

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

ALANA CAROLINE LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE JOGOS PARA O ENSINO DE FÍSICA: REQUISITOS PARA UMA
POTENCIAL FERRAMENTA PEDAGÓGICA**

Jaraguá do Sul - SC

Julho de 2022

ALANA CAROLINE LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE JOGOS PARA O ENSINO DE FÍSICA: REQUISITOS PARA UMA
POTENCIAL FERRAMENTA PEDAGÓGICA**

Monografia apresentada ao
Curso de Licenciatura em
Física do Câmpus Jaraguá do
Sul do Instituto Federal de
Santa Catarina para a
obtenção do diploma de
Licenciatura em Física

Orientador: Prof. Msc. Carlos
Eduardo Deodoro Rodrigues

Jaraguá do Sul - SC

Julho de 2022

ALANA CAROLINE LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE JOGOS PARA O ENSINO DE FÍSICA: REQUISITOS PARA UMA
POTENCIAL FERRAMENTA PEDAGÓGICA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Licenciatura em Física, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Jaraguá do Sul, 12 de julho de 2022.

Prof. Carlos Eduardo Deodoro Rodrigues, Msc.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Antônio Carlos Patrocínio Júnior, Msc.
Instituto Federal de Santa Catarina
Banca Examinadora

Prof. Marcos da Maia Vicente Júnior, Msc.
Convidado
Banca Examinadora

Dedico este trabalho a minha mãe que sempre apoiou meu sonho de infância de ser Cientista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, por todo o apoio que me deu nessa difícil e longa trajetória na Licenciatura Física. Se venço hoje é porque você me apoiou a mudar de emprego, cidade, faculdade, ponto de vista e do que mais fosse necessário para correr atrás de fazer aquilo que eu amava (mesmo que isso significasse ir na contramão do que parecia certo). Ao meu namorado Sávio, a coragem que não tive, o reconhecimento que eu precisava ter, as palavras que eu precisava ouvir, há duas semanas desta apresentação, você me reergueu.

A todos os professores e amigos que fiz na UDESC, vocês foram parte fundamental do meu início de caminhada.

Agradeço aos professores do IFSC, principalmente meu orientador Carlos, espero podermos dar continuidade neste trabalho no futuro. Você é responsável por fazer eu repensar minha carreira profissional, mesmo tendo escrito tantas páginas, me faltam palavras para demonstrar minha gratidão por ter compreendido minhas dificuldades de continuidade.

E a todos os meus professores em todos esses anos de vida escolar e acadêmica, vocês me inspiram em minha prática. Sou um mosaico de pequenas partes de cada um de vocês.

“É preciso, sobretudo, e aí já vai um destes saberes indispensáveis, que o formando, desde o princípio mesmo de sua experiência formadora, assumindo-se como sujeito também da produção do saber, se convença definitivamente de que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”.

Paulo Freire, 1996.

RESUMO

O cenário atual das escolas no país nos apresenta uma realidade: os alunos hoje são nativos digitais, pessoas totalmente dependentes da utilização de tecnologias em seu cotidiano. Visando despertar o interesse desses alunos, recentes são muitos os trabalhos desenvolvidos com a utilização de TICs em propostas pedagógicas como potencial ferramenta para o Ensino de Física. Além das simulações digitais, que facilitam a visualização e manipulação de experimentos, o desenvolvimento de jogos tem sido alvo de estudos em práticas pedagógicas que se diferenciam das tradicionais. Neste aspecto, este trabalho trouxe uma análise de artigos e teses que apresentam o desenvolvimento de jogos digitais com intuito educacional, focando em definir aspectos mínimos necessários para que um jogo seja desenvolvido para ser uma potencial ferramenta para o Ensino de Física. A partir da definição destes aspectos, foi criado um roteiro de um jogo em plataforma online com o tema do experimento de Eratóstenes (que mediu o raio da Terra) aplicando os requisitos definidos.

Palavras-Chave: Jogos. Ensino de Física. Experimento de Eratóstenes.

ABSTRACT

The actual situation from our schools in Brazil presents a new reality: students today are digital natives, people dependent from the use of technology in their lives. Trying to improve the interesting of these students at school, nowadays there are many recent papers developed with ICTs applied in pedagogical proposals as a potential tool for Physics Teaching and Learning. Along with digital simulations, which facilitate the experiments visualization and manipulation, the development of digital games has been the subject of studies in pedagogical practices different from the traditional ones. In this aspect, this study explains an analysis of articles and theses that present the development of digital games with educational objectives, focusing on defining aspects necessary for a game to be a potential resource for Physics Education. To apply these aspects, this study explains the development of a description for an online game with the theme of Eratosthenes' Experiment (who measured the radius of the Earth) with the defined requirements.

Keywords: Games. Physics Education. Eratosthenes Experiment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ambiente gráfico do Scratch	15
Figura 2 - Representação dos ângulos e da sombra em Siena e em Alexandria	16
Figura 3 - Introdução do jogo (esq.) e ambiente durante o jogo (dir.)	22
Figura 4 - Cenário do jogo	23
Figura 5 - Cadmus	24
Figura 6 - Jogo "A Caverna do Dragão - A Aventura na Tumba do Rei"	25
Figura 7 - Fotovolt	26
Figura 8 - O Mundo Quântico de Bohr	26
Figura 9 - Lâmpadas	27
Figura 10 - EletricGame	28
Figura 11 - Tela inicial do jogo	31
Figura 12 - Regras do jogo	32
Figura 13 - Pontuação	33
Figura 14 - Cenários - Biblioteca de Alexandria (esq.) e Templo de Philae (dir.)	33
Figura 15 - Animação - Experimento de Eratóstenes	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo geral	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Panorama do Ensino de Física	12
2.2 Inserção de tecnologia em sala de aula	13
2.3 Utilização de jogos como ferramenta pedagógica	13
2.4 Desenvolvimento de jogos educacionais	14
2.5 O experimento de Eratóstenes	15
2.6 A Física de Eratóstenes e a Era da “pós-verdade”	17
3 METODOLOGIA	19
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	20
4.1 Análise dos jogos desenvolvidos para o ensino de Física	20
4.1.1 Jogos com temáticas da Mecânica	21
4.1.2 Jogos com temáticas de Física Moderna	25
4.1.3 Jogos com temáticas de Eletricidade	27
4.2 Requisitos mínimos necessários para um jogo educacional	28
4.3 Aplicação dos requisitos no desenvolvimento do roteiro do jogo	30
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36
APÊNDICE A – ANÁLISE DOS JOGOS	39
APÊNDICE B – ROTEIRO DO JOGO “A MISSÃO DE ERATÓSTENES”	41

1 INTRODUÇÃO

A utilização de computadores e smartphones é extremamente comum na atualidade. Despertador, agenda, telefone, cartas e televisão foram trocados por um único aparelho, que se tornou um acessório indispensável para se comunicar, organizar e trabalhar. A nova geração de alunos nasceu e vive rodeada de tecnologias, sendo denominada de “nativos digitais” (PRENSKY, 2001), sendo assim, utilizar TICs no ensino é uma boa oportunidade de utilizar esse fator a favor da escola, visto que o uso de tecnologias dentro da sala de aula tende a despertar nos alunos a atenção e curiosidade, elementos fundamentais para a construção da aprendizagem (PEREIRA, 2011).

Muitos são os estudos realizados atualmente que relacionam a potencialidade de utilização de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para fins educativos em sala de aula. No início de 2020 a escola foi tomada por uma realidade que não era popular no cenário educacional brasileiro: o ensino básico, seja ele público ou particular, se viu obrigado a migrar das aulas presenciais para encontros online, relacionado a necessidade do distanciamento físico causado pelo alto potencial de contágio do coronavírus. Nesta situação, com encontros via internet, se tornou ainda mais usual a inserção de diversificados softwares como recurso para ensino.

Uma das peculiaridades do Ensino de Física que a torna difícil na visão dos alunos, se deve ao fato do aluno lidar com conceitos abstratos ou inseridos em cálculos robustos o que o leva a ter dificuldade em relacionar a Física com suas experiências do dia a dia. Por esse motivo, muitos trabalhos atualmente são desenvolvidos na área de ensino de Física visando torná-lo mais dinâmico e acessível, através da utilização de recursos de TICs.

Objeto de vários estudos, as simulações têm sido propostas há mais de três décadas como ferramentas úteis para melhorar a compreensão conceitual dos alunos e o desenvolvimento de capacidades científicas (COSTA, 2019 apud GRECA; SEOANE; ARRIASSECQ, 2014), eles já são parte integrante do Ensino de Física, que busca a partir de retratações de efeitos computadorizados: retratar um efeito adicionando ferramenta de análises, possibilitar a observação de efeitos que sejam de ordem muito pequena, muito distante ou de alguma forma difíceis de se observar ou simplesmente visando facilitar sua execução sem necessidade de criação física de um experimento. Porém, pouco ainda se discute acerca da utilização dos jogos no ensino de Física.

Os jogos, apesar de ainda não terem sua utilização tão popular para fins didáticos no nível médio, são de ampla utilização em nível de educação infantil por exemplo, onde são utilizados procurando criar aspectos lúdicos ao processo de aprendizagem da criança, ambientando-a a uma atmosfera amigável com o assunto que será ensinado. Este aspecto também é importante para o ensino de Física como afirmam Berquo e Santos (2020) o

caráter lúdico do jogo cria um ambiente tranquilo e agradável que dá oportunidade aos alunos de mudar o olhar negativo que ele possa ter da Física, demonstrando que não consiste apenas em fórmulas matemáticas, alcançando uma aprendizagem satisfatória. Desta forma, se o jogo é desenvolvido com intenção da aplicação no ensino, desperta ainda melhores resultados em sua utilização, como afirma Santos et al., 2016:

Os jogos, as atividades para exercitar a habilidade mental e a imaginação, as brincadeiras tipo desafios, as brincadeiras de rua, ou seja, toda a atividade lúdica agrada, entretém, prende a atenção, entusiasma e ensina com maior eficiência, porque transmite as informações de várias formas, estimulando diversos sentidos ao mesmo tempo e sem se tornar cansativo. Em um jogo, a carga informativa pode ser significativamente maior, os apelos sensoriais podem ser multiplicados e isso faz com que a atenção e o interesse do aluno sejam mantidos, promovendo a retenção da informação e facilitando a aprendizagem. Portanto, toda atividade que incorporar a ludicidade pode se tornar um recurso facilitador do processo de ensino e aprendizagem.

Apesar de jogos com temas da Física poderem ser facilmente criados, a intenção de fazer ensinar é um dos pré requisitos para que o jogo como uma ferramenta de ensino seja efetivo pois como Yamazaki e Yamazaki (2014) lembram é preciso que tais atividades contemplem fundamentos de teorias didático-pedagógicas claras para que o modelo proposto não seja contraditório com relação ao processo de ensino-aprendizagem.

Desta forma, este trabalho se propõe a discutir de que maneiras podem ser criados jogos que possam ser inseridos no contexto educacional, fazendo uma pesquisa abrangente dos trabalhos hoje elaborados no Brasil sobre o desenvolvimento de jogos para o ensino de Física, criando, a partir dessa exploração de dados, os pré requisitos mínimos necessários para se ter um jogo como potencial ferramenta para o ensino de Física. A partir desses requisitos, foi desenvolvido um roteiro de jogo abordando cada uma das características determinadas.

Visando abordar um tema específico, o experimento de Eratóstenes foi o escolhido para servir de ponto de partida para desenvolvimento do roteiro de um jogo para ser executado na plataforma online Scratch, que possibilita a criação de aplicações sem a necessidade de grandes habilidades de programação. A escolha da plataforma Scratch visa garantir para este projeto: facilidade de criação, gratuidade no acesso, simples manuseio e garantia de compartilhamento.

Portanto, neste trabalho pretende discutir a potencialidade da utilização de jogos no ensino de Física, entendendo de que forma esta inserção é benéfica no processo de ensino-aprendizagem, demonstrando assim a criação do roteiro de um jogo que tenha como foco o experimento de Eratóstenes para determinação do raio da Terra e apontando quais os recursos utilizados para que além de um jogo com tema educacional, este sirva efetivamente como ferramenta para o ensino.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar artigos que descrevem o desenvolvimento de jogos para o Ensino de Física definindo um conjunto de requisitos mínimos que um jogo deve conter para ser uma ferramenta potencial para utilização educacional, desenvolvendo a partir dessas características, o roteiro de um jogo que relacione aspectos Físicos do experimento de Eratóstenes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Pesquisar artigos que apresentem o desenvolvimento de jogos para o Ensino de Física;
- Identificar quais as características necessárias para desenvolver um jogo educacional com potencial para utilização para o ensino;
- Aplicar e discutir de que forma são aplicados os requisitos definidos na criação de um jogo com o tema do experimento de Eratóstenes;
- Desenvolver o roteiro de um jogo a ser desenvolvido na plataforma Scratch.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Visando embasar o desenvolvimento de análise e aplicação deste trabalho, nas seções a seguir foram apresentadas as motivações para este trabalho, demonstrando a preocupação da autora em relação a atual situação do Ensino de Física, focando seu olhar aos desdobramentos da visão dos alunos atualmente, discutindo de que forma os estudos atuais pretendem propor possíveis soluções para os problemas observados nesse âmbito. Além de que, apresenta suas expectativas deste trabalho discutindo sua contribuição no desenvolvimento da área.

2.1 Panorama do Ensino de Física

A disciplina de Física é conhecida popularmente por ser uma matéria difícil e que não desperta muito interesse dos alunos. É certo que Física é uma disciplina que necessita de habilidades como abstração, raciocínio, pensamento, reflexão, criatividade, experimentação, dentre outras, o que acaba tornando-a trabalhosa já que nem todos esses aspectos são desenvolvidos durante a formação dos alunos (RAHAL;LUZ, 2009). Essas dificuldades podem acabar (por diversos fatores que não serão citados neste trabalho) fazendo com que professores desenvolvam aulas expositivas utilizando métodos sem muita interação, através de apresentação de conteúdo e assimilação através de exercícios. E este é um grande problema que pode endossar o preconceito dos alunos com relação à disciplina de Física, o que acaba dificultando ainda mais o processo de ensino e aprendizagem, tornando o problema cada vez maior.

Portanto, visando melhorar a situação do ensino de Física, desde ao menos a década de 1950 com o Physical Science Study Committee (PSSC), há uma preocupação constante com os rumos os quais se toma no ensino de Física, qualidade de ensino e melhoria nos processos, elaborando projetos, discutindo teorias de aprendizagem e desenvolvendo novos métodos e utilizando novas ferramentas que apoiem o ensino na busca de encontrar bons resultados e melhor aceitação dos alunos. Schneider (2017) inclusive reitera que o aprendizado em física deve ir além da manipulação de fórmulas, tem que ser algo vivo e vivido no cotidiano para manter a qualidade da aprendizagem dos conceitos e manter a atratividade nas aplicações e quantificação da matemática, com a álgebra e geometria. Para ele, a tríade é unir teoria, simulação e experimento visando a melhoria na qualidade de ensino e conseqüentemente melhor aprendizagem.

2.2 Inserção de tecnologia em sala de aula

Aulas extremamente expositivas trazem a tona um paralelo entre o ambiente de ensino tradicional e a sociedade da informação, em que em um lado encontramos a evolução rápida dos computadores e das comunicações afetando todos os níveis da sociedade, da vida profissional à vida privada já do outro que não é verificado na sala de aula desestimulando a criatividade e o envolvimento dos alunos. Em geral, estes alunos não fazem conexão entre a Física aprendida e o mundo ao seu redor, entre essa situação está como um fator crucial a falta de uma metodologia moderna, tanto do ponto de vista pedagógico quanto tecnológico.

Barroso, Felipe e Silva (2006) indicam características imprescindíveis para a efetividade do processo de aprendizagem: (a) engajamento ativo, ao invés de passivo, dos alunos no processo de aprendizagem; b) organização de atividades em grupo, utilizando trabalho colaborativo; c) interação com retorno, ou seja, com mecanismos de feedback; d) presença de conexões relacionadas aos contextos e aplicações do aprendido com o mundo real, compatível com o cotidiano vivido pelos alunos. Muitas dessas características podem ser encontradas na utilização de ferramentas de TICs no ensino, como softwares educacionais. Esses softwares educacionais podem funcionar como organizadores prévios, quando associados a estratégias de ensino e aprendizagem que levem em conta os conhecimentos que o educando já possui. A passagem de uma aprendizagem mecânica a uma aprendizagem significativa, segundo Ausubel (1980), ocorre necessariamente pela utilização de organizadores prévios que atuam como mediadores entre aquilo que o aluno conhece e aquilo que ele busca conhecer.

Na área da educação, a informática contribui nos processos de ensino e aprendizagem, visando melhorar a prática docente, subsidiando os professores com programas úteis, para diferentes situações, que possibilitam organizar didaticamente os conteúdos que o professor quer que o aluno aprenda. Cabe então ao professor, quando utilizar a informática como ferramenta didática em suas aulas, intermediar a conexão entre o que o aluno está estudando com o contexto social em que está vinculado.

2.3 Utilização de jogos como ferramenta pedagógica

A utilização de jogos no ensino de Física pode ser uma interessante alternativa como ferramenta na ação pedagógica. A importância de sua utilização se deve principalmente ao fato de possibilitar ao estudante outra visão do mundo físico, que não a apresentada através de fórmulas. Um fato importante a ser considerado é que quando se reveste de um caráter

de “jogo”, as simulações oferecem uma recompensa pela realização de certo objetivo. (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003).

Através do jogo é possível tornar o estudo dos conceitos relativos às mais diferentes áreas de ensino, agradáveis e interessantes de modo que estes sejam assimilados e apreendidos, desde que este jogo seja capaz de envolvê-los e motivá-los, principalmente através de desafios, permitindo que o educando estude sem se dar conta de que está estudando (TAROUÇO, 2004). A utilização dos jogos em sala de aula segundo Tarouco (2004), deve ser inserido na prática educativa de forma contextualizada, visando uma aprendizagem caracteristicamente lúdica, com a intervenção do professor e que busque promover a interação entre alunos. Portanto, os jogos enquanto recursos didáticos podem potencializar a aplicação de uma proposta didática dependendo de como é criada e de que maneira é feita sua abordagem. Para Tarouco (2004), os jogos podem ser usados em projetos contextualizados, interdisciplinares e para resolução de problemas. Utilizar recursos diferenciados em sala de aula modifica a dinâmica do ensino, as estratégias e o comprometimento de alunos e professores. Portanto, qualquer pode ser o jogo utilizado em sala de aula pelo professor, a depender da sua criatividade em aplicá-lo em sua didática, a depender de sua intenção.

2.4 Desenvolvimento de jogos educacionais

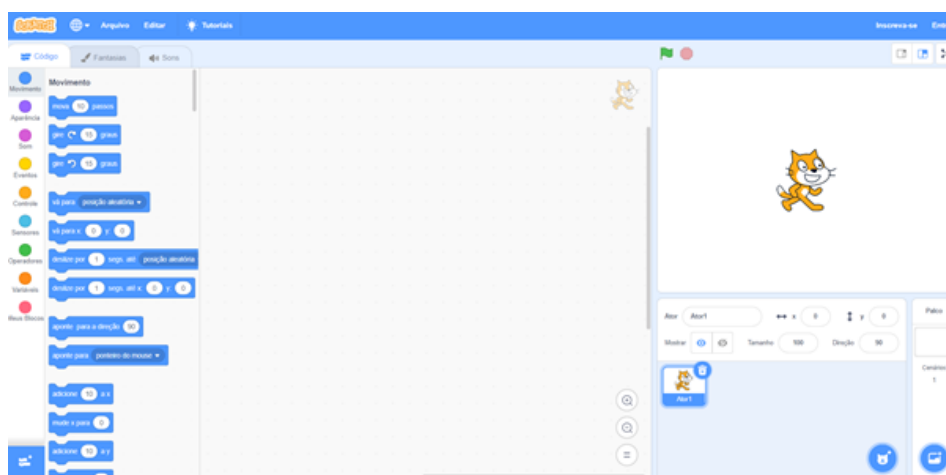
Existe uma categoria de jogos com finalidade educacional que se diferencia de outros pelo fato de que, durante sua elaboração, a maneira como os alunos aprendem e os fatores de usabilidade devem ser levados em consideração (SQUIRES; PREECE, 1996).

Ultimamente, os softwares que permitem a criação de multimídias têm se tornado cada vez mais comuns e fáceis de usar, até mesmo para um leigo. Hoje, qualquer indivíduo com o mínimo de conhecimento técnico e o máximo de criatividade consegue produzir conteúdo multimídia de qualidade. Uma dessas opções que facilita o desenvolvimento é a Plataforma Scratch. O Scratch é um ambiente de programação visual que permite aos usuários criar projetos multimídia em que pode criar e compartilhar com a comunidade de usuários os seus resultados. É possível criar diversos projetos com o Scratch, tais como histórias animadas, jogos e simulações, por exemplo. Seu desenvolvimento começou em 2003 e foi lançado publicamente em 2007, sendo uma plataforma livre e disponível em cerca de 50 idiomas. Foi criado com o intuito de introduzir a programação para quem não tem experiência anterior, utilizando uma gráfica facilitada, baseada em blocos criando programas com o mínimo de dificuldade.

Resnick et al. (2009) explica que a metáfora empregada pelo Scratch para criar programas é baseada em contar histórias, ou seja, o programa em si é uma história que é

preparada pelo desenvolvedor. Assim há uma dinâmica entre o diagrama de blocos que representam decisões a serem tomadas: movimentos e coordenação a partir de comandos encaixáveis, que são criados e fazem interagir os atores que ficam presentes no palco (que é a área onde as animações acontecem) e mudam de traje (que são os sprites do programa) durante a execução do script desenvolvido, podendo ser incluídos movimentos, aparências e sons, auxiliando na interação dos usuários com o programa desenvolvido. Assim, com linguagem de fácil compreensão, o Scratch facilita o desenvolvimento de aplicações para leigos, que querem diferenciar sua prática podendo influenciar no processo de ensino-aprendizagem e estimular a motivação nos alunos (LIMA, 2014).

Figura 1 - Ambiente gráfico do Scratch

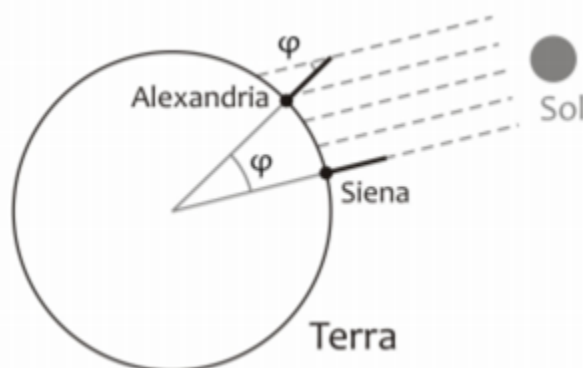


Fonte: A autora (2022).

2.5 O experimento de Eratóstenes

Em relação ao roteiro do jogo que será desenvolvido neste trabalho, sua criação é baseada no experimento de Eratóstenes em que foi estimado o raio da Terra a partir da determinação da medida das sombras produzidas por bastões no meio dia Solar em Alexandria e em Siena, e da distância entre essas duas cidades (DÉCAMP & DE HOSSON, 2010). Sabendo que a sombra produzida no dia de Solstício de Verão é zero ao meio-dia solar de Siena, Eratóstenes determinou a distância angular entre as cidades de Alexandria e Siena, usando as relações da figura 2.

Figura 2 - Representação dos ângulos e da sombra em Siena e em Alexandria.



Fonte: Dutka (1993)

Não se sabe ao certo como Eratóstenes determinou a distância entre Alexandria e Siena, segundo Décamp e De Hosson (2010) e Dutka (1993) uma possibilidade é que tenha sido medida a velocidade média de uma caravana de camelos, o que permitiria que a distância percorrida fosse estimada pela medida do tempo de viagem. Porém, os camelos não eram comuns nessa época em Alexandria, tendo sido importados após a expansão do Império de Alexandre pela Ásia, sendo mais comuns nesta região apenas durante a era Cristã. As hipóteses mais plausíveis seriam o uso de mapas do Egito já disponíveis na época, ou que a distância tenha sido medida por homens contratados e treinados para andar com passos regulares, contando o número de passos da viagem.

Muitos são os movimentos foram criados nos últimos anos para estimular o ensino de Ciências no mundo, sendo propostas direcionadas para professores e alunos de diversas faixas etárias em diversos países: Sur les pas d'Eratosthene: mesurer lê tour de la Terra (França, desde 2000), Measure the Earth with Shadows (EUA, desde 2005), Projeto Eratóstenes (Argentina, desde 2009); The Noon Day Project (EUA, desde 2002) (ALMEIDA E LANGHI, 2011). O Projeto Eratóstenes é uma dessas propostas, que vem sendo realizado anualmente por diversas escolas do mundo. Algumas pesquisas recentes já investigaram as potencialidades desse Projeto tanto para a formação de professores quanto o ensino em nível básico. Santos et. al. (2012) ao discutir as potencialidades deste projeto apontam para o grande potencial em contribuir para a autonomia docente destacando o grande potencial de uma real colaboração entre escolas e professores de distintas disciplinas que ocorre naturalmente devido à metodologia do projeto.

Em 2015, no Ano Internacional da Luz, no Brasil, ocorreu o projeto Eratóstenes, em que escolas se juntavam para recriar o experimento para medição do raio da Terra. Para que um grupo participasse do projeto, era necessária inscrição dos participantes no site oficial. Feito a inscrição, as escolas deveriam encontrar uma escola parceira com quem trocariam

os dados necessários. A escolha não poderia ser aleatória: foi recomendado que as escolas parceiras estivessem localizadas a uma distância mínima de 400 km e que tivesse obtido as medidas no mesmo dia. Após isso, os responsáveis deveriam colocar as medidas das sombras do bastão, nos respectivos dias, na página online. Assim, os grupos deveriam escolher em conjunto as medidas de referência para o bastão, além de tomar as devidas precauções para minimizar os erros das medidas, como: utilizar instrumentos para verificar o nivelamento do lugar onde as medidas foram feitas e posicionar o bastão em angulação de 90° com o solo.

2.6 A Física de Eratóstenes e a Era da “pós-verdade”

O aumento da utilização das mídias sociais e facilidade de se fazer pesquisas, não garantiu que apenas informações verdadeiras fossem veiculadas, tanto que o dicionário Oxford elegeu em 2016 a palavra “pós-verdade” como a palavra do ano, sendo definida como “circunstâncias em que fatos objetivos são menos influentes na formação da opinião pública do que emoções e crenças pessoais” (ENGLISH OXFORD, 2016). Então, apesar de estarmos testemunhando um aumento da acessibilidade de notícias e conhecimento pelo grande público devido ao acesso à internet (PANDORA, RADER, 2008), isso não é garantia de que as pessoas validem seu conhecimento por fatos já comprovados e não por opinião pública relacionada às emoções que esses conhecimentos causam. Um exemplo emergente desta realidade é o questionamento sobre o formato de nosso próprio planeta, em que ele não seria esférico, mas sim plano (ALVIM, 2017).

No século III a.C., o grego Eratóstenes (276-c.195 a.C.) fez a primeira medição conhecida do raio da Terra. Suas ferramentas eram simples: a sombra projetada pelo ponteiro de um relógio de Sol, mais um grupo de medidas, suposições e cálculos simples (CREASE, 2006). O fato dessas observações só poderem ser relacionadas a um planeta cuja forma não é plana e esse experimento ter sido considerado um dos dez mais belos experimentos científicos de todos os tempos segundo Crease (2006) são os motivos aos quais que se devem à escolha deste experimento para servir de tema para o desenvolvimento de um jogo com fins educacionais.

Portanto, visando aliar utilização de tecnologia para fins pedagógicos com a necessidade observada de se ampliar e tornar mais atrativo o acesso a conceitos Físicos relativos ao experimento de Eratóstenes que se optou por desenvolver neste trabalho, a partir dos requisitos pré determinados, será desenvolvido o roteiro de um jogo com o tema do experimento de Eratóstenes, verificando de que forma este recurso pode funcionar como meio potencial para motivação da participação e interesse dos alunos além de auxiliar no aprendizado. A criação de um jogo que oportuniza aos alunos uma visualização prática da

Física, para que percebam através do produto criado que, em um contexto em que não havia desenvolvimento científico e nem ferramentas adequadas, provou-se a forma esférica da Terra, não havendo então, dúvidas acerca de tal fato, visto que com a tecnologia de hoje, temos ainda mais recursos para provar tal situação.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se trata de uma pesquisa aplicada com abordagem qualitativa caracterizada como uma pesquisa-ação. Foi realizada inicialmente uma análise bibliográfica reflexiva visando definir quais os aspectos a serem observados para que um jogo possa ser criado com objetivos educacionais, definindo a partir desta pesquisa, quais os requisitos mínimos para o desenvolvimento de um jogo educacional como uma potencial ferramenta para o Ensino de Física.

Foram analisados jogos desenvolvidos no Brasil nos últimos 15 anos, considerando os domínios “Ensino de Física” e “Jogos” sendo utilizado o Google Acadêmico como ferramenta de busca (já que artigos publicados em revistas reconhecidas cientificamente são encontradas por esse local de pesquisa, sendo possível também encontrar trabalhos de desenvolvimento acadêmico que estejam em outros repositórios digitais).

Foram considerados para análise 9 artigos que se enquadram nos critérios abaixo:

- Publicação entre 2007 e 2022;
- Artigos que apresentam dados de pesquisa e detalhes acerca do processo de criação do jogo educacional;
- Jogos que sejam digitais desenvolvidos para o Ensino de Física.

Caso fosse necessário restringir a quantidade de artigos, o critério para seleção seria os 10 artigos com maior quantidade de citação.

A partir deste levantamento, deveriam ser analisadas as bases de criação do jogo, levantando seu tema e aspectos relevantes para determinar uma série de pré-requisitos que definem um jogo como uma potencial ferramenta para o Ensino de Física. A partir dos requisitos determinados, o trabalho se conclui com a aplicação dos requisitos determinados, dentro do tema Experimento de Eratóstenes, então seria desenvolvido um roteiro de jogo para a plataforma Scratch cumprindo com as características mínimas determinadas.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir da pesquisa realizada no Google Acadêmico, foram encontrados muitos resultados de artigos e trabalhos acadêmicos de desenvolvimento para o Ensino de Física. Porém, a maior parte desses trabalhos se referia a criação de jogos físicos e não digitais. Muitos dos artigos que tratavam sobre a utilização de jogos digitais nas aulas de Física se remetiam a trabalhos desenvolvidos a partir da aplicação de jogos disponíveis para download em sequências didáticas específicas ou os que tratavam da criação de um jogo, não traziam características detalhadas sobre seu desenvolvimento e funcionamento, não contribuindo assim, para este trabalho. Então, dos vários trabalhos explorados, foram 9 os selecionados para servirem de base para este estudo, os quais serão analisados nos capítulos a seguir.

4.1 Análise dos jogos desenvolvidos para o ensino de Física

Dos vários trabalhos analisados, foram selecionados nove artigos da área do Ensino de Física que abordassem o desenvolvimento de jogos educacionais para que se pudesse fazer uma análise dos jogos verificando suas características em comum, visando traçar um perfil dos potenciais jogos a serem desenvolvidos a partir desse trabalho, assim sendo, os trabalhos citados abaixo foram analisados:

Quadro 1 - Fichamento dos trabalhos analisados

	Nome do jogo	Trabalho desenvolvido	Área da Física
1	Torque	Objetos de aprendizagem no ensino de Matemática e Física: Construção e abordagem com computadores móveis (GOULART, TOMINAGA E MARTINS, 2020).	Mecânica
2	Fotovolt	Uso de Laboratórios Remotos Integrados a Jogos Digitais para o Ensino de Física (TULHA, 2019).	Física Moderna
3	O Mundo Quântico de Bohr	Um Jogo Sério para Suportar o Aprendizado do Modelo Atômico de Bohr (VAHL DICK E SILVA, 2020).	Física Moderna

4	Lâmpadas	Criação, construção, uso e análise de um jogo digital voltado ao ensino de circuitos elétricos (LIMA, 2015).	Eletricidade
5	EletricGame	Integração de atividades experimentais e virtuais no Ensino de circuitos elétricos através do jogo Eletricgame (FIGUEIREDO, 2021).	Eletricidade
6	Nome não identificado	Jogo computacional 3D no ensino de física (CALEGARI et al, 2013).	Mecânica
7	Cadmus	O jogo de RPG digital como material potencialmente significativo para aprendizagem de conceitos de cinemática (SILVA, 2017).	Mecânica
8	Caverna do Dragão - A Aventura na Tumba do Rei	O uso de jogos digitais como ferramenta de auxílio para o ensino de Física (FELBER, KRAUSE E VENQUIARUTO, 2018)	Mecânica
9	EletriCidade	Os jogos computacionais no ensino de física. (HORNES et al, 2009)	Eletricidade

A partir da análise das informações encontradas nos artigos foi desenvolvida a tabela do Apêndice A em que se relacionam dados dos jogos com algumas características para que possam servir de base para desenvolvimento dos requisitos mínimos necessários para um jogo educacional para o Ensino de Física. Na próxima seção, foram divididos os artigos em áreas da Física para verificar as diferenças entre os jogos e de que forma se aplicam os assuntos abordados em seu tema.

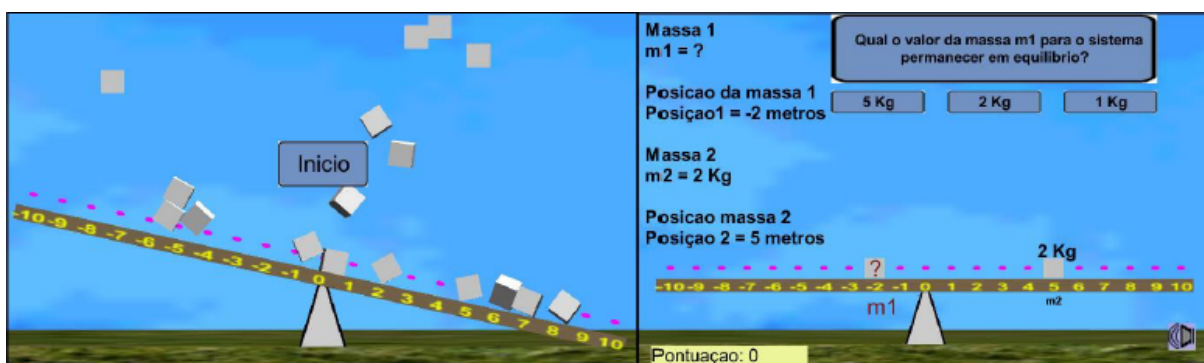
4.1.1 Jogos com temáticas da Mecânica

O jogo “Torque” (GOULART, TOMINAGA e MARTINS, 2020) é um jogo baseado em (como o próprio nome diz) questões relacionadas ao torque mecânico através da exploração de situações referentes a equilíbrio estático. O jogo se baseia na utilização de uma gangorra em que o usuário deve responder perguntas relacionadas a massa e a distância que uma caixa deve ser colocada, a fim de evitar que haja discrepância entre os lados da gangorra (figura 3). A explicação do jogo é dada por uma introdução no início em que várias caixas

vão caindo e a gangorra se move de acordo com as localizações e massas das caixas, mostrando ao usuário que as propriedades físicas se aplicam nas caixas e também na gangorra, permitindo ao usuário utilizar os conhecimentos prévios sobre gravidade e torque, mesmo que sejam conhecimentos empíricos adquiridos em experiências pessoais, como por exemplo, brincadeiras infantis (GOULART, TOMINAGA e MARTINS, 2020).

O jogo tem pontuação e ela é mostrada na barra inferior, os níveis vão sendo passados pelo jogador e a dificuldade aumentando conforme a evolução das respostas corretas. Se a resposta é correta, um sorriso aparece na tela, se é errada a informação da resposta errada é mostrada e também a explicação de qual deveria ter sido a resposta certa.

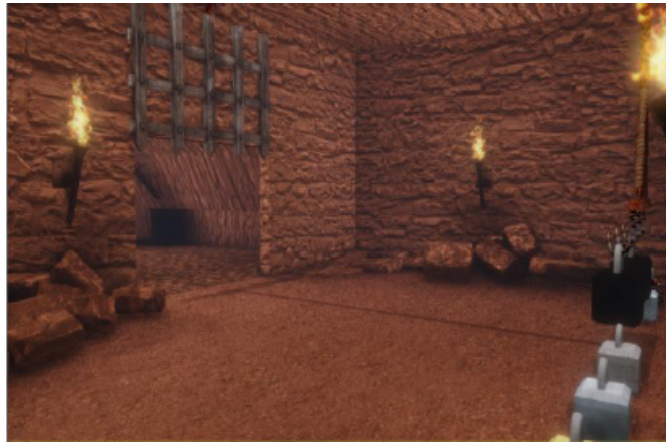
Figura 3 - Introdução do jogo (esq) e ambiente durante o jogo (dir)



Fonte: Goulart, Tominaga e Martins (2020).

O jogo desenvolvido por (CALEGARI et al, 2013) não tem seu nome descrito no artigo analisado, porém, suas características apresentadas no texto são suficientes para entender seu funcionamento. O jogo é desenvolvido em 3D e além de ótimos gráficos (figura 4), apresenta uma história com enredo bem elaborado. A ideia é entender os conceitos das Leis de Newton na prática através da aplicação para mover obstáculos que o prendem no espaço (como portas e massas que estão obstruindo passagens). Neste jogo, a história se baseia em um personagem que acorda em meio a um lugar desconhecido e precisa resolver problemas físicos para escapar. Conforme o usuário vai resolvendo os problemas, ele avança para diferentes cenários em que precisa encarar novos desafios. Todas as informações relacionadas a fórmulas, teorias físicas vão sendo apresentadas durante o jogo, em pergaminhos e rascunhos. Com isto em mãos o usuário tem a capacidade de resolver os enigmas e também aprender sobre o tema proposto (CALEGARI et al, 2013).

Figura 4 - Cenário do jogo



Fonte - Calegari et al (2013).

Já o Cadmus (SILVA, 2017) é um jogo baseado em RPG (*Role-playing Games*), em que todo o cenário do jogo e seu enredo de criação relembram icônicos desenvolvimentos famosos em que um personagem explora um mapa com diversos desafios. Neles, um personagem avança as fases, em que o nível de dificuldade aumenta. Conforme ele supera as fases, vai desenvolvendo habilidades que lhe caracterizam mais forte ou mais inteligente, servindo como fundamento para seu encontro final com um “chefão” que é o vilão do jogo e que é considerado o ápice, a fase mais difícil pela qual o usuário deverá passar.

A história de um pastor de ovelhas que vê seu avô adoecer e precisa se esforçar para livrar a vila de criaturas perigosas é o enredo que conduz o jogo. Suas habilidades se desenvolvem à medida que o personagem resolve problemas de cinemática com perguntas voltadas para o universo do jogo (figura 5). Conforme as questões são acertadas, ele ganha recompensas que o auxiliam a passar pelas questões mais difíceis que encontrará no caminho. O aumento da experiência do personagem possibilita o uso de novas habilidades para incentivar o jogador a buscar melhores resultados e a cada partida dedicando um tempo significativo a esta atividade de forma prazerosa (SILVA, 2017).

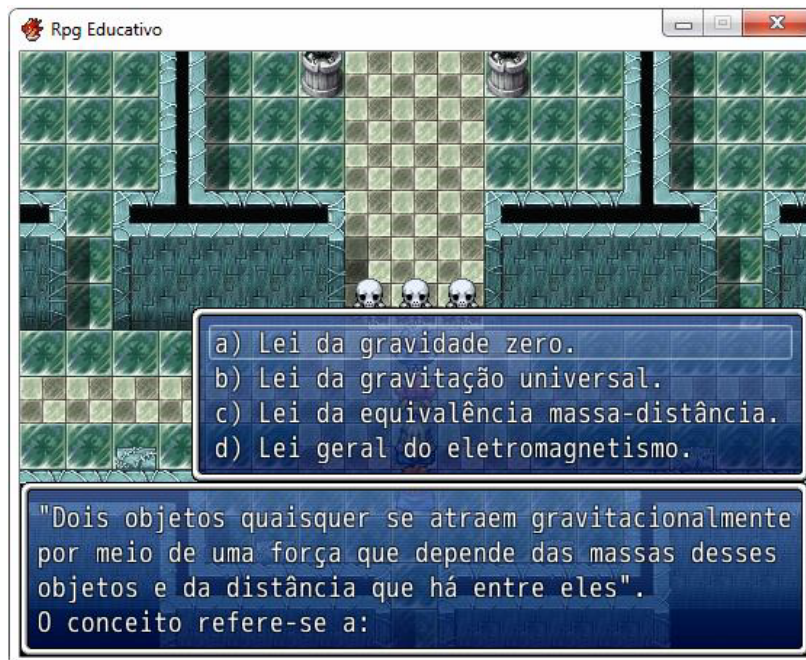
Figura 5 - Cadmus



Fonte: Silva (2017).

Um jogo assim como o Cadmus é o Caverna do Dragão - A Aventura na Tumba do Rei (FELBER, KRAUSE E VENQUIARUTO, 2018). Também baseado em RPG e com gráficos muito semelhantes ao Cadmus, este jogo aborda conteúdos de mecânica ficando restrito às Leis de Newton e abrindo possibilidade para posterior aplicação nos demais conteúdos de Física. O jogo é criado com a temática do famoso desenho "A Caverna do Dragão" tendo vários personagens que contam uma história de desafios que devem ser superados. As regras foram desenvolvidas determinando a Ficha do Personagem, ou seja, para cada personagem, há testes de inteligência realizados através de questões de Física (figura 6), combates, pontos de vida e suas habilidades que aumentam e decrescem conforme o acerto ou erro.

Figura 6 - Jogo “A Caverna do Dragão - A Aventura na Tumba do Rei”



Fonte: Felber, Krause e Venquiaruto (2018).

4.1.2 Jogos com temáticas de Física Moderna

O Fotovolt (TULHA, 2019) é um jogo de seis fases, sendo um jogo de escape, em que o objetivo principal do usuário é escapar do local onde está aprisionado solucionando desafios e superando fases. As questões a serem resolvidas tem como princípio durante as fases iniciais conceitos relacionados às propriedades da luz e o funcionamento de circuitos elétricos. Para auxiliar o jogador, no início do jogo há tanto as regras do jogo quanto instruções (conforme figura 7) para lembrar conceitos de Física Moderna e Eletricidade que poderão ser úteis para resolver cada um dos enigmas do jogo, que é composto por perguntas objetivas e montagem de aparatos relacionados a geração de energia para garantir que o objetivo final do escape aconteça no fim da jornada além de que o aluno coloque em prática a junção de conceitos da eletricidade e de propriedades da luz, assim como é na aplicação de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica pela ação solar, tema central do jogo.

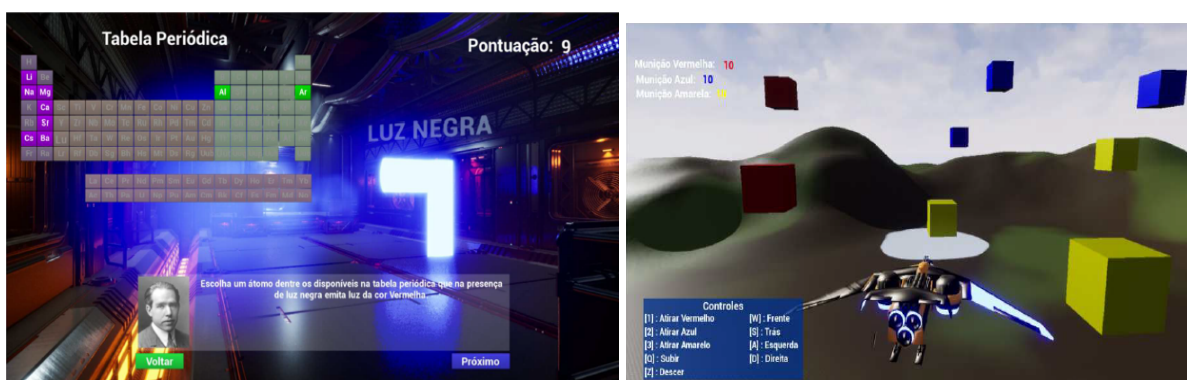
Figura 7 - Fotovolt



Fonte: Tulha (2018).

Niels Bohr é o ator principal do jogo “O Mundo Quântico de Bohr” (VAHLICK e SILVA, 2020) que a partir de 6 fases diferentes, o jogador é convidado a entrar em um mundo diferente, pilotando uma nave (figura 8) que faz disparos com cores diferentes, para através das perguntas e orientações do jogo, aumentar sua pontuação e entender que entender as mudanças de camadas pelos elétrons; conhecer que elementos diferentes emitem cores distintas e quando ocorrem o salto quântico, compreender que os elétrons não podem ocupar qualquer nível de energia e correlacionar as características dos elementos quanto aos seus níveis de energia e como estes podem ser identificados na tabela periódica (VAHLICK E SILVA, 2020).

Figura 8 - O Mundo Quântico de Bohr



Fonte: Vahldick e Silva (2020).

4.1.3 Jogos com temáticas de Eletricidade

A partir da análise dos jogos encontrados na pesquisa, foram levantados alguns requisitos determinados como os mínimos necessários para desenvolvimento de um jogo educacional:

Lima (2015), em seu jogo “Lâmpadas” (figura 9) preparou dois modos de jogos, o batalha e o solo. Na versão batalha dois jogadores usam seus conhecimentos prévios sobre circuitos elétricos para acender duas lâmpadas no circuito do tabuleiro antes do seu adversário enquanto a versão solo é um jogo para um único jogador que é desafiado a resolver problemas, os quais, à medida que são solucionados, aumentam gradualmente o nível de dificuldade. Caso o desafio não seja completado com sucesso, o aplicativo impõe as condições iniciais do jogo para que o usuário possa tentar novamente. Caso o objetivo seja conquistado, é dada a possibilidade de repetir o desafio ou ir para o próximo. Os desafios envolvem apenas uma lâmpada e depois aumentam de dificuldade expondo ligações em série, em paralelo e ligações mistas. O jogo solo contém um total de 40 desafios que permitem que os alunos aprendam progressivamente.

Figura 9 - Lâmpadas

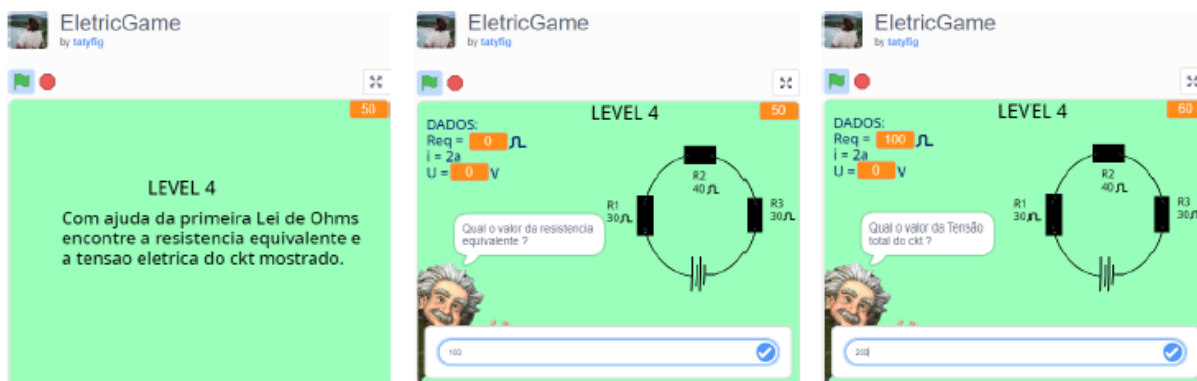


Fonte: Lima (2015).

O EletricGame (FIGUEIREDO, 2021) é um quiz relacionado a eletricidade com 7 níveis em que o aluno deve responder perguntas e fazer cálculos para avançar nas etapas (figura 10). Os assuntos são alterados a cada nível, sendo eles Lei de Ohm, Resistividade,

Associação de Resistores, entre outros. Cumprindo o Quiz corretamente, finalizam-se os sete níveis após quatorze perguntas de dez pontos cada, totalizando cento e quarenta pontos. A intenção do autor é o aluno ter, através deste jogo, a sensação de conquista ao final e a recompensa pessoal de ter compreendido os assuntos. O jogo encerra a sua proposta com uma palavra motivacional e exibe a pontuação total daquela rodada,

Figura 10 - EletricGame



Fonte: Figueiredo (2021).

Por fim, o “EletriCidade” (HORNES et al, 2009) é a proposta de um jogo computacional, voltado para alunos do ensino médio, com o objetivo de ensinar conceitos fundamentais de eletromagnetismo, o jogo é organizado em fases e possui diversas missões a cumprir. No enredo, fenômenos ocasionados pela má utilização dos recursos naturais na exploração da energia, causam caos e destruição em uma cidade. A falta de energia elétrica amedronta a população que já não sabe mais como seria viver sem essa tecnologia e os confortos que ela proporciona.

4.2 Requisitos mínimos necessários para um jogo educacional

A partir da análise dos jogos conforme seção anterior, foram levantados alguns requisitos determinados como os mínimos necessários para desenvolvimento de um jogo educacional:

1. Definição do público-alvo;
2. Análise de conhecimentos prévios do público jogador;
3. Desenvolvimento de Narrativa/Enredo com uma história Envolvente;
4. Objetivos claros;
5. Elementos básicos de jogos: Regras; Pontuação;
6. Níveis;

7. Cenário agradável;
8. Atmosfera intuitiva;
9. Efetividade de aspectos Físicos;
10. Equilíbrio entre Diversão e Desafio.

O primeiro requisito, definição do público-alvo é uma parte substancial e primária do desenvolvimento do jogo, pois é a partir do cumprimento deste requisito que se determina a possibilidade de aplicação do jogo, visto que a capacidade de uma criança de executar tarefas é muito diferente da capacidade um adolescente em idade escolar executá-lo, por exemplo. Ambos têm habilidades diferenciadas em relação a utilização do jogo e (abrangendo o segundo aspecto) conhecimento prévio do assunto que está sendo apresentado no jogo educacional. Ou seja, se o público-alvo são crianças do ensino fundamental, o jogo deve explorar conhecimentos empíricos e aproveitar da curiosidade do jogador em detrimento da necessidade de se resolver problemas matemáticos complexos relacionados a aspectos físicos.

Um jogo precisa ter uma história envolvente que desperte a necessidade do usuário em ter uma continuidade na utilização. Portanto, o fator necessário no desenvolvimento do jogo é a contação de história. Fazer com que o jogador tenha curiosidade de continuar a utilização desse jogo. Utilizando-se desse artifício, o jogador tem a possibilidade de se inteirar mais de aspectos de História da Ciência que serão fundamentais para que aluno faça ligações entre o conhecimento científico, o desenvolver de uma teoria e o fenômeno físico envolvido no jogo, aumentando a possibilidade de atingir alunos que tenham mais propensão a gostar de assuntos diferentes da matemática envolvida na Física.

O estabelecimento de objetivos claros dentro do jogo é fator determinante para o entendimento do usuário da finalidade do jogo, além de auxiliá-lo a tomar decisões dentro do jogo que façam sentido para cada situação encontrada, desenvolvendo sua capacidade de criar hipóteses. Por isso, são substanciais, elementos de jogos como a determinação e apresentação das regras e um sistema de pontuação que traga à tona aspectos de competição ou cooperação, para que não se perca a substancialidade de um jogo em dar ao usuário um feedback imediato quanto a compreensão dos conceitos apresentados no jogo.

Assim como no desenvolvimento pedagógico em que se desenvolvem primeiro conceitos básicos para posteriormente chegar a aspectos mais complexos, também em um jogo a dificuldade deve ser aumentada conforme o avançar do jogo, preservando-se o aspecto de desafio a cada fase, nível ou etapa do jogo para que o aluno vá se superando e precisando utilizar cada vez mais seu conhecimento de Física para resolver as etapas do jogo.

Indispensável para a utilização do jogo é seu aspecto estético, garantindo que o aluno consiga fazer a associação dos elementos gráficos com elementos da realidade simulada no jogo. Para efetividade da aplicação do jogo dentro do ensino de Física que o aluno entenda o que é cada um dos elementos que compõem o jogo e que essa é uma representação da realidade, por isso a qualidade do gráfico e imagens utilizadas são substanciais na efetividade da aplicação do jogo na sala de aula.

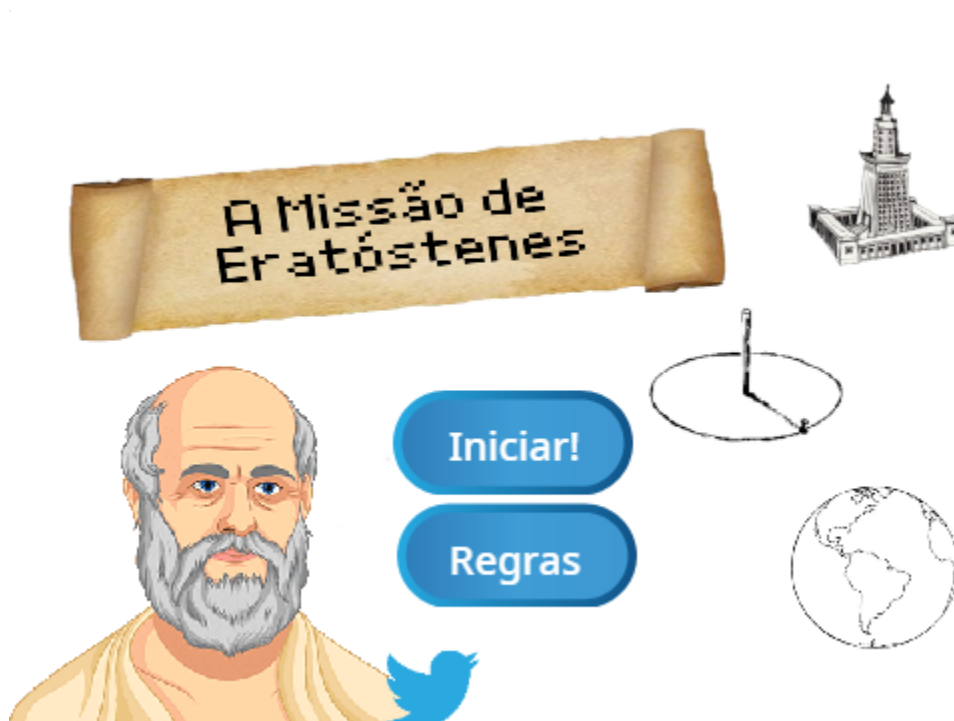
O jogo precisa ser intuitivo e efetivo, para isso são necessários, primeiro que os comandos façam sentido: a movimentação por setas ou a indicação de verde quando é correto e vermelho quando é incorreto, auxilia na jogabilidade, deixando a dificuldade apenas para o desafio do jogo e não para o modo de utilização, um jogo com muitas regras, por exemplo, pode atrapalhar no aspecto e intuição. Fundamental, que os aspectos Físicos estejam bem caracterizados e bem executados no jogo para melhorar sua efetividade, já que na simulação de um fenômeno não há erros experimentais, portanto é importante deixar claro o modelo no qual a simulação é válida. A falta de cuidado ou de conhecimento na elaboração do jogo pode inclusive trazer conceitos equivocados.

Por fim, é necessária uma atenção especial ao equilíbrio entre informação e desafio, pois a diversão deve ser um elemento base de um jogo, e existe uma grande possibilidade do desenvolvedor se preocupar tanto em incluir elementos informativos para que o jogo seja claro em relação ao Ensino de Física que pode tornar mais informativo que divertido. O usuário precisa ter noção dos fenômenos físicos envolvidos no jogo, mas, ainda assim, ter um certo nível de abstração que auxilie no potencial de efetividade de utilização da ferramenta em sala de aula.

4.3 Aplicação dos requisitos no desenvolvimento do roteiro do jogo

A partir dos pré-requisitos definidos na análise dos tópicos anteriores, em relação às características mínimas para desenvolvimento de um jogo, foi desenvolvido o roteiro na plataforma Scratch o jogo “A Missão de Eratóstenes” (figura 11). O jogo explora questões relativas ao conhecimento de sistemas de medição, desenvolvimento de tecnologias e técnicas experimentais para predição do raio da Terra realizadas por Eratóstenes. O usuário se vê incumbido de se colocar no lugar do personagem principal, o grego Eratóstenes, que recebe a missão de seu mestre Aristóteles, que no seu leito de morte pede para que ele prove sua teoria que a Terra é redonda. Porém, para alcançar seu objetivo, ele precisa driblar os “seguidores” do Guru Hangnaro, personagem que tenta atrapalhá-lo em ter êxito para desenvolver experimentalmente uma prova da forma da Terra.

Figura 11 - Tela inicial do jogo



Fonte: A autora (2022).

Portanto, para desenvolvimento do jogo, foram aplicados os requisitos definidos na seção anterior, produto da análise de jogos já desenvolvidos para aplicação educacional. A partir das informações contidas no roteiro do jogo (apêndice B) nos próximos tópicos, são apresentados como foram compreendidos os requisitos (ponto a ponto) no jogo desenvolvido conforme relatado abaixo:

Definição do público-alvo: o jogo foi desenvolvido com o intuito de introduzir conhecimentos referentes a sistema de medição, abordando possíveis maneiras de se fazer medições e fazendo com que o aluno entenda que medir não se resume a aplicar uma régua para saber uma distância. Medir grandezas físicas em um parâmetro geral se refere a comparar uma distância, temperatura ou tempo, por exemplo, com um determinado padrão para definir qual a relação da grandeza se comparada com esse padrão. Portanto, esse desenvolvimento é importante para alunos do fim do ensino fundamental, que estão tendo um primeiro contato com a Física, até alunos do início do Ensino Médio que precisarão definir esses conceitos para entender cinemática.

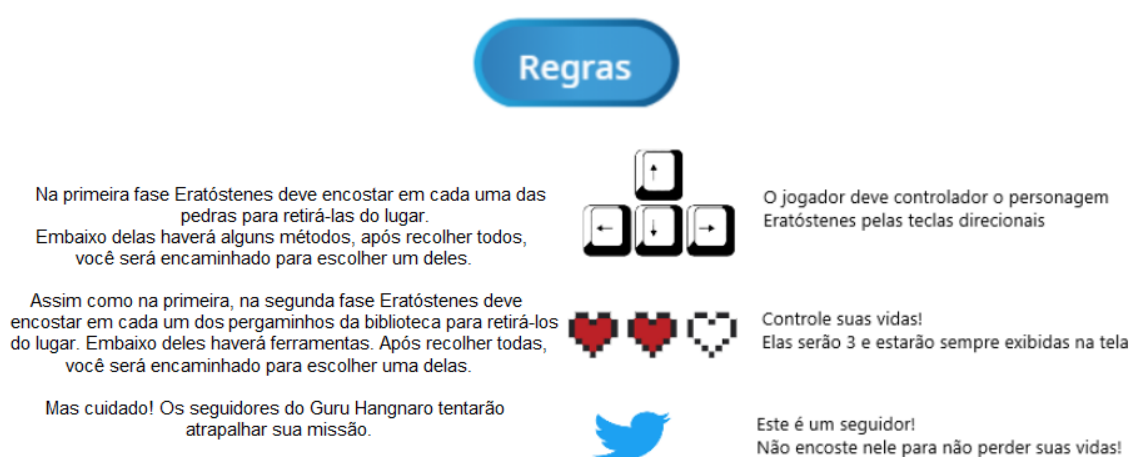
Análise de conhecimentos prévios do público jogador: não há grandes necessidades requeridas neste jogo, o ideal é que o jogador trabalhe seu desenvolvimento de pensamento abstrato e noções de práticas experimentais.

Desenvolvimento de Narrativa/Enredo com uma história Envolvente: a história desenvolvida neste jogo apresenta elementos de história da Ciência que fazem menção a

fatos realmente ocorridos (como Eratóstenes ter sido predecessor de Aristóteles e ter trabalho na famosa biblioteca de Alexandria). A narrativa apresentada, de solução de uma missão dada por um mestre é a história que conduz o jogo e espera-se que a partir desses princípios e da crítica relacionada aos vilões, o jogador se envolva no sentido de ter empatia pelo ator do jogo (o jovem Eratóstenes) e queira auxiliá-lo a cumprir com seus objetivos.

Objetivos claros: a narrativa adicionada as instruções foram desenvolvidas para que o jogador entenda qual a intenção do jogo e qual deve ser sua ação para jogá-lo. Portanto, o objetivo principal é auxiliar Eratóstenes em sua missão, porém ela só vai ser alcançada através da exploração de hipóteses e desenvolvimento de teorias a partir da combinação de utilização das ferramentas apresentadas no jogo, conforme pode ser verificado na tela de instruções da figura 12.

Figura 12 - Regras do jogo



Fonte: A autora (2022).

Elementos básicos de jogos: Regras; Pontuação: antes de iniciar, na tela padrão do jogo (figura 11), é possível acessar as regras que compõem o jogo para que a partir dele seja possível fazer uso do jogo. A pontuação é dada por vidas, que são as tentativas que o jogador tem de fazer escolhas certas. O jogador tem a possibilidade de fazer escolhas durante o jogo das ferramentas que vai utilizar no experimento, porém existem algumas que não são aplicáveis. Por exemplo: o jogador tem disponível a utilização de um sistema tipo Google Maps para calcular a distância entre duas cidades. Porém, a tecnologia em tempos antigos não era suficiente para se ter à disposição essa ferramenta. Por isso, o jogador tem 3 vidas e gasta uma delas se fizer a utilização dessa ferramenta (conforme figura 13).

Figura 13 - Pontuação



Fonte: A autora (2022).

Níveis: para agregar sentimento de evolução do jogador, foram desenvolvidos dois níveis “O Templo de Philae” que remete às origens de Eratóstenes e a “A Biblioteca de Alexandria” fase desenvolvida para lembrar seus dias como diretor de uma das mais significativas e célebres bibliotecas e um dos maiores centros de produção do conhecimento na Antiguidade. Os cenários mudam e com eles também os elementos do jogo, que continua com mesmo objetivo e modo de jogar, mas que apresentam uma evolução do jogador.

Cenário agradável: conforme figura 14, foram desenvolvidos dois cenários para o jogo, que remetem ao Egito e à Grécia para dar um clima de antiguidade que faz parte da parte lúdica do jogo.

Figura 14 - Cenários - Biblioteca de Alexandria (esq.) e Templo de Philae (dir.)



Fonte: A autora (2022).

Atmosfera intuitiva: controles por setas dos personagens e botões padrões para início e fim são intuitivos, o que auxilia no controle do jogo e facilita o aproveitamento do jogador.

Efetividade de aspectos Físicos: no caso deste jogo, como estamos abordando o uso de um sistema de medição e desenvolvimento experimental para determinação do raio da Terra, este é um fator fundamental para desenvolvimento. Ao dar os feedbacks relativos a escolha de um método ou outro, ou em fazer representações da Terra em imagens inseridas ou mesmo na escolha da explicação sobre a utilização da sombra e entendimento de que não existe um método científico único para desenvolver um experimento foram avaliados aspectos físicos a fim de evitar erros de representação e/ou nomenclaturas, já que a o jogo deve ser um auxiliador e não dificultador do aprendizado do aluno.

Equilíbrio entre Diversão e Desafio: o jogo é possível de ser jogado e adequado ao público alvo, por isso não há problemas quanto a seu desenvolvimento. Optou-se por retirar a parte matemática deste jogo, já que ele também é muito conceitual, o que poderia trazer um elemento que canse o jogador.

Enfim, o roteiro do jogo foi desenvolvido com o intuito de que o jogador descubra a física a partir da exploração, testes e reformulação das hipóteses, ou seja, a interação com o jogo que deve promover o aprendizado dos procedimentos básicos no desenvolvimento ou corroboração de uma teoria. Em vez de ensinar os resultados ou as soluções dos problemas, o foco do desenvolvimento do jogo é aplicar formas de explorá-los e de achar as suas soluções através de modelamento experimental com os recursos que estão à disposição.

5 CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento deste trabalho foi possível verificar que são muitos os trabalhos voltados ao desenvolvimento de jogos para potencializar o Ensino de Física, porém a maioria dos trabalhos encontrados, concentrados no desenvolvimento de jogos, se dá no âmbito do jogos físicos, mas poucos digitais. Essa discussão, poderia se adentrar nos possíveis motivos desta diferenciação, que partem desde a insegurança dos educadores da área da Física em desenvolver propostas digitais até a dificuldade de se encontrar um ponto de partida para desenvolver um jogo com uma proposta assertiva no Ensino de Física.

Porém, é preciso entender a necessidade de atualização de propostas pedagógicas utilizando-se de métodos que abranjam ferramentas hoje utilizadas no dia a dia do aluno para que se facilite a ponte aluno-conhecimento, para que dialoguem de maneira mais próxima e efetiva. Por esse motivo, o desenvolvimento deste trabalho se apresenta como uma alternativa para guiar a criação de uma ferramenta auxiliar no dia a dia do Ensino de Física, enriquecendo o trabalho pedagógico e facilitando a construção do aluno com o fenômeno físico.

Portanto, a partir da pesquisa bibliográfica, ficou clara a imensidão de oportunidades de desenvolvimento de trabalhos na área de desenvolvimento de jogos de aspecto educacional no âmbito brasileiro. E essa oportunidade não se dá mais apenas a especialistas da área de desenvolvimento computacional sendo também acessível a leigos a partir de plataformas grátis e de fácil manipulação.

O trabalho acerca do jogo de Eratóstenes ainda tem muito a ser desenvolvido e se espera que em oportunidades futuras haja conclusão e ampliação do jogo, deixando-o consistente Física e Pedagogicamente, fazendo uma exploração e teste de uso em campo para verificar possíveis erros e possibilidade de compartilhamento de maneira mais ágil que o torne mais aplicável dentro da sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, M. **Quem são e o que pensam os brasileiros que acreditam que a Terra é plana.** BBC Brasil, 16 set. 2017. Disponível em <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-41261724>>. Acesso em 04/08/2021.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2^a edição, 1980.
- ALMEIDA, T. R.; LANGHI, R. **Projeto Eratóstenes Brasil: ensinando astronomia com autonomia.** In: Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo: SBF, 2011.
- BARROSO, M.F.; FELIPE, G.; SILVA, T. **Aplicativos computacionais e ensino de física.** Atas do IX EPEF–Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006.
- BERQUO, F.; SANTOS, L. G. A. Jogos didáticos digitais: recursos para estimular o ensino e a aprendizagem de Física. **Revista Educação Pública**, v. 20, nº 43, 10 de novembro de 2020.
- CALEGARI, P. F. Calegari, QUIRINO, S. S., FRIGO, L. B. e POZZEBON, E. **Jogo computacional 3d no ensino de física.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2013), 2013.
- COSTA, M. **Experimentos históricos em ambiente virtual: uma abordagem histórico-didática a respeito da teoria eletrofraca para o estudo de física de partículas no ensino superior.** 2019. 423 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) -Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- DÉCAMP, N.; DE HOSSON, C. Implementing Eratosthenes' Discovery in the Classroom: Educational Difficulties Needing Attention. **Science & Education**, v. 21(6), p. 911-920, 2012.
- DUTKA, J. Eratosthenes' Measurement of the Earth Reconsidered. *Archive for History of Exact Sciences*. 46 (1), p. 55-66, 1993.
- ENGLISH OXFORD living dictionaries. **Word of the Year 2016 is... 2016.** Disponível em <<https://en.oxforddictionaries.com/word-of-the-year/word-of-the-year-2016>>. Acesso em 04/08/2021.
- FIGUEIREDO, Tatiane Lúcia Abreu de. **Integração de atividades experimentais e virtuais no ensino de circuitos elétricos através do jogo EletricGame.** 135 f. 2021. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2021.
- FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, p. 259-272, setembro de 2003.
- GOULART, C. A.; TOMINAGA, T. T.; MARTINS, M. A. **Objetos de aprendizagem no ensino de Matemática e Física: construção e abordagem com computadores móveis.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.6, n.10,p.77250-77260, oct.2020.

GRECA, I. M., SEOANE, E., ARRIASSECQ, I. Epistemological issues concerning computer Simulations in science and their implications for science education. **Science & Education**, v. 23, p. 879-921, 2014.

HORNES, A. et al. Os Jogos Computacionais no Ensino da Física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII, 2009, Florianópolis.

KRAUSE, João Carlos; FELBER, Denise; VENQUIARUTO, Luciana Dornelles. **O uso de jogos digitais como ferramenta de auxílio para o ensino de Física**. Revista Insignare Scientia (RIS), v.1, n.2, p.1-25, mai./ago. 2018.

INSIDER BUSINESS. **How Eratosthenes calculated the Earth's circumference**. Youtube, 10 de set. de 2016.

LIMA, L. V. **Oficina de Scratch: Uma sugestão para o Ensino-Aprendizagem de Algoritmos Computacionais**. XIX Encontro Nacional de Grupos - PET, Santa Maria - RS, 28 a 02 julho - agosto 2014.

LIMA, Caio Graco Medeiros de. **Criação, Construção, Uso e Análise de um Jogo Digital Voltado ao Ensino de Circuitos Elétricos**. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

PANDORA, K; RADER, K. A. **Science in the Everyday World: why perspectives from the History of Science matter**. Isis, v. 99, nº 2, p. 350-364, 2008.

PEREIRA, C. I. C. da C. **“Aprendo a divertir-me” tecnologias digitais em ambiente não formal de aprendizagem: um estudo exploratório com crianças de 1º ano de escolaridade**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho. Minho: 2011.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. On the Horizon**. Vol. 9, nº 5. Outubro, 2001.

RAHAL, F. A. S.; LUZ, A. R. **Jogos didáticos no ensino de física: Um exemplo na termodinâmica**. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória-ES.

RESNICK, M.; MALONEY, J.; MONROY-HERNANDEZ, A.; RUSK, N.; EASTMOND, E.; BRENNAN, K.; MILLNER, A.; ROSENBAUM, E.; SILVER, J.; SILVERMAN, B.; KAFAI, Y. **“Scratch: Programming for all”**. 2009.

SANTOS, W. H. L.; DEL PINO, J. C.; SÁ-SILVA, J. R.; PINHEIRO, R. S. A ideia do lúdico como opção metodológica no ensino de Ciências e Biologia: o que dizem os TCC dos egressos do curso de Ciências Biológicas - Licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 21, nº 2, p. 176-194, 2016.

SCHNEIDER, W. P. **Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento e Simulação Computacional**. 2017. 91 f. Dissertação (mestrado) –Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

SILVA, Celso Anderson Cardoso da. **O Jogo de Rpg Digital como Material Potencialmente Significativo para Aprendizagem de Conceitos de Cinemática**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SQUIRES, D.; PREECE, J. Usability and learning: evaluating the potential of educational software. **Computer and Education**, v. 27, n. 1, p. 15-22, 1996.

TAROUCO, L.M.R.; ROLAND, L.C.; FABRE, N.C.J.M.; KONRATH, M.L.P. Jogos Educacionais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v.2, n.1, p. 1-7, 2004.

TULHA, Carinna Nunes. **Uso de Laboratórios Remotos Integrados a Jogos Digitais para o Ensino de Física**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2019.

VAHLDICK, Adilson; SILVA, Willeson Thomas da. **Um Jogo Sério para Suportar o Aprendizado do Modelo Atômico de Bohr**. **RENTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18 n. 1, 2020.

YAMAZAKI, S. C; YAMAZAKI, R. M. de O. Jogos para o ensino de física, química e biologia: elaboração e utilização espontânea ou método teoricamente fundamentado? **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba (PR), v. 7, n. 1, p. 159-181, jan-abr. 2014.

APÊNDICE A – ANÁLISE DOS JOGOS

	Nome do jogo	Área da Física	Fases Níveis	História Introdutória	Estratégia	Cálculos	Necessidade de conhecimentos prévios	Pontuação	Feedback
1	Torque	Mecânica	6	Breve animação demonstrando seu funcionamento	Necessário conhecimento de torque mecânico	Necessário conhecimento de cálculo de equilíbrio estático	Base matemática, conhecimento empírico de equilíbrio é o suficiente para entender o jogo	Sim	Janela de ajuda em caso de informação errada, rosto sorrindo em informação correta
2	Fotovolt	Física Moderna	6	Sim, uma história conduz o jogo	Escape game	Não é necessário	Aplicar conceitos sobre efeito fotovoltaico	Não	O retorno será o escape ou não devido a resolução ou não do experimento
3	O Mundo Quântico de Bohr	Física Moderna	6	Sim, uma história conduz o jogo	Ganhar mais pontos para continuar no jogo, acertando questões voltadas a ganho de energia e salto quântico	Não é necessário	Conhecimentos sobre a tabela periódica	Sim	Sim e o jogo só avança se o aluno acertar a questão.
4	Lâmpadas	Eletricidade	10	Não, tipo quiz	Responder as questões corretamente observando as imagens	Não é necessário	Sim, conhecimento de corrente elétrica, resistência e tensão	Sim	Somente ao final das 10 questões
5	EletricGame	Eletricidade	7	Não, tipo quiz	Responder as questões corretamente	Sim, é necessário	Conhecimento acerca de circuitos elétricos	Sim	Somente ao final das questões

				observando as imagens					
6	Nome não identificado	Mecânica	6	Sim, uma história conduz o jogo	Sim, necessário para desvendar o mistério	Não é necessário	Conhecimento geral de Mecânica Newtoniana	Sim	Personagem ganha novas habilidades e pontos de vida conforme acertos e avança no jogo
7	Cadmus	Mecânica	3	Sim, uma história conduz o jogo	Sim, o personagem vai adquirindo habilidades para enfrentar o chefe	Sim, cálculos relacionados à cinemática	Conhecimento de cinemática	Não	Personagem ganha novas habilidades e pontos de vida
8	Caverna do Dragão - A Aventura na Tumba do Rei	Mecânica	Sim, sem especificação de quantidade	Narração da história baseada em "Caverna do Dragão"	Cada personagem para evoluir precisa responder questões de Física	Não, perguntas objetivas	Necessidade de conhecimento de mecânica e Física Moderna para responder às questões	Sim	Personagem ganha novas habilidades e pontos de vida
9	EletriCidade	Eletricidade	Sim, sem especificação de quantidade	Sim, uma história conduz o jogo	Sim, necessário para desvendar o mistério	Sim, conhecimento de cálculo de potência	Sim, necessidade de conhecimento de eletricidade, respondendo às questões propostas	Não, mas há evolução conforme o nível	Sim, conforme respostas corretas os mistérios vão sendo desvendados e avança o processo

APÊNDICE B – ROTEIRO DO JOGO “A MISSÃO DE ERATÓSTENES”

Narrativa do jogo:

Aristóteles deixa no seu leito de morte uma missão para seus posteriores. Ele acreditava que a Terra era redonda, mas não tinha as ferramentas para provar. Eratóstenes é um jovem curioso que ao comprar um baú antigo encontra dentro dele um livro “Sobre o céu” e nesse livro estão as anotações de Aristóteles e o desafio deixado para o futuro: “Encontrem métodos para provar que a Terra é redonda e desenvolva um método para medir seu tamanho. Só assim conseguirei descansar em paz”. Ele entende que consegue atingir esse objetivo e inicia uma busca incessante para encontrar ferramentas e métodos que o possibilitem auxiliar seu mestre a descansar. Porém, no seu caminho o Guru Hangnaro e seus seguidores tentarão atrapalhar seus objetivos.

Referência de Cenário - Fase 1 - Templo de Philae:

Eratóstenes nasceu em Cirene. E é dentro do Templo de Philae em Cirene que se inicia o jogo. Ele retira pedras do lugar e encontra embaixo delas alguns métodos para escolher o melhor deles (figura 14 esq.). Ele pode transitar até os objetos, mas deve cuidar com os seguidores que tentarão atrapalhar sua missão.

No caso de encostar no seguidor do Guru, Eratóstenes perde uma vida mas sem perder os métodos que pegou. Embaixo de cada uma das opções o jogador vai encontrar os métodos:

- 1. Medição através da sombra;**
- 2. Medição com uma fita métrica;**
- 3. Medição através de uma foto de satélite e análise de escala;**
- 4. Medição com relógio.**

A fase termina quando o jogador consegue pegar todos os métodos. Para terminar a fase, o jogador terá que escolher entre os métodos apresentados, qual o que melhor se ajusta aos objetivos de Eratóstenes, levando em consideração os recursos disponíveis em sua época. Caso o jogador escolha um método diferente do número 1 (Medição através da sombra), será redirecionado ao início da fase e receberá uma explicação de porquê o método não é adequado para cumprir o objetivo do jogo.

O feedback é ideal neste momento para explicar o porquê os outros métodos não são os ideais. Nessa parte do jogo o objetivo é introduzir o conceito de método para definição de uma medida, destacando que existem diferentes maneiras de realizá-la, contudo, a escolha de um ou outro método depende do objeto que se quer medir e das

ferramentas disponíveis. Lembrando sempre que algumas medições são sim possíveis nos métodos encontrados, porém não condizem com as ferramentas que Eratóstenes tinha disponível nos anos que viveu.

Na escolha de cada um dos métodos ele deve ter os feedbacks a seguir:

1. Medição através da sombra - Ao escolher essa medição, o jogador vai receber as seguintes mensagens: “Parabéns, você foi a próxima fase!” “A medição de um comprimento de arco foi feita através da utilização da sombra de uma estaca por Eratóstenes. Você imagina como ele chegou nessa conclusão? Vamos aprender essa relação agora que você passou para a próxima fase. Boa sorte!”

2. Medição com uma fita métrica - Escolhendo essa opção, o jogador deve perceber que a fita métrica consegue sim medir distâncias, porém sua medida é feita sem fazer relação de escala, ela é de 1:1, portanto como a medida a ser feita é muito grande, esse não é o método mais indicado. Assim são essas as mensagens a serem recebidas: “A medição com fita métrica até seria possível, já que ela aponta uma distância entre dois pontos sendo medidos. Mas aqui estamos falando da medição do raio da Terra. Você sabia que a maioria das fitas métricas tem até 2,0m? Como o diâmetro da Terra é de 12742 Km, você precisaria de 6.371.000 fitas métricas uma ao lado da outra para conseguir medir. Melhor deixar pra lá... Tente de novo!”

3. Medição através de uma foto de satélite e análise de escala - Nesta etapa o jogador deve entender que os satélites fazem parte da era moderna, dos anos 1900 e não existiam na antiguidade. Portanto, por mais que este seja um método útil, fácil e executável, o jogador entende como funciona, mas também deve entender porque essa não foi a escolha de Eratóstenes. “Legal, você está muito ligado no segundo milênio, mas Erastotenes não chegou a ver um satélite sendo lançado. Você sabia que o primeiro satélite lançado foi o Sptunik I em 1957 pela União Soviética e foi resultado de uma corrida espacial dada contra os EUA durante a Guerra Fria? Hoje as imagens de satélite possibilitam verificar objetos de tamanhos conhecidos (como a sua casa por exemplo) e você poder fazer uma relação de escala (comparar os tamanhos reais com os tamanhos diminuídos das fotos) com uma imagem da Terra para mensurar seu diâmetro.”

4. Medição com relógio - Nesta etapa o jogador deve entender que a escolha de um instrumento de medição está diretamente associada a grandeza física que se deseja medir. A mensagem será a seguinte: “Apesar de hoje termos relógios muito avançados que entram na internet e nos dão vários avisos, os relógios normalmente medem tempo e nós queremos medir distância. Você já viu alguém falando que tem 30 segundos de altura?”

Após passar pela primeira fase, o jogador passa para a fase da Biblioteca de Alexandria (figura 14 dir.) em que o jogador chega até os pergaminhos e encontra recursos

que podem colocar seu método em prática. Os seguidores continuam tentando encostar em Eratóstenes, neste ponto, o jogador deverá controlar o personagem tentando desviar dos seguidores e, caso seja atingido, perderá uma das vidas. Caso perca três vidas, ele voltará para o início da segunda fase.

O seguintes objetos estarão a disposição para colocar o método em prática:

1. **Camelos;**
2. **Corredores;**
3. **Uma trena;**
4. **Um celular;**
5. **Google maps;**
6. **Luz do Sol;**
7. **Lamparina;**
8. **Lâmpada incandescente.**

Ao fim da coleta dos objetos, o jogador poderá escolher dois elementos para compor o experimento. Neste caso, as respostas corretas serão as opções 1, 2 e 6 já que para seu experimento, Eratóstenes utilizou a luz do Sol em duas cidades diferentes, vendo a variação da sombra de uma estaca colocada no solo em cada uma e fazendo uma relação da medição da sombra com a distância entre as cidades. Há divergências na história relativa a como Eratóstenes fez a medição da distância entre as cidades de Siena e Alexandra, duas hipóteses são dadas possíveis: ou calculou o tempo que um camelo vagou entre as duas ou utilizou pessoas correndo entre as duas cidades para tomar essa informação. Por isso, neste caso, consideramos as duas respostas corretas.

Na escolha de cada um dos objetos ele deve ter os feedbacks a seguir:

1. Camelos - Neste caso, o jogador será informado que esta é uma resposta certa, pois, conforme citado, há divergências sobre o modo de medição da distância entre as cidades e a utilização de camelos para percorrer a distância seria uma opção possível em seu tempo. Portanto, o retorno que o jogador vai ter, será; “Isso mesmo! Segundo alguns historiadores, Eratóstenes teria colocado camelos para percorrer a distância entre as duas cidades do experimento, para conseguir dados de distância. Curioso, não?”

2. Corredores - Assim como no caso anterior, os corredores podem ter sido utilizados para percorrer a distância entre os dois locais. Caso seja esse o item escolhido, o jogador vai receber a seguinte informação: “Isso mesmo! Segundo alguns historiadores, Eratóstenes teria colocado pessoas para percorrer correndo a distância entre as duas cidades do experimento, para conseguir dados de distância. Curioso, não?”

3. Uma trena - Assim como no caso da fita métrica na fase anterior, nesta fase o jogador deve perceber que a trena consegue medir distâncias, porém sua medida na maioria das trenas comerciais é de até 10m. Como a medida a ser feita é muito grande, cerca de 787Km, esse não é o método mais indicado. Assim, essa será a mensagem: “A medição com trena até seria possível, já que ela aponta uma distância entre dois pontos sendo medidos. A distância entre Siena e Alexandria é de aproximadamente 787Km e a maioria das trenas comerciais medem até 10m, assim, você precisaria de 78.700 trenas uma ao lado da outra para conseguir medir. Melhor deixar pra lá... Tente de novo!”

4. Um celular - Como estamos avaliando um experimento datado de mais de 2000 anos, Eratóstenes não teria como ter um celular para fazer a medição. É importante neste aspecto, o jogador verificar que a tecnologia foi evoluindo neste tempo e que o celular precisaria de algum aplicativo para conseguir fazer esta medição, sendo o feedback: “O celular só foi criado por volta dos anos 70. Portanto, não foi utilizado por Eratóstenes neste experimento. Porém, o celular só consegue medir grandes distâncias se essas forem calculadas dentro de um aplicativo de geolocalização.”

5. Google maps - Assim como no caso do celular, o Google Maps não poderia ser utilizado por Eratóstenes neste experimento. Assim sendo, o feedback será: “Eratóstenes viveu até 194ac e o Google Maps só foi lançado em 2005. Apesar de ser uma ótima ferramenta para cálculo de distâncias, ela não foi utilizada nesse experimento.”

6. Luz do Sol - Primordial para aplicação do método desenvolvido, a luz do sol e a diferença das sombras causadas em duas cidades diferentes é um dos principais recursos utilizados por Eratóstenes no desenvolvimento deste experimento. Portanto a resposta é correta e o feedback a ser dado conforme segue: “Muito bem! Para definir o raio da Terra, Eratóstenes fez uma medição da sombra causada pelo Sol em um Solstício em duas cidades diferentes, portanto esta luz natural foi primordial para que seu experimento funcionasse.”

7. Lamparina - É importante o jogador entender que uma luz artificial não seria passível de utilização para o resultado do experimento. A sombra natural feita pelo Sol em uma estaca de madeira e a diferença de curvatura observada em duas cidades diferentes foi o fator primordial para que este experimento tenha tido o sucesso que teve. Portanto, uma luz natural não poderia ser substituída por artificial neste caso. O feedback mostrado será: “Para definir o raio da Terra, Eratóstenes fez uma medição da sombra causada pelo Sol em um Solstício em duas cidades diferentes, portanto a curvatura da Terra é que foi primordial para causar o resultado do experimento. E esta luz utilizada foi primordial para que seu experimento funcionasse. Então uma luz artificial não funcionaria neste caso.”

8. Lâmpada incandescente - Com a mesma explicação do item anterior, também é importante ressaltar que a lâmpada incandescente é uma tecnologia nova, então não seria possível de ter sido utilizada neste experimento. O feedback será: “Para definir o raio da Terra, Eratóstenes fez uma medição da sombra causada pelo Sol em um Solstício em duas cidades diferentes, portanto a curvatura da Terra é que foi primordial para causar o resultado do experimento. E esta luz utilizada foi primordial para que seu experimento funcionasse. Então uma fonte de luz artificial não funcionaria neste caso, sem dizer que as lâmpadas incandescentes só foram desenvolvidas por volta de 1900.”

Para concluir o jogo, será incluído o link para uma animação (figura 15) representando a forma que foi realizado o experimento de Eratóstenes para que o jogador tenha uma visão final do jogo e possa ter o sentimento de vitória ligado a necessidade de desafio observada nos requisitos do jogo.

Figura 15 - Animação - Experimento de Eratóstenes



Fonte: Insider Business (2016)