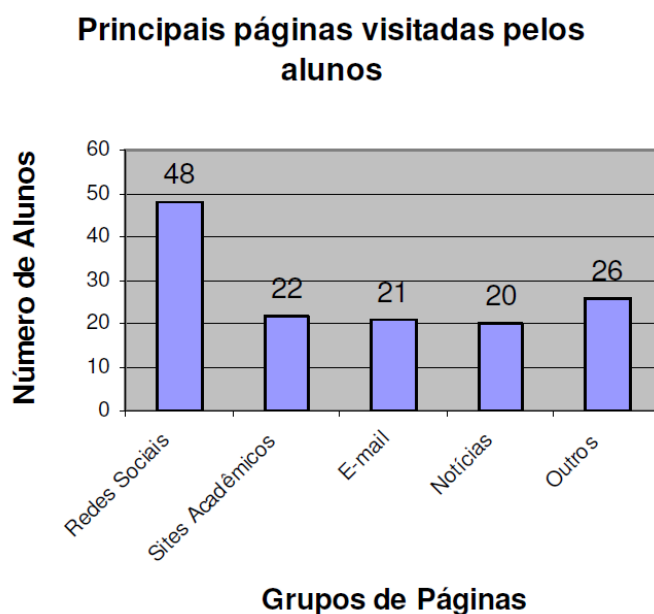


Gráfico 2.1. Quantidade total de sujeitos por páginas visitadas. Góes (2015)

O gráfico 2.1 mostra o grande interesse dos alunos pelas redes sociais, sendo estas o foco principal deles enquanto estão estudando, principalmente se tratando de estudos em grupo. Sobre os resultados apresentados no gráfico, Góes (2015) diz que:

Como os estudantes, na sua grande maioria, afirmaram estar utilizando o laboratório para estudos e/ou trabalhos escolares, pode-se perceber, de acordo com o gráfico anterior, que as redes sociais têm sido o veículo mais utilizado pelos estudantes para estudar, fazer trabalhos e se comunicar com os colegas. (Góes, 2015)

Tendo em mente o significado das redes sociais aos estudantes, elas foram utilizadas enquanto ferramentas suporte ao produto educacional abordado nesse trabalho, em particular o *WhatsApp Messenger*.

Torres (2011) reforça ainda mais essa realidade no atual cenário tecnológico intimamente ligado à Internet.

Neste cenário, as novas TIC, em especial as da *Web 2.0*, são entendidas como ferramentas essenciais à educação, pois permitem às pessoas tanto aprender umas com as outras quanto aprender a partir de uma perspectiva na qual elas próprias sejam, simultaneamente, objetos dessa aprendizagem e também construtoras de conhecimento. A *Web 2.0* ou *Web Social*, como é chamada, permite que as pessoas interajam de forma participativa, dinâmica e horizontal, ampliando as chances de construir coletivamente novos conhecimentos, fruto das intensidades relacionais ocorridas no ciberespaço. (Torres, 2011)

A Internet com o poder das redes sociais tem sido algo de tanta relevância que consegue até mesmo lidar com a timidez dos alunos durante as aulas. Alguns estudantes possuem personalidades que os faz serem comunicativos. Todavia, é frequente lidar com alunos que sentam no fundo da sala e evitam quaisquer interações com os demais alunos. Pode ser percebido que alguns alunos, totalmente inertes de participação em discussões em sala de aula, o fazem de forma natural por meio das redes sociais. Isso foi percebido durante a aplicação do produto educacional, momento no qual tais alunos se mostraram bastante participativos, inclusive criando situações de discussão e fazendo questionamentos relevantes ao aprendizado.

Estando tantos alunos ligados às redes sociais e a quantidade aumenta diariamente, não faz sentido deixá-las de fora do processo ensino-aprendizagem, conforme explica Lorenzo (2013):

As redes sociais têm representado uma febre nos últimos anos, principalmente para as novas gerações. É difícil encontrar algum aluno que não esteja conectado a alguma rede social. Mais de 5 milhões de estudantes brasileiros já pertencem a uma rede social na internet. A utilização das redes sociais está tão disseminada, a ponto das novas gerações não falarem mais simplesmente que estão na internet, mas que estão se encontrando com outras pessoas em redes sociais. (Lorenzo, 2013)

Faz-se relevante tratar da grande importância que a inserção das pessoas no mundo tecnológico tem tido. Mas, não apenas no sentido de usar as TIC como ferramentas de aprendizagem, e sim que na sociedade contemporânea na qual vivemos aqueles que não estão imersos nessa realidade acabam ficando ultrapassados em todos os sentidos, inclusive economicamente, uma vez que o domínio das TIC tem sido uma das exigências do atual mercado de trabalho. Nesse sentido, Torres (2011) apud Benkler (2006) e Medeiros (2009) relata que:

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm influenciado sobremaneira a vida das pessoas e provocado grandes transformações na forma como a realidade é percebida. Para Benkler (2006), na atual economia da informação em rede, o uso das TIC não apenas assegura uma maior capacidade produtiva como também estabelece novas estruturas de poder, tornando os indivíduos mais aptos a fazer coisas por si sós e menos susceptíveis à manipulação da mídia em massa. De acordo com Medeiros (2009), ainda que as TIC insiram um potencial para reforçar o pensamento hegemônico, é pela via da educação que elas podem construir simultaneamente as condições materiais para garantir a familiarização de futuros produtores e consumidores do aparato tecnológico, engendrando formas coletivas de beneficiar-se do que a própria tecnologia é capaz de propiciar. (Torres, 2011 apud Benkler (2006) e Medeiros (2009))

Com isso, é possível perceber a grande relevância e importância da presença das TIC no ambiente escolar, fazendo um importante destaque a *World Wide Web* assim como às redes sociais.

## **2.2. Dispositivos tecnológicos como mediadores de aprendizagem**

As pesquisas têm mostrado que a web e seus serviços têm sido fortes aliadas da educação, principalmente da educação a distância. Entretanto, a Internet não é nada sem os dispositivos eletrônicos que a torna utilizável.

Mesmo sem conexão à Internet, os dispositivos tecnológicos tais como smartphones, tablets e PCs possuem um enorme potencial enquanto ferramentas mediadoras do processo ensino-aprendizagem.

Pouco a pouco os computadores pessoais (desktops, notebooks e netbooks) estão tendo suas funcionalidades incluídas nos smartphones. Essa tendência é ocasionada pela grande facilidade de utilização e portabilidade dos

smartphones. Os PCs ainda têm seu nicho mantido quando levamos em consideração alguns pontos, tais como: maior desempenho, maior acessibilidade, utilidade nos processos de desenvolvimento de softwares, dentre outros.

Não é de se espantar, que com os grandes avanços tecnológicos, mais e mais funcionalidades dos computadores sejam também incluídas nos smartphones, principalmente levando em consideração que o aumento do desempenho dos hardwares destes dispositivos está crescendo de forma bastante acelerada. A própria forma de se pensar no sentido de desenvolvimento de softwares e páginas da internet agora gira em torno da possibilidade de serem acessados nos pequenos dispositivos. Um exemplo recente disso foi o surgimento da HTML5, desbancando os aplicativos desenvolvidos em Flash ou Java, trazendo consigo a visão de maior facilidade de desenvolvimento para dispositivos ditos mobile.

No mundo do desenvolvimento mobile praticamente não mais se ouve falar em *Java Micro Edition* (JME), uma versão da linguagem de programação Java para desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis, e segue o mesmo rumo a *Java Enterprise Edition* (JEE), a versão Java para desenvolvimento web.

Colbeck (2013) endossa de forma clara as ideias discutidas, inclusive seu trabalho trata justamente da temática sobre ensino de vetores, o tema abordado no produto educacional objeto deste trabalho:

As três tecnológicas podem ser visualizadas nas plataformas PC e MAC, porém em dispositivos móveis, mais precisamente *smartphones* e *tablets*, com SOs Android e iOS, o Java não é mais suportado, bem como o Flash tem suporte em apenas algumas versões mais antigas. A única tecnologia que satisfaz todos esses dispositivos é a combinação HTML5/JavaScript. (Colbeck, 2013)

Sabendo dessa realidade, não teria sentido utilizar outra tecnologia senão o conjunto HTML5/JavaScript no desenvolvimento do produto educacional.

Ensinar Física a cada dia se apresenta como uma tarefa bastante difícil. Constantemente professores de Física se deparam com estudantes revoltados dizendo que Física é muito difícil e que detestam a disciplina. Uma boa alternativa para amenizar a situação é a utilização de experimentos práticos realizados em laboratórios de ciências (Barroso, 2008; apud Araújo e Abib, 2003). Entretanto, a maioria das escolas da rede pública de ensino não possui laboratórios de ciência, surgindo como uma solução mais acessível a utilização de materiais intermediados pelas TIC, conforme trata Barroso (2008):

(...) Estes materiais apresentam vários formatos: textos (livros ou outros), experimentos demonstrativos, experimentos com realização de medidas, vídeos ou outros recursos imagéticos. O computador apresenta-se como uma ferramenta que possibilita sua utilização em várias dessas vertentes: com textos, com animações, com experiências simuladas, entre outras. A disseminação da internet faz com que esta ferramenta possa ser amplamente divulgada e multiplicada. (...) (Barroso, 2008)

Conforme lida a teoria de aprendizagem Construcionista, os dispositivos tecnológicos atuais, equiparados aos computadores, possuem grande importância no processo ensino-aprendizagem e concretização do conhecimento.

### **2.3. Uso de livros digitais interativos no ensino**

Pouco se encontra na literatura, mesmo a mais atual, temas que abordem a utilização de livros digitais interativos no ensino de Física, e mesmo no ensino de forma geral. Entretanto, é fácil encontrar, conforme tratado nos tópicos anteriores deste capítulo, a relevância que as diversas tecnologias possuem no âmbito da educação e do processo de ensino e aprendizagem. Se a internet e as redes sociais são importantes, assim como animações e simulações, além do bom “diálogo” da web, então se espera que um livro digital interativo que fornece todas essas funcionalidades simultaneamente e algumas a mais possa desempenhar um bom papel no ensino de Física, apresentando-se como um atrativo para aprendizagem e aquisição do conhecimento.

Também são poucas as literaturas que tratem mesmo que da temática de livros digitais sem interatividade mais avançada, ou seja, que utilizem

recursos mais avançados como animações e simulações. Apesar disso, nelas é possível perceber o quanto se faz importante lidar com a crescente realidade da digitalização de conteúdos, apresentando-os, sempre que possível, utilizando o máximo de conteúdo multimídia de forma a facilitar a aprendizagem, além de torná-la mais atrativa.

Os tradicionais livros impressos aos poucos estão sendo complementados pelos livros digitais. Tal fato é causa direta da modernização proporcionada pelas NTIC (*Novas Tecnologias da Informação e Comunicação*). Os alunos estão voltando suas atenções para o mundo digital quando se trata de obtenção de conhecimento. Sobre os livros didáticos impressos, Martins (2013) informa que:

O ensino de ciências no Brasil está focado, em grande parte, no desenvolvimento de novos conhecimentos científicos através do livro didático (LD). O LD é alvo de inúmeros estudos nos últimos anos. Atualmente, os LDs são distribuídos nas escolas públicas através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que permite aos professores escolher em um catálogo os livros que deseja adotar. Os LD não são interativos, ou seja, não permite que o professor interfira na forma e na sequência de leitura, pois os LDs são sequenciais e lineares. As ilustrações são estáticas e o papel impede que animações ou elementos audiovisuais estejam presentes. Claro que o LD tem o seu valor e lugar garantido no processo de formação, mas com os recursos digitais atualmente disponíveis, deve-se ao menos cogitar como inserir esses elementos no cotidiano escolar.

Torna-se cada vez mais claro e evidente que os livros digitais estão ganhando espaço. Barbas (2013) é ainda mais crítica sobre o assunto e informa que:

Perante a revolução tecnológica a que temos assistido nos últimos anos, os agentes envolvidos no processo de ensino-aprendizagem são chamados a refazer o seu olhar sobre as metodologias que utilizam nos contextos educativos pelos quais são responsáveis. O livro tradicional, que até a bem pouco tempo surgia como a base principal da informação acadêmica, vê-se hoje confrontado com uma série de rivais à sua altura. Entre esses rivais encontram-se os livros digitais, outrora cópias fidedignas, digitalizadas, das versões impressas, mas que hoje são verdadeiras bases de dados enriquecidas por conteúdos multimídia. As imagens estáticas do livro tradicional dão agora lugar a vídeos dinâmicos. O áudio passou a estar a dispor de um clique e quando aliado o hipertexto à internet o resultado é uma diversidade de informação de escala global.

O processo de ensino-aprendizagem tem sentido a necessidade de se dinamizar, de se tornar interativo. A investigação realizada nesse trabalho tem também a intenção de verificar qual o impacto que um livro digital interativo consegue causar em relação a essas exigências.

O próximo capítulo tem a intenção de apresentar as teorias de aprendizagem mais relevantes enquanto suporte teórico à utilização de livros digitais interativos no ensino de Física. Essas teorias foram levadas em consideração quando da confecção dos recursos do livro digital interativo.



## Capítulo 3

### Referencial Teórico

O produto educacional desenvolvido nesse trabalho está embasado nas teorias de aprendizagem Construtivista (Präs, 2012), Construcionista (Xavier, 2007) e Conectivista (Siemens, 2004) de Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934), Seymour Papert e George Siemens, respectivamente, as quais tratam de diversos pontos e características levados em consideração na criação e aplicação do objeto educacional.

#### 3.1. Construtivismo (interação social e cultural)

O construtivismo não é em si uma teoria tipicamente de aprendizagem, mas sim uma teoria voltada ao entendimento da formação do conhecimento no sujeito enquanto ente que aprende.

Tem sua base referencial nas ideias e escritos de Jean Piaget. Em seus escritos, Piaget pouco trata do tema educação. Ele não era pedagogo, e seu foco principal foi entender como se dá a construção do conhecimento pelo sujeito, mediante sua interação com o objeto de conhecimento, independentemente de tal interação ser evidenciada em ambientes escolares ou não.

Apesar do construtivismo não possuir como foco principal o processo ensino-aprendizagem, apresenta-se como teoria relevante quando tratada, implementada e analisada no âmbito educacional, uma vez que formalmente dá importância às interações socioculturais do aprendiz e a escola tem se apresentado como principal ambiente contemporâneo onde mais ocorrem essas interações.

BECKER (1994) faz uma descrição acerca do construtivismo dizendo que:

O sujeito age sobre o objeto, assimilando-o: essa ação assimiladora transforma o objeto. O objeto, ao ser assimilado, resiste aos

instrumentos de assimilação de que o sujeito dispõe no momento. Por isso, o sujeito reage refazendo esses instrumentos ou construindo novos instrumentos, mais poderosos, com os quais se torna capaz de assimilar, isto é, de transformar objetos cada vez mais complexos. Essas transformações dos instrumentos de assimilação constituem a ação acomodadora. (O processo educacional que nada transforma está negando a si mesmo). O conhecimento não nasce com o indivíduo, nem é dado pelo meio social. O sujeito constrói seu conhecimento na interação com o meio tanto físico como social. (Becker, 1994)

Seguindo essa linha de raciocínio, o objeto educacional desenvolvido nesse trabalho tem a intenção de ser um meio de interação para o sujeito aprendiz, mediando o processo de ensino-aprendizagem, com a perspectiva de que os estudantes possam interagir com o objeto de estudo, mesmo que de forma digital, criando linhas reflexivas que possibilitem uma acomodação satisfatória do conhecimento.

O ensino de física tem se apresentado como uma difícil tarefa aos docentes e a aprendizagem um obstáculo para os discentes. Estes expressam que a física é muito difícil de ser compreendida e lhes falta estímulos por parte da estrutura das escolas. O caso é ainda mais grave quando olhamos para as escolas públicas situadas em cidades interioranas. A precariedade impossibilita, por exemplo, a utilização de laboratórios de ciências com equipamentos apropriados às necessidades educacionais da área.

O construtivismo expõe que a aprendizagem é um processo constante de construção do conhecimento por meio dos processos reflexivos e de acomodação, nos quais o aprendiz deve atuar no processo não sendo apenas mero expectador. Ou seja, deve haver interação, reflexão e acomodação de forma cíclica sempre havendo uma estruturação cada vez mais sólida do conhecimento.

Aulas práticas em laboratórios ou em sala de aula se apresentam como boas práticas construtivistas. Contudo, a realidade social atual nos impõe o desafio de trabalhar a aprendizagem dos alunos sem dispor de tais meios. É com base nesse desafio e aproveitando-se da realidade dos alunos como imersos em um mundo tecnológico, no qual as interações socioculturais ocorrem mediante a

utilização de aparatos como smartphones, tablets, notebooks, etc. que o presente trabalho surge. Propõe-se aqui criar e analisar o potencial da utilização de livros digitais interativos no ensino de Física.

Nessa visão de mundo interacionista presenciada pelos alunos, espera-se que a aprendizagem possa ter mais significado reflexivo e seja melhor estruturada com o uso das TIC, tendo em mente as ideias construtivistas.

A intenção não é substituir a interação com o mundo real por uma interação virtual, mas sim criar a possibilidade de lidar com a falta da primeira utilizando para isso meios próprios propiciados pelos alunos e/ou pela escola. Isso porque atualmente vivemos uma realidade na qual a maioria dos estudantes dispõem de alguma forma de tecnologia no seu dia a dia. Quanto às escolas, mesmo as que não dispõem de laboratórios de ciências, que é a grande maioria, possuem equipamentos tecnológicos acessíveis aos alunos.

Nessa nuance, ressalta-se a importância das TIC como “ferramentas” construtivistas atuais possibilitando a interação dos discentes com os objetos de aprendizagem, favorecendo a construção e/ou reconstrução do conhecimento, sendo essa interação de vital importância, conforme explicam Sanchis e Mahfoud (2010) *apud* Lajonquière (1997):

(...) a especificidade do construtivismo de Piaget está no fato de que essa construção do conhecimento (ativa por parte do sujeito, mas possibilitada por sua inserção no mundo) é o que permite a construção de estruturas de compreensão (no sujeito) cada vez mais equilibradas, ao mesmo tempo em que uma estruturação (em termos de significado) cada vez mais abrangente do mundo. Um construtivismo em que gênese/estrutura e sujeito/objeto se relacionam permanentemente. Além disso, a construção é, na verdade, sempre uma reconstrução, indissociável da interação: o sujeito reconstrói o conhecimento, “tanto no sentido de construir sobre uma construção anterior [pois o faz a partir de uma estrutura prévia] quanto de construir o já construído por outros [pois o faz dentro de um contexto social/cultural]”. (Sanchis e Mahfoud, 2010 *apud* Lajonquière, 1997)

Sanchis e Mahfoud (2010) ainda reforçam citando Castañon (2005):

Essa construção só é possível através de uma interação, mediada pela ação do sujeito, em que dois conceitos são centrais: a assimilação e a acomodação. O sujeito age, tanto quando incorpora a experiência aos esquemas de interpretação já elaborados

(assimilação), como quando modifica seus esquemas para aproximar-se melhor da realidade (acomodação). Ele constrói seu mundo e se aproxima da realidade na medida em que há “uma colaboração necessária entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido”. (Sanchis e Mahfoud, 2010 apud Canstañon, 2005)

Com isso espera-se que os alunos possam melhor assimilar os conteúdos de forma reflexiva habilitando uma acomodação cognitiva satisfatória, tornando-os aptos a lidar com situações-problema e encontrar soluções realistas e satisfatórias sem a necessidade de processos decorativos e/ou repetitivos mecanicistas, os quais atualmente ainda são tão difundidos nos ambientes escolares. Isso porque o conhecimento não é algo pronto e que devemos guardar de qualquer forma nas mentes dos alunos para que, quando deles precisarem, saiam lançando respostas automáticas como máquinas programadas para isso.

Nesse sentido Becker (1994) deixa claro que:

Se, no entanto, o professor conceber o conhecimento do ponto de vista construtivista, ele procurará conhecer o aluno como uma síntese individual da interação desse sujeito com o seu meio cultural (político, econômico, etc.). Não há tábula rasa, portanto. (...) Segundo Piaget, o aluno é sujeito cultural ativo cuja ação tem dupla dimensão: assimiladora e acomodadora. Pela dimensão assimiladora ele produz transformações em si mesmo, no mundo subjetivo. Assimilação e acomodação constituem as duas faces, complementares entre si, de todas as suas ações. Por isso, o professor não aceita que seu aluno fique passivo ouvindo sua fala ou repetindo lições que consistem em dar respostas mecânicas para problemas que não assimilou (transformou para si).

Ou seja, o Behaviorismo e suas práticas mecanicistas não têm se apresentado como um bom método a ser trabalho nas escolas, tendo em mente que a realidade atual não exige alunos preparados para dar respostas automáticas, mas sim alunos preparados para lidar com situações dinâmicas, situações que apresentam constantes mudanças, principalmente quando levamos em consideração o acelerado crescimento do conhecimento proporcionado pela evolução tecnológica.

### 3.1.1. A teoria sociocultural de Vygotsky

Vygotsky foi um estudioso que se dedicou a psicologia evolutiva, a educação e a psicopatologia. Ele destacou a importância da cultura e do contexto social enquanto ambiente nos quais os aprendizes aprendem (Präs, 2012). Ele partiu da ideia de que as pessoas são seres sociais e que possuem culturas que devem ser levadas em consideração na formação da personalidade, da aprendizagem e formação do conhecimento.

Atualmente a teoria sociocultural de Vygotsky pode ser facilmente percebida ao analisarmos o comportamento das pessoas enquanto imersas em uma realidade cultural tecnológica. A tecnologia hoje faz parte da vida das pessoas, fazendo grande destaque para a chamada geração net, termo usado para designar a juventude atual que não mais se enxerga sem o uso das tecnologias (dos smartphones, dos tablets, dos computadores, etc.). O foco principal da geração net tem sido a utilização de redes sociais, assim como diversos aplicativos que possibilitam realizar uma grande quantidade de tarefas distintas. Nesse ponto, faz-se destaque ao caráter social analisado por Vygotsky. Se os estudantes atuais são membros da geração net, apresentando características sociais e culturais circundando as NTIC, não faz sentido deixá-las de fora do âmbito escolar.

Para Vygotsky, a aprendizagem deve ser guiada por uma pessoa mais experiente, alguém que detenha maior quantidade de conhecimento acerca do tema de estudo. É nesse momento que surge a figura do professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem. Conforme Präs (2012), “as interações que favorecem o desenvolvimento incluem a ajuda ativa”.

Um ponto chave para a utilização de um livro digital interativo no ensino de física tem por base uma crítica de Vygotsky para a escola, exposta por Präs (2012), que diz:

Ele criticava a escola, pois nem sempre ensina sistema de conhecimento, mas frequentemente, oprime os alunos com fatos isolados e carentes de sentido. Os conteúdos escolares não carregam em si mesmo os instrumentos e as técnicas intelectuais e, muito frequentemente, não existem na escola interações sociais capazes de construir os diversos saberes.

De tal forma, um livro digital interativo, além de possuir em si instrumentos que possibilitam uma maior aprendizagem e utilizam meios tecnológicos culturais presentes na realidade dos alunos, também favorecem ao ramo social, uma vez que possuem fácil ligação com redes sociais, tais como *WhatsApp* e *Facebook*, por exemplo.

O próximo tópico trata da teoria Construcionista de Seymour Papert, uma teoria de fundamental relevância quando se trata da utilização de computadores e equipamentos tecnológicos com funcionalidades semelhantes no processo ensino-aprendizagem.

### **3.2. Construcionismo de Seymour Papert**

O Construcionismo, idealizado por Seymour Papert, é uma teoria de aprendizagem que aborda a utilização de computadores na aprendizagem. Papert é o criador da linguagem de programação Logo, uma linguagem de programação interpretada voltada ao aprendizado de crianças e jovens em seu ingresso no mundo da programação de computadores.

Papert é um teórico que ficou bastante conhecido por utilizar computadores na aprendizagem (Foresti, 2012). Para Papert, a inserção de computadores no processo ensino-aprendizagem dinamiza a interação e resolução de problemas. Nesse nicho, Papert diz que a aprendizagem “significa pensar diferente que anteriormente, ver o mundo de outra forma, sendo que isso sugere a existência de muitas alfabetizações” (Foresti, 2012 apud Papert, 2008). “É permitir ao educando construir o seu próprio conhecimento por intermédio de alguma ferramenta, como, por exemplo, o computador” (Foresti, 2012).

A relevância do objeto educacional desenvolvido (livro digital interativo) está explícita na teoria de aprendizagem Construcionista de Papert, que pode ser percebida em Foresti (2012) apud Papert (2008):

Na aprendizagem de Papert mediatizada pelos computadores, o principal elemento inserido é a interação, que complementa seu conceito de aprendizagem. Através da interação, os educandos

formulam hipóteses na tentativa de resolver certas situações. Quando não conseguem resolvê-las, passam por conflitos cognitivos que as levam à busca de reformulações dessas hipóteses, ampliando cada vez mais seus sistemas de compreensão, num contínuo movido pela busca de equilíbrio de suas estruturas cognitivas. Dessa forma, a aprendizagem é resultante da interação do sujeito com o objeto do conhecimento, que não se reduz ao objeto concreto, mas inclui o outro, a família, a escola, o social.

Dessa forma, o livro digital desenvolvido presa pela interação dos estudantes com o conteúdo a ser aprendido, como também, propõe problemas interativos nos quais os alunos possam buscar alternativas para certas situações, podendo nelas gerar conflitos cognitivos obrigando-os a buscar novas alternativas e assim ampliar o conhecimento.

Quando o aluno interage com aquilo que deve aprender, seja por meio de computador, smartphone, tablet e quaisquer outros aparatos tecnológicos que possuem funcionalidades semelhantes às dos computadores, ele se encontra diante da necessidade de realizar certas ações, as quais irão levá-lo à construção do conhecimento. Com as interações realizadas também ocorre a manipulação de conceitos, o que contribui fortemente para o desenvolvimento mental do discente (Valente, 1993).

O diagrama abaixo ilustra como ocorre a interação do aluno, assim como os membros envolvidos no processo.

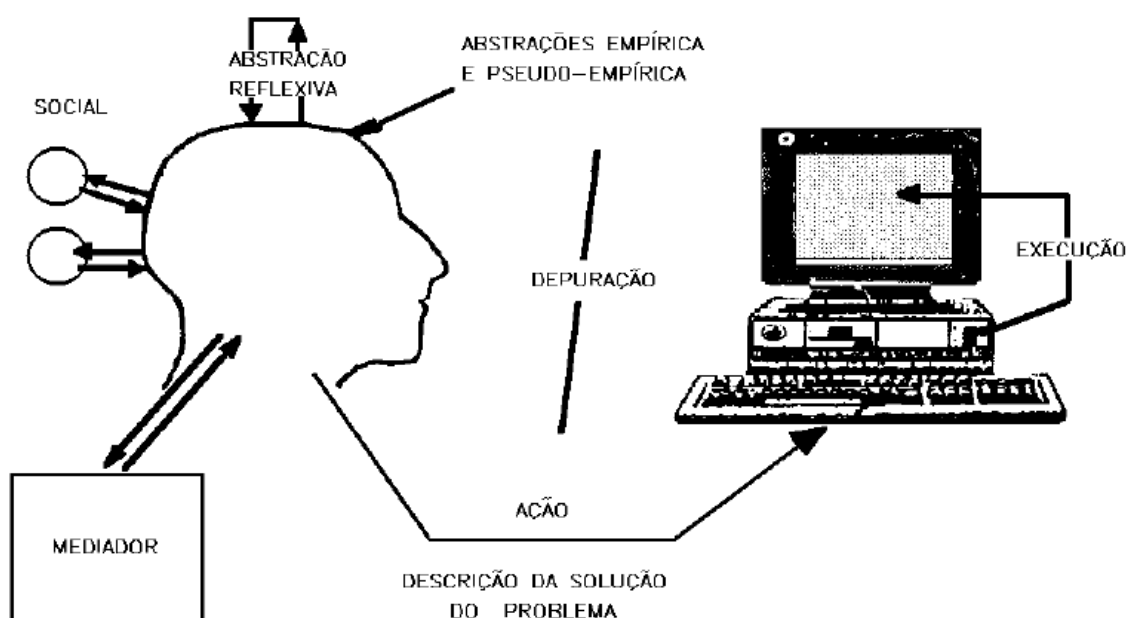


Figura 3.1. Ações do discente enquanto interage com o computador, apresentando a visão Construcionista de Papert. (Valente, 1993)

Um ponto bastante importante na teoria Construcionista está na possibilidade de trabalhar os conteúdos com os alunos de forma ainda mais diferenciada, estimulando-os a criarem situações próprias tratando do tema estudado.

A teoria Construcionista de Papert é mais centrada na utilização off-line de dispositivos tecnológicos como mediadores do processo de ensino e aprendizagem. A seguir será apresentada a teoria Conectivista de Siemens, que corrobora com o objeto educacional quando levada em consideração a conectividade com a internet.

### **3.3. Conectivismo (construção do conhecimento através de redes de conexão)**

O Conectivismo é uma das mais recentes teorias de aprendizagem desenvolvida. Possui o propósito de tratar o processo de ensino e aprendizagem levando em consideração abordagens contemporâneas relacionadas intimamente com a utilização de novas tecnologias. Por tal motivo, o Conectivismo também é dito como uma teoria de aprendizagem para a idade digital.

As diferentes teorias de aprendizagem até então vigentes tratam do processo de ensino e aprendizagem em diversos pontos distintos, cada uma possuindo características e contextos de aplicação próprios. Não obstante, por terem sido desenvolvidas em meio a uma realidade social e cultural diferente da contemporânea atualmente vivenciada, na qual presenciamos as novas tecnologias, principalmente da Web 2.0, agindo fortemente na sociedade em todos os setores, sejam econômicos, políticos, sociais, culturais e principalmente educacionais, tais teorias não analisaram os impactos que essas novas tecnologias poderiam causar no meio educacional, seja nas escolas, em casa, ou qualquer outro meio, inclusive religioso.



Nesse sentido, Siemens (2004), explica:

Behaviorismo, cognitivismo e construtivismo são as três grandes teorias da aprendizagem mais frequentemente usadas na criação de ambientes instrucionais. Essas teorias, contudo, foram desenvolvidas em um tempo em que a aprendizagem não sofria o impacto da tecnologia. Através dos últimos vinte anos, a tecnologia reorganizou o modo como vivemos, como nos comunicamos e como aprendemos. As necessidades de aprendizagem e teorias que descrevem os princípios e processos de aprendizagem devem refletir o ambiente social vigente. (Siemens, 2004)

O Conectivismo surgiu, então, como uma teoria de aprendizagem para dar algum suporte teórico ao uso das NTIC em favor da educação, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem tratado em meio no qual se faz cada vez tão presente novas ferramentas tecnológicas que podem abarcar o conhecimento e transmiti-lo de forma mais dinâmica e interativa por intermédio da internet. (Barbas, 2013)

Barbas (2013), reforçando ainda mais a teoria Conectivista, também trata acerca da utilização dos livros digitais em detrimento dos tradicionais livros impressos:

O professor e os livros tradicionais, que até bem pouco tempo eram a principal fonte de informação, são hoje apoiados por uma infinidade de recursos. A internet tornou-se uma poderosa fonte de informação. Os livros impressos que tinham informação limitada são agora substituídos por livros digitais, documentos contendo áudio, vídeo e imagens. As redes sociais, os blogs, os fóruns de discussão ou as salas de conversação são mais alguns recursos disponíveis numa panóplia de dados incomensurável. (Barbas, 2013)

Há pouco tempo atrás, as informações tinham um curso de desenvolvimento bem mais lento que o presenciado atualmente. O conhecimento adquirido nas escolas sofriam poucas mudanças ou evoluíam lentamente. Dessa forma, podia-se dizer que o conhecimento possuía uma duração em torno de décadas. No atual patamar das NTIC conectadas à rede mundial de computadores, o conhecimento está crescendo exponencialmente. É frequente ver noticiários ou revistas de inovações apresentarem informações sobre novas descobertas, novos conhecimentos que estão sendo sempre adquiridos e/ou desenvolvidos com uma frequência cada vez maior. Com isso,

em muitas áreas a duração do conhecimento passou a ser medida em meses e anos e não mais em décadas como outrora. (Siemens, 2004).

O Conectivismo de Siemens apresenta algumas tendências importantes na aprendizagem que embasam a teoria, das quais se faz destaque para as seguintes:

- A aprendizagem informal é um aspecto significativo de nossa experiência de aprendizagem. A educação formal não mais cobre a maioria de nossa aprendizagem. A aprendizagem agora ocorre de varias maneiras – através de comunidades de prática, redes pessoais e através da conclusão de tarefas relacionadas ao trabalho;
- A tecnologia está alterando (reestruturando) nossos cérebros. As ferramentas que usamos definem e moldam nosso modo de pensar;
- Muitos dos processos anteriormente tratados pelas teorias de aprendizagem (especialmente no processamento cognitivo de informações) agora podem ser descarregados para, ou suportados pela tecnologia. (Siemens, 2004)

Na teoria Conectivista, um objeto educacional ou objeto de aprendizagem faz uso, conforme dito anteriormente, de um contexto social contemporâneo, utilizando-se dos novos avanços tecnológicos enquanto ferramentas mediadoras do processo ensino aprendizagem. Nesse sentido, tais objetos devem se apresentar como espaços onde a aprendizagem se faça de forma interativa ao mesmo tempo em que colaborativa, tratando não apenas do conteúdo a ser aprendido, mas também da resolução de problemas assim como da colaboração existente (Pérez, 2010). Outra característica é que se faça mediante a criação de redes de conexão nas quais o conhecimento possa proliferar e gerar a aprendizagem como fruto. Nesse meio, o professor deve estar presente como agente facilitador da mediação, ajustando e alinhando as linhas de pensamento e compreensão dos estudantes acerca do conteúdo abordado pelo objeto.

Um objeto de aprendizagem de cunho Conectivista também deve proporcionar uma facilidade na aprendizagem dos estudantes permitindo, para isso, a possibilidade de interações sociais, além de interações com o objeto de aprendizagem. Um exemplo prático disso é que o objeto permita a socialização do conteúdo, onde os estudantes possam capturar determinados trechos de

conteúdo ou respostas de problemas, por exemplo, e compartilhar em redes sociais, especificamente em grupos de discussão, gerando debates produtivos nos quais o professor-mediador imerso no grupo possa sanar dúvidas, ou até mesmo os demais estudantes possam exercer esse papel.

Peréz (2010) ainda trata de outros pontos relevantes, dos quais faz-se destaque ao que diz que um objeto educacional Conectivista deve “proporcionar feedback e/ou guias de aprendizagem que sirvam de ajuda e orientação para o estudante, oferecendo-lhe diferentes itinerários de aprendizagem”. Mediante o exposto, deve existir a possibilidade de interação com retorno avaliativo, permitindo ao discente compreender o que errou e ter novas possibilidades de aprendizagem.

Siemens (2004) define o Conectivismo como sendo:

A integração de princípios explorados pelo caos, rede, e teorias da complexidade e auto-organização. A aprendizagem é um processo que ocorre dentro de ambientes nebulosos onde os elementos centrais estão em mudança – não inteiramente sob o controle das pessoas. A aprendizagem (definida como conhecimento acionável) pode residir fora de nós mesmos (dentro de uma organização ou base de dados), é focada em conectar conjuntos de informações especializados, e as conexões que nos capacitam a aprender mais são mais importantes que nosso estado atual de conhecimento. (Siemens, 2004)

Dessa forma, o Conectivismo trata a aprendizagem como um processo de constante mudança do nível de conhecimento de uma pessoa, sendo que tal conhecimento não necessita estar efetivamente armazenado na mente da pessoa detentora do conhecimento, ou seja, é possível ter conhecimento sobre determinados assuntos sem, no entanto, ele estar memorizado, mas também em um meio de armazenamento digital podendo ser acionado quando necessário. Dessa forma não se aprende apenas o que se sabe e a aprendizagem é tida como a capacidade de acionar o conhecimento apreendido.

O quadro abaixo apresenta os princípios do Conectivismo, os quais possibilitam a percepção de suas características.

- Aprendizagem e conhecimento apoiam-se na diversidade de opiniões;
- Aprendizagem é um processo de conectar nós especializados ou fontes de informação;
- Aprendizagem pode residir em dispositivos não humanos;
- A capacidade de saber mais é mais crítica do que aquilo que é conhecido atualmente;
- É necessário cultivar e manter conexões para facilitar a aprendizagem contínua;
- A habilidade de enxergar conexões entre áreas, ideias e conceitos é uma habilidade fundamental;
- Atualização (“currency” – conhecimento acurado e em dia) é a intenção de todas as atividades de aprendizagem conectivistas;
- A tomada de decisão é, por si só, um processo de aprendizagem. Escolher o que aprender e o significado das informações que chegam é enxergar através das lentes de uma realidade em mudança. Apesar de haver uma resposta certa agora, ela pode ser errada amanhã devido a mudanças nas condições que cercam a informação e que afetam a decisão.

Fonte: Siemens (2004).

Siemens (2004) concluiu sua teoria dizendo que:

O Conectivismo apresenta um modelo de aprendizagem que reconhece as mudanças tectônicas na sociedade, onde a aprendizagem não é mais uma atividade interna, individualista. O modo como a pessoa trabalha e funciona são alterados quando se utilizam novas ferramentas. O campo da educação tem sido lento em reconhecer, tanto o impacto das novas ferramentas de aprendizagem como as mudanças ambientais na qual tem significado aprender. O Conectivismo fornece uma percepção das habilidades e tarefas de aprendizagem necessárias para os aprendizes florescerem na era digital.

Pode-se dizer que a teoria Conectivista não se separa totalmente das demais teorias tradicionais, mas sim que aborda o processo de ensino-aprendizagem de uma forma a conservar certas características, porém trazendo consigo a novidade do uso das NTIC.

As três teorias apresentadas neste capítulo são as mais relevantes para esse trabalho. O próximo capítulo irá apresentar o produto educacional desenvolvido e suas características.

### **3.4. Livro Digital Interativo em formato EPUB**

O EPUB (<http://idpf.org/epub>) é um formato para publicação de livros digitais, criado e mantido pelo IDPF (*International Digital Publishing Forum*). Ele é um padrão global baseado em padrões Web, incluindo XHTML (*eXtensible HyperText Markup Language*), CSS (*Cascading Style Sheets*), JavaScript, dentre outros.

O EPUB atualmente está em sua versão 3.0.1, versão utilizada no produto educacional desenvolvido neste trabalho. Foi adotada essa versão por possibilitar a utilização de tecnologias mais avançadas, tais como HTML5, JavaScript e CSS3.

Não menos importante é o fato do EPUB 3 suportar MathML, uma linguagem de script que possibilita a utilização e visualização de equações matemáticas. Esse foi um ponto crucial tendo em mente que um dos objetivos desse trabalho é oferecer um material que proporcione acessibilidade, algo que é dificultado com o uso de imagens com expressões matemáticas ao invés de equações escritas.

Para maiores detalhes sobre o EPUB e como o objeto educacional foi desenvolvido consulte o Apêndice B. Nele poderão ser vistos todos os detalhes sobre o formato, desenvolvimento, etc.

### **3.5. Tecnologias utilizadas**

Para o desenvolvimento do livro foram utilizadas diversas tecnologias que serão brevemente explicadas nas próximas subseções. Para mais detalhes veja o Apêndice B.

### 3.5.1. HTML5

HTML5 (*HyperText Markup Language Version 5*) (<http://www.w3.org/TR/html5/>) é uma linguagem para estruturação e apresentação de conteúdo Web. Sua quinta revisão trouxe diversas novidades e possibilidades de implementação que até então não eram suportadas por versões anteriores.

A HTML5 se tornou um padrão enquanto ferramenta de programação mobile, possibilitando também sua utilização para desenvolvimento de diversos outros conteúdos, além de apenas páginas Web estáticas.

### 3.5.2. CSS3

CSS (*Cascading Style Sheet*) é uma tecnologia que trabalha em conjunto com HTML. A HTML não é capaz de realizar efeitos avançados como layouts mais atrativos, por exemplo, que proporcionam uma melhor aparência aos usuários, isso porque a HTML possui seu foco na criação de tags que fornecem conteúdos, sem se preocupar tanto na estrutura e formatação nas quais as informações serão entregues.

Em (CSS – Curso W3C escritório Brasil) é possível encontrar uma boa definição para CSS.

O CSS formata a informação entregue pelo HTML. Essa informação pode ser qualquer coisa: imagem, texto, vídeo, áudio ou qualquer outro elemento criado. (...) Essa formação na maioria das vezes é visual, mas não necessariamente. (CSS – Curso W3C escritório Brasil)

Foi utilizado o CSS na sua terceira e mais nova versão extensivamente no desenvolvimento do produto educacional, de forma a poder disponibilizar um layout mais agradável aos estudantes, além de outras funcionalidades mais avançadas.

### 3.5.3. JavaScript

O JavaScript (JS) é uma poderosa linguagem de programação de scripts orientada a objetos. É por meio do JS que se faz possível oferecer experiências de interatividade em aplicações mais atuais, principalmente em conjunto com a tag canvas da HTML 5, a qual proporciona a criação de aplicações gráficas interativas.

A maior parte das milhares de linhas de código de programação escritas no desenvolvimento do produto, objeto desse trabalho, foi escrita usando JavaScript.

Todas as animações disponíveis no produto educacional, assim como funcionalidades interativas e exercícios foram todos desenvolvidos fazendo uso dessa importante tecnologia da web.

O trio HTML5-CSS3-JavaScript forma a espinha dorsal para o desenvolvimento, seja de um livro digital interativo em formato EPUB, ou na criação de aplicativos para dispositivos com sistema operacional Android, iOS ou Windows Phone fazendo uso da tecnologia *Apache Cordova*. O produto educacional desenvolvido no âmbito desse trabalho poderia ser facilmente transformado em apps de qualquer uma das plataformas citadas, utilizando-se o *Apache Cordova*. Maiores detalhes podem ser obtidos consultando Cássio (10/2014).

### 3.5.4. MathML + MathJax

A MathML (*Mathematical Markup Language*) é uma linguagem, assim como a HTML, para estruturação e apresentação de conteúdo web, porém com o diferencial de ser voltada apenas para informações matemáticas.

A MathML tem sido a tecnologia mais utilizada quando o assunto é trabalhar com a apresentação de conteúdos web que envolvam expressões matemáticas, tanto para ambientes escolares quanto científicos.

Além de proporcionar a exibição de expressões matemáticas, a MathML também foi escolhida por ser suportada pela terceira versão do EPUB e, principalmente, pelo fato da existência de iniciativas no sentido de oferecer melhor acessibilidade. Todavia, oferecer melhor acessibilidade a todos, inclusive pessoas portadoras de necessidades especiais, como cegos ou pessoas com baixa visão que necessitem de softwares leitores de tela enquanto usam smartphones, tablets ou computadores, por exemplo. Nesse sentido, a MathML tem sido a pioneira, conforme explica Ferreira (2005). (Leitura automática de expressões matemáticas - AudioMath)

Existem diversas linguagens de marcação para a publicação de expressões matemáticas na Internet. Alguns exemplos são: MINSE, MathML, WebTeX, TeX, OpenMath e SVG. Contudo, a maioria delas encontra-se ainda numa fase de experimentação e com falhas em diversas áreas. (Ferreira, 2005)

E ainda,

Apenas o TeX, a MathML e o OpenMath têm conseguido proliferar junto da comunidade científica. Atualmente, as alternativas de conversão de documentos em TeX e LaTeX passam pela transformação e produção de documentos XHTML com MathML. O mesmo se passa com o OpenMath que é uma codificação publicada e incluída na codificação MathML.

Sendo assim, o futuro da publicação online de documentos técnicos e científicos com expressões matemáticas passa pela linguagem de marcação matemática – MathML. (...) (Ferreira, 2005)

Foi tendo em mente o grande poder da MathML que a terceira revisão do EPUB trouxe consigo a possibilidade de inserção dessa tecnologia.

Existe um problema na utilização da MathML, que é a falta de suporte dessa tecnologia por alguns navegadores de Internet assim como os e-readers utilizados para acessar e apresentar livros digitais em formato EPUB. Dos browsers mais populares, o que oferece maior compatibilidade é o *Mozilla Firefox*. Durante as pesquisas em busca de aplicativos compatíveis com a extensão .epub em sua terceira versão, foi percebido que em geral eles não fornecem suporte total à MathML, entretanto, tal problema pode ser resolvido fazendo uso de MathJax.



MathJax é um conjunto de bibliotecas escritas em linguagem JavaScript. Seu objetivo é fornecer total compatibilidade de expressões matemáticas escritas com notação LaTeX, MathML ou AsciiMath em quaisquer browsers modernos (MathJax, 2015).

Todos os leitores de livros digitais compatíveis com a terceira versão do EPUB e que dão suporte ao uso de MathML o fazem mediante a inserção das bibliotecas do MathJax. A inserção pode ser feita de duas formas. Uma local, fazendo um link para a biblioteca principal MathJax.js existente no pacote que pode ser baixado gratuitamente em <https://www.mathjax.org/>, ou utilizando um acoplamento via web, estando assim, a exibição das expressões matemáticas sujeitas à necessidade de o dispositivo utilizado para realizar a leitura estar conectado à Internet.

Existem vantagens e desvantagens em cada uma das possibilidades citadas. Fazer a inserção das bibliotecas de forma local produz o custo de aumento no tamanho do arquivo final do EPUB, porém traz a vantagem de as expressões serem perfeitamente exibidas mesmo o leitor estando off-line. A inserção via web cria uma situação oposta. O leitor terá um arquivo menor, porém a exibição das expressões matemáticas estará prejudicada caso o dispositivo de leitura não esteja conectado à Internet.

No produto educacional desenvolvido foi dada maior ênfase à versão off-line, uma vez que na atual realidade dos alunos, apesar de a maioria possuir smartphones ou outros dispositivos que possibilitem acesso ao livro, estes não estão sempre conectados à internet.

Maiores detalhes sobre a utilização de MathML e MathJax podem ser vistos nos Apêndice B.

### 3.5.5. Hammer.js

*Hammer.js* é uma biblioteca JavaScript gratuita que permite trabalhar com funcionalidades de gestos comuns, sendo sua utilização de vital importância no material produzido, tendo em vista que para trabalhar com as

animações de forma interativa é imprescindível a possibilidade de trabalhar com gestos comuns.

Mas por que utilizar o *Hammer.js* se existem formas próprias de se trabalhar com gestos utilizando eventos de mouse com JavaScript?

A resposta está na vantagem de o *Hammer.js* ser compatível tanto com comandos touch para telas sensíveis a toque, quanto com comandos de clique do mouse no caso de utilização de PCs. Como a intenção é que o material seja acessível em quaisquer dispositivos e plataformas, a utilização dessa biblioteca mostrou-se indispensável.

A biblioteca *Hammer.js* é utilizada internamente a tag canvas do HTML5, permitindo que sejam criadas animações, simulações ou jogos com alta interatividade e que possam ser utilizados em quaisquer dispositivos.

### **3.6. Ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento do produto educacional**

Em todas as fases de criação do produto foram utilizadas as ferramentas *Notepad++*, *7-Zip*, *Google Chrome (Chrome Devtools + aplicativo Radium)* e *EpubCheck + EPUB Validator (beta)*. As próximas subseções fazem descrições sucintas sobre essas ferramentas assim como o motivo de suas escolhas.

#### **3.6.1. Notepad++**

O *Notepad++* é um poderoso editor de texto com diversas funcionalidades para implementações em todas as linguagens de programação atualmente em uso.

Ele foi escolhido por ser totalmente gratuito, fácil de usar e dar suporte simultaneamente a todas as linguagens de programação que foram utilizadas (HTML5, JavaScript, CSS3).

#### **3.6.2. 7-Zip**

O 7-Zip é um software livre para empacotamento e desempacotamento de arquivos .zip ou .rar, com ou sem compactação.

Ele é uma ferramenta fundamental para a criação de um livro digital em EPUB, que nada mais é que um arquivo .zip com a extensão permutada de .zip para .epub. Entretanto, é preciso que a estrutura interna desse arquivo siga o padrão pré-estabelecido pelo IDPF.

### 3.6.3. Google Chrome (Chrome Devtools + aplicativo Radium)

O *Google Chrome* é um browser (navegador web) gratuito integrado com uma ferramenta para desenvolvedores, a *Chrome Devtools*, que juntos tornam o desenvolvimento de sites e aplicativos web mais dinâmico, permitindo aos desenvolvedores trabalharem de forma integrada, concomitantemente realizando implementações e verificando seu andamento, assim como erros que possam ocorrer, indicando ainda quais os erros e sugerindo correções.

O *Radium* é um aplicativo leitor de livros digitais de uso global que pode ser instalado na suíte de aplicativos do navegador *Google Chrome*. Atualmente é o software de leitura gratuito com maior suporte à terceira versão do EPUB. Foi desenvolvido e é mantido pelo próprio *International Digital Publishing Forum* (IDPF) e uma comunidade de desenvolvedores em escala global.

O *Radium* foi utilizado como ferramenta de teste do livro durante seu desenvolvimento, e também como leitor padrão durante a aplicação do produto educacional.

### 3.6.4. EpubCheck + EPUB Validator (beta)

O *EpubCheck* é uma ferramenta gratuita desenvolvida usando a linguagem de programação Java para validação de arquivos EPUB segundo os padrões internacionais estabelecidos pelo IDPF. Essa ferramenta foi utilizada em diversos momentos para evidenciar erros existentes durante o processo de criação do livro, trazendo também sugestões de correção.

O *EPUB Validator (beta)* é uma versão web em fase de teste do *EpubCheck*, disponível em <http://validator.idpf.org/>. Também foi utilizada em diversos momentos principalmente por possuir uma interface web mais amigável que a interface de linha de comando do *EpubCheck*.

## Capítulo 4

### O Produto Educacional

O produto educacional desenvolvido nesse trabalho é um livro digital interativo tratando sobre o tema *Grandezas Físicas e Vetores*. Diferentemente dos livros impressos tradicionais, esse trabalho traz consigo a intenção de abordar de uma forma dinâmica, interativa e mais atraente aos alunos um tema um tanto contundente de se trabalhar no ensino de física. Dinâmica porque os alunos poderão estudar não sendo apenas meros espectadores, que devem absorver todo o conhecimento passado pelo professor, seguindo para isso metodologias de ensino tradicionais. Mais atraente devido o material estar imerso na realidade sociocultural dos estudantes contemporâneos, realidade essa que mostra o mundo de forma tecnológica, um mundo no qual a atenção, principalmente dos jovens, está voltada a dispositivos eletrônicos, tais como: smartphones, tablets, computadores, etc.

#### 4.1. O conteúdo tratado no objeto educacional

Para fins de aplicação e pesquisa, o produto deste trabalho é um livro digital interativo, cujo título é *Física Digital Interativa*. Nele foram abordados alguns tópicos introdutórios sobre a Física tais como, suas subdivisões e aplicações no cotidiano. O conteúdo do livro trata do tema “Grandezas Físicas e Vetores”. Um tema introdutório, mas que gera muitos conflitos cognitivos nos discentes, por tratar de certos detalhes que não permitem, através de aulas tradicionais, proporcionar uma boa reflexão e acomodação do conhecimento pelos alunos.



Figura 4.1. Capa do livro (produto educacional) desenvolvido.

O livro pode ser obtido no endereço <https://goo.gl/MXXWHi>. Para ter acesso ao conteúdo do livro é preciso que o leitor possua um e-reader, que é um aplicativo necessário para abrir e ler o arquivo com extensão .epub. Recomenda-se, devido a realização de testes e verificação de maior compatibilidade, que se utilize o aplicativo gratuito *Readium* do navegador Google Chrome em ambientes desktops/notebooks. O *Readium* pode ser obtido e instalado no Google Chrome acessando a página web <https://chrome.google.com/webstore/category/extensions?hl=pt-BR>. Em tablets ou smartphones, recomenda-se o aplicativo *Pubtree*, um aplicativo também gratuito que pode ser baixado e instalado acessando os repositórios de aplicativos dos smartphones conforme seus sistemas operacionais como, por exemplo, *Google Play Store* para Android e *App Store* para iOS.

#### 4.2. O que é um Livro Digital Interativo?

Apesar da utilização proposta neste trabalho, um Livro Digital Interativo não é apenas uma ferramenta educacional, mas sim uma ferramenta de uso mais geral, tal como um livro impresso, porém com o diferencial de ser exposto em meio digital e possibilitar interatividade com o leitor. No caso tratado, o livro tem objetivo educacional voltado a lidar com uma temática da Física, tornando-se um livro digital interativo de conhecimento específico.

Existem diversos tipos de livros digitais e apenas alguns deles dão suporte a conteúdos interativos. Eles podem ser apresentados em diferentes plataformas tecnológicas, assim como em vários formatos e extensões, tais como: Kindle (.azw); PDF (.pdf); Documento (.doc, .docx, .odt); Unprotected Mobipocket (.mobi) e Eletronic Publicacion – EPUB (.epub). O formato escolhido para o objeto desenvolvido nesse trabalho foi o EPUB. O motivo da escolha será explanado posteriormente.

Resumidamente, pode-se dizer que um livro digital interativo é um repositório de material, com fins educacionais ou não. O material nele exposto não é obrigatoriamente texto, possibilitando a inserção de arquivos multimídia, como: áudio, vídeo, animações, simulações, links, imagens, etc.

#### **4.3. O livro desenvolvido (Física Digital Interativa)**

Conforme citado anteriormente, o produto educacional objeto desse trabalho é um livro digital interativo que aborda o tema *Grandezas Físicas e Vetores*, consistindo em dos primeiros temas a ser tratado em Física na primeira série do ensino médio regular.

O produto está estruturado em uma parte introdutória à Física, com o intuito de explicar aos alunos o que é Física, qual a sua importância, o que ela tenta explicar enquanto ciência, quais suas áreas e subáreas, aplicações que podem ser presenciadas no cotidiano e os principais cientistas que deram importantes contribuições à evolução da Física nos permitindo atingir o patamar tecnológico no qual vivemos.

# INTRODUÇÃO

## 4. Alguns Cientistas e suas Principais Descobertas

Navegue no painel ao lado para obter informações sobre alguns cientistas e suas principais descobertas e contribuições para a ciência.



### Albert Einstein



Albert Einstein nasceu em Ulm, no antigo estado alemão de Württemberg, no dia 14 de março de 1879, e cresceu em Munique. Ele era o filho único de Hermann Einstein e Pauline Koch. Seu pai e seu tio eram donos de uma oficina eletrotécnica. A família considerava Albert lento no aprendizado porque ele teve dificuldade em aprender a falar. (Hoje em dia se acredita que talvez ele fosse disléxico.) Diz a lenda que quando Hermann perguntou ao diretor da escola qual seria a melhor profissão para seu filho, ele respondeu: Não importa. Ele nunca terá sucesso em nada."

A confirmação da teoria da relatividade geral fez de Einstein uma celebridade internacional. Em 1921, ele foi eleito membro da Sociedade Real Inglesa (British Royal Society). Graus honorários e prêmios eram concedido a ele em cada cidade que visitava. Em 1921, Einstein começou a desenvolver os fundamentos da mecânica quântica junto ao físico dinamarquês Niel Bohr, mesmo continuando a busca de sua tão sonhada teoria do campo unificado. Suas viagens aos Estados Unidos o levaram a ser indicado professor de matemática e física teórica no Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, Nova Jersey. (Hawking, 2005)

Figura 4.2. Ilustração de uma das páginas do produto educacional.

O livro está estruturado trazendo os conteúdos na mesma sequência normalmente encontrada em livros didáticos impressos, com seções que abordam os seguintes temas:

1. Grandezas;
2. Mas por que utilizar unidades de medida? “Dois pesos e duas medidas!”;
3. Sistema Internacional de Unidades;
4. Grandezas escalares e vetoriais;
5. Representação geométrica e analítica de grandezas vetoriais;
  - 5.1. Componentes de um vetor.
6. Soma de vetores;
  - 6.1. Soma e subtração geométrica (*Regra do polígono*);
  - 6.2. Soma e subtração geométrica (*Regra do paralelogramo*);



### 6.3. Módulo de um vetor resultante;

#### 6.3.1. Caso 1 (Vetores com mesma direção);

#### 6.3.2. Caso 2 (Vetores perpendiculares entre si).

### 6.4. Soma e subtração (Método analítico).

## 7. Exemplos;

## 8. Exercícios.

Os conteúdos do livro podem ser acessados através de um sumário disponível, ou a qualquer momento estando em qualquer parte do livro por meio de um sumário característico dos softwares leitores, conforme pode ser visto nas figuras abaixo, no caso dos aplicativos *Readium* ou *Pubtree*.

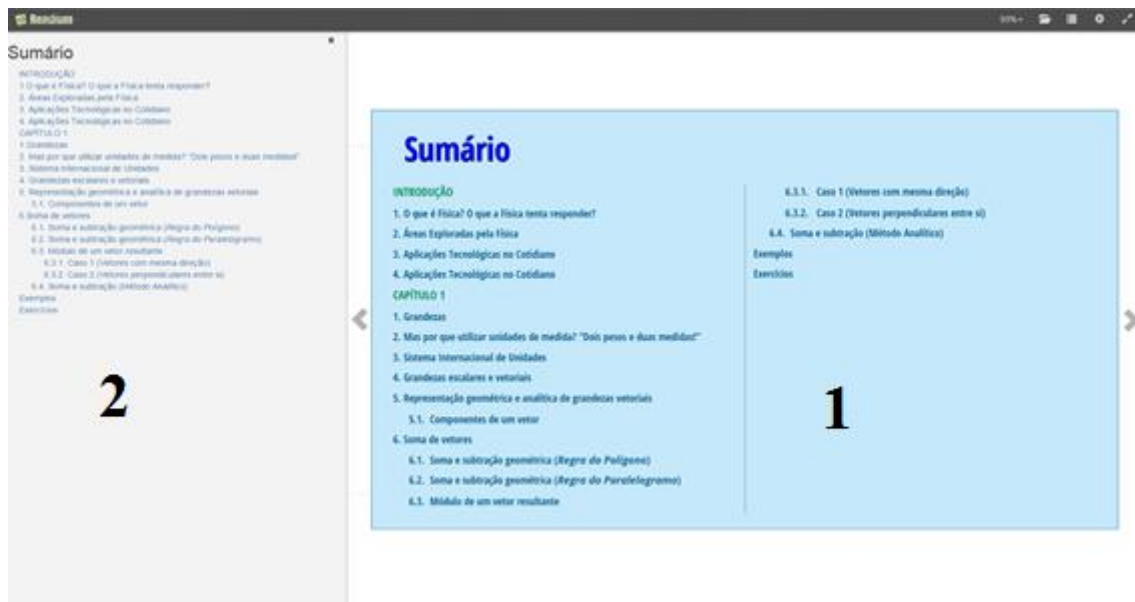


Figura 4.3. Visão dos sumários do livro (imagem 1) e do aplicativo *Readium* (imagem 2).

**Sumário**

**INTRODUÇÃO**

1. O que é Física? O que a Física tenta responder?
2. Áreas Exploradas pela Física
3. Aplicações Tecnológicas no Cotidiano
4. Aplicações Tecnológicas no Cotidiano

**CAPÍTULO 1**

1. Grandezas
2. Mas por que utilizar unidades de medida? "Dois pesos e duas medidas!"
3. Sistema Internacional de Unidades
4. Grandezas escalares e vetoriais
5. Representação geométrica e analítica de grandezas vetoriais
  - 5.1. Componentes de um vetor
6. Soma de vetores
  - 6.1. Soma e subtração geométrica (*Regra do Polígono*)
  - 6.2. Soma e subtração geométrica (*Regra do Paralelogramo*)
  - 6.3. Módulo de um vetor resultante
    - 6.3.1. Caso 1 (Vetores com mesma direção)
    - 6.3.2. Caso 2 (Vetores perpendiculares entre si)
  - 6.4. Soma e subtração (Método Analítico)

Exemplos  
Exercícios

Figura 4.4. Visão do sumário do livro no aplicativo *Pubtree* em um smartphone com sistema operacional Android 5.0.1.

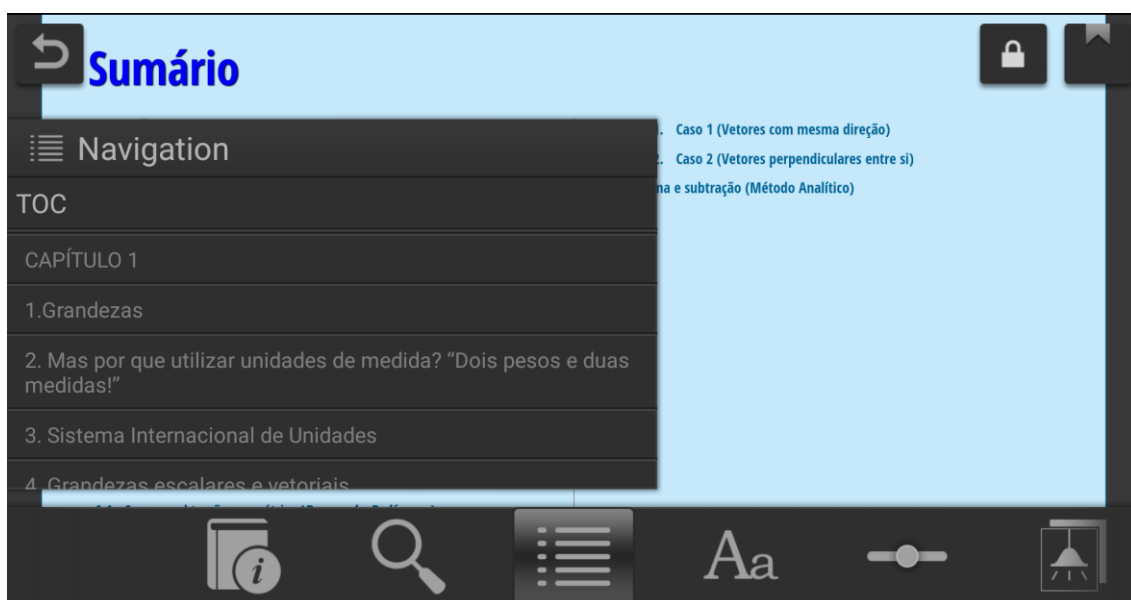


Figura 4.5. Visão do sumário característico do aplicativo *Pubtree* em um smartphone com sistema operacional Android 5.0.1.

Na Figura 4.5 faz-se importante observar que o aplicativo *Pubtree* disponibiliza algumas funcionalidades interessantes como: pesquisa por um determinado texto no livro (ícone da lupa); barra de navegação para um ponto

específico do livro (ícone barra com círculo) e aumentar ou diminuir o brilho (ícone lâmpada).

#### 4.3.1. Diferenciais do livro digital interativo

Faz-se importante mencionar as características que tornam o produto educacional descrito aqui mais atrativo e vantajoso em relação aos livros impressos. Esta subseção irá tratar algumas dessas características.

##### ***Navegação***

Os diversos conteúdos podem ser acessados de forma fácil, rápida e a qualquer momento utilizando para isso os sumários disponíveis no livro e no aplicativo de leitura, além da barra de navegação, conforme pode ser visto nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

##### ***Agrupamento de conteúdo***

Foram acrescentados alguns resumos de biografias dos principais cientistas que contribuíram para a ciência com a intenção de informar algo a mais aos alunos. Estes foram agrupados em forma de slides rolantes evitando um volume desnecessário de conteúdo na página, podendo ser consultados em outro momento. Um exemplo disso pode ser visto na Figura 4.2.

##### ***Utilização de vídeos e links importantes***

Uma das grandes vantagens de um livro digital sobre um livro impresso é a possibilidade de inserir vídeos e links para acesso a mais informações relacionadas ao conteúdo.

A Figura 4.6 abaixo ilustra uma das páginas do livro contendo um vídeo e alguns links. O vídeo disponibilizado é um pequeno documentário intitulado “Em su justa medida” produzido pela produtora argentina LumaDoc e disponibilizado no Youtube. No vídeo são relatados diversos fatos históricos acerca das medidas, mostrando que a necessidade de realizar medidas sempre existiu.

Outro fato importante é que o vídeo está em espanhol, o que seria uma dificuldade para a compreensão dos alunos. No entanto, o próprio Youtube fornece opções de tradução e legendagem automática, tirando a limitação de disponibilizar apenas vídeos dublados ou já legendados em português. Tais ferramentas podem ser acessadas durante a exibição do vídeo.

**CAPÍTULO 1 - GRANDEZAS FÍSICAS E VETORES**

As unidades derivadas são as formadas através da composição das unidades fundamentais. Quando queremos medir área, segundo o sistema MKS (SI), usamos metro quadrado ( $m^2$ ). E para volume, usamos o metro cúbico ( $m^3$ ). Com as unidades de comprimento e de tempo podemos medir a velocidade (metros por segundo,  $m/s$ ) ou a aceleração (metros por segundo ao quadrado,  $m/s^2$ ).

O Sistema Internacional de Unidades adota sete unidades de medida como sendo fundamentais, que são:

Tabela 1.02: Unidades fundamentais do SI.

Grandezas	Unidades	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Corrente elétrica	Ampère	A
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de matéria	Mol	mol
Intensidade luminosa	Candela	cd

O vídeo a seguir faz um relato histórico sobre as unidades de medida, apresentando sua evolução até a criação do SI.

Vídeo 1.01: História das medidas - Em boa medida.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=srAzK4jqZPE>

No Brasil existe um órgão governamental responsável por tratar da padronização estabelecida pelo SI. Esse órgão é o *Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia* (INMETRO). Em seu site ([www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)) é possível encontrar diversas informações importantes sobre as unidades de medida. Para obter mais informações sobre o SI acesse o documento Sistema Internacional de Unidades SI disponibilizado pelo INMETRO.

Figura 4.6. Página do livro com vídeo e links.

### Utilização de animações

Conforme relatado nos Capítulos 2 e 3, as animações ganharam importante papel na mediação do processo ensino-aprendizagem, uma vez que possibilitam aos alunos interagirem com o objeto do conhecimento. A Figura 4.7 mostra a utilização de uma animação com o objetivo de levar os discentes a compreenderem a definição do que vem a ser uma grandeza física vetorial, tornando-os aptos ainda a diferenciá-las das grandezas físicas escalares.

O livro traz orientações sobre como os alunos deverão proceder, seguindo um passo a passo que leva à formação de um conceito com maior acomodação mental, tendo em vista haver a necessidade de resolver um problema através de interações com a situação-problema, tais como as apresentada nas Figura 4.7 e 4.8.

Os alunos também podem compartilhar seus resultados e sugestões utilizando grupos em redes sociais, assim podem realizar comparações chegando a conclusões acerca dos conceitos envolvidos.

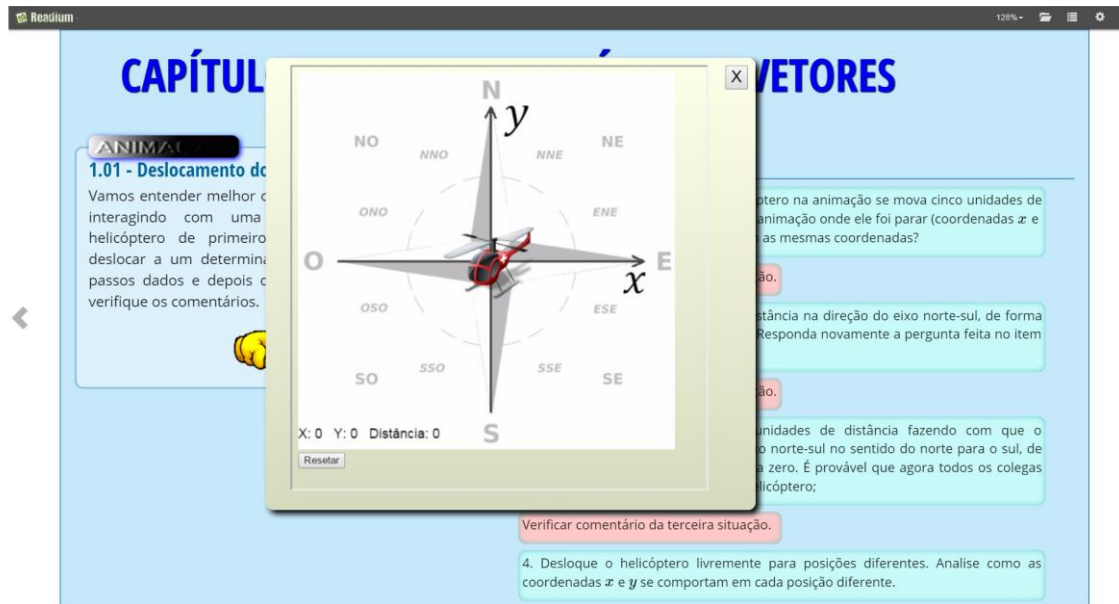


Figura 4.7. Página do livro contendo uma animação para trabalhar a aprendizagem sobre os tipos de grandezas físicas.

A Figura 4.8 apresenta outro exemplo, no qual os alunos são levados a aprender como lidar com vetores, entendendo o que são seu módulo, orientação, representação geométrica, representação analítica e etc.

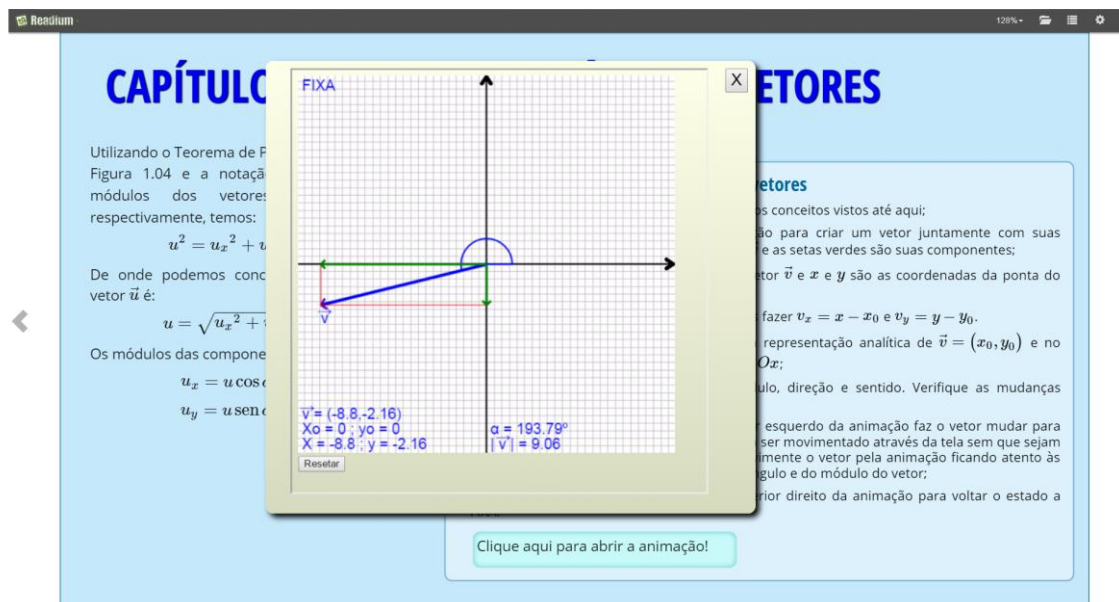


Figura 4.8. Página do livro contendo uma animação que permite criar vetores e interagir com eles.

### Utilização de áudios explicativos

O livro possui exemplos resolvidos passo a passo utilizando áudios para complementar as explicações. Isto representa outro grande potencial do produto educacional em detrimento dos livros impressos.

As figuras 4.9 e 4.10 abaixo mostram dois exemplos resolvidos inseridos no produto educacional com os quais os alunos podem interagir vendo a resolução passo a passo de dois problemas. Durante a interação, além das animações apresentarem o passo a passo, também, são reproduzidos áudios explicativos sobre cada ponto da resolução.

Dessa forma, os discentes podem apreender as informações dos problemas utilizando múltiplos sentidos, inclusive a audição, aumentando dessa forma a compreensão e conseqüentemente a aprendizagem.

**CAPÍTULO VETORES**

**Primeiro formamos um paralelogramo**

Observação  
Se analisarmos o caso em retângulo. Neste caso, po

6.4. Soma e subtração  
Também é possível realiza este método, devemos es em cada componente.  
Por exemplo, para somar

Assim, a soma entre os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  será igual ao vetor  $\vec{s}$  cujas componentes serão  $s_x = u_x + v_x$  e  $s_y = u_y + v_y$ .  
Ao subtrair os dois vetores encontraremos o vetor  $\vec{r} = \vec{u} - \vec{v}$  cujas componentes são:  $r_x = u_x - v_x$  e  $r_y = u_y - v_y$ .

**Exemplos**

**1.05 - Soma entre vetores formando um ângulo menor que 90°**

1.1. Desenhar o vetor soma entre os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  e encontrar seu módulo, sabendo que eles formam entre si um ângulo de 60° e possuem módulos  $u = 5,0$  e  $v = 4,0$ . Clique do lado direito da animação para prosseguir e no lado esquerdo para voltar.

Clique aqui para abrir a animação!

Figura 4.9. Página do livro apresentando um exemplo resolvido em forma de animação com a inclusão de áudios explicativos.

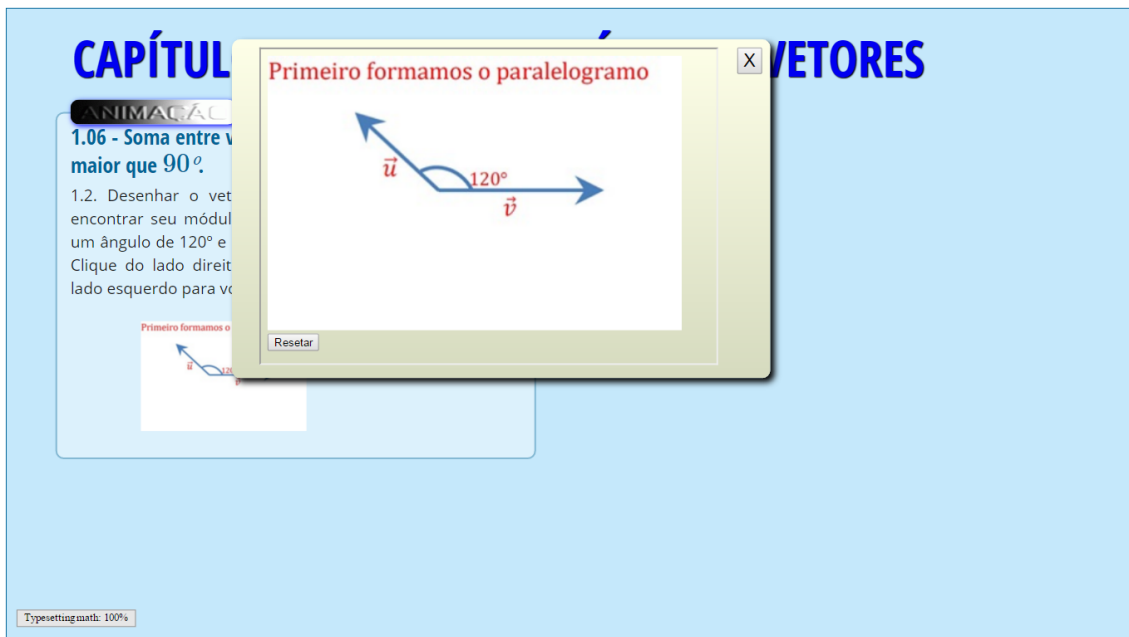


Figura 4.10. Mais uma página do livro apresentando um exemplo resolvido em forma de animação com a inclusão de áudios explicativos.

### ***Exercícios interativos***

Os exercícios podem ser trabalhados de forma diferenciada, no sentido de que podem ser resolvidos e em seguida verificados quanto a estarem corretos ou incorretos. A figura 4.11 abaixo apresenta uma página do livro contendo alguns exercícios. Ao chegarem à resolução ou conclusão acerca de determinado problema, os alunos podem inserir os resultados em caixas de texto e em seguida verificar a assertividade do mesmo. Novamente aqui, os resultados podem ser copiados e compartilhados em grupos virtuais ou na própria sala de aula, gerando interação social e também criando redes de conexão para disseminação do conhecimento.



# CAPÍTULO 1 - GRANDEZAS FÍSICAS E VETORES

## Exercícios

1.1. Sobre o bloco da figura abaixo atuam cinco forças  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$ ,  $\vec{F}_4$  e  $\vec{F}_5$  (representadas por vetores), cujos módulos são  $F_1 = 5N$ ,  $F_2 = 4N$ ,  $F_3 = 3N$ ,  $F_4 = 2N$  e  $F_5 = 3N$ .

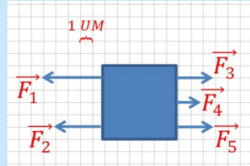


Figura 1.16: Forças atuando sobre um bloco.

Responda:

- Qual o módulo do vetor força,  $\vec{F}_R$ , em Newtons, resultante da soma de todas as forças sobre o bloco?

- Para qual lado o bloco irá se mover?

1.2. Alguns trabalhadores precisam levantar um bloco de concreto. A gravidade exerce uma força sobre o bloco orientada para baixo de módulo igual a 2000 N. Cada trabalhador consegue exercer uma força de módulo 450 N com orientação para cima.

Responda:

- Quantos trabalhadores, no mínimo, serão necessários para levantar o bloco?  Qual será o módulo da força resultante que eles exercerão?  E qual será o sentido da força resultante dos trabalhadores?
- Qual será o módulo da força total sobre o bloco se apenas três trabalhadores tentarem levá-lo?  Qual será o sentido dessa força total resultante?

Figura 4.11. Página do livro contendo alguns exercícios interativos.

Também é possível juntar funcionalidades, criando assim, por exemplo, exercícios ainda mais interativos com simulações apresentando situações-problema, nos quais os alunos são questionados acerca da solução. Um exemplo disso está disposto na Figura 4.12.

Figura 4.12. Exemplo de um exercício em forma de simulação.



Na situação apresentada na Figura 4.12, os discentes são apresentados ao típico problema da travessia de um barco em um rio com correnteza. O objetivo é fazer o barco chegar ao ponto destacado (pier), necessitando, para tanto, que seja feita uma análise vetorial do problema. Levando o barco ao local mais adequado e informando qual deverá ser a velocidade, o objetivo poderá ser seja atingido. O problema não possui uma única situação. Cada vez que o aluno tocar no botão “Resetar” será apresentado uma situação-problema escolhida aleatoriamente, podendo apresentar vetores com módulos e sentidos diferentes, assim como uma correnteza do rio com sentido e velocidade diferente, levando a necessidade de análises e respostas também diferentes.

## Capítulo 5

### Metodologia e Resultados

Com a intenção de verificar a eficiência e eficácia do objeto educacional desenvolvido neste trabalho, foram realizadas aulas e/ou aplicação de questionários para medir se houve melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Primeiramente, o questionário avaliativo disponível no Apêndice A foi aplicado em duas turmas de uma escola pública da rede estadual de ensino. Para tal fim, foi selecionada a Escola Estadual Rosa Pignataro (EERP), situada na Rua Professor Reginaldo de Oliveira, S/N, São Sebastião, Nova Cruz/RN.

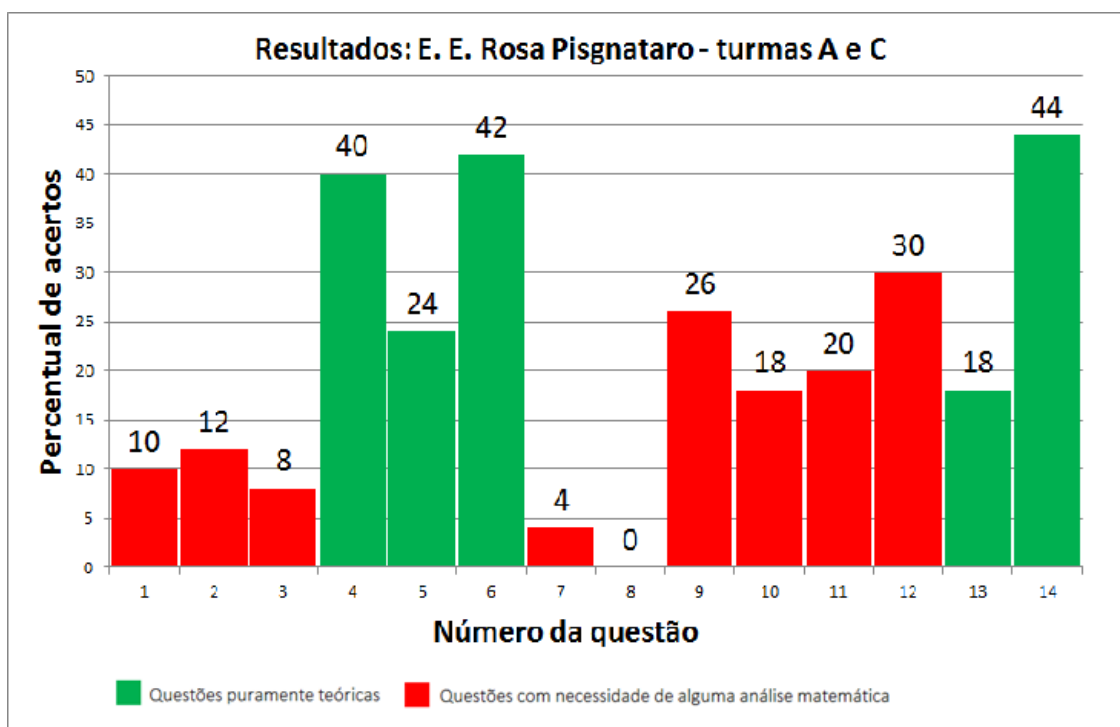
A escola é atualmente a maior da cidade, atendendo a um quantitativo de aproximadamente 1.300 (um mil e trezentos) alunos, oferecendo turmas da segunda etapa do ensino fundamental regular e com maior foco no ensino médio regular.

O questionário foi aplicado, simultaneamente, nas turmas da primeira série A e primeira série C do turno matutino, totalizando um universo de cinquenta alunos. O questionário foi aplicado em tais turmas devido ao fato de que os alunos já haviam estudado durante o ano letivo o tema do livro desenvolvido (*Grandezas Físicas e Vetores*). Nessas turmas o professor utilizou-se de aulas expositivas tradicionais fazendo uso do livro didático impresso adotado pela escola, quadro branco e pincel.

A intenção inicial da pesquisa era obter os resultados dos testes para poder compará-los com duas outras turmas de outra escola da rede estadual de ensino, na qual seria aplicado o objeto educacional, entretanto, surgiu a necessidade de fazer uma mudança tendo em vista que os resultados dos questionários aplicados foram muito baixos. A média total de acertos foi de aproximadamente 3 de um total de 14 questões, representando apenas 21% do total de questões presentes no questionário aplicado.

O gráfico 5.1 demonstra os resultados obtidos com a pesquisa.

**Gráfico 5.1.** Percentual de acertos por questão para o questionário aplicado em duas turmas de primeira série do ensino médio regular da EERP, totalizando cinquenta alunos.



No gráfico 5.1, as barras em cor verde representam questões puramente teóricas, enquanto que as em cor vermelho representam questões que exigem alguma interpretação e/ou tratamento matemático/geométrico.

Desconsiderando os resultados obtidos, uma vez que diversos fatores poderiam ter levado ao baixo rendimento dos alunos, tais como: os conteúdos tratados no questionário não terem sido abordados por completo, ou, terem sido abordados por completo e o baixo rendimento ser explicado por ter sido tratado no início no ano letivo. Mesmo sabendo que existiu a necessidade de aplicação dos conhecimentos acerca de grandezas físicas e vetores nos demais conteúdos tratados no decorrer do ano.

O objeto educacional foi aplicado na Escola Estadual Djalma Marinho (EEDM), situada na Avenida Assis Chateaubriand, S/N, Frei Damião, Nova Cruz/RN.

Devido ao exposto anteriormente, optou-se por aplicar o objeto educacional na íntegra em apenas uma das duas turmas anteriormente planejadas da EEDM, sendo que na outra turma o conteúdo fora tratado com uma versão impressa do material em forma de apostila, não fazendo uso do seu potencial com uso das TIC.

A EEDM é uma escola mais periférica, ao contrário da EERP que é uma escola mais central na cidade. Oferece turmas da segunda etapa do ensino fundamental e de ensino médio, ambas nas modalidades regular e EJA, totalizando aproximadamente 650 (seiscentos e cinquenta) alunos, possuindo apenas duas turmas de primeira série do ensino médio regular, as quais foram utilizadas para a realização da pesquisa. As duas turmas funcionam uma no turno matutino e outra no turno vespertino.

Conforme dito anteriormente, o objeto educacional seria aplicado simultaneamente e na íntegra nas duas turmas, mas decidiu-se por aplicar apenas em uma e na outra tratar o conteúdo *Grandezas Físicas e Vetores* de uma forma tradicional, utilizando-se dos mesmos recursos que o professor utilizou nas turmas A e C da EERP. A razão da mudança foi uma tentativa em obter dados mais precisos.

O principal motivo da escolha da EEDM para pôr em prática a pesquisa foi um problema ocorrido durante todo o ano letivo, a falta de professor de Física. Falta esta causada devido a retirada, por parte do Estado do RN e no início do ano letivo, dos professores temporários que estavam atuando. Como o conteúdo utilizado neste livro desenvolvido deve ser abordado no início da primeira série do ensino médio, então o problema relatado foi o fator dominante para que a escola tenha sido escolhida, uma vez que os alunos ainda não haviam tido contato com o tema do objeto educacional ou quaisquer outros

conteúdos de Física, além dos tratados de forma mais básica em ciências no nono ano do ensino fundamental.

O objeto educacional foi aplicado na turma do matutino (primeira série A), seguindo o cronograma abaixo.

**Tabela 5.1.** Cronograma das aulas com utilização do objeto educacional.

<b>Data das aulas</b>	<b>Quantidade de aulas com duração de 50 minutos e conteúdo tratado</b>
26/10/2015	2 aulas (Introdução)
09/11/2015	2 aulas (Grandezas; Unidades de medida; SI; Representação de grandezas vetoriais)
16/11/2015	2 aulas (Soma de vetores)
23/11/2015	2 aulas (Soma de vetores)
30/11/2015	2 aulas (Exemplos e Exercícios)
04/12/2015	2 aulas (Aplicação do questionário)

A maioria dos alunos da turma possuíam smartphones com sistema operacional Android e alguns poucos com sistema Operacional Windows Phone. Os que não possuíam smartphones ou fizeram uso de tablets ou computadores próprios ou da escola, ou ainda, formaram grupos com os demais colegas que possuíam.

As aulas foram ministradas utilizando um *Computador Interativo e Lousa Digital (Projeto Proinfo)*, do *Programa Nacional de Formação Continuada em Tecnologia Educacional (Proinfo Integrado)*. A EEDM possui um total de seis computadores desse tipo, apresentados na figura 5.1.



Figura 5.1. Computador utilizado para ministrar as aulas utilizando o livro digital interativo (ProInfo Integrado/FNDE, 2015)

Os computadores interativos possuem sistema operacional Linux Educacional 4.0. Para exposição do objeto educacional foi utilizado o navegador *Google Chrome* (mais leitor *Readium*).

Para acompanhamento nas aulas e estudo individual em casa ou em grupo através de redes sociais, os alunos foram instruídos a instalar o aplicativo *Pubtree* disponível gratuitamente na *Google Play Store* ou o aplicativo *Readium* disponível nas extensões do *Google Chrome* em <https://chrome.google.com/webstore/category/extensions?hl=pt-BR>.

O arquivo .epub foi passado aos alunos por meio de um link de compartilhamento do *Dropbox* utilizando um grupo da turma no aplicativo *WhatsApp Messenger*. Todavia, existiu uma dificuldade para os alunos que não possuem internet em casa devido residirem em localidades mais afastadas da cidade. A escola EEDM possui uma internet de apenas 2 Mbps, utilizada tanto para serviços administrativos quanto rede WIFI. Dessa forma se tornou inviável o compartilhamento do arquivo do livro via internet. A solução para o problema surgiu por parte dos próprios alunos, quando sugeriram que tanto o aplicativo *Pubtree* quanto o objeto educacional poderia ser compartilhado entre eles utilizando outro aplicativo gratuito, também disponível na *Google Play Store*, o *ES File Explorer*. Este possibilita criar uma rede local utilizando a conexão

bluetooth dos smartphones, permitindo o compartilhamento de quaisquer arquivos e aplicativos. Alguns alunos já faziam uso do *ES File Explorer* e através deles foi possível interconectar toda a turma.

Durante as aulas ou alunos puderam estudar os conteúdos tratados no objeto educacional, sempre com o professor como mediador sanando dúvidas. Fora das aulas, os estudos ocorreram de forma individual com discussões em grupo através do *WhatsApp*, também com o professor como mediador.

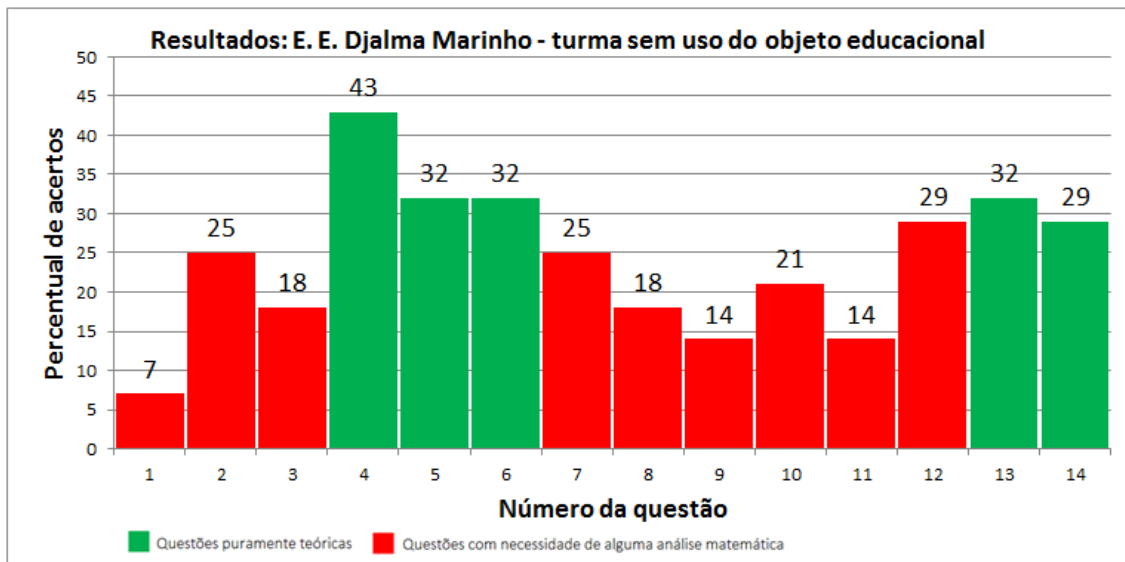
Concomitantemente, na primeira série do turno vespertino, as aulas foram ministradas utilizando apostilas impressas com o mesmo conteúdo do objeto educacional sem se utilizar do livro digital interativo e sem a realização de debates por meio de grupos virtuais em redes sociais. As aulas seguiram o cronograma abaixo.

**Tabela 5.2.** Cronograma das aulas sem utilização do objeto educacional

<b>Data das aulas</b>	<b>Quantidade de aulas com duração de 50 minutos e conteúdo tratado</b>
27/10/2015	2 aulas (Introdução)
03/11/2015	2 aulas (Grandezas; Unidades de medida; SI; Representação de grandezas vetoriais)
17/11/2015	2 aulas (Soma de vetores)
24/11/2015	2 aulas (Soma de vetores)
01/12/2015	2 aulas (Exemplos e Exercícios)
04/12/2015	2 aulas (Aplicação do questionário)

O Gráfico 5.2 apresenta os resultados obtidos nos questionários aplicados na primeira série vespertina.

**Gráfico 5.2.** Percentual de acertos por questão na primeira série do ensino médio regular do turno vespertino da EEDM.



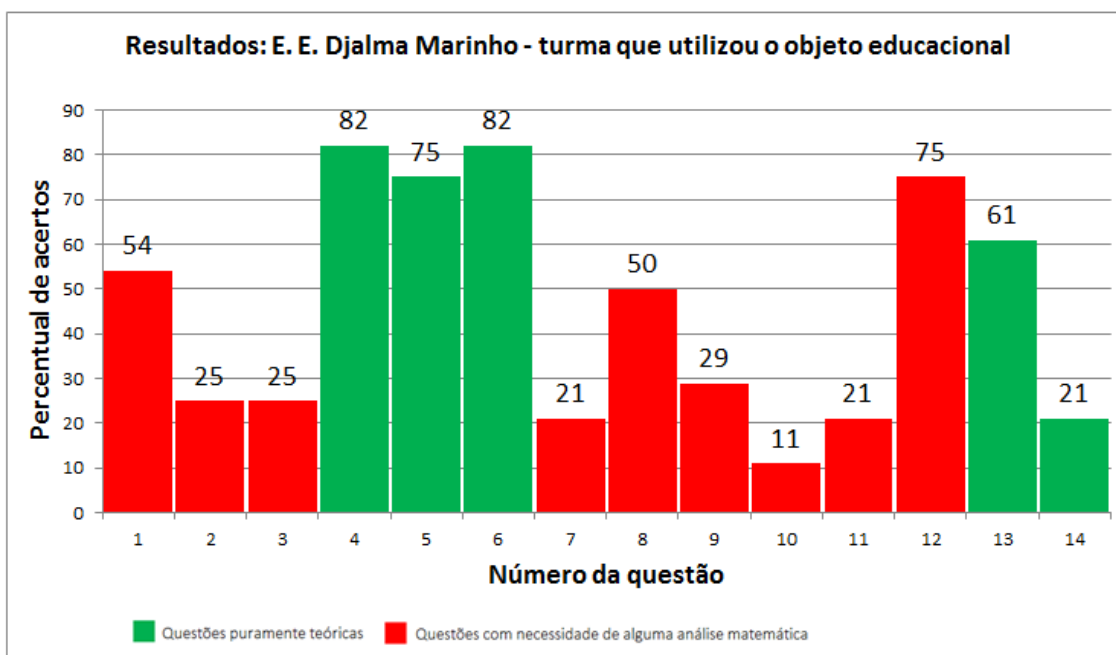
Analisando o gráfico 5.2, podemos observar um número maior de acertos nas questões teóricas. Esse resultado pode confirmar a dificuldade enfrentada pelos alunos em cálculos matemáticos. Este comportamento também foi observado nas duas turmas da EERP, cujos resultados do questionário foram exibidos no gráfico 5.1.

Por outro lado, comparando os resultados do gráfico 5.2 com os do gráfico 5.1, podemos observar uma pequena evolução no número de acertos. A média de acertos saiu de 3,0 para 3,4 de um total de 14 questões. Isto corresponde a cerca de 24% de acertos.

O gráfico 5.3 apresenta os dados coletados para o questionário utilizado na turma na qual foi aplicado o objeto educacional tornando a aula mais interativa com o uso dos dispositivos móveis.



**Gráfico 5.3.** Percentual de acertos por questão na primeira série do ensino médio regular do turno matutino da EEDM.



O gráfico 5.3 mostra que houve um aumento considerável na média de acertos para o questionário dos alunos que utilizaram o livro digital. Esta média subiu para 6,3 do total de 14 questões, representando um total de aproximadamente 45% de acertos. Apesar do resultado, após aplicação do produto, ter ficado abaixo de uma média satisfatória (7,0 – 50%), ele foi capaz de demonstrar o grande potencial do objeto educacional desenvolvido. A metodologia empregada com o uso do livro digital interativo desenvolvido neste trabalho atendeu as expectativas iniciais de melhoria no processo ensino-aprendizagem.

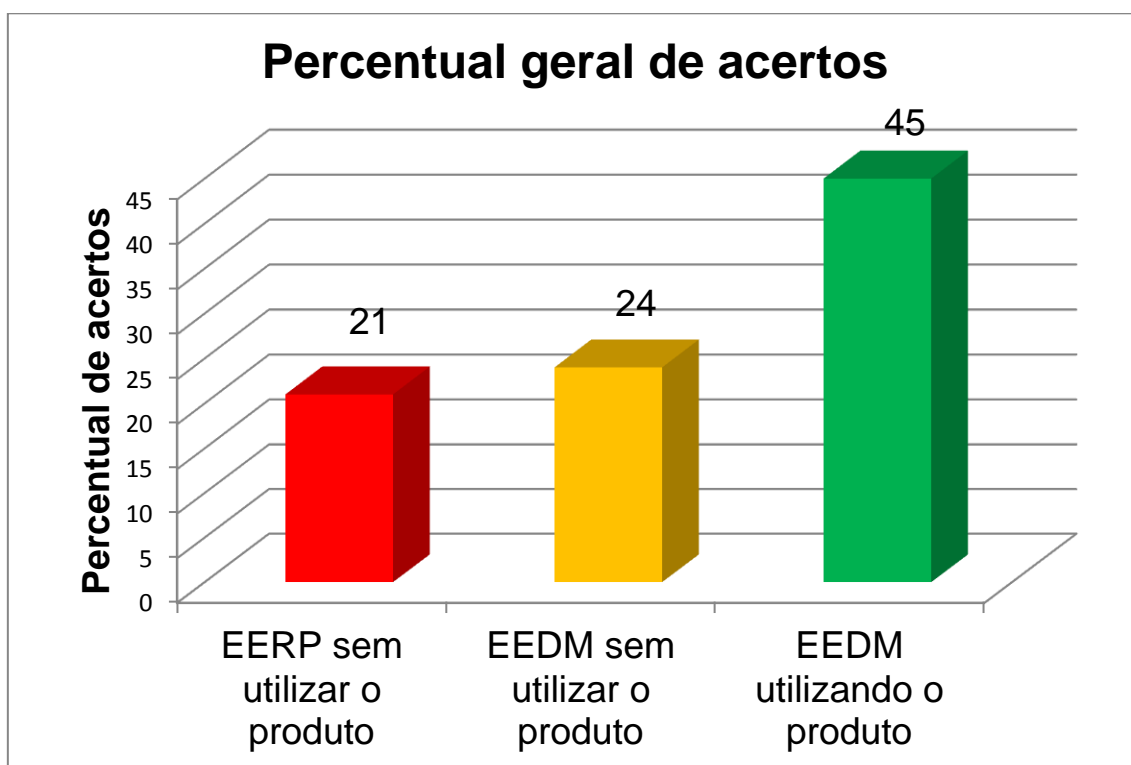
Os resultados exibidos no gráfico 5.3 demonstram, também, que houve uma melhoria bastante considerável em relação ao quantitativo de acertos nas questões puramente teóricas (barras verdes). Apesar de as barras em vermelho evidenciarem uma melhoria, esta não foi tão acentuada quanto nas questões puramente teóricas. Isto evidencia a grande dificuldade que hoje pode ser notada, não apenas nas duas escolas pesquisadas, mas também em todo o país. Ou seja, os alunos sempre têm muita dificuldade em lidar com

situações problemas que envolvam ou necessitem de algum raciocínio matemático/geométrico. Uma triste realidade verificada em todas as turmas foi a de alunos sem saber resolver operações de potenciação e radiciação, e mesmo questões que necessitassem de divisões para obtenção do resultado, principalmente divisões envolvendo números decimais.

Ao longo da aplicação do produto educacional foi possível perceber que os alunos sentem mais prazer em estudar fazendo uso do livro digital do que com os tradicionais livros impressos. Eles se sentem mais a vontade e motivados por estarem interagindo com o conteúdo a ser aprendido, assim como, apresentam satisfação por interagirem com os colegas fazendo uso das NTIC.

O gráfico 5.4 abaixo mostra o percentual geral de acertos para o questionário aplicado em todas as turmas das duas escolas. Nele é possível perceber a grande evolução de uma forma geral na melhoria da aprendizagem dos alunos.

**Gráfico 5.4.** Percentual geral de acertos para os questionários aplicados.



A tabela 5.3 abaixo exhibe, detalhadamente, os dados obtidos na aplicação do questionário em todas as turmas.

**Tabela 5.3.** Percentual geral de acertos para as turmas nas quais foi aplicado o questionário.

Número da questão	% de acertos (EERP)	% de acertos (EEDM-1ªB)	% de acertos (EEDM-1ªA)
1	10	7	54
2	12	25	25
3	8	18	25
4	40	43	82
5	24	32	75
6	42	32	82
7	4	25	21
8	0	18	50
9	26	14	29
10	18	21	11
11	20	14	21
12	30	29	75
13	18	32	61
14	44	29	21

## Capítulo 6

### Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma proposta inovadora enquanto mais uma ferramenta voltada à melhoria da educação e especificamente para o ensino de física, uma disciplina que tem se mostrado um tanto problemática no quesito aprendizagem, sendo classificada por muitos estudantes como a disciplina mais difícil no âmbito do ensino médio.

Os resultados obtidos e apresentados no capítulo anterior, os quais foram satisfatórios, demonstram o grande potencial na utilização das NTIC no processo ensino-aprendizagem, fazendo destaque à utilização de livros digitais interativos enquanto uma importante inovação que favorece a aprendizagem dos alunos e a construção do conhecimento.

As diversas funcionalidades incluídas no produto educacional são apenas algumas dentre muitas outras possíveis de serem acrescentadas. Os alunos, ao terem a possibilidade de estudar usando um material ricamente ilustrado e dotado de ferramentas que favorecem a interação, demonstraram um bom aumento no interesse pelo conhecimento a ser adquirido, principalmente quando se é tratado algo com relevante aplicabilidade no cotidiano.

Por ser um livro digital interativo e tendo em vista o seu potencial, o produto educacional objeto desse trabalho estará em constante desenvolvimento, ou seja, serão criados novos livros com a intenção de que futuramente se tornem capítulos a comporem volumes completos tratando sobre toda a temática da física no ensino médio. Também serão incluídas mais algumas ferramentas/funcionalidades, tais como: páginas para rascunho, calculadoras padrão e científica, jogos, etc.

Existe uma biblioteca gratuita e de código aberto JavaScript chamada Box2dWeb, criada e mantida pela comunidade do GitHub ([github.com](https://github.com)) que

fornece uma grande possibilidade de criação de animações, simulações e jogos. O diferencial dessa biblioteca ao mesmo tempo em que sua importância na criação de aplicativos para o ensino de física está no fato de que ela cria um mundo físico, ou seja, um mundo no qual as leis da física são obedecidas, permitindo trabalhar com variáveis como aceleração da gravidade, coeficiente de restituição, atrito e densidade, por exemplo. Como a temática trabalhada neste trabalho foi *Grandezas Físicas e Vetores*, a biblioteca Box2dWeb não chegou a ser utilizada, porém será usada intensivamente quando da confecção de novos conteúdos, principalmente, nas temáticas relacionadas às leis da Dinâmica, energias cinética e potencial, colisões e conservação do momento linear e angular e gravitação.

A intenção é que o livro *Física Digital Interativa – Vol. 1* venha a abordar todo o conteúdo programático da primeira série do ensino médio. Conseqüentemente outros dois volumes serão criados, um para a segunda série e outro para a terceira série do ensino médio, contemplando assim todo o currículo de Física para o ensino médio.

Existem atualmente algumas iniciativas em softwares livres e sites de uso gratuito bem conhecidos, tais como o PhET (<https://phet.colorado.edu/>) e o OSP (<http://www.opensourcephysics.org/>) com ideias didaticamente interessantes sobre os mais diversos conteúdos de Física, e que certamente serão levados em consideração na continuação desse trabalho.

Outras sugestões de referências com diversas animações e simulações didáticas, inclusive sendo a maior parte desenvolvida em HTML5, são schoolphysics (<http://www.schoolphysics.co.uk/>) e BU Physics (<http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/>). Essas fontes foram e continuarão sendo visitadas na busca de ideias para futuras implementações no produto educacional.

## Referências Bibliográficas

7-ZIP. Disponível em <http://www.7-zip.org/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

BARROSO, M. F., FELIPE, G., SILVA, T. Aplicativos computacionais e ensino de física. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Fundação Consórcio de Ensino a Distância do Rio de Janeiro, 2006.

BECKER, F. O que é construtivismo. Série ideias, v. 20, p. 87-93, 1994.

CÁSSIO, É. Desenvolva jogos com HTML5 Canvas e JavaScript. Editora Casa do Código, 06/2014.

\_\_\_\_\_. Jogos em HTML5: explore o mobile e física. Editora Casa do Código, 10/2014.

CASTAÑON, G. A. Construtivismo e ciências humanas. Ciências e Cognição, vol. 05: 36-49, 2005.

COLBEK, R. T. Estudo comparativo de tecnologias para desenvolvimento de um protótipo de objeto de aprendizagem voltado ao ensino de vetores. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS, 2013.

CSS - curso W3C escritório Brasil. Disponível em <http://www.w3c.br/pub/Cursos/CursoCSS3/css-web.pdf>. Acesso em 15 de Novembro de 2015.

DOCA, R. H., BISCUOLA, G. J., BÔAS, N. V. Tópicos de Física 1: mecânica. Editora Saraiva, 2007.

EPUBCHECK. Disponível em <https://github.com/IDPF/epubcheck>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

FERREIRA, E., EIS, D. HTML5: curso W3C Escritório Brasil. São Paulo, W3C, 2010.

FERREIRA, H. F. P. C. Leitura automática de expressões matemáticas – AudioMath. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Porto, setembro de 2005.

FORESTI, A., TEIXEIRA, A. C. Proposta de um conceito de aprendizagem para a era digital. Revista Latinoamericana de Tecnologia Educativa, Vol. 11(2), Campus Virtual, 2012.

GARRISB, M. Accessible EPUB 3: best practices for creating universally usable content. O'Reilly Media, Inc., Gravenstein Highway North, Sebastopol, 2012.

GÓES, P. de T. A., SAMPAIO, R. L., ALMEIDA, A. R. S. Jovens em tempos de tecnologias digitais: estudando entre cartas e redes. 8º Encontro Internacional de Formação de Professores, 9º Fórum Permanente de Inovação Educacional, 2015.

HAWKING, S. Os gênios da ciência: sobre os ombros de gigantes. Rio de Janeiro: Elsevier, Editora Campus, 2005.

IDPF-EPUB. Disponível em <http://www.idpf.org/epub/301/spec/epub-overview.html>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

JUNIOR, F. R., FERRARO, N. C., SOARES, P. A. de T. Os fundamentos da física 1: mecânica. 9ª edição, Moderna, 2007.

LORENZO, E. W. C. M. A utilização das redes sociais na educação. Editora Clube de Autores. Rio de Janeiro/RJ. 3 ed. 2013.

MARTINS, M. M., ROSA, L. P. da, SILVA, A. M. da. Inovação no ensino de química e ciências: roteiros de experimentos no formato de livros eletrônicos EPUB. 33º EDEQ, 2013.

MATHJAX - Getting started. Disponível em <http://docs.mathjax.org/en/latest/start.html>. Acesso em 16 de novembro de 2015.

MEIRA, J. N. B., FERRACINI, C. C., GIMENES, A. L. M., et al. Uma ferramenta de autoria de materiais instrucionais com símbolos matemáticos acessíveis a deficientes visuais. Universidade Municipal de São Caetano do Sul. São Caetano do Sul/SP, 2008.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Faculdade de Educação da UFMG, Investigações em Ensino de Ciências, v1(1), pp. 20-39, 1996.

NOTEPAD++. Disponível em <https://notepad-plus-plus.org/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

ORACLE. Java documentation. Disponível em <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/environment/paths.html>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. de H. Teorias de aprendizagem. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, 2010.

PBLE/MEC - Programa Banda Larga nas Escolas, Ministério da Educação. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=15808>. Acesso em 02 de Dezembro de 2015.

PRÄSS, A. R. Teorias de Aprendizagem. ScriniaLibris.com, 2012.

PROINFO INTEGRADO/FNDE - Computador digital e lousa digital. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/portaldecompras/index.php/produtos/computador-interativo-projetor>. Acesso em 02 de Dezembro de 2015.

PROUCA/FNDE - Programa um Computador por Aluno, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo/proinfo-programa-um-computador-por-aluno-prouca>. Acesso em 02 de Dezembro de 2015.



SANCHIS, I. de P., MAHFOUD, M., Construtivismo: desdobramentos teóricos e no campo da educação. Revista Eletrônica de Educação, v. 4, n. 1, mai. 2010.

SIEMENS, G. Conectivismo: uma teoria de aprendizagem para a era digital. 12 de dezembro, 2004.

SILVA, M. O que é interatividade. Boletim técnico do SENAC, Rio de Janeiro, 24(2), 27-35.

SILVA, M. I. da. Interações virtuais e autodidaxia: a rede como potencializadora de textos de alunos do ensino médio. Pau dos Ferros, 2013. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

TORRES, T. Z.. AMARAL, S. F. do. Aprendizagem colaborativa e *Web 2.0*: proposta de modelo de organização de conteúdos interativos. ETD – Educ. Tem. Dig., Campinas, v. 12, n. esp., p. 49-72, mar. 2011.

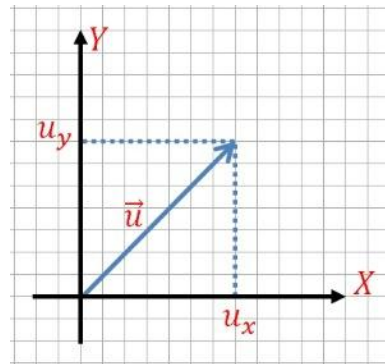
XAVIER, A. C. As tecnologias e a aprendizagem (re)Construcionista no Século XXI. Hipertextus Revista Digital, Recife, V. 1, 2007.

## Apêndice A

### Questionário aplicado nas turmas

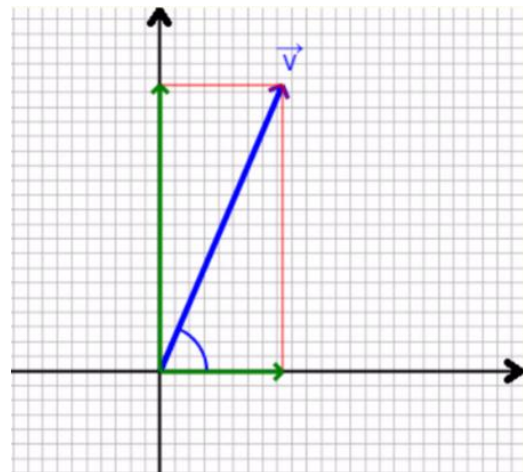
1. Considere o vetor  $\vec{u}$  na figura abaixo. Sabendo que o lado de cada quadrinho corresponde a uma unidade de comprimento, podemos afirmar que o vetor  $\vec{u}$  possui módulo aproximadamente igual a:

- a) 7 unidades de comprimento
- b) 7,5 unidades de comprimento
- c) 8,9 unidades de comprimento
- d) 9,9 unidades de comprimento
- e) 14 unidades de comprimento

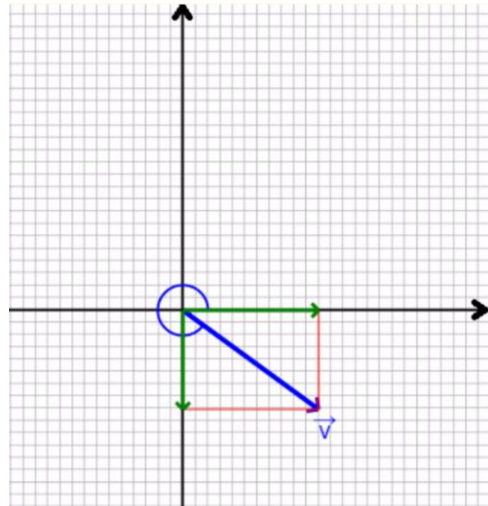


2. Sabendo que o vetor  $\vec{v}$  na figura ao lado possui módulo igual a 8,60 unidades de comprimento ( $|\vec{v}| = 8,60 u$ ) e que forma um ângulo  $\alpha = 67^\circ$  com o eixo horizontal, podemos afirmar que os módulos das componentes horizontal ( $\vec{v}_x$ ) e vertical ( $\vec{v}_y$ ) do vetor  $\vec{v}$  são:

- a)  $v_x \cong 3,36 (u)$  e  $v_y \cong 7,92(u)$
- b)  $v_x \cong 22,01 (u)$  e  $v_y \cong 9,34(u)$
- c)  $v_x \cong 7,92 (u)$  e  $v_y \cong 3,36(u)$
- d)  $v_x \cong 9,34 (u)$  e  $v_y \cong 22,01(u)$
- e)  $v_x \cong -7,92 (u)$  e  $v_y \cong -3,36(u)$



3. Sabendo que o vetor  $\vec{v}$  na figura ao lado possui módulo  $|\vec{v}| = 5,50$  unidades de comprimento ( $u$ ) e que forma um ângulo  $\alpha = 324^\circ$  com o eixo horizontal, podemos afirmar que os módulos das componentes horizontal ( $\vec{v}_x$ ) e vertical ( $\vec{v}_y$ ) do vetor  $\vec{v}$  são:



- a)  $v_x \cong 4,45 (u)$  e  $v_y \cong 3,23(u)$
- b)  $v_x \cong 3,23 (u)$  e  $v_y \cong -4,45(u)$
- c)  $v_x \cong 4,45 (u)$  e  $v_y \cong -3,23(u)$
- d)  $v_x \cong -4,45 (u)$  e  $v_y \cong -4,45(u)$
- e)  $v_x \cong -4,45 (u)$  e  $v_y \cong -3,23(u)$

4. O italiano Galileu Galilei (1564-1642), considerado o primeiro físico experimental do Renascimento, referia-se à Matemática como uma ferramenta indispensável à compreensão da natureza, porque fornece o instrumental necessário ao tratamento dos aspectos quantitativos da Física: comparar, estimar e calcular grandezas físicas, entre muitas outras coisas. Sobre as grandezas físicas, podemos afirmar que:

- a) São entes matemáticos importantes, porém não indispensáveis à Física.
- b) Podem ser classificadas em *escalares* e *vetoriais*.
- c) Os instrumentos de medição, tais como réguas, termômetros e balanças medem as grandezas físicas sem precisar seguir um padrão para isso.
- d) Não obedecem a um padrão, tal como o estabelecido pelo SI.
- e) Podem ser classificadas em *vetoriais*, *escalares* e *não mensuráveis*.

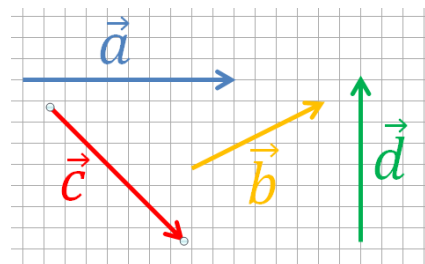
5. As grandezas físicas são entes físicos associados a algum fenômeno natural, que pode ser comparado e medido quantitativamente. São exemplos de grandezas físicas: tempo, distância, massa, velocidade, força, etc. Uma classificação **CORRETA** para as grandezas físicas é:

- a) *Não mensuráveis* e precisam apenas de um valor numérico para estar bem definidas.
- b) *Vetoriais* e precisam apenas de um valor numérico para estar bem definidas.
- c) *Escalares* e precisam de um valor numérico, uma direção e um sentido para estar bem definidas.
- d) *Escalares* e precisam de um valor numérico, uma unidade de medida, uma direção e um sentido para estar completamente definidas.
- e) *Vetoriais* e precisam de um valor numérico, uma unidade de medida, uma direção e um sentido para estar completamente definidas.

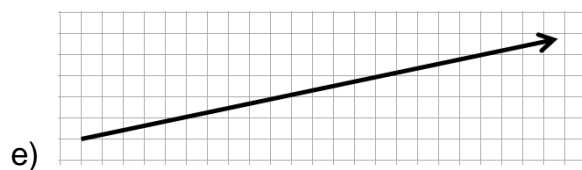
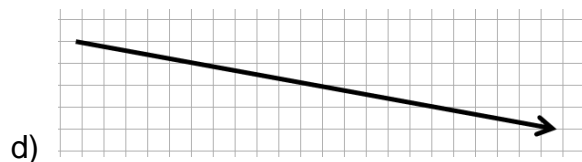
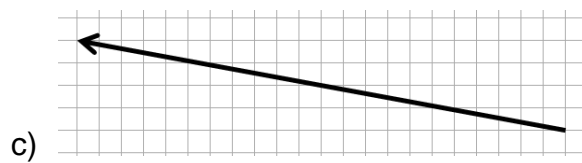
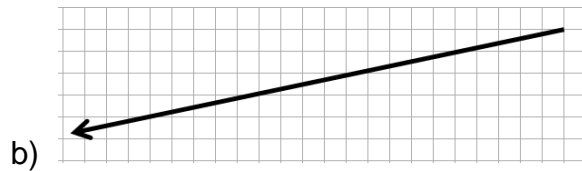
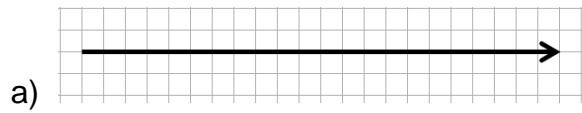
6. Qual das alternativas abaixo possui **APENAS** grandezas físicas vetoriais?

- a) Aceleração, velocidade, força.
- b) Tempo, massa, comprimento.
- c) Comprimento, velocidade, força.
- d) Velocidade, aceleração, temperatura.
- e) Massa, peso, gravidade.

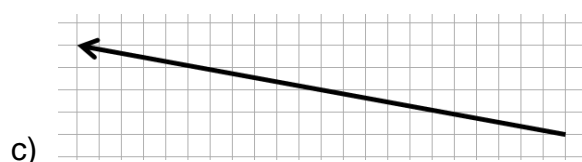
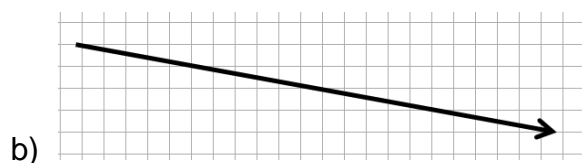
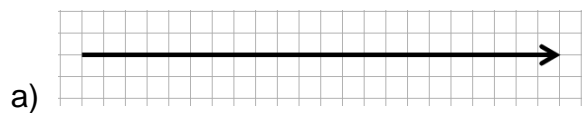
Sejam  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  os vetores da figura ao lado. Utilize-os para responder as questões 7 e 8.

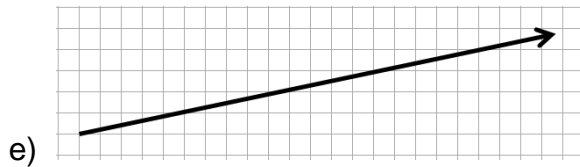
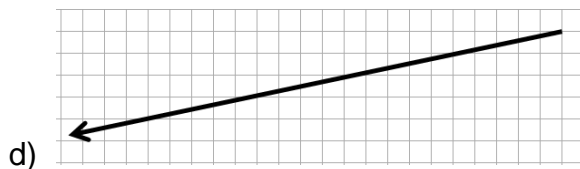


7. Qual das alternativas apresenta o vetor soma  $\vec{s} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$ ?



8. Qual das alternativas apresenta o vetor  $\vec{u} = -\vec{a} - \vec{b} - \vec{c} - \vec{d}$ ?





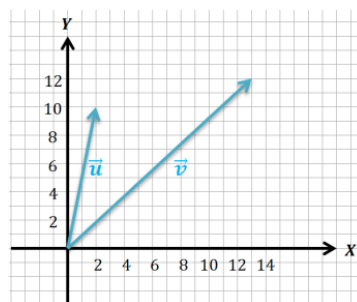
9. A regra do paralelogramo consiste de uma forma geométrica onde para se obter o vetor soma resultante de dois vetores quaisquer, juntamos a origem dos mesmos e em seguida montamos um paralelogramo. Este, por sua vez, nos possibilitará determinar o vetor soma. Sabendo que o módulo do vetor soma pode ser obtido aplicando a *Lei dos Cossenos*, podemos dizer que o módulo de um vetor  $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$ , é aproximadamente igual a:

Dados:  $|\vec{u}| = 6$ ;  $|\vec{v}| = 7$ ;  $\vec{u} \angle \vec{v} = 60^\circ$ .

- a) 6,8
- b) 11,3
- c) 13,0
- d) 13,5
- e) 0,7

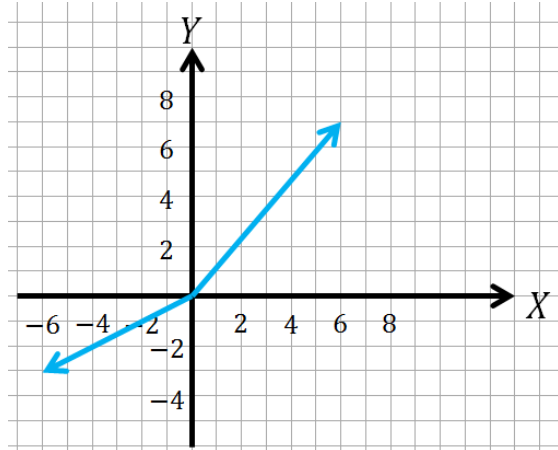
10. Analisando os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  na figura abaixo, podemos concluir que o vetor  $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$  será representado analiticamente por:

- a)  $\vec{u} = (2; 10)$
- b)  $\vec{u} = (6; 22)$
- c)  $\vec{u} = (13; 12)$
- d)  $\vec{u} = (11; 2)$



e)  $\vec{u} = (15; 22)$

11. Analisando os vetores  $\vec{e}$  e  $\vec{d}$  na figura abaixo, podemos concluir que o vetor  $\vec{f} = \vec{e} - \vec{d}$ , sendo  $\vec{e} = (6,7)$  e  $\vec{f} = (-6, -3)$  será representado analiticamente por:



a)  $\vec{f} = (1,1)$

b)  $\vec{f} = (0,4)$

c)  $\vec{f} = (12,10)$

d)  $\vec{f} = (-6, -3)$

e)  $\vec{f} = (6,7)$

12. Qual das alternativas abaixo possui apenas unidades de medida *derivadas* do SI?

a) Metro por segundo, metro quadrado, metro cúbico.

b) Quilômetro, metro por segundo, metro.

c) Metro, quilograma, segundo.

d) Metro por segundo, quilograma, metro.

e) Hora, minuto, segundo.

13. Com o intuito de uniformizar as unidades de medida adotadas entre os países, a Conferência Geral dos Pesos e Medidas estabeleceu, em 1960, o *Sistema Internacional de Unidade*, representado pela sigla *SI*. O *SI* considera sete grandezas físicas como fundamentais. Sabendo disso, qual das alternativas abaixo possui apenas unidades de medida *fundamentais* pertencentes ao *SI*?

a) Quilômetro, metro por segundo, metro.

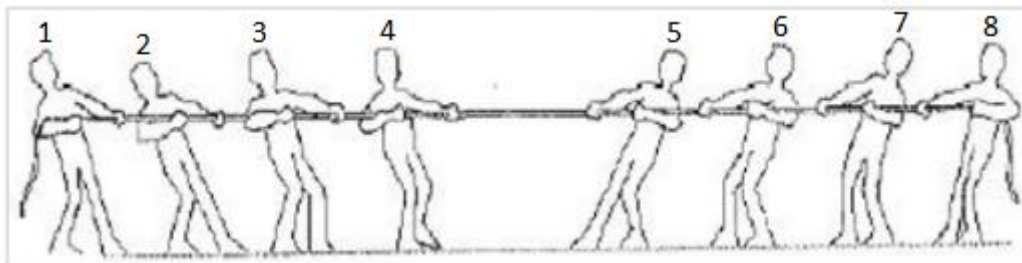
b) Metro, metro por segundo, quilograma.

c) Quilômetro por segundo, centímetro, segundo.

d) Metro, quilograma, segundo.

e) Metro por segundo, quilograma, metro.

14. Oito crianças estão brincando de cabo de guerra. Elas estão numeradas na figura abaixo. Sabe-se que a força é uma grandeza física vetorial e que sua unidade de medida é o *Newton* ( $N$ ). A criança 1 exerce uma força cujo módulo (valor) é  $F_1 = 100 N$ . As demais crianças também exercem forças cujos módulos são:  $F_2 = 90 N, F_3 = 105 N, F_4 = 85 N, F_5 = 110 N, F_6 = 115 N, F_7 = 79 N$  e  $F_8 = 76 N$ .



Analisando a figura e os módulos das forças de cada criança, podemos concluir que:

- a) A brincadeira será ganha pela equipe da esquerda, pois o vetor força resultante sobre a corda possuirá módulo igual a  $10 N$  e seu sentido é para a esquerda.
- b) A brincadeira terminará em empate, pois o vetor força resultante sobre a corda possuirá módulo igual a  $0 N$  e, portanto, as equipes irão puxar exatamente com a mesma força para ambos os lados.
- c) A brincadeira será ganha pela equipe da esquerda, pois o vetor força resultante sobre a corda possuirá módulo igual a  $5 N$  e seu sentido é para a esquerda.



- d) A brincadeira será ganha pela equipe da direita, pois o vetor força resultante sobre a corda possuirá módulo igual a  $5\text{ N}$  e seu sentido é para a direita.
- e) A brincadeira será ganha pela equipe da direita, pois o vetor força resultante sobre a corda possuirá módulo igual a  $10\text{ N}$  e seu sentido é para a direita.

## **Apêndice B**

### **Guia básico de desenvolvimento de um livro digital em formato EPUB**

Este guia pretende mostrar um breve passo a passo necessário para a confecção de um livro digital utilizando a terceira versão do EPUB. Todavia, não será exaustivo, e dessa forma não irá mostrar todos os detalhes de programação envolvidos no processo nem todas as linhas de código utilizadas. Vale também ressaltar que este Apêndice não pretende ser um guia de programação explicando cada linha de código utilizada no desenvolvimento do produto educacional, uma vez que exigiria um extenso trabalho. A intenção aqui é apenas explicitar como se criar um e-book simples partindo do zero. O código completo do livro digital interativo desenvolvido pode ser acessado abrindo o arquivo EPUB com um descompactador de arquivos, como o 7-Zip, por exemplo, e em seguida pedindo para extrair todo o conteúdo.

#### **1. Preparação do ambiente de desenvolvimento**

Antes de iniciar o desenvolvimento do livro digital interativo, faz-se necessário realizar uma preparação do ambiente computacional no qual os trabalhos serão realizados. Chamamos atenção de que o ambiente operacional utilizado durante todas as etapas de desenvolvimento foi o Microsoft Windows 7. Dessa forma, este guia seguirá um passo a passo utilizando o Microsoft Windows. No entanto, todos os procedimentos que serão apresentados podem ser realizados em qualquer sistema operacional de computadores pessoais, devendo-se apenas levar em conta as particularidades de instalação e execução dos softwares em cada sistema operacional.

O primeiro passo é instalar todos os softwares necessários, que são: Notepad++; 7-Zip; Google Chrome; Aplicativo Radium e EpubCheck. Vale ressaltar que os softwares listados podem ser substituídos por outros, até mesmo por um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE – Integrated Development Environment) que facilite o processo de programação. No

entanto, os softwares listados e a metodologia de programação adotada foram escolhidos tendo a intenção de trabalhar apenas com softwares livres e que possam ser utilizados em qualquer sistema operacional, sem a necessidade de utilização de computadores com alto desempenho de hardware.

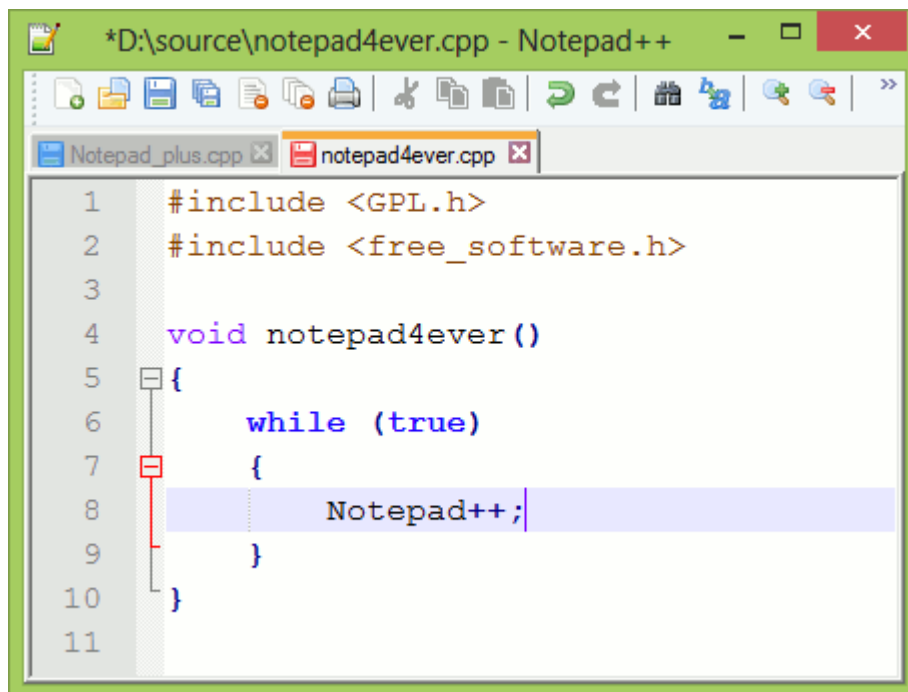
### 1.1. Notepad ++

O notepad++ é um editor de texto simples baseado no Bloco de Notas do sistema operacional Windows. É software livre de código aberto com suporte a todas as linguagens de programação atuais. Ele é destinado ao sistema operacional Microsoft Windows e é mantido por uma comunidade internacional de desenvolvedores e governado pela Licença GPL (Notepad++, 2016). Está disponibilizado em diversos idiomas, inclusive português do Brasil.

O Notepad++ pode ser baixado acessando o endereço <https://notepad-plus-plus.org/>. Sua instalação e configuração são bem simples, bastando seguir a sequência indicada pelo instalador quando o mesmo for executado.

Caso seja utilizado outro sistema operacional como o Linux, por exemplo, pode ser utilizado qualquer editor de texto simples sem formatação com suporte a linguagens de programação. O editor de textos Kate é uma boa opção.

O Notepad++ é um dos softwares mais utilizados durante o processo de desenvolvimento para criação de edição de códigos de programação. A figura abaixo mostra a tela de execução do Notepad++.



```
1  #include <GPL.h>
2  #include <free_software.h>
3
4  void notepad4ever()
5  {
6      while (true)
7      {
8          Notepad++;
9      }
10 }
11
```

Figura B.1. Notepad ++ em execução. (Notepad++, 2016)

## 1.2. 7-Zip

O 7-Zip é um software utilizado para compactação e descompactação de arquivos. Assim como o Notepad++, também é um software livre de código aberto. Está disponível para download e instalação nos sistemas operacionais Windows e Linux. A maior parte de seu código fonte é mantida sob a Licença GNU LPGL. Seu código unRAR é mantido sob uma licença mista: GNU LGPL + restrições unRAR (7-ZIP, 2016).

O 7-Zip pode ser baixado gratuitamente no site <http://www.7-zip.org/>. Seu processo de instalação e configuração no MS Windows são bem intuitivos. Após executado o instalador basta seguir o passo a passo.

Este software é de fundamental importância para que seja criado o arquivo com extensão .epub do livro digital interativo, o qual é apenas um arquivo zipado seguindo uma estrutura bem definida e com a extensão alterada de .zip para .epub.

## 1.3. Google Chrome (Chrome Devtools + aplicativo Radium)

O Google Chrome é um software livre utilizado para navegação web. Está disponível para download e instalação em todos os sistemas operacionais modernos, inclusive sistemas operacionais destinados a dispositivos móveis como, Android e iOS. Pode ser baixado e instalado em computadores pessoais por meio do link <https://www.google.com.br/chrome/browser/desktop/>. Seu processo de instalação é bem simples. Uma vez baixado e executado o instalador, ele se encarregará de baixar todos os arquivos necessários e realizar a instalação automaticamente.

Algo que muitos desconhecem é que o Google Chrome vai além de um simples navegador web. Ele possui embutido na sua interface a Chrome Devtools, uma poderosa ferramenta destinada a desenvolvedores. Por meio dela é possível ter acesso a uma infinidade de funcionalidades extremamente úteis ao desenvolvimento web. Durante o processo de implementação do livro digital interativo a Chrome Devtools foi utilizada exaustivamente. A figura abaixo apresenta sua interface. É possível acessar a Chrome Devtools utilizando a combinação de teclado Ctrl + Shift + J. Por meio dela é possível verificar erros de implementação, assim como sugestões de correção dos erros e localização exata das linhas de código onde os erros estão localizados.

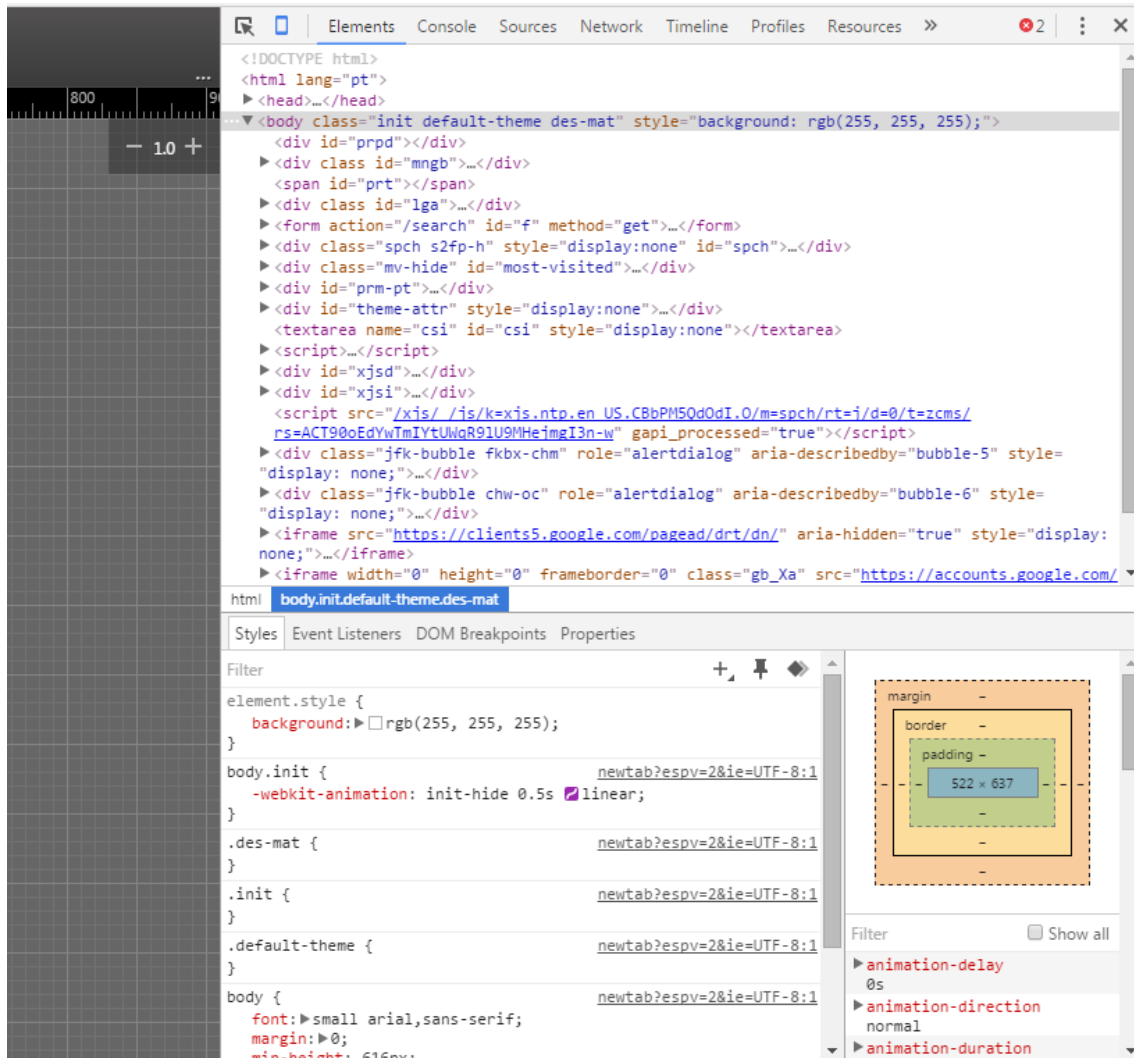


Figura B.2. Visualização das guias *Elements* e *Styles* da Chrome Devtools.

Outra funcionalidade bastante importante e imprescindível é a capacidade de simulação de telas de dispositivos móveis, conforme pode ser visto na figura B.3 abaixo. Por meio dessa tela nos tornamos aptos a realizar testes de visualização e funcionalidades em diversos dispositivos. Com isso o que está sendo desenvolvido pode facilmente ser trabalhado sem a necessidade de dispor dos dispositivos fisicamente de vários aparelhos mobile.

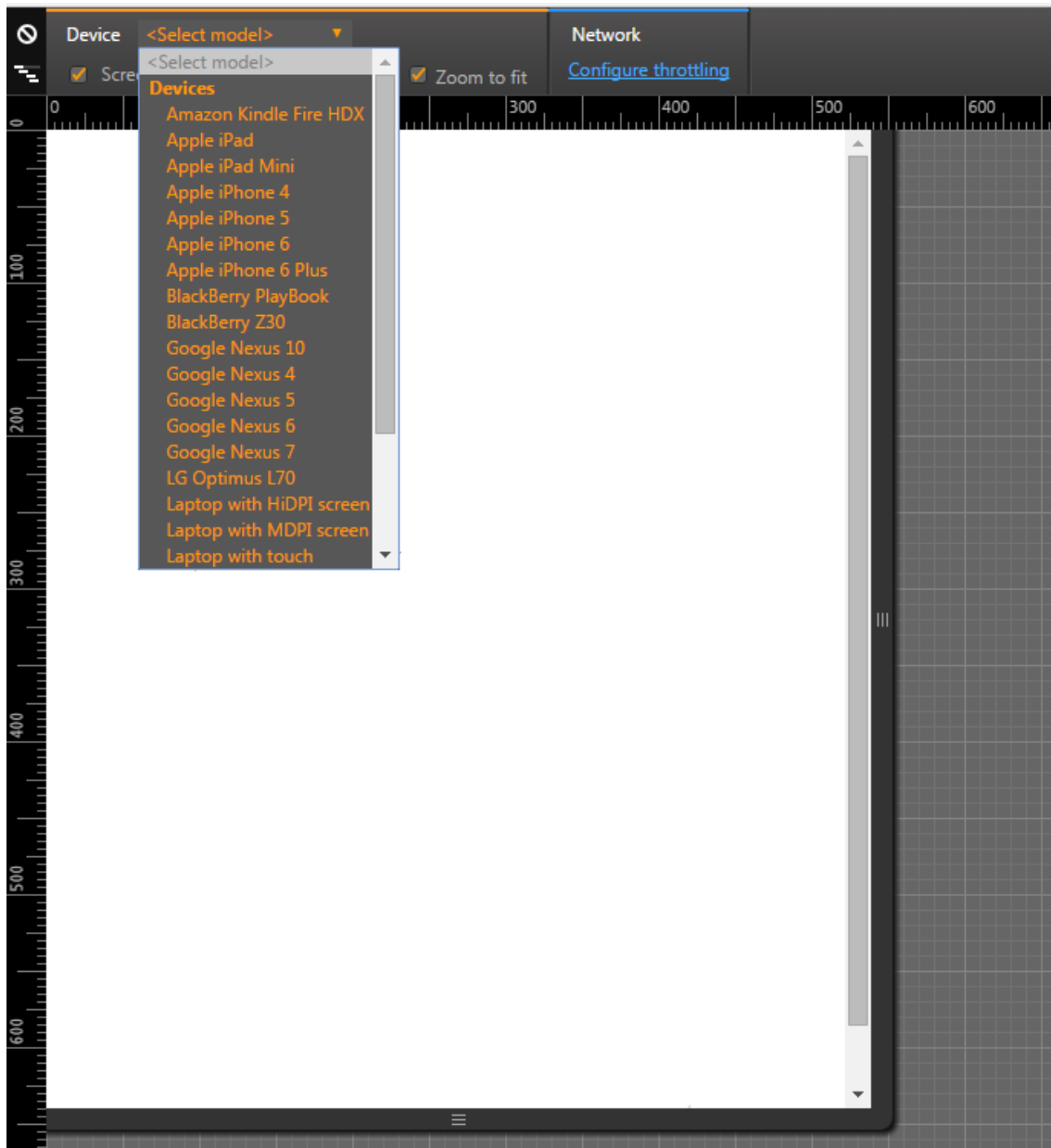


Figura B.3. Tela de simulação de dispositivos móveis da Chrome Devtools.

Além das poderosas funcionalidades da Chrome Devtools, o Google Chrome ainda possibilita a instalação de aplicativos, jogos, extensões e temas personalizados. Dos citados, é do nosso interesse a instalação do aplicativo Radium.

O Radium é um aplicativo desenvolvido e mantido pelo IDPF (*International Digital Publishing Forum*), uma organização com foco na padronização voltada a indústria de publicações digitais. O IDPF é o criador e

mantenedor do formato EPUB de publicações digitais que se tornou um padrão internacional. O Radium é o e-reader que atualmente oferece maior suporte a terceira versão do EPUB. Dessa forma, é necessária a instalação do Radium para possibilitar a abertura e leitura do livro digital. Ele pode ser baixado e instalado de duas formas. Uma é acessando a Chrome Web Store utilizando o navegador Google Chrome através do link <https://chrome.google.com/webstore/category/extensions?hl=pt-BR> e em seguida pesquisar por Radium. Após isso o Radium será disponibilizado para ser adicionado à suíte de aplicativos do Google Chrome. A segunda maneira é acessar o site <http://readium.org/>, clicar em *Install Radium* e seguir os passos apresentados.

O Radium poderá ser executado clicando no inicializador de aplicativos do Google Chrome, ou digitando `chrome://apps` na barra de endereços do Google Chrome, conforme pode ser visualizado na figura abaixo.

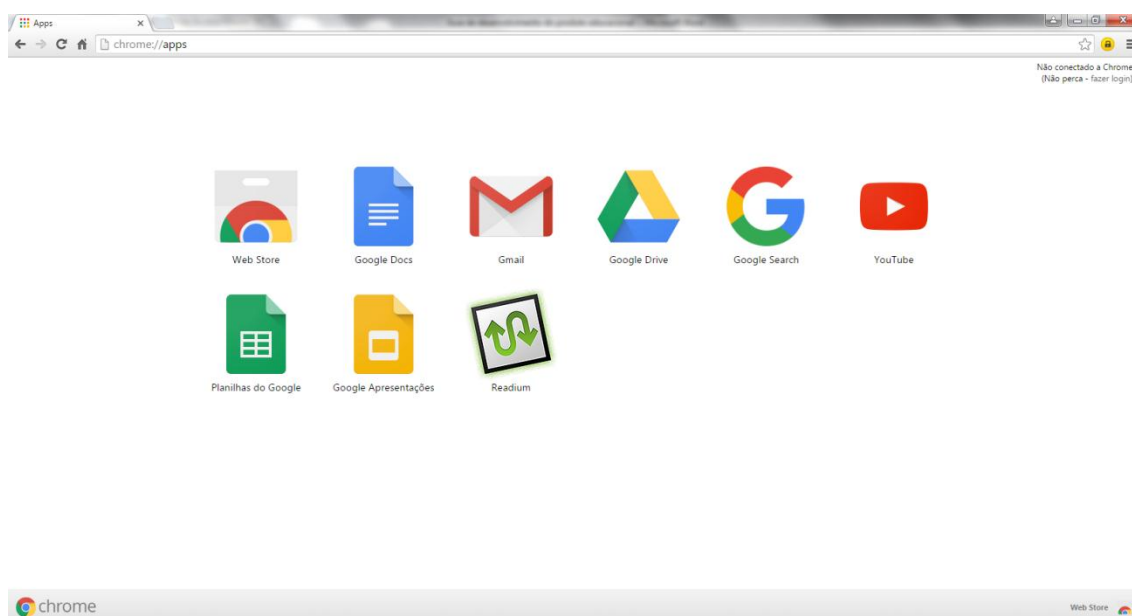


Figura B.4. Suíte de aplicativos do Google Chrome.

Clicando no Radium será aberta a janela apresentada na figura B.5.



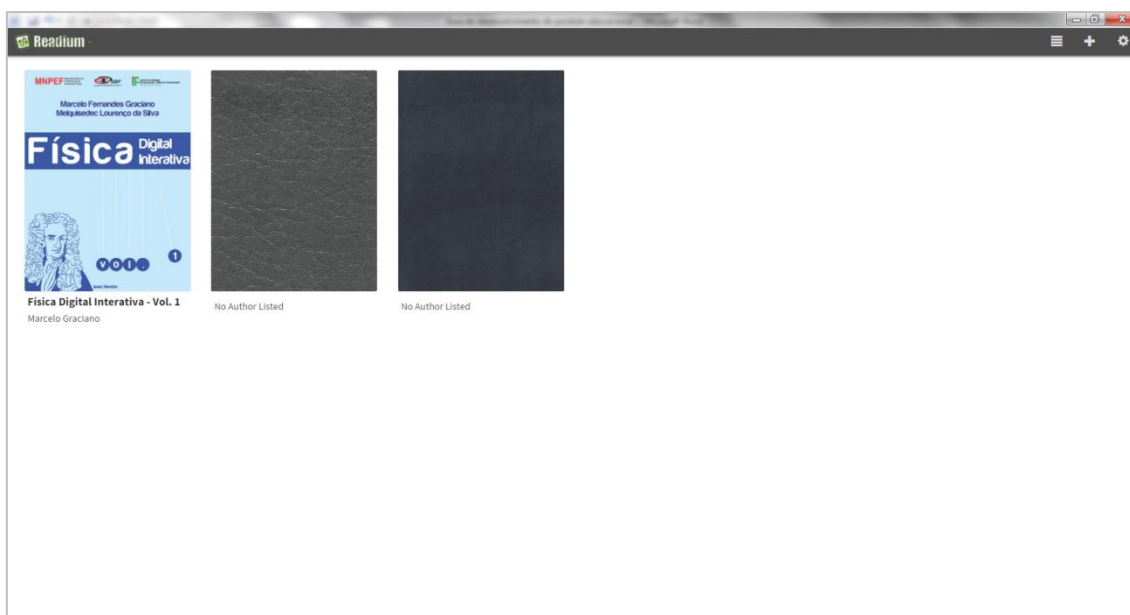


Figura B.5. Tela inicial do aplicativo Radium mostrando três livros incluídos à biblioteca, inclusive o Física Digital Interativa.

#### 1.4. EpubCheck

EpubCheck é uma ferramenta utilizada para validar arquivos EPUB. Ela também se enquadra como um software livre e de código aberto. É mantida por uma comunidade do GitHub (<https://github.com/>) sob Licença New BSD e pode ser adquirida acessando o endereço <https://github.com/IDPF/epubcheck>. (EPUBCHECK, 2016).

O software EpubCheck foi desenvolvido usando a linguagem de programação Java, dessa forma pode ser utilizado em qualquer sistema operacional que possua a Máquina Virtual Java (JVM – *Java Virtual Machine*) Instalada.

Para realizar a validação de um arquivo EPUB utilizando o EpubCheck é preciso utilizar uma linha de comando, o *prompt de comando* do Windows ou o *Console* do Linux, por exemplo. Para tanto, é necessário que o arquivo executável do Java esteja configurado na variável de ambiente 'path' do sistema operacional. Para mais detalhes sobre configuração das variáveis de ambiente Java consultar ORACLE (2016).

A validação é feita utilizando o comando:

```
java -jar epubcheck.jar file.epub
```

O comando significa que o Java irá executar o software EpubCheck com a função de validar o e-book cujo nome é file.epub. Maiores detalhes sobre utilização e funcionalidades do EpubCheck podem ser obtidos consultando sua documentação disponível em EPUBCHECK (2016).

A seguir entenderemos como deve ser a estrutura de um livro digital e quais os arquivos fundamentais para seu correto funcionamento.

## 2. Estrutura interna de um e-book em formato EPUB

Um livro digital em formato EPUB é um arquivo zipado com extensão .epub, ou seja, é um arquivo que teve sua extensão alterada de .zip para .epub. Entretanto, o arquivo EPUB não pode ser montado de qualquer maneira, ele deve seguir uma estrutura interna bem definida e atender a certos critérios estruturais internos.

Um arquivo EPUB válido deve seguir uma estrutura básica. Essa estrutura básica deve conter:

1. Um arquivo de texto desprovido de qualquer extensão cujo nome deve ser `mimetype`;
  - a. O arquivo `mimetype` deve conter uma única instrução, que é:  
`application/epub+zip`;
  - b. A instrução anterior possui a função de explicitar que o arquivo em questão se trata de uma aplicação zipada com extensão .epub.
2. Uma pasta com o nome `META-INF`, todo em maiúsculo, dentro da qual deve existir um arquivo XML com o nome `container.xml`;
  - a. O arquivo `container.xml`, por sua vez, deve conter as linhas de código XML apresentadas no quadro abaixo;

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
```

```
<container version="1.0"
xmlns="urn:oasis:names:tc:opendocument:xmlns:container">
  <rootfiles>
    <rootfile full-path="OPS/package.opf" media-
      type="application/oebps-package+xml"/>
  </rootfiles>
</container>
```

- b. A função principal do arquivo `container.xml` é informar ao software de leitura do livro digital onde está o arquivo central do EPUB, que é o arquivo `package.opf`.
3. Uma pasta que irá conter o arquivo `package.opf`. Essa pasta pode ter qualquer nome, mas são sugeridos a utilização do nome `CONTENT` ou `OEBPS` ou `OPS`. O código apresentado anteriormente mostra que o nome escolhido foi `OPF`, significando *Open Package File*. Essa pasta é o local onde serão guardados todos os arquivos de conteúdo do livro, desde simples arquivos `.html` a arquivos JavaScript e CSS contendo funcionalidades avançadas. Pode-se dizer que o arquivo `package.opf` é o principal arquivo para o correto funcionamento do e-book. Ele deve ser organizado seguindo uma estrutura lógica contemplando, basicamente, as tags `<package>`, `<metadata>`, `<manifest>` e `<spine>`.
- a. A tag `<package>` é a responsável por informar, principalmente, como será a estrutura do livro, qual a versão do EPUB que está sendo utilizada, o idioma e o identificador único do livro. Ela também engloba as tags `<metadata>`, `<manifest>` e `<spine>`. A codificação da tag `<package>` está apresentada no quadro abaixo. Nele é possível perceber que a versão do EPUB utilizada é a 3.0;

```
<package xmlns="http://www.idpf.org/2007/opf"
version="3.0" xml:lang="pt-br" unique-identifier="pub-id"
prefix="rendition: http://www.idpf.org/vocab/rendition/#">
  <metadata>
</metadata>
  <manifest>
</manifest>
  <spine>
```

```
</spine>  
</package>
```

- b. A tag <metadata> é a encarregada por fornecer algumas informações importantes sobre o livro, tais como: título, criador, idioma e data da criação. Além dessas, a tag <metadata> deve informar ao software leitor do livro (e-reader), as configurações que o mesmo terá quando aberto no leitor, quais sejam: layout, orientação e espalhamento. O quadro abaixo mostra como as informações são inseridas na tag <metadata>;

```
<metadata xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">  
  <dc:title id="title">  
    Física Digital Interativa  
  </dc:title>  
  <dc:creator id="creator">  
    Marcelo Graciano  
  </dc:creator>  
  <dc:language>pt-br</dc:language>  
  <dc:identifier id="pub-id">  
    urn:uuid:33d029fd-b046-4069-a1e0-12889b101ad9  
  </dc:identifier>  
  <meta property="dcterms:modified">  
    2015-11-14T11:24:00Z  
  </meta>  
  <dc:date>2015-05-01</dc:date>  
  <dc:publisher>MNPEF-SBF-IFRN</dc:publisher>  
  <dc:description>  
    LIVRO DIGITAL INTERATIVO  
  </dc:description>  
  <meta property="rendition:layout">  
    pre-paginated  
  </meta>  
  <meta property="rendition:orientation">
```

```
Landscape
</meta>
<meta property="rendition:spread">none</meta>
</metadata>
```

c. A tag <manifest> possui uma única função, que é informar ao e-reader quais são todos os arquivos existentes dentro do pacote EPUB. Quanto mais arquivos existirem dentro do EPUB, maior será a extensão da tag <manifest>. O livro desenvolvido possui centenas de arquivos, dessa forma a tag <manifest> possui centenas de linhas de código e por isso não será apresentada na íntegra. O quadro abaixo mostra apenas as linhas de código que informam sobre a existência da capa do livro e o sumário. Cada arquivo existente no EPUB deve ser identificado e referenciado usando a tag <item> conforme pode ser percebido;

```
<manifest>
  <!-- root -->
  <item id="toc" properties="nav" href="TOC.xhtml"
media-type="application/xhtml+xml" />
  <item id="cover" properties="scripted"
href="cover.xhtml" media-
type="application/xhtml+xml" />
  <item id="cover-image" properties="cover-image"
href="images/capa.jpg" media-type="image/jpeg" />
  <item id="sumario" properties="scripted"
href="sumario.xhtml" media-
type="application/xhtml+xml" />
  .
  .
  .
</manifest>
```

- d. Por sua vez, a tag `<spine>` é responsável por referenciar os itens do livro informando qual a sequência que cada um deverá seguir. O quadro abaixo mostra que o primeiro item do livro a ser exibido é a sua capa, em seguida vem o sumário, e assim sucessivamente. Cada item é informado mediante o uso da tag `<itemref>`, sendo referenciado através de seu identificador único.

```
<spine page-progression-direction="ltr">
  <itemref idref="cover" linear="yes"
properties="rendition:page-spread-center"/>
  <itemref idref="sumario" linear="yes" />
  <itemref idref="introduction-01" linear="yes" />
  <itemref idref="introduction-02" linear="yes" />
  <itemref idref="introduction-03" linear="yes" />
  <itemref idref="introduction-04" linear="yes" />
  <itemref idref="introduction-05" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-01" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-02" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-03" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-04" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-05" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-06" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-07" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-08" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-09" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-10" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-11" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-12" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-13" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-14" linear="yes" />
  <itemref idref="chapter1-15" linear="yes" />
```

```
<itemref idref="chapter1-16" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-17" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-18" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-19" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-20" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-21" linear="yes" />
<itemref idref="chapter1-22" linear="yes" />
</spine>
```

e. Todos os demais arquivos do livro deverão estar contidos dentro da pasta OPS. É recomendável, para fins de melhor organização e manutenção do e-book, que sejam criadas pastas conforme o tipo dos arquivos. Por exemplo: todas as imagens devem ser colocadas dentro de uma pasta chamada ‘imagens’, dessa forma teremos a estrutura OPS/imagens; devemos colocar todas as animações dentro de uma pasta chamada ‘animacoes’, e assim teremos a estrutura OPS/animacoes. Procedemos dessa forma para todos os arquivos do livro, agrupando-os conforme seus tipos e características.

**3. Tecnologias necessárias (criando um e-book simples)**

Todos os passos desta seção podem ser trabalhados usando o Google Chrome e o Chrome Devtools sempre que se fizer necessário para visualização dos resultados e identificação de erros.

Conforme citado na seção 4.4, é necessário o conhecimento acerca de algumas tecnologias imprescindíveis ao desenvolvimento de um livro digital interativo. Como essas tecnologias já foram explicadas na citada seção, aqui nos deteremos a trabalhar os detalhes de implementação sobre cada uma. Para isso, seguiremos um passo a passo para a confecção de um e-book simples utilizando a terceira versão do EPUB.

Primeiramente, é importante que seja montada a estrutura básica do EPUB apresentada na seção anterior. Segue abaixo um roteiro simplificado.

1. Criar uma pasta com o nome `livro`, a qual irá conter o EPUB;
2. Criar, dentro da pasta `livro`, as pastas `META-INF` e `OPS`;
3. Criar o arquivo com nome `mimetype`. Abrir o Bloco de Notas do Windows e digitar o conteúdo: `application/epub+zip`. Em seguida salvar o arquivo dentro da pasta `livro` com o nome `"mimetype"`. O uso das aspas é imprescindível para o arquivo se torne um arquivo sem extensão, caso contrário ficará automaticamente com a extensão `.txt`;
4. Criar o arquivo `container.xml`. Abrir o Notepad++ e em um novo arquivo digitar o código pertencente ao arquivo `container.xml` apresentado no tópico 2 desse apêndice. Em seguida salvar o arquivo dentro da pasta `META-INF` com o nome `container.xml`;
5. Criar o arquivo `package.opf`. Abrir o Notepad++ e em um novo arquivo digitar o seguinte código:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<package xmlns="http://www.idpf.org/2007/opf"
version="3.0" xml:lang="pt-br" unique-identifier="pub-id"
prefix="rendition:
http://www.idpf.org/vocab/rendition/#">
<metadata xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <dc:title id="title">Física</dc:title>
  <dc:creator id="creator">Eu</dc:creator>
  <dc:language>pt-br</dc:language>
  <dc:identifier id="pub-
id">unique_id</dc:identifier>
  <dc:date>2016-02-14</dc:date>
  <meta property="rendition:layout">pre-
paginated</meta>
  <meta
property="rendition:orientation">landscape</meta
>
  <meta property="rendition:spread">none</meta>
```



```

</metadata>
<manifest>
  <item id="toc" properties="nav" href="toc.xhtml"
media-      type="application/xhtml+xml" />
  <item id="sumario" href="sumario.xhtml" media-
type="application/xhtml+xml" />
  <item id="p1" properties="mathml"
href="pagina1.xhtml" media-
type="application/xhtml+xml" />
  <item id="p2" properties="scripted"
href="pagina2.xhtml" media-
type="application/xhtml+xml" />
</manifest>
<spine page-progression-direction="ltr">
  <itemref idref="sumario" linear="yes" />
  <itemref idref="p1" linear="yes" />
  <itemref idref="p2" linear="yes" />
</spine>
</package>

```

Este código indica que estamos criando um e-book que possuirá um sumário e duas páginas. Também é informado que o título do livro é Física, que o criador é Eu, que o idioma do livro é português brasileiro, dentre outras informações básicas. É possível perceber que as páginas 1 e 2 possuem as propriedades `scripted` e `mathml`, o que é necessário para que nossas páginas suportem conteúdos JavaScript e MathML.

6. Criar os arquivos `toc.xhtml`, `sumario.xhtml`, `pagina1.xhtml` e `pagina2.xhtml`. Abrir o Notepad++, criar quatro novos arquivos e salvá-los com os nomes `toc.xhtml`, `sumario.xhtml`, `pagina1.xhtml` e `pagina2.xhtml` dentro da pasta OPS;
7. Seguidos os seis passos anteriores, estamos aptos a trabalhar na codificação do conteúdo do livro digital.

### 3.1. O HTML5 + XML (XHTML5)

Todos os conteúdos que serão apresentados pelo e-book ao leitor, o serão por meio de páginas XHTML.

Primeiramente, vamos ao arquivo `toc.xhtml` e inserir o seguinte conteúdo:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<html
      xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
      xmlns:epub="http://www.idpf.org/2007/ops" lang="pt-br">
  <head>
    <meta http-equiv="default-style"
          content="text/html;
          charset=utf-8"/>
    <title>toc</title>
  </head>
  <body>
    <nav epub:type="toc">
      <h2>Sumário</h2>
      <ol>
        <li><a href="pagina1.xhtml">Página 1</a></li>
        <li><a href="pagina2.xhtml">Página 2</a></li>
      </ol>
    </nav>
  </body>
</html>
```

O arquivo `toc.xhtml` corresponde ao sumário que será apresentado pelo software de leitura do livro digital. O código XHTML nele contido nos informa que ele possuirá links para as duas únicas páginas do nosso livro.

O próximo arquivo a ser editado é o `sumario.xhtml`. Este é um sumário interno ao livro que será apresentado independentemente do e-reader

utilizado. Pode parecer redundante ter dois sumários, porém o IDPF recomenda a inserção de um sumário interno tendo em vista que alguns e-readers possam não dar suporte ao `toc.xhtml`, situação na qual ele será ignorado e o usuário não terá acesso a um sumário. O código XHTML para o sumário está apresentado abaixo.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
xmlns:epub="http://www.idpf.org/2007/ops" lang="pt-br">
  <head>
    <meta http-equiv="default-style" content="text/html;
charset=utf-8"/>
      <title>Sumário</title>
      <meta name="viewport" content="width=1366,
height=768"/>
  </head>
  <body>
    <h2>Sumário</h2>
    <p><a href="pagina1.xhtml"><span>Página
1</span></a></p>
    <p><a href="pagina2.xhtml"><span>Página
2</span></a></p>
  </body>
</html>
```

A principal novidade do arquivo `sumario.xhtml` para o `toc.xhtml` é o código `<meta name="viewport" content="width=1366, height=768"/>`, o qual informa ao software leitor do livro digital que se trata de uma página previamente configurada possuindo largura de 1366 pixels e altura de 768 pixels, correspondendo à informação passada na tag `<metadata>` do arquivo `package.opf`, que são:

```
<meta property="rendition:layout">pre-paginated</meta>
<meta property="rendition:orientation">landscape</meta>
```

Todas as páginas do livro devem seguir esse padrão.

Por fim, vamos inserir conteúdo no arquivo `pagina1.xhtml`. O arquivo `pagina2.xhtml` será utilizado na seção 3.3 que trata sobre o JavaScript.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
xmlns:epub="http://www.idpf.org/2007/ops" lang="en">
  <head>
    <meta http-equiv="default-style"
content="text/html; charset=utf-8"/>
    <title>Página 1</title>
    <meta name="viewport" content="width=1366,
height=768"/>
  </head>
  <body>
    <div>
      <h1>TÍTULO DA PRIMEIRA PÁGINA</h1>
      <p>Primeiro parágrafo da primeira
página.</p>
      <p>Segundo parágrafo da primeira
página.</p>
    </div>
  </body>
</html>
```

O código anterior insere um título e dois parágrafos na página do livro.

### 3.2. CSS3

Para ilustrar o uso de CSS no e-book, vamos utilizar alguns comandos para modificar a formatação do texto anteriormente inserido no arquivo `pagina1.xhtml`. Faz-se interessante verificar como está a formatação neste momento para depois podermos visualizar as modificações realizadas com o uso de CSS. O conteúdo inserido possui o aspecto mostrado na figura B.6.

# TÍTULO DA PRIMEIRA PÁGINA

Primeiro parágrafo da primeira página.

Segundo parágrafo da primeira página.

Figura B.6. Formatação do texto inserido no arquivo `pagina1.xhtml`.

Vamos utilizar um trecho de código CSS para alterar algumas formatações simples do título e dos dois parágrafos. Basta inserir o código abaixo entre as tags `<head>` e `</head>` do arquivo `pagina1.xhtml`.

```
<style>
  h1{
    color: blue;
    text-shadow: 1px 1px 1px black;
    text-align: center;
  }
  p{
    font-size: 1.8em;
    text-indent: 1.5em;
  }
</style>
```

Como resultado obteremos o novo aspecto apresentado na figura B.7. O simples código CSS inserido fez com que o título da página ficasse centralizado, com uma cor azul e sombreamento preto. Os textos dos parágrafos tiveram suas fontes aumentadas e passaram a ter uma endentação.

## TÍTULO DA PRIMEIRA PÁGINA

Primeiro parágrafo da primeira página.

Segundo parágrafo da primeira página.

Figura B.7. Novo aspecto da página após realização de uma formatação simples usando CSS.

### 3.3. JavaScript

O JavaScript foi, de longe, a linguagem de programação mais utilizada. Aqui nós vamos utilizar o JavaScript para inserir uma simples animação utilizando a tag `<canvas>` do HTML5 no arquivo `pagina2.xhtml`. Primeira, devemos inserir a tag `<canvas>` entre as tags `<body>` e `</body>`.

```
<body>
  <canvas id="meu_canvas" width="500"
    height="500">Canvas não suportado!</canvas>
</body>
```

Agora, entre as tags `<head>` e `</head>` utilizamos a tag `<script>` para informar acerca da inserção de código JavaScript dentro do HTML5. O quadro abaixo mostra o código utilizado.

```
<style>
  canvas{
    border: solid;
  }
</style>
<script>
  // <![CDATA[
  var canvas, context, px1, py1, px2, py2;
  window.onload = function() {
    canvas=document.getElementById('meu_canvas');
    context = canvas.getContext('2d');
    px1 = 0;
    py1 = 0;
    px2 = 490;
    py2 = 0;
    requestAnimationFrame(animar);
  }
  ]>
```

```

function animar() {
    context.fillStyle = "FF0000";
    context.fillRect(px1,py1,10,10);
    context.fillRect(px2,py2,10,10);
    px1++;
    py1++;
    px2--;
    py2++;
    requestAnimationFrame(animar);
}

// ]]>
</script>

```

O código apresentado cria uma animação bem simples, apenas dois pequenos quadrados se movendo nas diagonais do canvas e formando um X. foi utilizado o comando `border` do CSS apenas para evidenciar as bordas do canvas, uma vez que sem isso as mesma não seriam visualizadas.

### 3.4. MathML + MathJax

Nesta seção vamos colocar em prática o uso do MathML assim como do MathJax para dar compatibilidade nos e-readers. Vamos utilizar o arquivo `pagina1.xhtml`. Nela vamos inserir mais um parágrafo conforme abaixo:

```

<p>Esta é uma expressão matemática utilizando MathML e
visualizada no Chrome:
<m:math
xmlns:m="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"
alttext="equacao"><m:mi>x</m:mi><m:mo>=</m:mo><m:msub><m:mi
>x</m:mi><m:mi>0</m:mi></m:msub><m:mo>+</m:mo><m:msub><m:mi
>v</m:mi><m:mi>0</m:mi></m:msub><m:mi>t</m:mi><m:mo>+</m:mo
><m:mfrac><m:mo>1</m:mo><m:mo>2</m:mo></m:mfrac><m:mi>a</m:
mi><m:msup><m:mi>t</m:mi><m:mo>2</m:mo></m:msup></m:math></
p>

```

Ao pedir para exibir o arquivo `pagina1.xhtml` no Google Chrome obteremos o resultado apresentado na figura B.8.

Esta é uma expressão matemática utilizando MathML e visualizada no Chrome:  $x=x_0+v_0t+12at^2$

Figura B.8. Usando MathML sem MathJax.

Podemos perceber que a equação  $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$  está sendo exibida de uma forma nada agradável. Isso ocorre porque o Google Chrome, assim como os atuais softwares de leitura de arquivos EPUB, só dão suporte à MathML mediante o acoplamento com MathJax.

Como estamos desenvolvendo um exemplo simples, vamos utilizar o acoplamento ao MathJax utilizando o script web, uma vez que, para usar a versão off-line seria necessário acrescentar centenas de arquivos do pacote MathJax ao EPUB e informá-los no arquivo `package.opf`. Isto pode ser feito inserindo o código abaixo entre as tags `<head>` e `</head>`.

```
<script type="text/javascript"
src="https://cdn.mathjax.org/mathjax/latest/MathJax.js?conf
ig=TeX-MML-AM_CHTML"></script>
```

Após inserir o código e atualizar a página no Google Chrome obteremos o resultado apresentado na figura B.9.

Esta é uma expressão matemática utilizando MathML e visualizada no Chrome:  $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2} at^2$

Figura B.9. Usando MathML com MathJax.

#### 4. Gerando o arquivo EPUB



Depois de todos os arquivos prontos, podemos usar o 7-Zip para criar o arquivo EPUB. O processo é bem simples:

1. Selecionamos as pastas META-INF e OPS juntamente com o arquivo mimetype e em seguida clicamos com o botão direito do mouse;
2. Selecionamos a opção 7-Zip/Adicionar ao arquivo compactado, conforme a figura abaixo;

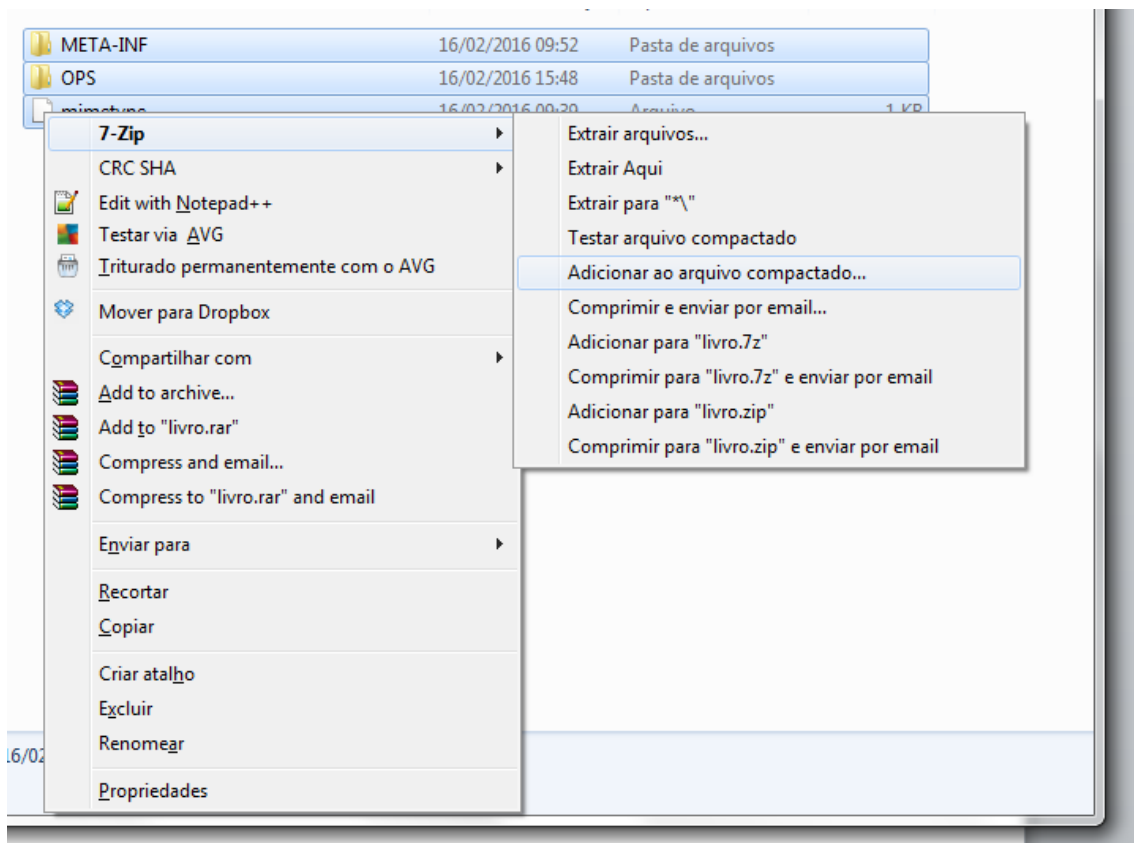


Figura B.10. Abrindo o 7-Zip.

3. Depois de selecionar a opção, seremos levados a caixa de diálogo conforme a figura B.11;

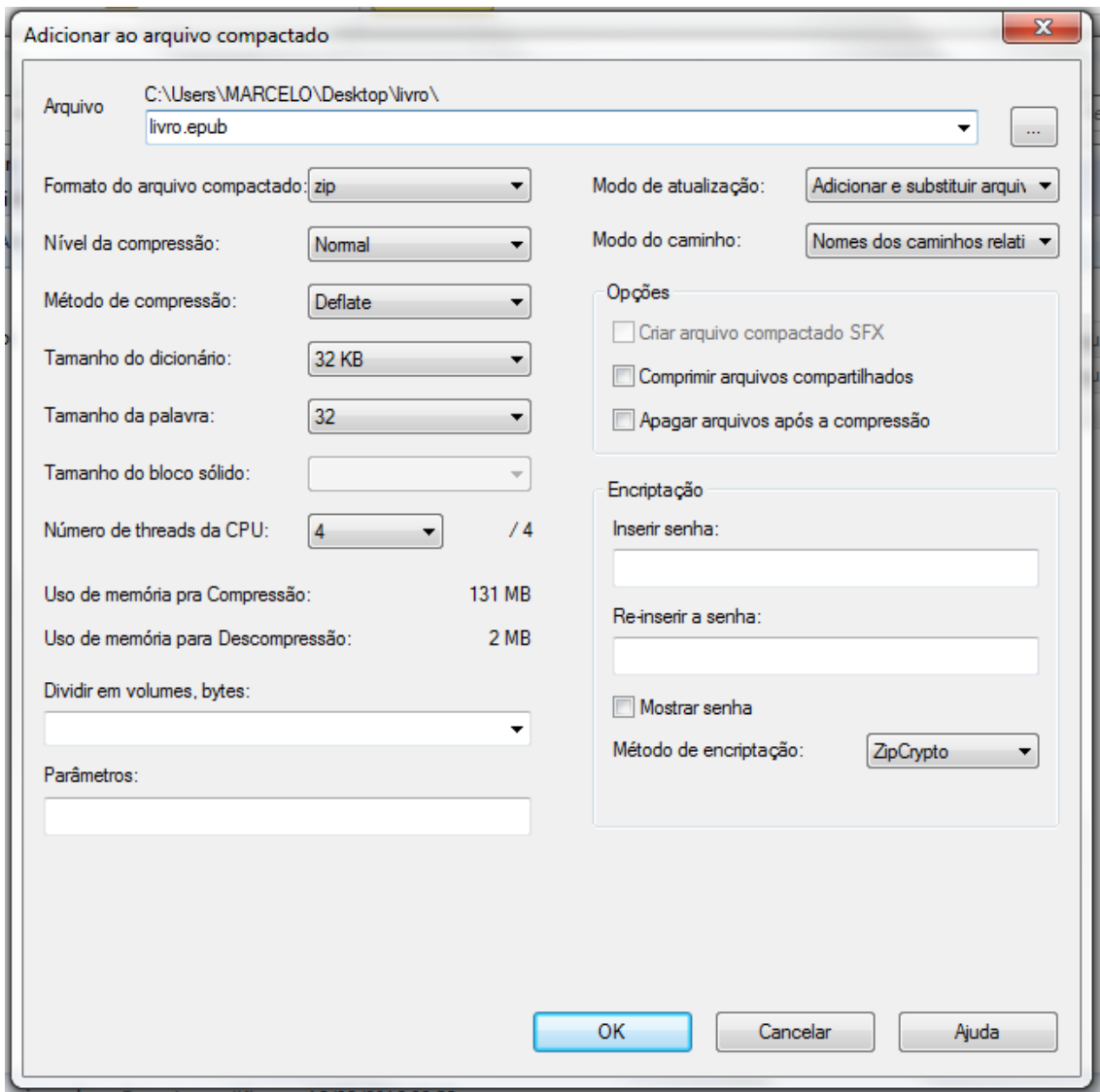


Figura B.11. Caixa de diálogo do 7-Zip.

- Alteramos o “Formato do arquivo compactado” para zip. Em seguida, no nome do arquivo alteramos a extensão de .zip para .epub e clicamos em OK. Dessa forma será criado o arquivo `livro.epub`, que é, por fim, nosso livro digital.

O arquivo `livro.epub` agora pode ser testado usando o EpubCheck. Caso algum erro seja relatado, deve-se realizar a correção e em seguida gerar um novo arquivo EPUB. Após todos os erros serem corrigidos podemos abrir o arquivo usando um software de leitura tal como o Radium, por exemplo.

## Apêndice C

### Conteúdo do produto educacional

#### INTRODUÇÃO

##### 1. O que é Física? O que a Física tenta responder?

---

Desde os primórdios das civilizações, o homem vem buscando explicações e os porquês para os diversos fenômenos naturais e acontecimentos frequentemente presenciados no cotidiano. As causas divinas eram, frequentemente, as responsáveis por explicar tudo que acontecia.

Com o passar do tempo, a crescente curiosidade do homem o fez perceber que todos os fenômenos que o cercavam ocorriam seguindo regularidades, sendo estas, condições e características que favoreciam os acontecimentos. Por exemplo, percebeu-se que não existe arco-íris na ausência de chuva juntamente com raios solares. Assim, as causas divinas começaram a serem substituídas por explicações científicas, surgindo a ciência, hoje também usada no plural “ciências” por contemplar diversas áreas de conhecimento, inclusive a Física, a Matemática, a Química, a Biologia, etc.

Foi no século XVII, com cientistas como Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton e tantos outros, que a física começou a ganhar seu próprio espaço no ramo das ciências. Tais cientistas foram responsáveis por grandes desenvolvimentos (princípios e leis) em diferentes áreas que hoje compõem juntas, o corpo de estudo da física.

Hoje, podemos ver que a física é uma parte das ciências que tem por objetivo explicar diversos tipos de fenômenos que ocorrem em todo o universo. Entretanto, não podemos chegar a errônea conclusão de que as ciências têm respostas para tudo; alguns acontecimentos fenomenológicos até podem ser explicados pela física. Porém, em uma grande quantidade de vezes, não é possível explicar determinadas particularidades. Por exemplo: É sabido e comprovado cientificamente que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e

de sinais opostos se atraem, mas não é possível explicar o porquê de ser assim.

Por volta do século XX, a sociedade científica começou a achar que toda a natureza havia sido desmistificada e que praticamente todo o conhecimento existente já havia sido descoberto. Tão grande foi a surpresa quando os próprios avanços científicos passaram a mostrar que a natureza era, na verdade, bem mais complexa do que se imaginava e que uma infinidade de curiosidades governa uma imensa quantidade de conhecimentos inacabados. Ou seja, a física, assim como todas as ciências atuais, ainda não está completa e talvez nunca venha a estar. Ainda carece de muitos avanços que possibilitem chegarmos a conclusões mais sólidas sobre o universo no qual habitamos.

## 2. Áreas Exploradas pela Física

---

No seu surgimento, o objetivo das ciências naturais era explicar toda a natureza, ou seja, tudo que existe no universo. Foi a partir do século XVII que as ciências naturais começaram a se dividir e com isso a Física começou a seguir sua própria linha de desenvolvimento de pesquisas e conhecimentos, abordando a partir daí certas áreas que juntas atualmente formam o grupo de interesses de estudo por parte da Física.

Primeiramente, podemos classificar a física em subáreas cronológicas: Física Clássica; Física Moderna e Física Contemporânea.

A **Física Clássica** é encarregada por todo o conhecimento da Física desenvolvido até o final do século XIX. Por sua vez, ela pode ser subdividida em áreas menores, que são responsáveis por agrupar os conhecimentos conforme suas particularidades, quais sejam: Mecânica Clássica; Ondas e Óptica; Termodinâmica e eletromagnetismo.

**Mecânica Clássica:** responsável pelo estudo dos movimentos de partículas e dos fluidos. Agrupa-se em:

*Cinemática*: estudo do movimento dos corpos sem se preocupar com as causas de tais movimentos;

*Estática*: estudo dos sólidos em seus estados de equilíbrio;

*Dinâmica*: estudo do movimento dos corpos, porém agora levando em consideração os fatores que ocasionam o movimento;

*Fluidostática*: estudo dos fluidos quando em estado de repouso;

*Fluidodinâmica*: estudo dos fluidos quando estes se encontram em movimento, levando em consideração determinadas características do movimento.

**Ondas e Óptica**: área da física clássica encarregada pelo estudo dos movimentos ondulatórios;

**Termodinâmica**: estuda os fenômenos relacionados à temperatura e sua variação, comportamento térmico dos gases, transferência de energia entre corpos, etc.;

**Eletromagnetismo**: estuda os fenômenos elétricos, magnéticos, assim como os fenômenos oriundos das interações elétricas e magnéticas.

A **Física Moderna**, também chamada de nova física, surgiu no início do século XX quando da percepção por parte da sociedade científica, que os conhecimentos físicos até então adquiridos não eram suficientes para responder indagações e realizar previsões para diversos fenômenos. Ela surgiu, assim, para buscar soluções às problemáticas que a Física clássica não era capaz de responder. A Física moderna pode ser dividida em:

*Relatividade Restrita ou Especial*: utilizada quando os corpos passam a se mover em grandes velocidades, próximas à velocidade da luz. A partir deste limite, deixamos de usar a mecânica clássica e usamos a relatividade restrita, cujo objetivo é tratar a física para corpos cujo movimento é extremamente rápido;

*Relatividade Geral*: esta aborda a gravitação presente na Mecânica Clássica levando em consideração as ideias presentes na relatividade restrita; e,

*Mecânica Quântica*: estuda os sistemas físicos quando suas dimensões possuem escala subatômica, ou seja, menores que as dimensões dos átomos.

A **Física Contemporânea** lida com problemas atuais que não se enquadram nas classificações anteriores. Ela é um ramo da Física que almeja ir além, utilizando-se, para isso, dos avanços tecnológicos enquanto ferramentas capazes de solucionar problemas que outrora eram apenas imaginários. Alguns exemplos bem interessantes são os estudos sobre a supercondutividade, os computadores quânticos e os aceleradores de partículas.

### 3. Aplicações Tecnológicas no Cotidiano

---

É imensurável a contribuição que a Física tem dado nos avanços tecnológicos. O estado de desenvolvimento atual, visto há algumas décadas apenas como ficção, se deve fundamentalmente ao paralelo desenvolvimento das teorias e práticas das ciências, com especial destaque para a Física. Para notar o quão importante ela é, vejamos alguns exemplos de aplicações nas bases da nossa civilização atual:

**Eletricidade**: é indiscutível que a eletricidade é a principal base da atual sociedade na qual vivemos. Nela a física está presente desde a geração e transmissão, até as diferentes formas de utilização, seja nas lâmpadas, nos eletrodomésticos, nos meios de transporte, etc.;



Figura 0.1: Adaptado de: <http://www.yescert.com.br/entenda-importancia-da-certificacao-de-eletrrodomesticos/>

**Telecomunicações:** nas telecomunicações o maior destaque vai para a mecânica ondulatória. Ela é a principal responsável pelo desenvolvimento dos atuais meios de comunicação sem os quais não mais nos imaginamos viver;



Figura 0.2: Adaptado de: <http://telecomunicaciones.espe.edu.ec/>

**Medicina:** na medicina os conceitos físicos estão presentes nos avançados equipamentos utilizados para realizar diversos tipos de exames e análises, tais como análises laboratoriais, eletrocardiogramas, raios-x, ultrassonografias, ressonâncias magnéticas e etc.



Figura 0.3: Adaptado de: <http://www.ibmed.com.br/ultrassom-entenda-como-funciona-o-exame-e-o-que-esperar-de-cada-resultado/>

#### 4. Alguns Cientistas e suas Principais Descobertas

---

Navegue no painel ao lado para obter informações sobre alguns cientistas e suas principais descobertas e contribuições para a ciência.

## *Albert Einstein*



Albert Einstein nasceu em Ulm, no antigo estado alemão de Württemberg, no dia 14 de março de 1879, e cresceu em Munique. Ele era o filho único de Hermann Einstein e Pauline Koch. Seu pai e seu tio eram donos de uma oficina eletrotécnica. A família considerava Albert lento no aprendizado porque ele teve dificuldade em aprender a falar. (Hoje em dia se acredita que talvez ele fosse disléxico.) Diz a lenda que quando Hermann perguntou ao diretor da escola qual seria a melhor profissão para seu filho, ele respondeu: Não importa. Ele nunca terá sucesso em nada.”

A confirmação da teoria da relatividade geral fez de Einstein uma celebridade internacional. Em 1921, ele foi eleito membro da Sociedade Real Inglesa (British Royal Society). Graus honorários e prêmios eram concedido a ele em cada cidade que visitava. Em 1921, Einstein começou a desenvolver os fundamentos da mecânica quântica junto ao físico dinamarquês Niel Bohr, mesmo continuando a busca de sua tão sonhada teoria do campo unificado. Suas viagens soa Estados Unidos o levaram a ser indicado professor de matemática e física teórica no Instituto de Estudos Avançados, em Princeton, Nova Jersey. (Hawking, 2005)

## *Alessandro Giuseppe Volta*





O Conde Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta nasceu em Como, na Lombardia (atual Itália), numa época em que o nível de vida de sua família havia diminuído. Ao contrário do que se esperava o jovem Alessandro não seguiu a carreira eclesiástica.

Quando jovem, não mostrou ser um menino prodígio. Começou a falar apenas aos quatro anos de idade e sua família estava convencida de que ele possuía problemas mentais. Entretanto, aos sete anos, quando do falecimento de seu pai, alcançava o nível de perspicácia para crianças de sua idade. A partir de então, Alessandro começou a progredir intelectualmente. Aos quatorze anos, decidiu que seria físico.

Seu feito principal não foi na eletricidade estática e sim na eletricidade dinâmica, mais precisamente em relação à corrente elétrica.

Em 1794, decidiu montar um dispositivo onde se encontrava dois metais diferentes, sem o contato de qualquer tipo de tecido. Como resultado de seu trabalho, obteve a informação de que havia uma corrente elétrica circulando entre os dois metais.

([http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Alessandro\\_Volta.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Alessandro_Volta.php))

### **Anders Celsius**



Anders Celsius nasceu em 27 de novembro de 1701, em Uppsala, Suécia. Foi professor de astronomia na Universidade de Uppsala, de 1730 a 1744, mas viajou de 1732 a 1735, visitando principalmente observatórios na Alemanha, Itália e França.

Em 1733 publicou em Nurembergue (Nürnberg) uma coleção de 316 observações da Aurora Boreal feitas por ele próprio e outros durante os anos 1716-1732

Em Paris, defendeu a medida do arco de meridiano na Lapônia, e em 1736 fez parte da expedição organizada com este intuito pela Academia Francesa de Ciências e dirigida por Pierre Louis Maupertuis.

Celsius foi um dos fundadores do Observatório Astronômico de Uppsala em 1741, sendo porém mais conhecido pela escala de temperatura Celsius, proposta pela primeira vez em um documento endereçado à Academia Real das Ciências da Suécia em 1742. Esta escala foi revisada por Carolus Linnaeus em 1745 e permanece como padrão até hoje. A maior contribuição de Celsius, no entanto, foi a invenção do termômetro centígrado.

([https://pt.wikipedia.org/wiki/Anders\\_Celsius](https://pt.wikipedia.org/wiki/Anders_Celsius))

### **André Marie Ampère**



Foi um físico, filósofo, cientista e matemático francês que fez importantes contribuições para o estudo do eletromagnetismo.

Nasceu em Poleymieux, próximo a Lyon, na França em 1775. Foi professor de Análise na Escola Politécnica de Paris e no Collège de France. Em 1814 foi eleito membro da Academia de Ciências. Ocupou-se com vários ramos do conhecimento humano, deixando obras de importância, principalmente no domínio da física e da matemática. Partindo das experiências feitas pelo dinamarquês Hans Christian Oersted sobre o efeito magnético da corrente elétrica, soube estruturar e criar a teoria que possibilitou a construção de um

grande número de aparelhos eletromagnéticos. Além disso, descobriu as leis que regem as atrações e repulsões das correntes elétricas entre si. Idealizou o galvanômetro, inventou o primeiro telégrafo elétrico e, em colaboração com Arago, o eletroímã.

(<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/ampere.php>)

### **Carl Friedrich Gauss**



Filho de pais humildes, o pai, Gerhard Diederich, era jardineiro e pedreiro, a mãe Dorothea Benze era analfabeta, não tendo registrado a data de nascimento de Gauss.

Aos sete anos entrou para a escola. Segundo uma história famosa, seu diretor, Butner, pediu que os alunos somassem os números inteiros de um a cem. Mal havia enunciado o problema e o jovem Gauss colocou sua lousa sobre a mesa, dizendo: ligget se! Sua resposta, 5050, foi encontrada através do raciocínio que demonstra a fórmula da soma de uma progressão aritmética. Butner reconheceu a genialidade do menino de dez anos, passou a incentivá-lo nos seus estudos, junto com seu jovem assistente, Johann Martin Bartels (1769-1856), apaixonado pela matemática. Entre Bartels, com dezessete anos, e o aluno de dez nasceu uma boa amizade que durou toda a vida.

Na física, a lei de Gauss é a lei que estabelece a relação entre o fluxo elétrico que passa através de uma superfície fechada e a quantidade de carga elétrica que existe dentro do volume limitado por esta superfície. A lei de Gauss é uma das quatro equações de Maxwell e foi elaborada por Carl Friedrich Gauss no século XIX.

([https://pt.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Friedrich\\_Gauss](https://pt.wikipedia.org/wiki/Carl_Friedrich_Gauss))

### **Christian Huygens**



Christian Huygens foi um matemático, físico e astrônomo holandês, nascido em Haia, Holanda, em 14 de abril de 1629. Foi o segundo dos quatro filhos do poeta e diplomata Constantijn Huygens (1596-1687). Era um homem de ampla cultura que também se dedicou às ciências. De seu pai, Huygens recebeu suas primeiras instruções em Matemática e Mecânica aos treze anos de idade, e desde cedo despertou interesse e habilidade em ambas.

Pesquisou sobre o comportamento dos líquidos puros, resistência do ar e o polimento e na montagem de associação de lentes. Na mecânica enunciou o princípio da força centrífuga e a notável lei do pêndulo. Atribui-se a este inventor as criações, entre outras, do relógio de pêndulo (1657) e do manômetro para medição de pressão dos gases (1661).

Descobriu a polarização da luz (1678) e formulou a teoria ondulatória da propagação da luz em em *Traité de la lumière* (1690) elaborando o célebre princípio de Huygens, no qual expôs sua concepção da luz como onda de energia que se propaga no espaço, teoria que seria posteriormente desenvolvida por Fresnel. Esta teoria teve seus primeiros argumentos com Aristóteles e, depois com Da Vince e Galileu.

(<http://www.somatematica.com.br/biograf/christian.php>)

### ***Christian Johann Doppler***



Christian Johann Doppler foi um matemático austríaco, nasceu em 1803 em Salzburgo, e morreu em Veneza no ano de 1853. Ficou famoso pela descoberta do fenômeno físico denominado efeito Doppler. Educado no Instituto Politécnico de Viena, mais tarde tornou-se diretor do Instituto de Física e professor de Física Experimental na Universidade de Viena. Escreveu seus primeiros trabalhos no campo da Matemática mas, em 1842, publicou uma obra intitulada *Concerning the coloured light of double stars* (sobre as cores da luz emitida pelas estrelas duplas), na qual ele apresenta os fundamentos do efeito Doppler, tanto com o som quanto com a luz.

Doppler observou que o comprimento de uma onda sonora produzida por uma fonte em movimento se altera. Quando a fonte está se aproximando do observador, o comprimento de onda diminui (ou seja, o som se torna mais agudo); quando ela se afasta, ele se torna maior (fica mais grave).

<http://www.somatematica.com.br/biograf/doppler.php>

### ***Gabriel Daniel Fahrenheit***



Físico e inventor alemão, Gabriel Daniel Fahrenheit nasceu a 24 de maio de 1686, na cidade de Danzig, atualmente Gdansk, Polónia, e morreu a 16 de setembro de 1736, em Haia.

Educado para trabalhar no comércio, viajou pela Grã-Bretanha e pela Holanda, onde se tornou fabricante de instrumentos meteorológicos e dedicou-se, sob orientação do físico Willem Jacob's Gravesande, ao estudo da física experimental. Após várias pesquisas para aperfeiçoar as técnicas de fabricação desses instrumentos e para discriminar com mais precisão as medições desses aparelhos, Fahrenheit criou, em 1714, o primeiro termómetro de mercúrio. Anteriormente, utilizava-se o álcool que, por ter um ponto de ebulição bastante baixo, não permitia medir temperaturas muito altas; para além disso, o álcool dilatava de forma pouco uniforme, não permitindo fazer muitas subdivisões na escala. Fahrenheit escolheu, portanto, o mercúrio por não se alterar este metal numa larga gama de temperaturas. Decidiu, então, criar uma escala própria para fazer as medições. Elegeu como ponto inferior (o valor mais baixo), a temperatura obtida pela fusão de cloreto de sódio (NaCl, conhecido por sal da cozinha) com cloreto de amónio (NH<sub>4</sub>Cl) e gelo fundente e, para ponto superior, a temperatura do corpo humano. Atribuiu-lhes, respetivamente, os valores de 0° F e 100° F. Esta escala, que tem o nome do inventor, difundiu-se muito em Inglaterra e, mais tarde, foi adotada pelos americanos. ([http://www.infopedia.pt/\\$gabriel-fahrenheit](http://www.infopedia.pt/$gabriel-fahrenheit))

### **Georg Simon Ohm**



Georg Simon Ohm nasceu na Bavária, Alemanha. Trabalhava como professor secundário de Matemática no Colégio dos Jesuítas, em Colônia, mas desejava lecionar na universidade. Para tanto, foi-lhe exigido, como prova de admissão,

que realizasse um trabalho de pesquisa inédito. Optou por fazer experiências com a eletricidade, e para isso construiu seu próprio equipamento, incluindo os fios.

Experimentando diferentes espessuras e comprimentos de fios, acabou descobrindo relações matemáticas extremamente simples envolvendo essas dimensões e as grandezas elétricas. Inicialmente, verificou que a intensidade da corrente era diretamente proporcional à área da seção do fio e inversamente proporcional a seu comprimento. Com isso, Ohm pôde definir um novo conceito: o de resistência elétrica.

([http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Georg\\_Ohm.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Georg_Ohm.php))

### *Isaac Newton*



Isaac Newton nasceu a 25 de Dezembro de 1642, no mesmo ano em que faleceu o famoso cientista Galileu. Durante a infância, foi educado pela avó e frequentou a escola em Woolsthorpe. Na adolescência, frequentou a Grantham Grammar School. Foi encarregado de ajudar na gestão dos negócios da família, o que não lhe agradava. Por isso, dividia o seu tempo entre os livros e a construção de engenhosos entretenimentos, como por exemplo um moinho de vento em miniatura ou um relógio de água.

Newton foi um autodidata que nos finais de 1664, atingiu um grande conhecimento matemático e estava pronto para realizar as suas próprias contribuições. Durante 1666, após ter obtido o seu grau de Bacharel, o Trinity College foi encerrado devido à peste. Este foi para Newton o período mais produtivo, pois, nesses meses, na sua casa de Lincolnshire, realizou quatro

das suas principais descobertas: O teorema binomial; O cálculo diferencial e integral; A lei da gravitação; A natureza das cores.

[http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Isaac\\_Newton.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Isaac_Newton.php)

### *James Clerk Maxwell*



Aos dezesseis anos, James começou a estudar matemática, filosofia natural e lógica na Universidade de Edimburgo. Em 1850 mudou-se para Cambridge, filiando-se ao Peterhouse College. Por ser mais fácil obter uma bolsa de estudos, mudou-se para o Trinity College, que havia sido freqüentado por Isaac Newton (1642 – 1727). Formou-se em 1854 em matemática com grande destaque entre os outros estudantes. Apesar disso, não recebeu o prêmio de melhor aluno pois não se preparou adequadamente para os pesados exames de fim de curso.

O lugar de Maxwell entre os grandes físicos do século XIX deve-se a suas pesquisas sobre eletromagnetismo, teoria cinética dos gases, visão colorida, anéis de Saturno, óptica geométrica, e alguns estudos sobre engenharia. Ele escreveu quatro livros e cerca de cem artigos científicos. Foi também editor científico da nona edição da Enciclopédia Britânica, para a qual contribuiu com vários verbetes.

(<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Biografias/Maxwell.php>)



## *James Watt*



O inventor da moderna máquina a vapor, que possibilitou a revolução industrial, James Watt foi mundialmente reconhecido quando seu nome foi dado à unidade de potência de energia - o watt.

James Watt nasceu em Greenock, Escócia, a 19 de Janeiro de 1736 tendo falecido em Heathfield Hall, Inglaterra a 25 de Agosto de 1819.

Em 1763 recebeu para arranjar uma máquina a vapor do tipo Newcomen, a mais avançada de então. Watt conseguiu descobrir que, para melhorar o seu funcionamento, era necessário elevar a temperatura do vapor, arrefecendo-o depois bruscamente durante a expansão.

Endividado, associou-se a John Roebuck, que lhe proporcionou a ajuda financeira de que necessitava. Foi então possível construir um protótipo e proceder à correção de algumas falhas. Matthew Boulton, dono de uma firma de engenharia, comprou a parte de Roebuck e deu início à construção das máquinas projetadas por Watt.

(<http://www.explicatorium.com/biografias/james-watt.html>)

## *Johann Kepler*



Johann Kepler nasceu em uma pequena cidade perto de Stuttgart, na Alemanha, no dia 27 de dezembro de 1571. Aos quatro anos de idade, perdeu parcialmente a visão por causa de uma infecção de varíola. Queria tornar-se ministro luterano, mas, devido ao seu grande interesse pela astronomia, mudou de idéia. Estudou Matemática na Universidade de Tübingen, sendo que, na época, o curso de Matemática incluía geralmente quatro disciplinas: Aritmética, Astronomia, Geometria e Música.

Inicialmente, em Astronomia, estudou o sistema geocêntrico, segundo qual a terra fica no centro do universo e os planetas giram em órbitas circulares ao seu redor. Esse sistema foi proposto por Ptolomeu no século II.

Em 1594, foi trabalhar na universidade de Grätz, na Áustria. Cinco anos depois começou a trabalhar como assistente do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, em Praga. Brahe possuía muitas observações precisas, de sua autoria, sobre o movimento dos planetas. Em 1601, Kepler ocupou o cargo de Brahe de Matemático Imperial do Sagrado Imperador Romano - Rudolph II. Ficou com todos os dados astronômicos sobre o movimento dos planetas, dados esses que lhe permitiram formular as suas três leis do movimento planetário entre 1609 e 1619:

(<http://calculomath.weebly.com/kepler.html>)

### ***Joseph Thomson***



Joseph J. Thomson, foi um físico britânico que nasceu em Manchester no dia 18 de Dezembro de 1856, tendo falecido em Cambridge a 30 de agosto de 1940. Ficou mundialmente conhecido pela descoberta do elétron, tendo

proposto um modelo atômico que ficou conhecido como modelo atômico de Thomson ou modelo do pudim de passas.

As experiências de Thomson podem ser consideradas como o início do entendimento da estrutura atômica. As suas experiências com o tubo de raios catódicos permitiram concluir irrefutavelmente a existência dos elétrons. Os corpos são eletricamente neutros. Assim, com a descoberta dos elétrons que apresentam carga elétrica negativa, concluiu-se pela existência dos prótons, partículas com carga elétrica positiva.

Pela descoberta dos elétrons, J.J. Thomson recebeu o prêmio Nobel da Física em 1906. Foi nomeado cavaleiro em 1908. Em 1918 tornou-se mestre do Trinity College em Cambridge, onde permaneceu até à sua morte em 1940, e foi enterrado em Westminster Abbey, perto de Isaac Newton.

<http://www.explicatorium.com/biografias/joseph-thomsom.html>

### **Ludwig Boltzmann**



Ludwig Boltzmann é o pioneiro da aplicação da estatística nos estudos da termodinâmica e da teoria cinética dos gases.

Boltzmann doutorou-se em 1866 na Universidade de Viena e, no ano seguinte, tornou-se assistente do físico esloveno Josef Stefan. Foi professor de física teórica na Universidade de Graz e, depois, professor de matemática em Viena. Entre 1876 e 1889 voltou a lecionar em Graz, na cadeira de física experimental. Lecionou em Munique de 1889 a 1893 - e, a seguir, em Viena e Leipzig.

Boltzmann foi o primeiro a aplicar a teoria atômica na explanação da segunda lei da termodinâmica e a correlacionar o conceito de entropia com o cálculo das probabilidades.

Estabeleceu, em seu famoso Teorema H, baseando-se nas leis da mecânica, a tendência que tem um sistema constituído de um grande número de moléculas (como os gases) de assumir uma certa uniformidade na distribuição da energia, em completa subordinação ao equilíbrio térmico do sistema.

(<http://educacao.uol.com.br/biografias/ludwig-boltzmann.htm>)

### **Robert Hooke**



Cientista inglês, essencialmente mecânico e meteorologista nascido em Freshwater, na Isle of Wight, que formulou a teoria do movimento planetário e a primeira teoria sobre as propriedades elásticas da matéria. Filho de um humilde pastor protestante, iniciou-se como corista da Igreja de Cristo de Oxford e foi estudar em Oxford University (1653), onde começou como assistente de laboratório de Robert Boyle (1655), e posteriormente seu colaborador nos estudos sobre gases, mostrando-se ser um exímio experimentador e ter forte inclinação para a mecânica. Pioneiro nas hipóteses de que as tensões tangenciais são proporcionais às velocidades de deformação angular e de que as componentes normais são funções lineares das velocidades de deformação, seu primeiro invento foi o relógio portátil de corda (1657) e enunciou a lei da elasticidade ou lei de Hooke (1660), segundo a qual as deformações sofridas pelos corpos são, em princípio, diretamente proporcionais às forças que se aplicam sobre eles.

Sua habilidade com experimentos valeu-lhe a eleição como membro e nomeação como curador de experiências da Royal Society (1662). Foi, também, professor de geometria do Gresham College.

(<http://brasilecola.uol.com.br/biografia/robert-hooke.htm>)

## **CAPÍTULO 1 - GRANDEZAS FÍSICAS E VETORES**

### **1. Grandezas**

---

Definimos as grandezas em Física como sendo tudo aquilo que pode ser medido e representado numericamente. Para esta representação, além dos números, também utilizamos as chamadas unidades de medida para cada grandeza. Por exemplo, para fazer uma receita de bolo, geralmente escrevemos: 600 ml de leite. Neste caso, representamos a medida com um número e uma unidade de volume. Estas unidades são utilizadas com o intuito de agrupar as grandezas conforme suas características de medição, por exemplo:

Tabela 1.01: Exemplos de grandezas e suas unidades de medida.

Grandezas	Unidades de medida
Comprimento	Metro, centímetro, milímetro...
Massa	Quilograma, grama, miligrama...
Tempo	Hora, minuto, segundo...

### **2. Mas por que utilizar unidades de medida? “Dois pesos e duas medidas!”**

---

Fazer uma medida significa comparar o objeto de estudo com um padrão já definido. Quando medimos o comprimento de um objeto podemos utilizar uma unidade de medida de comprimento como o centímetro. Como a unidade do

comprimento de centímetro já está pré-estabelecida como um padrão, basta que nós comparemos o objeto com o centímetro e descobrir quantas unidades correspondem ao objeto.

As unidades de medida nem sempre tiveram seus valores padronizados e isso já foi motivo de muitos conflitos. Sem essa padronização aceita internacionalmente, ainda hoje vivenciaríamos o que fora vivido há alguns séculos atrás, momento do surgimento da expressão “dois pesos e duas medidas”. Tal expressão surgiu da realidade em que as grandezas eram medidas por pessoas em diferentes lugares e possuíam valores diferentes. Mas como assim? Quem era rico ou possuía status social comprava feijão, por exemplo, em maior quantidade pagando o mesmo valor que um cidadão comum pagaria talvez pela metade da quantidade. Realmente era algo muito injusto!

Uma unidade de medida, utilizada para a medida de comprimentos no passado, era a braça. Nesta medição fazia-se uma comparação com uma parte do corpo humano, o braço. Mas espera aí! O braço de quem? Geralmente eram utilizadas partes do corpo de pessoas da elite. Porém, aí é que está o problema: caso fosse para favorecer alguém, as braças levadas em consideração eram de uma pessoa grande, mas se era para desfavorecer, as braças utilizadas eram de pessoas pequenas. E a confusão era ainda maior quando era preciso realizar medidas entre pessoas de reinos diferentes.

Com o passar do tempo, observou-se a necessidade de se padronizar as unidades de medida, visando uniformizar e facilitar as relações comerciais, diminuindo as injustiças.

Com isso, medir uma grandeza passou a ser um processo que consiste em comparar o que se deseja medir com quantidades padronizadas, com unidades adequadas.

### 3. Sistema Internacional de Unidades

---

Devido à grande quantidade de unidades de medida existentes no mundo foi criado, durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, o hoje chamado Sistema Internacional de Unidades, representado pela sigla SI. O objetivo era eliminar as grandes confusões criadas pela existência de tantas unidades de medida. Dessa forma, o SI estabeleceu para cada grandeza apenas uma unidade de medida como sendo padrão. Muitas unidades até então utilizadas não foram extintas, porém sofreram a necessidade de adaptação às unidades padronizadas pelo SI, devendo assim, possuir fatores de conversão para as unidades padrão.

As unidades fundamentais são unidades padronizadas internacionalmente para algumas grandezas determinadas. Por exemplo: o SI adota o sistema MKS para três de suas unidades fundamentais, essas são: comprimento (metro, m), massa (quilograma, kg) e tempo (segundo, s). Juntando as letras destacadas formamos o sistema chamado de MKS. Outro sistema bastante conhecido, porém não adotado pelo SI é o CGS, cujas unidades fundamentais básicas são: comprimento (centímetro, c), massa (grama, g) e tempo (segundo, s). Procedendo da mesma forma que o MKS, juntamos as letras destacadas para formar a sigla CGS.

As unidades derivadas são as formadas através da composição das unidades fundamentais. Quando queremos medir área, segundo o sistema MKS (SI), usamos metro quadrado ( $m^2$ ). E para volume, usamos o metro cúbico ( $m^3$ ). Com as unidades de comprimento e de tempo podemos medir a velocidade (metros por segundo,  $m/s$ ) ou a aceleração (metros por segundo ao quadrado,  $m/s^2$ ).

O Sistema Internacional de Unidades adota sete unidades de medida como sendo fundamentais, que são:

Tabela 1.02: Unidades fundamentais do SI.

Grandezas	Unidades	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Corrente elétrica	Ampére	A
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de matéria	Mol	mol
Intensidade luminosa	Candela	cd

No Brasil existe um órgão governamental responsável por tratar da padronização estabelecida pelo SI. Esse órgão é o *Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia* (INMETRO). Em seu site ([www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)) é possível encontrar diversas informações importantes sobre as unidades de medida. Para obter mais informações sobre o SI acesse o documento [Sistema Internacional de Unidades SI](#) disponibilizado pelo INMETRO.

#### 4. Grandezas escalares e vetoriais

---

As **grandezas escalares** são as que ficam perfeitamente definidas quando as representamos com apenas um número e uma unidade de medida. Por exemplo: quando perguntamos a hora e alguém responde que são nove horas e trinta e seis minutos (09 h e 36 min), não carecemos de mais informações além dessa para compreender a informação. Assim, podemos dizer que o tempo é uma grandeza escalar. Da mesma forma, quando dizemos que a temperatura ambiente é de aproximadamente 20 °C, o valor 20 e a unidade de medida °C (graus Celsius) nos fornecem toda a informação necessária para que haja compreensão sobre a temperatura em determinado lugar. Além de



tempo e temperatura, outros exemplos de grandezas escalares são: energia, área e volume.

Por outro lado, as **grandezas vetoriais**, diferentemente das escalares, não ficam totalmente representadas quando as tratamos usando apenas um valor numérico e uma unidade de medida. Elas carecem de algo mais. Vejamos: João quer chegar a uma determinada cidade mas não conhece o caminho. Ele pergunta a alguém que conhece o caminho. Caso a pessoa apenas informe que para chegar a tal cidade será necessário se deslocar 50 km não será suficiente para que João consiga chegar ao destino. Isso acontece porque o deslocamento é uma grandeza vetorial e precisa de mais informações para ser completamente definido. No caso deste deslocamento, é necessário que sejam informados a direção e o sentido para onde João irá se mover. Dessa forma, para que as grandezas vetoriais fiquem completamente definidas, é imprescindível informarmos uma direção e um sentido para elas, além do valor numérico e da unidade de medida. Outros exemplos de grandezas vetoriais são: força, velocidade e aceleração.

Na animação 1.01 você pode perceber a diferença entre uma grandeza vetorial e uma grandeza escalar. Não basta dizermos apenas sua intensidade e unidade de medida, precisamos informar, também, sua direção e seu sentido para que a grandeza vetorial fique completamente representada.

## 5. Representação geométrica e analítica de grandezas vetoriais

---

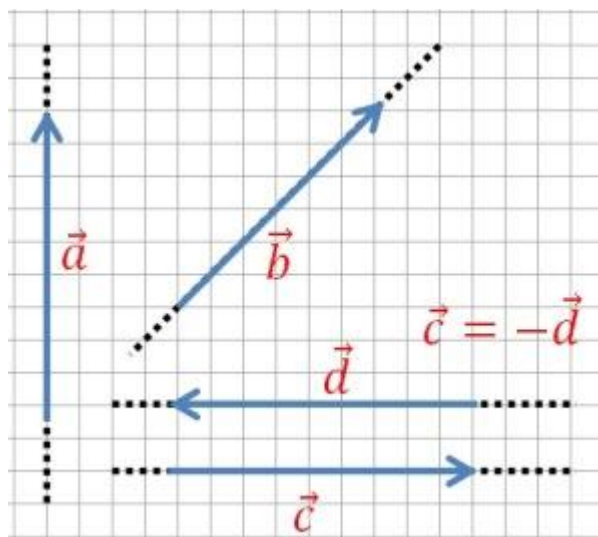


Figura 1.01: Representação dos vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$ .

Conforme discutido na seção anterior, uma grandeza vetorial, para ser perfeitamente apresentada, exige que sejam informados além do valor numérico e da unidade de medida, uma direção e um sentido. Dessa forma, precisamos de algo mais elaborado para sua representação. Para tal tarefa utilizamos um ente geométrico chamado de **vetor**.

Um vetor consiste de um segmento de reta orientado. Seu comprimento representa o valor numérico da grandeza que está sendo representada. Este é chamado de módulo do vetor. A orientação do segmento de reta corresponde ao sentido, e a reta imaginária sobre a qual está o segmento mostra qual a direção da grandeza.

As grandezas vetoriais são nomeadas através de letras, maiúsculas ou minúsculas, com uma seta orientada para direita sobre a letra. Por exemplo, podemos representar os vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  conforme ilustrado na Figura 1.01.

Os vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  possuem módulos iguais aos comprimentos dos segmentos orientados em azul. A direção do vetor  $\vec{a}$  é vertical e seu sentido é de baixo para cima. A direção do vetor  $\vec{b}$  é oblíqua e seu sentido é apontando para o nordeste. Os vetores  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  possuem direção horizontal e sentidos opostos, pois o vetor  $\vec{c}$  aponta da esquerda para a direita e o vetor  $\vec{d}$  aponta

da direita para a esquerda. Quando dois vetores possuem mesma direção e mesmo módulo (tamanho), porém, sentidos contrários, dizemos que um é o negativo do outro, conforme pode ser visualizado na Figura 1.01.

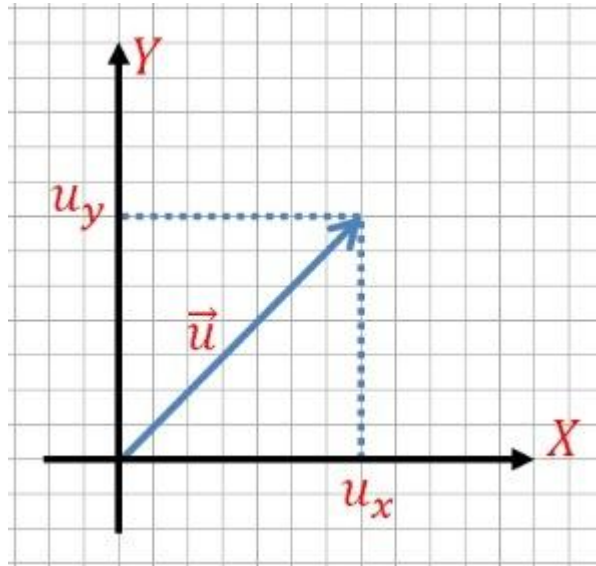


Figura 1.02: Representação de um vetor através de suas componentes cartesianas no plano.

Dois vetores serão iguais se e somente se possuírem todas as suas características iguais: seus módulos, suas direções e seus sentidos.

Para representar o módulo de um vetor  $\vec{v}$  podemos usar:  $v$  ou  $|\vec{v}|$ .

Outra forma de representar os vetores é em termo de suas componentes cartesianas. Dessa forma, um vetor  $\vec{u}$  qualquer pode ser escrito como:

$$\vec{u} = (u_x, u_y) \text{ (Eq. 1.01)}$$

Onde  $u_x$  e  $u_y$  representam, respectivamente, as componentes do vetor conforme um sistema de coordenadas cartesianas  $(x, y)$ . Para determinar a componente  $u_x$ , traçamos uma reta pontilhada na extremidade do vetor  $\vec{v}$ , paralela ao eixo  $OY$ . A componente  $u_y$  é encontrada traçando uma reta pontilhada paralela ao eixo  $OX$ , na extremidade do vetor  $\vec{u}$ . Suas representações geométricas no sistema de eixos cartesianos estão exibidas na figura abaixo.

## 5.1. Componentes de um vetor

---

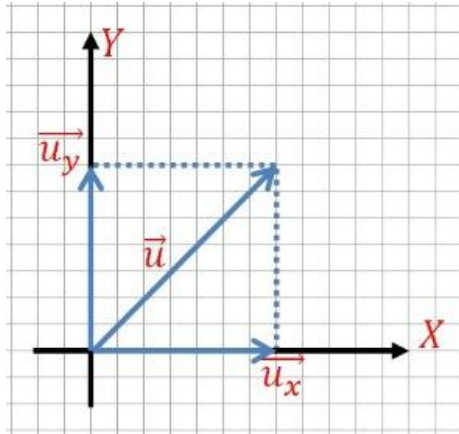


Figura 1.03: Representação geométrica das projeções do vetor  $\vec{u}$ .

As componentes de um vetor expressam geometricamente suas projeções sobre os eixos cartesianos  $x$  e  $y$  e cada projeção do vetor  $\vec{u}$ , por exemplo, pode ser representada como sendo os vetores  $\vec{u}_x = (u_x, 0)$  na direção  $OX$  e  $\vec{u}_y = (0, u_y)$  na direção  $OY$  (Figura 1.03).

Como podem ser percebidos na Figura 1.03, os módulos das projeções do vetor  $\vec{u}$  são exatamente os valores das componentes cartesianas. Dessa forma temos  $|\vec{u}_x| = u_x$  e  $|\vec{u}_y| = u_y$ .

A Figura 1.04 abaixo mostra que deslocando o vetor  $\vec{u}_y$  podemos formar um triângulo retângulo. Também é notável que o vetor  $\vec{u}$  forma um ângulo  $\alpha$  com o vetor  $\vec{u}_x$ . Essas informações nos tornam hábeis a determinar o módulo do vetor  $\vec{u}$  assim como os módulos de suas projeções.

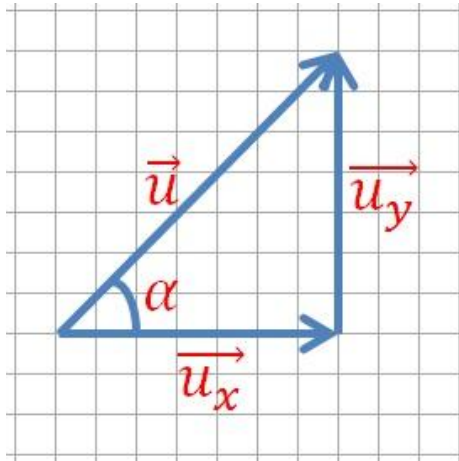


Figura 1.04: Vetor  $\vec{u}$  e suas projeções formando um triângulo retângulo.

Utilizando o Teorema de Pitágoras no triângulo da Figura 1.04 e a notação  $u, u_x, u_y$  para os módulos dos vetores  $\vec{u}, \vec{u}_x$  e  $\vec{u}_y$ , respectivamente, temos:

$$u^2 = u_x^2 + u_y^2 \text{ (Eq. 1.02)}$$

De onde podemos concluir que o módulo do vetor  $\vec{u}$  é:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \text{ (Eq. 1.03)}$$

Os módulos das componentes serão:

$$u_x = u \cos \alpha \text{ (Eq. 1.04)}$$

$$u_y = u \sin \alpha \text{ (Eq. 1.05)}$$

## 6. Soma de vetores

---

Diferentemente dos números reais, existem regras próprias para se realizar operações com grandezas vetoriais.

A soma de um vetor que vale 2 unidades com outro de 3 unidades não será necessariamente igual a 5. A seguir mostraremos as regras Geométricas e Analíticas para a soma e subtração de vetores. O resultado da soma ou subtração de vetores será também um vetor, portanto deverá apresentar módulo, direção e sentido.

### 6.1. Soma e subtração geométrica (*Regra do Polígono*)

A regra do polígono é uma forma bem simples para obtenção do vetor soma, também chamado de vetor resultante da soma de um conjunto de vetores. Essa regra consiste em reposicionar todos os vetores colocando a origem de um vetor na extremidade (seta) do outro vetor ao qual se deseja somar.

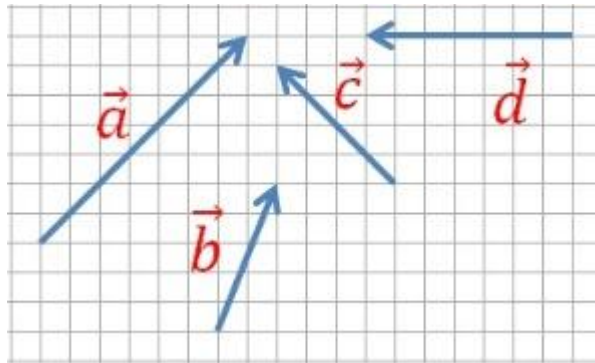


Figura 1.05: Representação geométrica dos vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$ .

Considere os vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  mostrados na Figura 1.05. A soma desses vetores será o vetor dado por  $\vec{s} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$ .

Reposicionamos todos os vetores, um após o outro, seguindo a ordem da soma, como mostra a Figura 1.06. Após todos os vetores estarem devidamente posicionados, desenhamos mais um vetor para fechar o polígono. Esse vetor, que será o vetor soma ( $\vec{s}$ ), deverá partir da origem do primeiro vetor ( $\vec{a}$ ) e ir até a extremidade do último vetor ( $\vec{d}$ ).

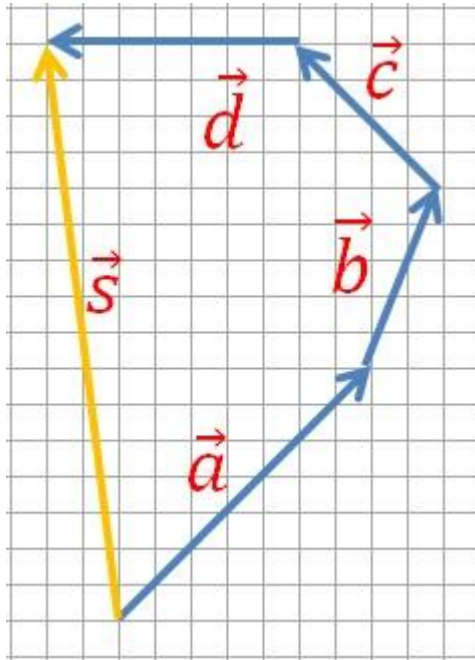


Figura 1.06: Representação geométrica dos vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  reposicionados e do vetor  $\vec{s}$  fechando o polígono.

Para realizar a subtração de vetores devemos utilizar o fato de que o vetor  $-\vec{b}$  aponta na orientação contrária à do vetor  $\vec{b}$ . Daí, para subtrair, usamos a regra do polígono como se estivéssemos somando vetores.

Como exemplo, vamos calcular o vetor resultante  $\vec{w} = \vec{a} - \vec{b} - \vec{c} - \vec{d}$ , onde  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  são os vetores apresentados na Figura 1.05.

Nesse caso, devemos perceber que os vetores  $-\vec{b}$ ,  $-\vec{c}$  e  $-\vec{d}$  são os vetores  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  e  $\vec{d}$  com sentidos invertidos, conforme a Figura 1.07.

Para encontrar o vetor resultante  $\vec{w}$  seguimos os passos da regra do polígono, posicionando os vetores da Figura 1.07, um após o outro. Dessa forma, encontraremos o vetor resultante  $\vec{w}$ , como apresentado na Figura 1.08.

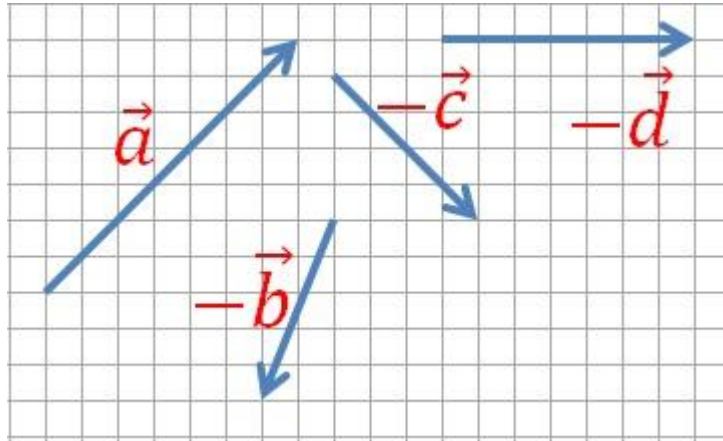


Figura 1.07: Representação geométrica dos vetores  $-\vec{a}$ ,  $-\vec{b}$ ,  $-\vec{c}$  e  $-\vec{d}$ .

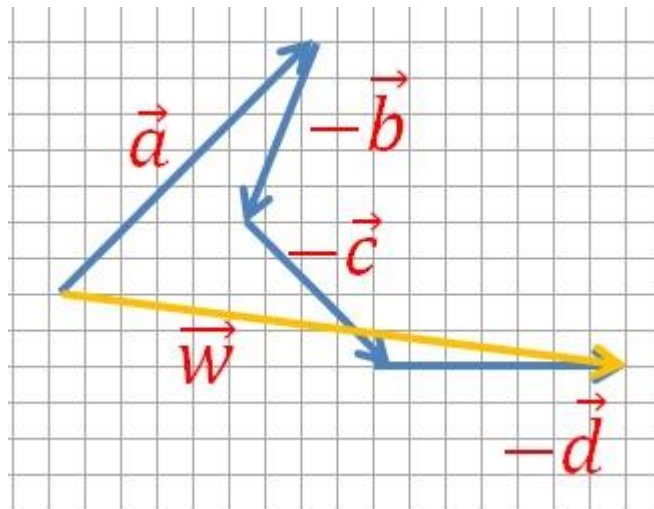


Figura 1.08: Representação geométrica dos vetores  $\vec{a}$ ,  $-\vec{b}$ ,  $-\vec{c}$  e  $-\vec{d}$  repositionados e do vetor  $\vec{w}$  fechando o polígono.

## 6.2. Soma e subtração geométrica (*Regra do Paralelogramo*)

Outra forma de se somar vetores é utilizando a regra do paralelogramo. Esta regra permite que sejam somados dois vetores por vez.

A regra do paralelogramo consiste de uma forma geométrica onde para se obter o vetor soma resultante de dois vetores quaisquer, juntamos a origem dos mesmos e em seguida montamos um paralelogramo. Este, por sua vez, nos possibilitará determinar o vetor soma.

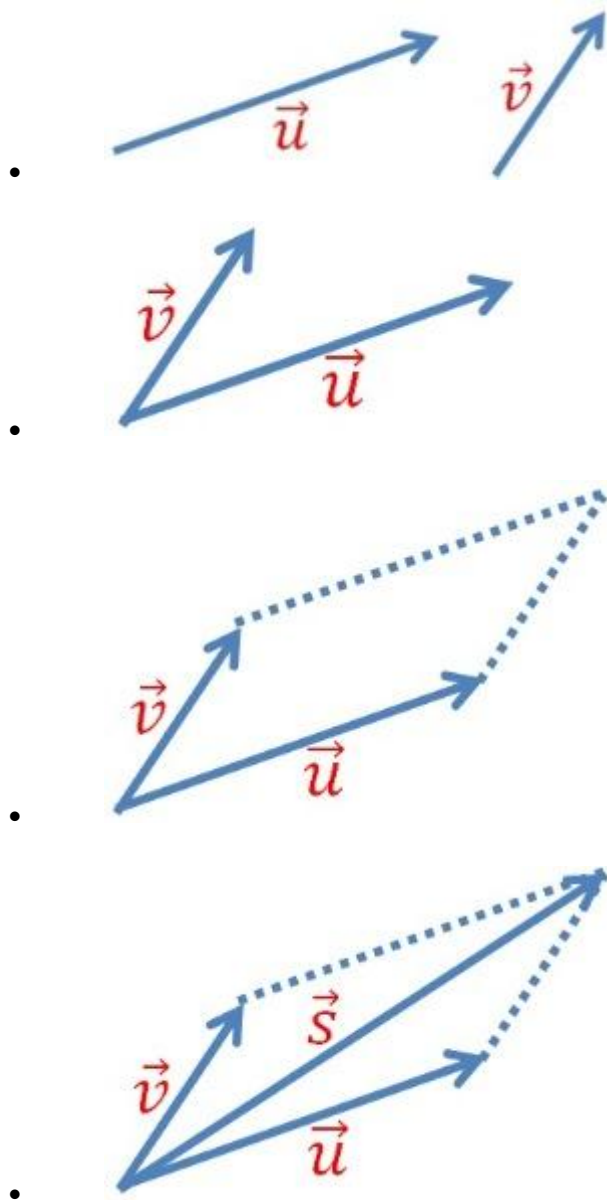


No quadro ao lado é possível ver um exemplo do passo-a-passo para somar os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  usando a regra do paralelogramo.

Procedendo como demonstrado, usamos a regra do paralelogramo para obter o vetor resultante  $\vec{s} = \vec{u} + \vec{v}$ .

### Passa as imagens deslizando

---



Podemos, também, utilizar a regra do paralelogramo para subtrair dois vetores. Para isto, devemos lembrar que o negativo de um vetor aponta no sentido

contrário a este vetor e possui o mesmo módulo e direção, como pode ser visto na Figura 1.10.

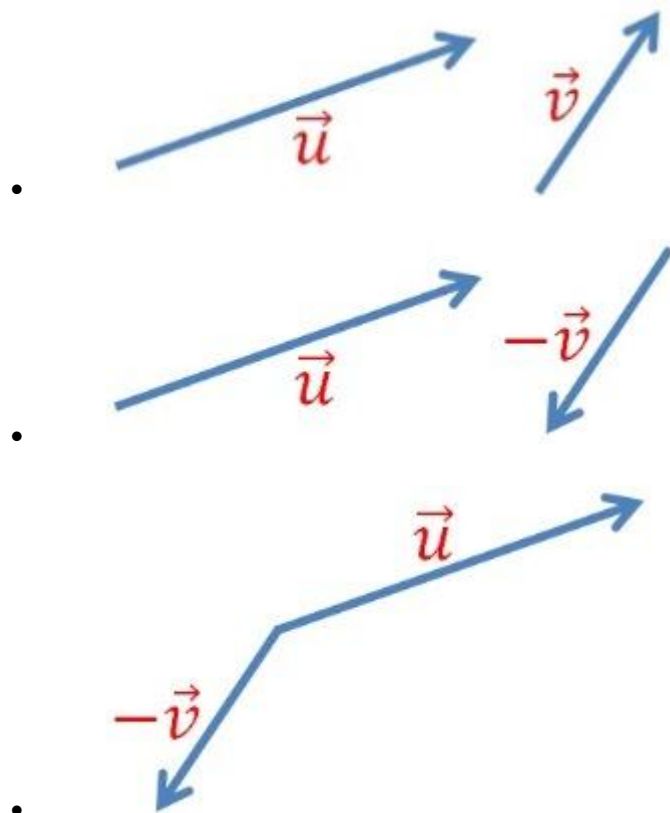


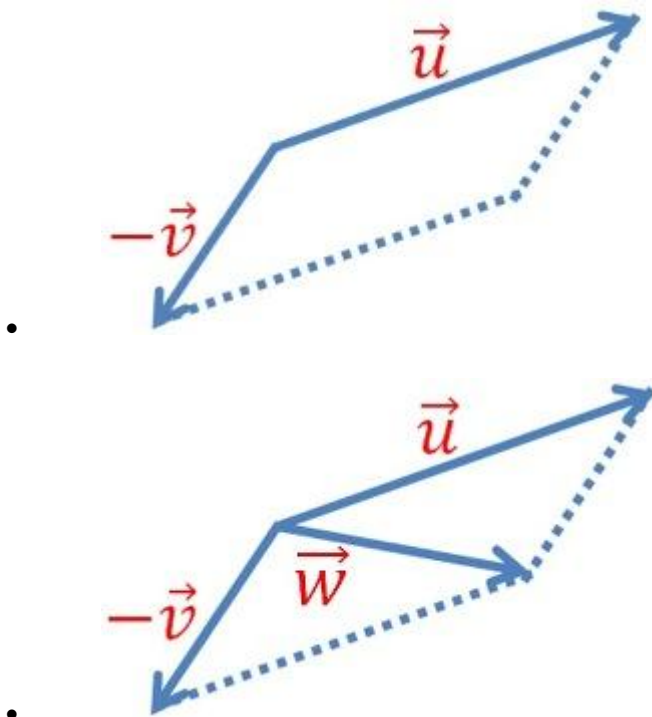
Figura 1.10: Representação do vetor  $\vec{v}$  e seu negativo  $-\vec{v}$ .

Como exemplo, vamos resolver a subtração  $\vec{w} = \vec{u} - \vec{v}$ . Observe que esta operação é o mesmo que  $\vec{w} = \vec{u} + (-\vec{v})$ . Assim, usamos a regra do paralelogramo como se estivéssemos somando o vetor  $\vec{u}$  com o vetor  $-\vec{v}$ . Veja o procedimento no quadro ao lado.

#### Passe as imagens deslizando

---





Observação: É importante prestarmos bastante atenção nas diferenças existentes entre a aplicação da regra do paralelogramo ou da regra do polígono. Observe que para encontrar o vetor resultante, precisamos unir a origem dos dois vetores na regra do paralelogramo, enquanto que, na regra do polígono posicionamos um vetor após o outro.

Como visto até aqui, a regra do paralelogramo nos permitiu determinar a direção e o sentido do vetor resultante da soma de dois vetores, quaisquer que sejam as direções desses vetores. Para determinarmos o módulo do vetor resultante usamos a chamada Lei dos Cossenos.

### Lei dos Cossenos

A lei dos cossenos nos diz que o módulo do vetor resultante da soma de  $\vec{u} + \vec{v}$  será dado pela seguinte expressão:

$$s = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \alpha} \quad (\text{Eq. 1.07})$$

Onde  $\alpha$  é o ângulo formado entre os dois vetores.

### 6.3. Módulo de um vetor resultante

### 6.3.1. Caso 1 (Vetores com mesma direção)

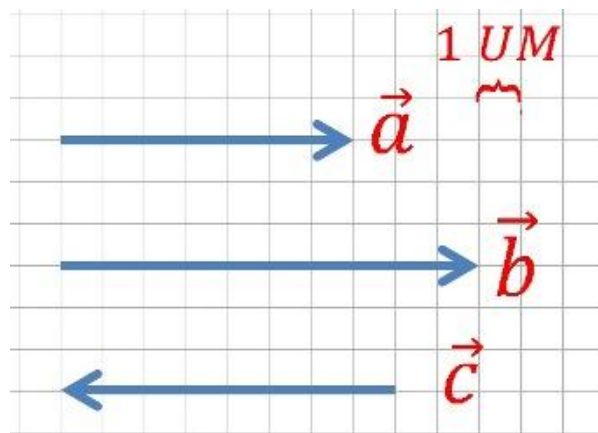


Figura 1.12: Vetores com mesma direção.

Quando os vetores possuem mesma direção, o módulo do vetor resultante será obtido através da soma algébrica dos módulos de todos os vetores, ou seja, deve-se levar em consideração o sinal dos vetores conforme seus sentidos.

Considere a figura 1.12 abaixo, onde cada quadradinho possui lado igual a uma unidade de medida. Usaremos esses quadradinhos para estabelecer o módulo dos vetores  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  e  $\vec{c}$ . Perceba que todos os vetores possuem a mesma direção e que o vetor  $\vec{c}$  tem o sentido contrário aos vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ .

A soma dos vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  é mostrada na Figura 1.13a através do vetor  $\vec{s}$  em amarelo. Perceba que como  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$  possuem o mesmo sentido, o módulo de  $\vec{s}$  é igual a soma algébrica dos módulos de  $\vec{a}$  e de  $\vec{b}$ , ou seja,  $s = 17 \text{ UM}$ .

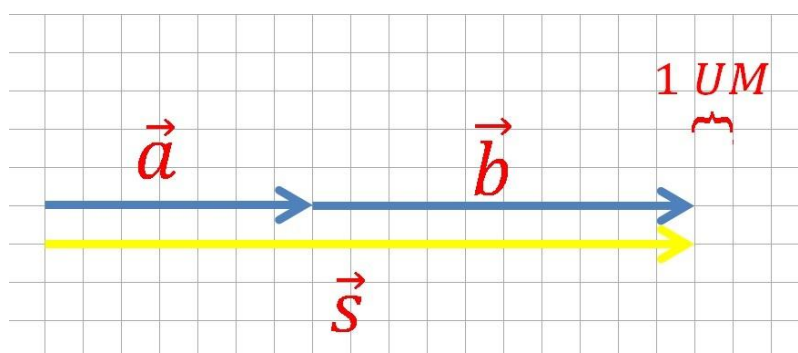


Figura 1.13a: Representação do vetor soma  $\vec{s}$ .

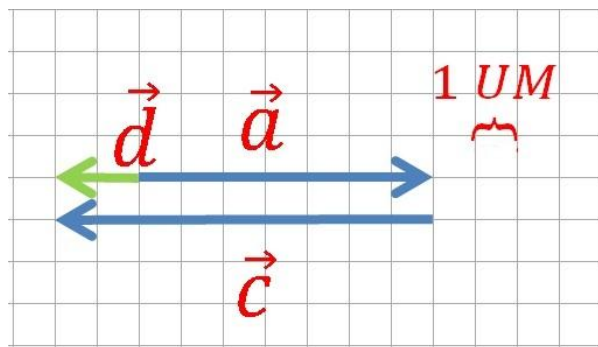


Figura 1.13b: Representação do vetor soma  $\vec{d}$ .

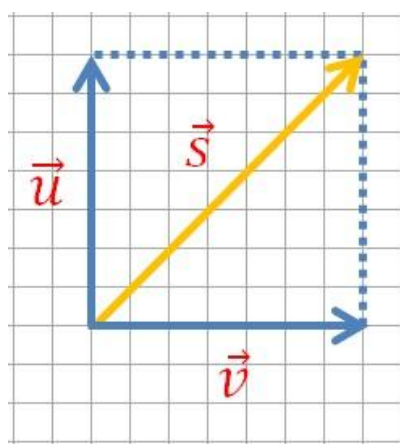


Figura 1.14: Dois vetores perpendiculares entre si.

Por outro lado, a soma entre os vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{c}$  é mostrada na Figura 1.13b através do vetor  $\vec{d} = \vec{a} + \vec{c}$  em verde. Perceba que como  $\vec{a}$  e  $\vec{c}$  possuem sentidos contrários, o módulo de  $\vec{d}$  é igual a diferença algébrica dos módulos de  $\vec{a}$  e de  $\vec{c}$ , ou seja,  $d = 2 \text{ UM}$ .

### 6.3.2. Caso 2 (Vetores perpendiculares entre si)

Dizemos que dois vetores são perpendiculares entre si quando formam um ângulo de noventa graus.

Sejam  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  dois vetores como mostrado na Figura 1.14. Utilizando o método do paralelogramo para somar esses vetores encontramos o vetor resultante  $\vec{s}$ . Como pode ser visto na figura,  $\vec{s}$  estabelece um triângulo retângulo com a linha

pontilhada. Logo, neste caso particular, para encontrar o módulo do vetor  $\vec{s}$ , podemos utilizar o teorema de Pitágoras.

Assim módulo do vetor soma  $\vec{s}$  será dado por:

$$s = \sqrt{u^2 + v^2} \text{ (Eq. 1.06)}$$

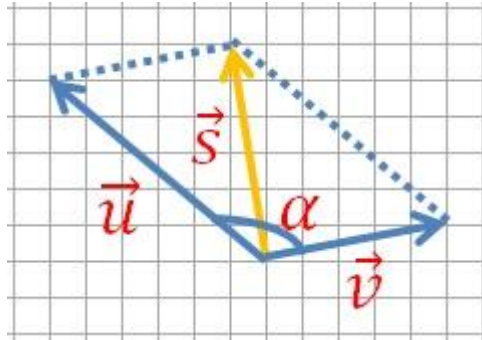


Figura 1.15: Dois vetores com orientações arbitrárias.

### Observação

Se analisarmos o caso em que o ângulo formado entre os vetores for  $\alpha = 90^\circ$ , cairemos na situação particular onde a figura irá formar um retângulo. Neste caso, poderemos utilizar o Teorema de Pitágoras. Este caso será detalhado mais adiante.

### 6.4. Soma e subtração (Método Analítico)

Também é possível realizar operações com vetores utilizando a notação analítica ao invés das geométricas mostradas anteriormente. Usando este método, devemos escrever os vetores em termos de suas componentes cartesianas. Dessa forma, realizamos a operação, separadamente, em cada componente.

Por exemplo, para somar ou subtrair o vetor  $\vec{u}$  com o vetor  $\vec{v}$  por este método, devemos escrevê-los como:

$$\vec{u} = (u_x, u_y) \text{ e } \vec{v} = (v_x, v_y) \text{ (Eq. 1.07)}$$

Assim, a soma entre os vetores  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  será igual ao vetor  $\vec{s}$  cujas componentes serão  $s_x$  e  $s_y$ , onde  $s_x = u_x + v_x$  e  $s_y = u_y + v_y$ .

Ao subtrair os dois vetores, encontraremos o vetor  $\vec{r} = \vec{u} - \vec{v}$  cujas componentes são:  $r_x = u_x - v_x$  e  $r_y = u_y - v_y$ .