

Trabalho de Conclusão de Curso

Redesenho de objeto digital de aprendizagem para auxiliar na educação de física no ensino médio

Redesign of digital learning
object to support physics
teaching in high school

Aluno

Renan Kikuche

Orientador

Giselle Beiguelman

Curso

Design FAU USP

Data

dez/2017

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido a partir do desafio de pensar como o design pode prestar serviço positivo no contexto do ensino de física e, desse modo, prover resposta para a seguinte questão, elaborada no intuito de ser respondida sob as especificidades do campo: como ajudar estudantes do ensino médio a aprenderem conceitos difíceis de física?

O trabalho é composto por duas partes. A primeira é uma revisão teórica a respeito dos seguintes temas; 'recursos tecnológicos e educação' e 'especificidades do ensino e aprendizagem de física', e a segunda parte é constituída por um estudo de caso de redesenho de um objeto digital de aprendizagem sobre o espectro eletromagnético.

Palavras-chave: Design, Ensino e Aprendizagem, Tecnologia Educacional, Física Moderna

Abstract

This work was developed from the challenge of thinking how design can positively serve in the physics teaching context and, that way, to answer the following question, which was prepared to be answered under the specificities of the field: how to assist high school students in learning difficult concepts of physics?

The work consists of two parts. The first part is a theoretical review about the following themes: "technological resources and education", and "specificities of physics teaching and learning"; and the second part is a case study of a digital learning object redesign about the electromagnetic spectrum.

Keywords: Design, Teaching and Learning, Educational Technology, Modern Physics

7	Apresentação
15	Revisão teórica
27	Estudo de caso
53	Comentários finais

Apresentação

Motivação

A origem da motivação para realizar este trabalho pode ser descrita a partir de duas experiências pessoais. A primeira aconteceu na FAU, no curso de design, e a segunda aconteceu na redação do jornal onde trabalhei. Ambas as experiências que serão contadas a seguir são complementares e levam até os assuntos abordados por este trabalho.

Ao longo do curso de design, fui exposto a diversos temas de interesse. No terceiro ano, na disciplina de Projeto Visual, o objetivo foi propor um redesign de um livro didático. Na divisão de tarefas, fui incumbido de redesenhar dois infográficos de assuntos complementares que estavam presentes no livro. O primeiro era sobre estados da matéria - líquido, sólido e gasoso - e o segundo era a respeito do ciclo da água.

Ao analisar os infográficos originais, concluí que eram disfuncionais por conta de aspectos visuais como a seleção de cores, tipografias e alinhamentos. Além disso, outros aspectos podem ser considerados visto que a importância das

ilustrações didáticas é muitas vezes subestimada.

Em março de 2016, o jornal digital Nexo publicou a reportagem "*As ilustrações dos livros didáticos podem estar ensinando ciências do jeito errado*". Nesta matéria, foi constatado que muitas ilustrações didáticas da área de geociências apresentam erros por conta da ausência de rigor científico em sua elaboração. É fato que um professor consciente pode usar esse contexto para estimular uma discussão crítica a respeito dos modelos e representações na ciência. Ainda assim, isso não exime a ilustração de desempenhar sua função adequadamente.

Sobre isso, penso que recursos para a educação mais adequados podem ser produzidos por meio de ferramentas de projeto habitualmente associadas ao campo de conhecimento do design. Isso ocorre majoritariamente por dois motivos. O primeiro é que entre as competências de um bom designer está a organização de informações em diversos níveis. O segundo é que o design se ocupa com o projeto de

experiências centradas nas pessoas.

A tarefa de redesenhar os infográficos despertou meu interesse na época por conta da oportunidade de treinar competências de design gráfico e pela evidente relação entre o objeto de trabalho e educação, visto que livros didáticos são usados em escolas como recursos pedagógicos nos quais o conteúdo das matérias está indexado.

Dito isso, acredito que este trabalho tenha sido um dos mais valiosos que realizei durante a minha formação na FAU. A competência de projetar experiências para ajudar alguém a entender um conceito (simples ou complexo) faz parte do conjunto de idealizações associadas ao papel social de um designer, visto que emprega suas habilidades na produção de algo que auxilia na produção de conhecimento e na construção intelectual dos indivíduos. Além disso, fazer este projeto inaugurou meu interesse por infografia.

A segunda experiência foi fazer parte de uma equipe responsável pelo design e desenvolvimento de infográficos digitais para um jornal. Nesse período, aprendi mais sobre design de interfaces digitais e sobre linguagens de programação no contexto do desenvolvimento para a web. Na atualidade, o jornalismo passa por transformações profundas por conta da mudança de paradigma do meio impresso para o digital. Por conta disso, é discutido como designers, jornalistas, programadores e outros especialistas podem trabalhar juntos para criar experiências de consumo de notícias interessantes para os leitores.

As duas experiências estão relacionadas a aplicação do design enquanto mediador entre conhecimento e usuários. No entanto, de cada uma delas pode ser extraído um ângulo de estudo diferente presente neste trabalho. A primeira experiência fundamenta o interesse pela relação entre design e educação no contexto da escola, e a segunda introduz o entusiasmo pela tecnologia como ferramenta de criação.

Introdução

O ponto de partida deste trabalho foi a definição de um tema geral de interesse: a relação entre design, tecnologia e educação, com ênfase no uso do design centrado na experiência do usuário para auxiliar estudantes na aprendizagem de conceitos difíceis.

A fim de trabalhar com o contexto escolar, o tópico **ondas eletromagnéticas** da disciplina de física no ensino médio foi selecionado. Trata-se de um assunto no qual muitos estudantes apresentam dificuldade, a ponto de produzir um imaginário intimidador em torno deste campo de conhecimento.

A respeito disso, a importância do estudo do eletromagnetismo é reconhecida no documento “*Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*” (p. 24):

A compreensão do mundo eletromagnético que permeia nosso cotidiano é indispensável para possibilitar o uso adequado, eficiente e seguro de aparelhos e equipamentos, além de condições

para analisar, fazer escolhas e otimizar essa utilização.

Com este tema em mente, uma pergunta de trabalho foi elaborada com o intuito de ser respondida por meio das competências do design:

Como ajudar estudantes do ensino médio a aprenderem conceitos difíceis de física?

Proposta

Qual seria um modo adequado de responder essa pergunta? Ora, o ato educativo é plural no sentido de que não há uma solução única para todos os problemas.

Uma resposta possível é usar **objetos digitais de aprendizagem**, uma categoria que abrange diversos recursos tecnológicos como jogos, simulações e vídeos desenvolvidos com o objetivo específico de serem usados no contexto da educação, em sala de aula ou no ensino à distância. Com isso em mente, foi consultada literatura a respeito do uso de tecnologia e design na educação e as especificidades deste uso no contexto do ensino de física.

A respeito desse assunto, em um estudo sobre o uso conjunto de atividades experimentais e atividades computacionais no ensino do eletromagnetismo, Dorneles, Araujo e Veit (2012, p.20) concluem:

(...) esses dois tipos de atividades pode proporcionar, aos alunos, uma visão epistemológica mais

adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador, e promover a interatividade e o engajamento dos alunos em seu próprio aprendizado, transformando a sala de aula em um ambiente propício para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos de Eletromagnetismo em nível de Física Geral.

Com isso em mente, este trabalho se propõe a realizar um projeto de objeto digital de aprendizagem como uma possível resposta para a pergunta de trabalho definida anteriormente.

Contexto

Ao entrevistar um docente de física a respeito do uso de simulações em sala de aula, foi descoberta uma visualização de dados do espectro eletromagnético que era usada como material de apoio em aulas sobre eletricidade (um tema extenso trabalhado ao longo do ano). No entanto, este recurso está obsoleto, visto que não funciona nos navegadores da atualidade por conta de aspectos técnicos.

Foi realizada uma análise deste recurso tecnológico e se chegou a conclusão de que apesar de obsoleto sob o ponto de vista do design e da programação, usar esse material didático pode ser uma oportunidade de projeto para suprir a questão proposta no início do trabalho, no sentido de que seria um recursos didático usados em aulas sobre eletromagnetismo.

Foram constatadas as seguintes vantagens desta abordagem:

- 1 Ser projetado em interlocução com um especialista em física interessado no produto final, o que aumenta as chances de implementação real
- 2 Estar atrelado a um plano de aula, a uma situação de uso (atividade didática) e a objetivos de aprendizagem
- 3 Apresentar claros defeitos de design e usabilidade para serem corrigidos, consistindo em um bom exercício de projeto

No entanto, a proposta não é somente realizar melhorias gráficas nos objetos digitais de aprendizagem que serão redesenhados. Ao invés disso, é proposto considerar os conteúdos que são explorados nos originais, e a partir disso, elaborar alterações tanto na experiência do usuário como nos recursos e representações utilizados para, deste modo, oferecer mais ferramentas para os professores interessados em seu uso e colaborar com o ensino de física.

Diretrizes

Este trabalho foi elaborado levando em consideração diretrizes extraídas do documento '*Guidelines for authors of learning objects*', por Smith (2004). Esta publicação é divulgada pela comunidade 'The New Media Consortium', da qual fazem parte universidades, museus e centros de pesquisa que estimulam e exploram o uso de novas mídias e tecnologias na educação e na expressão criativa.

Nessa documentação, são compiladas considerações para o projeto de objetos digitais visando a utilidade no ensino. Um dos maiores enganos, por exemplo, é desenvolver as aplicações sem definir os objetivos de aprendizagem. Alguns tópicos abordados neste documento e que foram levados em conta são: definição de objetos digitais, design e usabilidade, pedagogia, metadados, entre outros.

Este TCC está dividido em duas partes. A primeira é uma revisão teórica a respeito de temas considerados relevantes para a execução deste projeto, como especificidades do ensino de física e tendências do uso de tecnologia na educação. Espera-se que as leituras realizadas ajudem a elaborar requisitos de projeto significativos e embasar critérios de seleção de alternativas.

A segunda é formada por um estudo de caso, que é o redesenho propriamente dito. Este estudo de caso é composto pelo contexto, o diagnóstico dos originais, a pesquisa de referências, a elaboração de requisitos, os *insights* sobre o processo, a apresentação da interfaces digital desenhada e algumas considerações técnicas de programação para viabilizar este projeto.

Revisão teórica

Breve histórico da tecnologia na educação

É possível fazer uma lista de inovações tecnológicas que impactaram a educação, cada uma de um jeito. Por exemplo, em 1440 a imprensa de Johannes Gutenberg deu início a impressão de livros que chegam às mãos de mais leitores do que era viável anteriormente. Ainda na atualidade, a leitura de volumes impressos está fortemente associada a aquisição de informação.

Os exemplos são vários. Em 1800, James Pillans introduz a lousa com a intenção de desenhar mapas em aulas de geografia. Em 1950, o retroprojeto, que era usado para treinar militares na 2ª guerra, passa a ajudar professores a apresentarem o conteúdo das aulas. Em 1967, a calculadora portátil permite a resolução de operações matemáticas por meio da automação. Há mais e mais casos, dado que a linha do tempo de inovações tecnológicas é extensa, mas este esforço está além do escopo deste trabalho.

É notável que a história da educação tem relação estreita com a história da tecnologia e a introdução da computação leva a novas possibilidades. Em 1985

o CD-ROM viabiliza a armazenagem de enciclopédias e recursos multimídia. Estes CD-ROMS também eram usados para distribuir jogos educativos que se tornaram clássicos do gênero, como *Where in the world is Carmen Sandiego?* e *Oregon trail*. Em 1989, a internet leva a outra revolução: por meio dos *hiperlinks*, agora se pode ligar páginas e transferir dados.

No Brasil, a chegada de inovações tecnológicas leva a elaboração de políticas públicas para introduzir a tecnologia em contextos educacionais. Por exemplo, em 1973 o computador começa a ser usado na UFRJ na realização de simulados de química. No mesmo ano, o computador também passa a ser usado na UFRGS para avaliação de alunos de física. Em 1975, a Unicamp recebe os professores Seymour Papert (1928 - 2016) e Marvin Minsky (1927 - 2016) para investigação do uso da linguagem LOGO de programação elaborada por eles.

O ensino de física

A física foi escolhida por ser uma área do conhecimento que contém conceitos notadamente complexos. Para alunos do ensino médio, a disciplina requer um grau significativo de competências cognitivas que devem ser desenvolvidas para se obter êxito na escola. Estas competências, no entanto, não são conquistadas por um número considerável de estudantes, resultando em reprovações.

Os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) são um conjunto de documentos elaborados pelo MEC para nortear o desenvolvimento de currículos escolares. As escolas podem, portanto, adaptar estes parâmetros às suas necessidades locais (sem caráter de obrigatoriedade). No documento intitulado "*Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*" (p. 22) os PCN definem o escopo da física do seguinte modo:

A Física é um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das

partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias.

Além disso, sobre as expectativas relacionadas ao ensino de física na formação dos estudantes:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação.

No entanto, esta perspectiva estabelecida pelos redatores dos PCN não corresponde aos dados. Com base na pesquisa, foi constatado que os estudantes brasileiros não têm apresentado resultados satisfatórios em avaliações cuja aplicação fornece indicadores para analisar a qualidade do ensino.

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma destas provas. Dependendo dos resultados alcançados nesta avaliação, os estudantes podem ingressar no ensino superior e ter acesso a programas de financiamento estudantil. Uma reportagem publicada pela CartaCapital em outubro de 2016 aponta física e química como as maiores dificuldades dos alunos no ENEM. Segundo a reportagem, a taxa de acerto nestas matérias, entre 2009 e 2014, foi de apenas 26%.

Outra avaliação que fornece indicativos do desempenho dos alunos é aplicada pelo Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA - *Programme for International Student Assessment*), que no Brasil fica sob a responsabilidade do INEP. Os resultados desta prova são usados para avaliar políticas da educação em diversos países. Segundo os dados divulgados em 6 de dezembro de 2016, o Brasil obteve resultados abaixo da média, ficando na 63ª posição em ciências no ranking mundial.

No ensino superior, a taxa de evasão de alunos no curso de física é alta. De acordo com uma reportagem publicada na Folha em setembro de 2017, 35% dos alunos de física da UFMG desistem. A reportagem também aponta que tal taxa de evasão não ocorre por conta de falta de demanda, sendo que uma auditoria do TCU (Tribunal de Contas da União) em 2013 apontou um déficit de 10 mil professores da disciplina para o ensino básico no país. Entre os motivos levantados para explicar a desistência de alunos, está o alto índice de reprovações em matérias do primeiro ano.

Apresentar resultados em física não é uma obrigação. No entanto, e apesar das discussões (muito pertinentes) a respeito de um modelo ideal para a educação, demonstrar algum conhecimento na disciplina é preciso para avançar nas etapas da escola e ingressar em uma universidade.

Dificuldades

Por que os estudantes têm tanta dificuldade em física? Esta é uma questão complexa que advém de um conjunto amplo de motivos. Alguns dizem respeito às competências e formação dos professores, enquanto outros dizem respeito às particularidades de cada aluno. Além de que, também é pertinente considerar aspectos da infraestrutura das escolas, da elaboração dos currículos e da qualidade dos materiais didáticos, entre outros. Sendo assim, não é possível apontar apenas um motivo que encerre a discussão. Vale lembrar que estes motivos podem ou não estar presentes em cada caso, em diferentes níveis, sendo aqui apresentados apenas como causas potenciais para o surgimento de entraves educacionais.

Uma das causas é a ausência de relação entre a física ensinada na escola e a praticada fora dela. Isso acontece em dois níveis. No primeiro, o estudante não estabelece uma conexão entre a teoria ensinada na sala de aula e o fenômeno propriamente dito no mundo. No segundo, o estudante não entra em contato com os aspectos práticos da atuação de um físico, e por conta disto, constrói uma visão caricata e empobrecida da atuação deste profissional no dia a dia.

A ênfase desmedida na memorização e aplicação de fórmulas também inibe os alunos, principalmente os que apresentam dificuldade com cálculos matemáticos já que a idealização da física como um conjunto de artifícios a serem aplicados na resolução de problemas (como aqueles encontrados nos vestibulares) pode substituir o entendimento por um procedimento operacional. De acordo com os PCN (p. 22):

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado.

Para os redatores dos PCN, este cenário não é resultado apenas da formação dos professores e das decisões de outros agentes envolvidos com a educação. Segundo eles, estas deformações no ensino advém de questões estruturais, onde os métodos de ensino que anteriormente foram considerados adequados já não mais se adaptam às demandas contemporâneas.

Oportunidades

E como o design pode ajudar? Novamente, não existe uma única resposta dado que o ato educativo é plural. Assim como a dificuldade dos alunos é resultado de um conjunto possível de causas, não há uma solução totalizante para suprir esta dificuldade. Desse modo, oferecer formação adequada para um professor de física pode resultar melhor do que

substituir o material didático, assim como o oposto. No entanto, acredito que um esforço para projetar experiências de aprendizado melhores, por meio do design, é pertinente e pode levar a bons resultados.

Um estudo aprofundado a respeito da relação entre design e educação pode indicar um conjunto de oportunidades de projeto. Para citar alguns, a criação de material didático impresso com projeto gráfico bem elaborado e precisão científica pode ajudar, como é apontado na reportagem *“As ilustrações dos livros didáticos podem estar ensinando ciências do jeito errado”* publicada no Nexo em março de 2016. Além disso, um professor pode usar ferramentas de design para diagnosticar problemas e preparar suas aulas. Com isso em mente, em abril de 2013 o estúdio Ideo publicou um guia de *Design Thinking* para educadores.

No escopo deste trabalho, o uso da tecnologia nas escolas têm aumentado. O Departamento de Educação dos EUA publicou em 2015 um guia intitulado *“Ed Tech Developer’s Guide: A primer for software developers, startups, and entrepreneurs”*, que aponta que uma oportunidade para o desenvolvimento de tecnologia voltada para a educação reside em fornecer suporte ao aprendizado de conceitos acadêmicos.

De acordo com este documento, a procura por ferramentas que aumentem as possibilidades de praticar habilidades em ambientes autênticos e que ajudem os estudantes a terem mais controle sobre seu aprendizado têm aumentado. Para o guia, apesar da existência de estudos a respeito

de métodos mais efetivos de instrução para praticamente qualquer assunto, estes métodos raramente chegam até a prática dentro das salas de aula. Com base nesta carência, o desenvolvimento de produtos digitais amparados em pesquisa pode impactar positivamente o ensino e aprendizado.

Além disso, segundo reportagem especial publicada no site do Instituto Porvir, espera-se que a tecnologia ajude a superar desafios na educação relacionados a equidade, qualidade e contemporaneidade, no sentido de aproximar o ensino da realidade dos alunos. O instituto indica uma mudança de paradigma em relação aos métodos de ensino tradicionais. Entre os recursos tecnológicos que têm sido produzidos, destaco os objetos digitais de aprendizagem, que serão tema de aprofundamento nas próximas seções.

Objetos digitais de aprendizagem

Alguns recursos tecnológicos para a educação podem ser classificados como os chamados objetos digitais de aprendizagem. Estes recursos são desenvolvidos com o intuito de serem utilizados e reutilizados na educação por professores, familiares e alunos dentro e fora das salas de aula. De acordo com a definição proposta pelo *New Media Consortium* (NMC), são agrupamentos de materiais estruturados de maneira significativa e ligados a um objetivo educacional. Podem ser aplicados em uma variedade de contextos, no ensino presencial e a distância. Alguns exemplos de objetos digitais de aprendizagem são jogos, animações, simuladores, vídeo aulas, entre outros.

Em “*Desafios para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis e de Qualidade*” (Braga et al, 2012), os autores frisam que o projeto de objetos digitais deve ter equilíbrio entre seus aspectos técnicos e pedagógicos. Além disso, elaboram um conjunto de características de qualidade que os objetos digitais devem apresentar, como disponibilidade, acessibilidade,

precisão, confiabilidade, facilidade de instalação, portabilidade, interoperabilidade e usabilidade.

Boa parte dos objetos produzidos podem ser encontrados em repositórios online. Estes repositórios foram desenvolvidos para facilitar o trabalho do professor na difícil tarefa de “garimpar” recursos tecnológicos na internet para aplicar em aula. No Brasil, podemos citar iniciativas como a plataforma Escola Digital, lançada pelo Instituto Inspirare e pelo Instituto Natura e o RIVED (Rede Interativa Virtual de Educação) do MEC, entre outros. Além disso, quando estes objetos são disponibilizados com licença de uso livre, são classificados como Recursos Educacionais Abertos.

Uma questão técnica relevante é o preenchimento dos metadados, que funcionam como etiquetas para organizar os objetos digitais de aprendizagem dentro dos repositórios. Alguns exemplos de metadados são: autor, área de conhecimento, *copyrights* e termos de uso, entre outros. Seu preenchimento adequado permite que os objetos

sejam encontrados mais facilmente por buscadores e indexados corretamente na internet. Por conta disso, foram elaborados alguns padrões de metadados que devem ser levados em conta durante o desenvolvimento.

No entanto, boa parte do que é encontrado na internet são recursos datados e de baixa qualidade. Para Nascimento (2007, p.136), um dos motivos é a ideia de que professores, por serem competentes em sua área de conhecimento, também o são para projetar objetos digitais de aprendizagem. Mas, como recomenda a autora, é importante a formação de uma equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas, pedagogos, programadores e designers.

Outro aspecto importante se refere a realização de testes para confirmar a efetividade das aplicações educacionais. A título de exemplo, o repositório PhET (*Physics Education Technology*) fundado em 2002 pelo ganhador do prêmio Nobel, Carl Wieman, na *University of Colorado Boulder*, além de desenvolver

os objetos digitais de aprendizagem, também realiza (e disponibiliza) pesquisa para avaliar se os recursos produzidos estão de acordo com as expectativas.

Na atualidade, recursos tecnológicos com fins educativos chamados de Explicações Exploráveis estão conquistando adeptos. O termo foi cunhado por Bret Victor, um ex designer da Apple, e popularizado pelo desenvolvedor de jogos Nicky Case, um dos autores mais conhecidos desta categoria de objetos digitais. Na internet podem ser encontrados diversos exemplos de Explicações Exploráveis sobre assuntos variados, de ciências exatas até temas filosóficos. A proposta é explicar assuntos (por vezes bastante complexos) usando recursos interativos.

Recursos tecnológicos no ensino de física

Os recursos digitais têm sido frequentemente empregados no ensino de física. De acordo com a reportagem “*Dez tendências da tecnologia na educação*” publicada pela BBC em dezembro de 2014, é nas disciplinas de ciências e exatas que as inovações tecnológicas são mais bem sucedidas. Segundo a reportagem, os recursos digitais auxiliam os estudantes a visualizar conceitos e resultados de experimentos.

Na verdade, o uso de recursos digitais no ensino de física não é novidade. Desde a origem do computador, muitos programas foram produzidos com esta finalidade e pesquisas foram realizadas com o intuito de avaliar a efetiva validade educacional destas interfaces. De acordo com a reportagem da BBC, ainda não há consenso entre estudos sobre a correlação direta entre tecnologia e melhor aprendizado. Apesar da variedade de exemplares disponíveis na internet, o uso da tecnologia digital em aulas de física divide opiniões, tornando possível listar vantagens e desvantagens a seu respeito.

Vantagens

Em “*Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física*”, Medeiros e Medeiros (2002, p.78) ponderam as vantagens e desvantagens dos recursos digitais no ensino de física, alertando para os riscos do otimismo excessivo a respeito de sua aplicação. Entre as vantagens levantadas, estão a possível resolução de um problema de representação, a substituição de experimentos inviáveis e a promessa por um ensino mais personalizado.

O problema de representação mencionado consiste na ideia de que, como a física aborda conceitos com alto grau de abstração e lida com materiais diretamente inacessíveis pelos sentidos humanos (como partículas subatômicas), muitos livros didáticos usam ilustrações para facilitar a visualização destes conceitos. No entanto, grande parte destas ilustrações têm a difícil tarefa de representar fenômenos dinâmicos em um meio estático, o papel.

De acordo com os autores, estas ilustrações não têm sido de grande ajuda para os estudantes, a despeito dos esforços dos ilustradores em utilizar recursos gráficos como linhas de movimento e distorções. Nesse caso, o uso de recursos digitais é apontado como solução para este problema, ao permitir animações e a possibilidade de alterar parâmetros para observar diferentes comportamentos do modelo físico subjacente à simulação.

Uma outra vantagem apontada reside na substituição de experimentos cuja realização seria inviável em uma sala de aula. Nesse caso, entram experimentos muito perigosos ou muito dispendiosos, e também ocasiões onde o fenômeno estudado é muito lento ou muito rápido, situação onde é mais prático simular pelo computador. São citados exemplos como uma descida na lua e uma emergência em uma usina nuclear.

Além disso, os autores também apontam que, para os entusiastas da tecnologia educacional, o uso de recursos digitais em aulas de física é uma promessa no sentido de prover um ensino mais personalizado. A dificuldade em suprir as necessidades particulares dos alunos têm sido um obstáculo para o ensino tradicional e, segundo os adeptos, o uso da tecnologia pode auxiliar os estudantes a estudarem em seus próprios ritmos individuais.

Para citar outras vantagens desejáveis, a tese de doutorado de Gaddis (apud Medeiros e Medeiros, 2002, p.79) levantou diversas vantagens da tecnologia no ensino de física, entre as quais a possibilidade de gerar e testar hipóteses

rapidamente, fornecer uma versão simplificada da realidade, analisar causa e efeito em sistemas complexos, interagir com modelos científicos que não poderiam ser inferidos por meio da observação direta, coletar uma grande quantidade de dados rapidamente, entre outros.

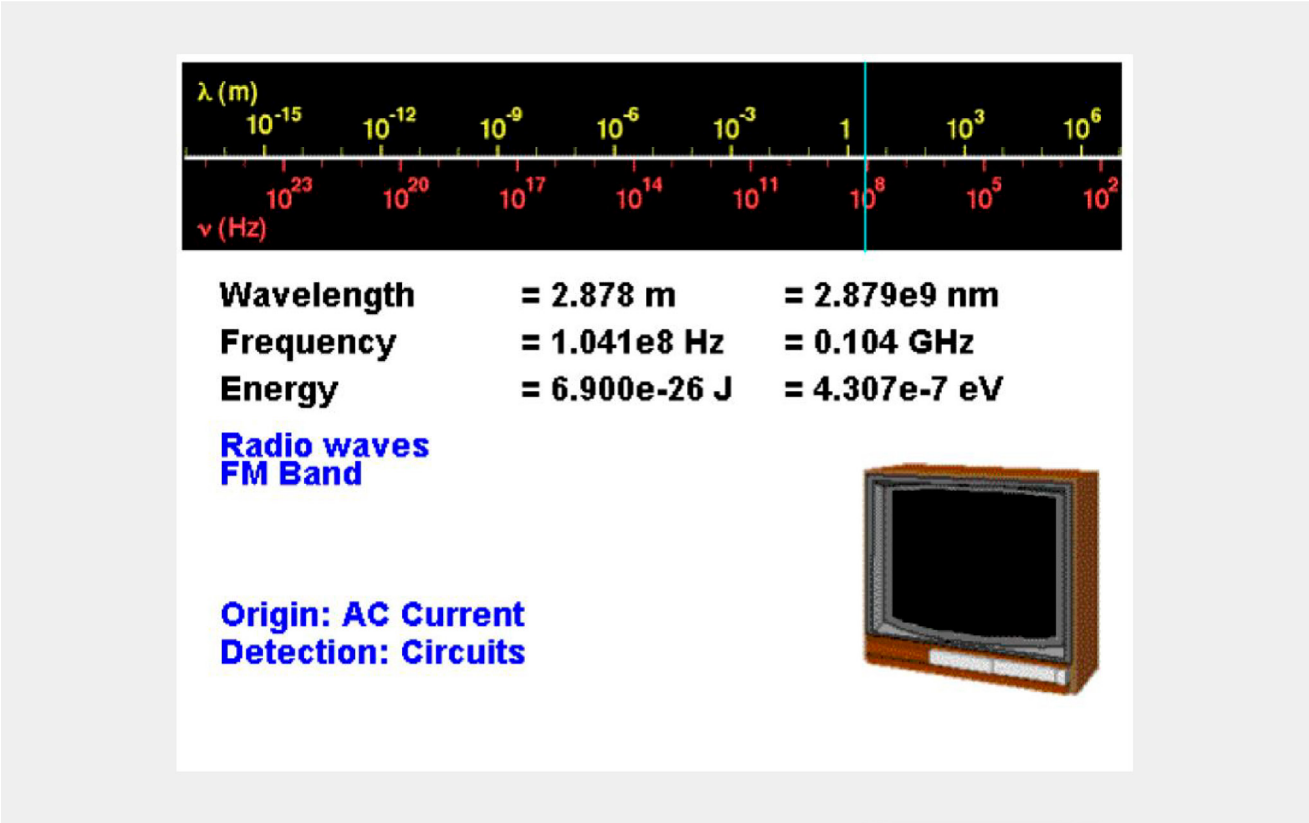
Desvantagens

Medeiros e Medeiros (2002, p.80) também ressaltam os riscos do uso inadvertido dos recursos digitais. De acordo com os autores, atenção especial deve ser dada aos limites de validade e simplificações do modelo físico que ampara o comportamento da simulação. Uma vez que o modelo não leve em conta determinados aspectos da realidade, pode reproduzir absurdos físicos passíveis de serem tomados como aspectos demonstrativos de um fenômeno real, e desse modo ser prejudicial a construção do conhecimento. Além disso, também é mencionado que por conta da euforia a respeito destas tecnologias, muitos professores têm usado recursos digitais em sala de aula sem planejamento adequado.

No entanto, Araujo e Veit (2009, p.4) indicam que tais comentários, apesar de pertinentes, podem ser estendidos para o ensino acrítico de física como um todo, não sendo exclusivos à modelagem computacional. Para os autores, o ensino de física desprovido do apoio de recursos tradicionais também está igualmente suscetível aos malefícios da ausência de contextualização dos limites de validade dos modelos.

Estudo de caso

Contexto



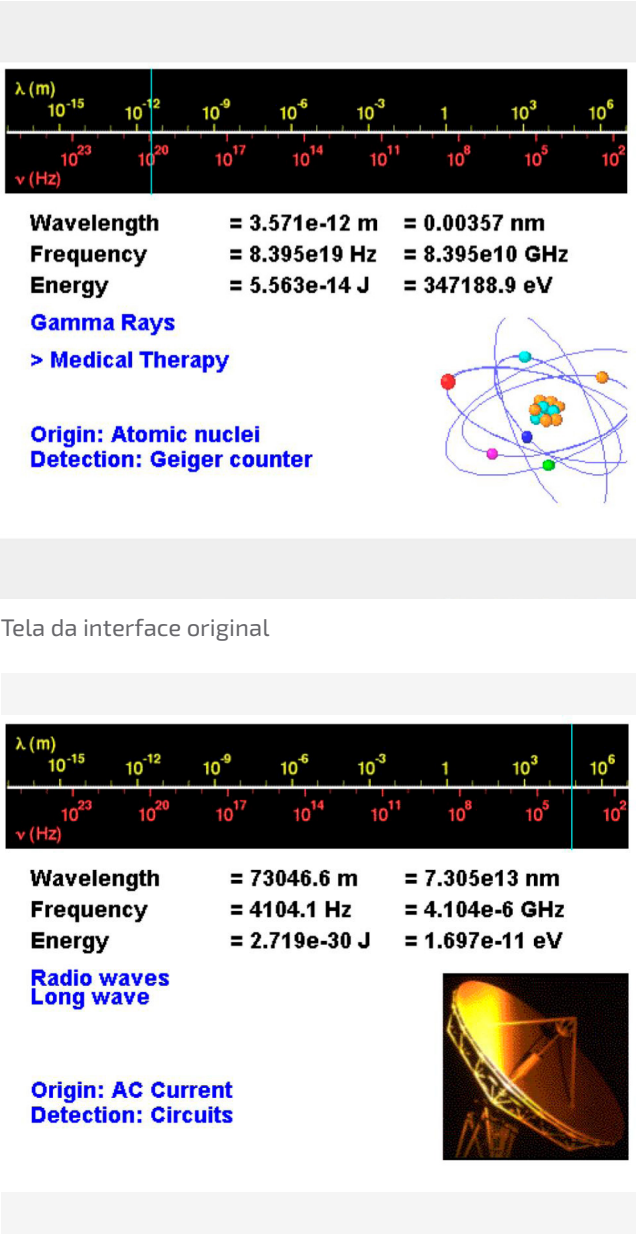
Tela da interface original

Introdução

O objeto digital que foi redesenhado é uma visualização de dados do espectro eletromagnético desenvolvida em java. Este objeto digital faz parte de uma lista de recursos produzidos para um sistema *open-source* de gerenciamento de cursos *online* fundado em 1992 denominado LON-CAPA (*Learning Online Network with Computer-Assisted Personalized Approach*). Ao acessar este objeto digital, foi constatado que ele não funciona mais em nenhuma das versões mais recentes dos principais navegadores, a menos que sejam realizados alguns procedimentos técnicos para que a aplicação seja considerada segura.

Descrição

O *website* com o título “Applet: Spectrum” pode ser descrita em duas partes. A primeira é uma página simples em HTML com pouca estilização onde são apresentadas informações como título e intruções de uso, e a segunda é um *applet* java embedado no centro. A interface do *applet*, por sua vez, também pode ser dividido em duas partes. A primeira é uma régua que representa o espectro eletromagnético, na qual o operador pode deslocar uma barra vertical azul para esquerda e direita, e a segunda é uma seção onde são apresentados os dados a respeito da posição em que a barra se encontra na régua. Estes dados são numéricos (frequência, comprimento de onda e energia), textuais (tipo, origem, detecção e aplicação) e imagéticos (ilustração de aplicação da onda).



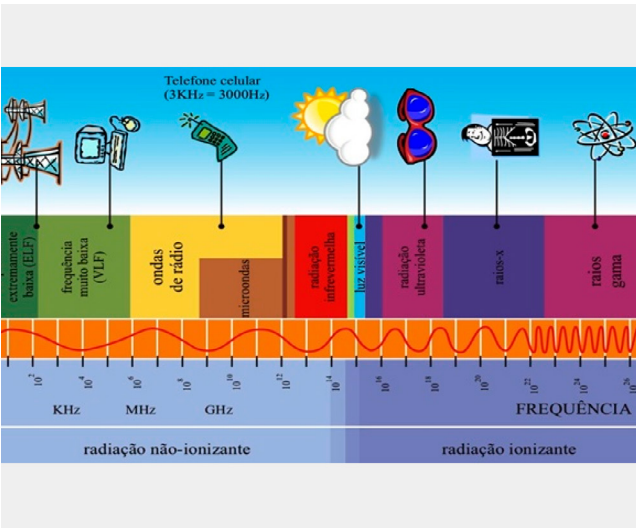
Tela da interface original

Tela da interface original

Espectro eletromagnético

Com a descoberta das ondas eletromagnéticas, foi possível produzir diversos tipos de ondas diferentes entre si. O conjunto de todos esses tipos de onda ordenadas de acordo com suas características é chamado de espectro eletromagnético. Sabe-se que estas ondas variam inversamente na frequência e no comprimento de onda ao longo do espectro e que se deslocam na velocidade da luz.

A partir do conhecimento sobre como produzir estas ondas, inovações tecnológicas foram inventadas, como as transmissões via satélite e a radiografia. Dito isso, os tipos de onda são: rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.



Representação gráfica do espectro.
Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/wp-content/imagens/espectro-eletromagnetico.jpg>

Vantagens

Uma questão pertinente é: por qual razão usar o meio digital ao invés do tradicional para representar as ondas eletromagnéticas em aulas de física? Foi realizada pesquisa na internet para coletar ilustrações estáticas sobre o tema e foi constatado, com surpresa, que a vasta maioria apresenta baixa qualidade. Um motivo para isso é a tentativa de inserir muitas informações simultaneamente em espaço limitado. No entanto, a depender das vantagens de cada recursos e dos objetivos do professor, recomenda-se o uso conjunto dos dois meios de representação.

Dito isso, foi realizado um levantamento de vantagens associadas ao meio digital:

- 1 Observar dinamicamente as alterações no gráfico de onda em diferentes pontos do espectro eletromagnético
- 2 Verificar um grande volume de dados rapidamente e analisar as especificidades de cada caso isoladamente
- 3 Interagir com um modelo científico que não poderia ser inferido por meio da observação direta
- 4 Alterar os dados em diversos tipos de representação (intervalo, texto, gráfico) e verificar como isso modifica o sistema

Objetivos de aprendizagem

A seguir foram listados alguns objetivos de aprendizagem para este redesenho, com base no tópico da física abordado:

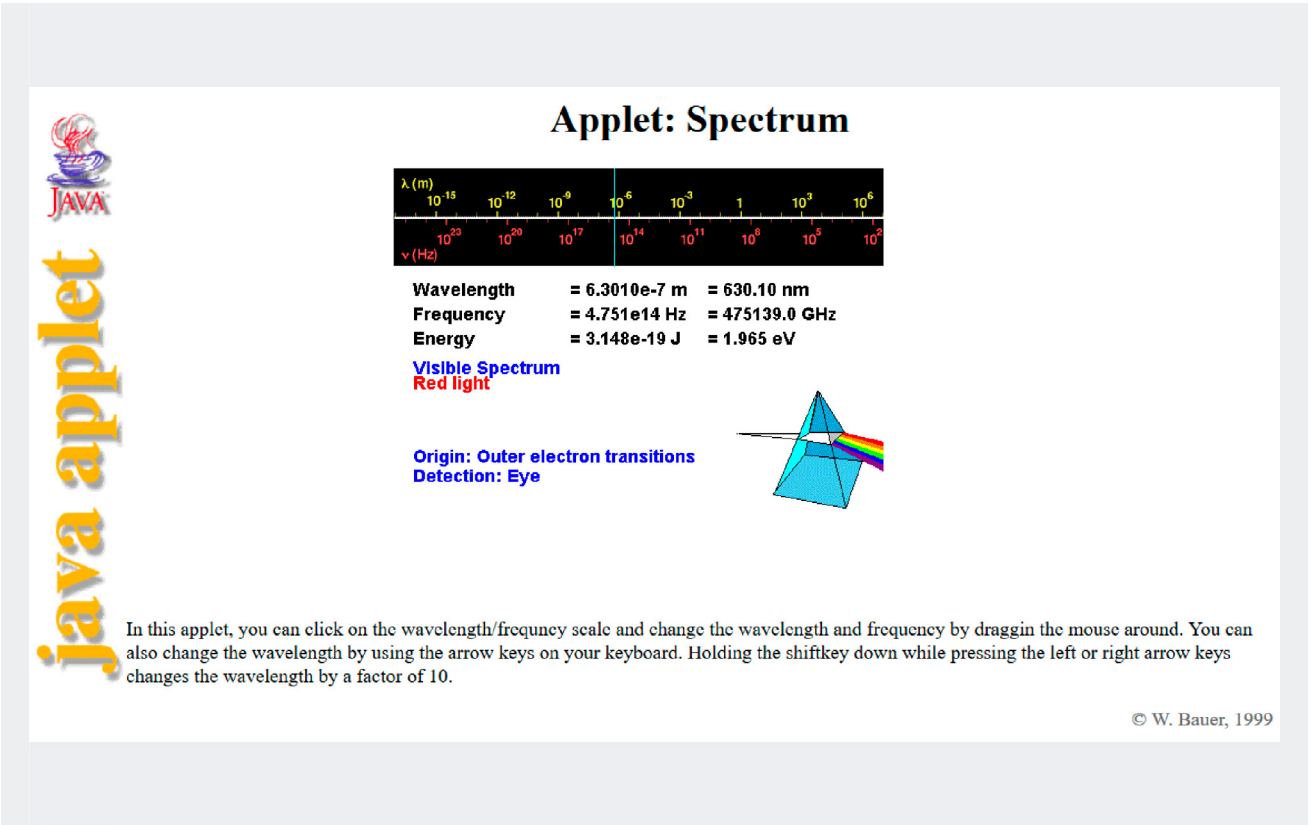
- 1 Verificar por meio de cálculos que todas as ondas eletromagnéticas se deslocam na velocidade da luz no vácuo (objetivo extraído do documento "Next Generation Science Standard" na seção HS.Waves and Electromagnetic Radiation, descrito como "Use mathematical representations to support a claim regarding relationships among the frequency, wavelength, and speed of waves traveling in various media")
- 2 Comparar a representação de ondas eletromagnéticas por deslocamento e por tempo
- 3 Constatar que existem vários tipos de ondas eletromagnéticas com características diferentes

Cenários de usos

A seguir foram listados alguns cenários de uso onde o objeto digital redesenhado pode ser útil em aulas de física. Estes cenários foram elaborados com base nos objetivos de aprendizagem:

- 1 Os alunos usam o objeto digital para selecionar 3 pontos diferentes do intervalo e calcular a velocidade na luz em cada um deles
- 2 Os alunos usam o objeto digital para responder perguntas propostas pelo professor (ex: qual tipo de onda tem maior frequência? e qual tem maior energia?)
- 3 Os alunos usam o objeto digital em atividades de pesquisa (ex: qual é a aplicação da onda infravermelha? como é detectado o raio-x?)
- 4 Os alunos usam o objeto digital como referência enquanto fazem exercícios sobre o tema (ex: comparar o resultado do cálculo pedido no exercício com o cenário observado no objeto digital)
- 5 O professor projeta o objeto digital e usa para explicar cada tipo de onda caso a caso
- 6 O professor redige um texto em seu blog sobre o espectro eletromagnético e insere o objeto digital para complementar o conteúdo

Diagnóstico



Página onde o applet está embedado

Visual

O visual remete a interfaces obsoletas. Além de que, apresenta as informações de forma desorganizada. Esta interface foi desenvolvida em uma época em que os dispositivos tinham menos resolução, o que faz com que o *layout* apresente diversos erros ao ser exibido em telas da atualidade.

- 1 O logo da linguagem de programação java e as palavras "java applet" têm um efeito de sombra (*drop shadow*) que dificulta a leitura, além da disposição na vertical e da cor com pouco contraste em relação ao fundo branco. Além de que, esses elementos são irrelevantes no sentido de que não colaboram para o objetivo de aprendizagem da página.
- 2 O bloco de texto de instruções de uso apresenta tamanho pequeno das letras e espaçamento entre linhas apertado. Além disso, ocupa quase o comprimento inteiro da tela, o que resulta em muitas palavras por linha. Os aspectos citados dificultam a leitura.
- 3 Apesar do contraste adequado entre o fundo da régua e seus elementos internos, a escolha por um bloco grande na cor preta "pesa" o *layout*, e desbalanceia a composição.
- 4 Estes dados numéricos devem ser lidos como três linhas. No entanto, por conta do afastamento entre as colunas, a leitura passa a ser feita como três colunas por conta do agrupamento por aproximação.

- 5 Nesta parte, nota-se o código de cor mal aplicado, o espaçamento sem sentido e a ausência de padronização na apresentação das informações.
- 6 Ausência de padronização no estilo das imagens, além de que, são de baixa qualidade.

Uso

- 1 O problema de uso mais grave da visualização trata-se de um bug observado quando a barra é deslizada para as extremidades da régua. Ao invés de apresentar o comportamento adequado de parar ao chegar na lateral, a barra vertical extrapola os limites do retângulo preto e continua seguindo a posição horizontal do *mouse* pela tela.
- 2 Outro problema grave que foi identificado é o fato de que em alguns intervalos do espectro os dados apresentados estavam errados.
- 3 Ausência de feedback na operação de deslizar a barra
- 4 Impossibilidade de selecionar os elementos para copiar usando atalhos do teclado.

Referências

Positivo

- Apresenta questões para discussão
- Apresenta animação da onda
- Apresenta representação gráfica da energia
- Indica o sentido dos valores usando (+) e (-)
- Destaca a onda selecionada
- Destaca o elemento interativo
- Destaca o intervalo da luz visível

Negativo

- Apresenta valores imprecisos
- Apresenta elementos gráficos desnecessários
- Apresenta erros gráficos na animação da onda
- Bug na operação de 'deslizar a barra verde'
- Bug na animação de 'abrir janela'
- Não funciona em diversos dispositivos
- Visual obsoleto

earthguideonlineclassroom

Southern California Edition

ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

Slowly drag and release the green arrow below to view, em wavelengths and interesting facts about individual radiations.

Radio

Microwave

Infrared

Visible Light

Ultra-violet

X-Ray

Gamma Ray

+ Wavelength (meters)

10³

10²

10¹

10⁰

10⁻¹

10⁻²

10⁻³

10⁻⁴

10⁻⁵

10⁻⁶

10⁻⁷

10⁻⁸

10⁻⁹

10⁻¹⁰

10⁻¹¹

10⁻¹²

- Frequency (Hz)

10⁶

10⁷

10⁸

10⁹

10¹⁰

10¹¹

10¹²

10¹³

10¹⁴

10¹⁵

10¹⁶

10¹⁷

10¹⁸

10¹⁹

10²⁰

- Energy (Ev)

10⁻⁹

10⁻⁸

10⁻⁷

10⁻⁶

10⁻⁵

10⁻⁴

10⁻³

10⁻²

10⁻¹

10⁰

10¹

10²

10³

10⁴

10⁵

10⁶

Wavelength & Frequency

Not to scale

Energy

High

Low

Electromagnetic spectrum - Interactive

Source: Earthguide

Questions for discussion

1. What are the differences between the different types of electromagnetic radiation?

• Which has a longer wavelength - visible or infrared radiation?

• Which contains more energy - visible or infrared radiation?

• Which has a higher frequency - visible or infrared radiation?

2. About how fast do all EM waves move?

3. Do EM waves transmit energy or mass?

Take away concepts

• Electromagnetic waves occur in a continous spectrum based on their wavelength.

• EM waves of a particular range of wavelengths are give names such as infrared and visible.

• Unlike mechanical waves such as sound or earthquake waves, EM waves can travel through empty space.

• EM waves are used for communication with satellites and for observing the Earth from space.

• Sunlight is made up of EM waves.

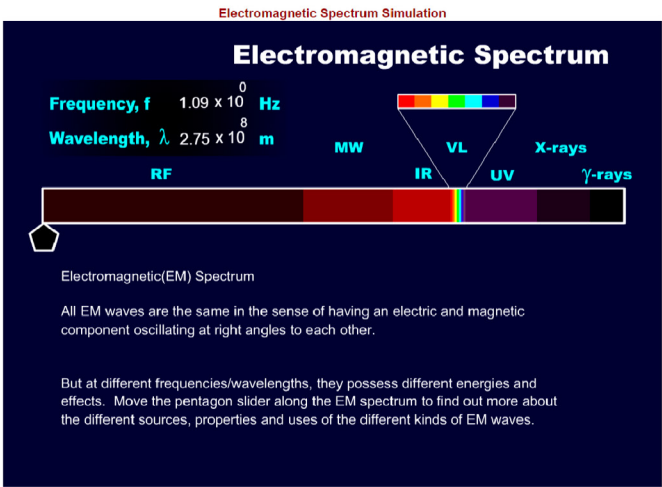
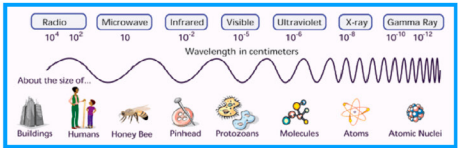
Referência 1
http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special_topics/tea-ch/sp_climate_change/p_emspectrum_interactive.html

34

35

The electromagnetic spectrum is the range of all possible frequencies of electromagnetic radiation. The electromagnetic spectrum extends from low frequencies (long-wavelength) used for modern radio communication to gamma radiation at the high-frequency (short-wavelength) end, thereby covering wavelengths from thousands of kilometers down to a fraction of the size of an atom.

Electromagnetic radiation is classified by wavelength into radio wave, microwave, infrared, the visible region we perceive as light, ultraviolet, X-rays and gamma rays. The behavior of electromagnetic radiation depends on its wavelength.



Simulator courtesy of University of Nebraska-Lincoln

© Copyright 2012. [Space Exploratorium](#) All rights reserved. [About Space Exploratorium](#)

Positivo

Apresenta descrição textual dos tipos de onda

Apresenta grafismo do intervalo de luz visível

Negativo

Apresenta contraste inadequado

Não considera práticas de organização visual

Grafismo de luz visível não corresponde a realidade

Não é possível selecionar os textos para copiar

Visual obsoleto

Referência 2

<http://www.space-exploratorium.com/electromagnetic-spectrum.htm>

eduMedia

Search

EN

Log in

Subscription

Electromagnetic spectrum

HTML5

700600500400 (nm)

4,5567 (10¹⁴ Hz)

Visible

Wavelength (m)

10⁴10⁵10⁶10⁷10⁸10⁹10¹⁰10¹¹10¹²10¹³10¹⁴10¹⁵10¹⁶10¹⁷10¹⁸10¹⁹10²⁰

InfraredUltravioletX-rays

Frequency (Hz)

Visible

X-rays

-

+

eduMedia

edumedia-sciences.com

Fullscreen

Screen capture

QR code

Share

Summary

Subscription

Here is an overview of the electromagnetic spectrum. There are different types of graphics shown: emitting devices, receiving devices or simple illustrative symbols.

Since electromagnetic waves propagate at a constant speed (speed of light), the frequency and the wavelength remain in a constant ratio.

Click and drag the ruler to shift it horizontally

Learning goals

- To have an overview of the whole electromagnetic spectrum.
- To make the link between wavelength and frequency.

Keywords

color electromagnetic spectrum gamma infrared light radio rays ultraviolet visible wave x rays

Learn more

587

<iframe width=550 height= Copy

Referência 3
https://www.edumedia-sciences.com/en/media/587-electromagnetic-spectrum

38

Positivo

Apresenta informações úteis junto ao interativo

Apresenta animação das ondas

Apresenta ilustrações de aplicações

É possível visualizar em tela cheia

Negativo

Overlay para subscrever interrompe a navegação

Ausência de padrão no estilo das ilustrações

Representação imprecisa na onda animada

Não mostra animação de todos os tipos de onda

39

Requisitos

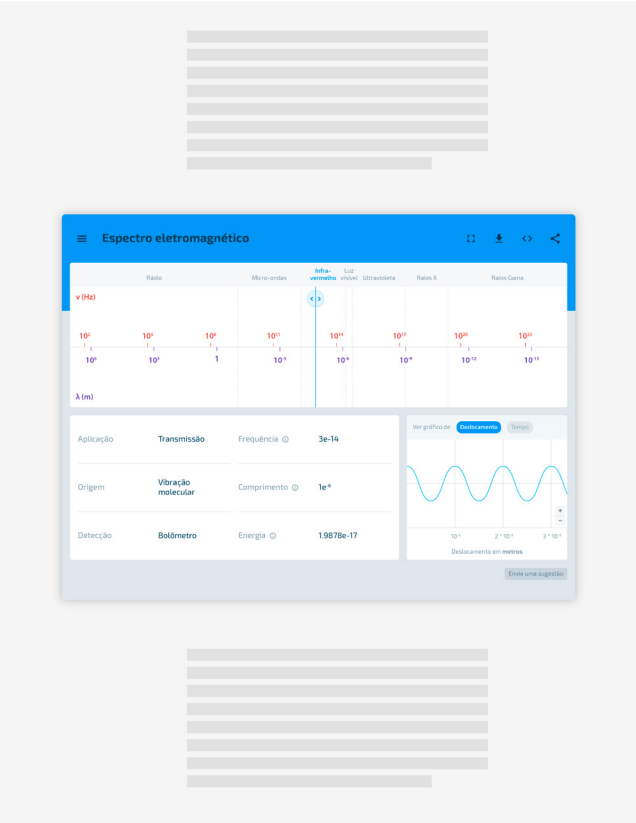
Ter melhoras visuais em relação ao original	Ter preenchimento de metadados adequados
Ter melhoras de usabilidade em relação ao original	Conter informação de contato
Ser de execução viável em um semestre	Conter dicas de uso e <i>links</i> para relacionados
Ser usável para mais de um contexto de uso	Conter um esquema do espectro eletromagnético
Ser útil para mais de um objetivo de aprendizagem	Conter um painel com dados numéricos e textuais
Ser de código livre e licença aberta	Conter um gráfico de onda
Ser usável <i>online</i> e <i>offline</i>	Ter destaque visual nos elementos de controle
Ser gratuito	Apresentar <i>feedback</i> imediato
Ser encontrável em repositórios online	Considerar boas práticas de design visual
Ser aberto a sugestões	Considerar boas práticas de usabilidade
Funcionar em vários dispositivos e navegadores	Considerar boas práticas de acessibilidade
Fazer parte de um sistema	

Interface

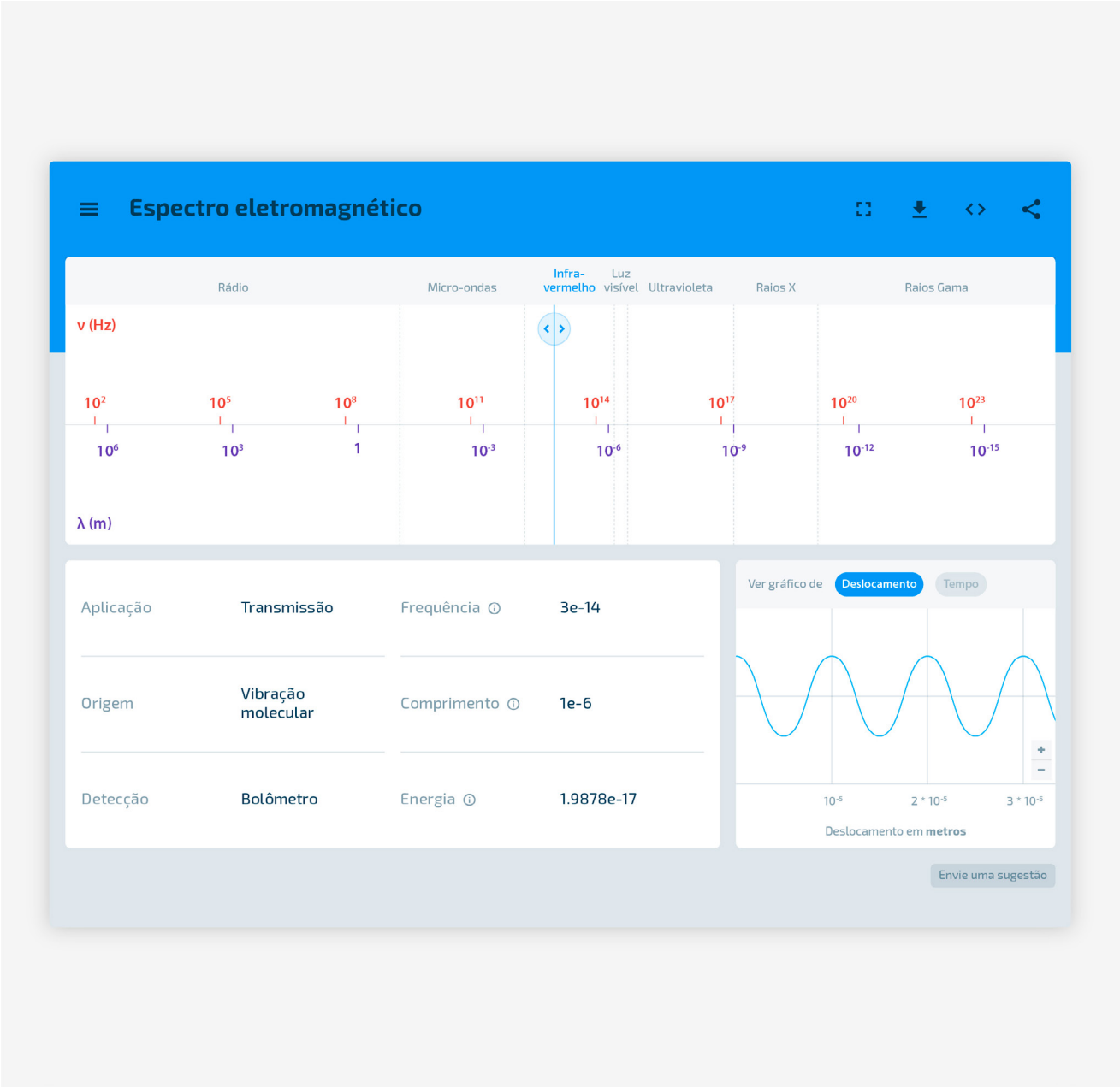
Após a elaboração dos requisitos, foi realizada uma etapa de geração de alternativas por meio de *wireframes* no papel. Após a seleção das ideias de projeto que melhor supriam os requisitos, a interface foi prototipada no computador usando como ferramenta o Adobe Illustrator.

Por volta da metade do processo foi realizada uma reunião com um docente de física para mostrar os resultados até o momento e pedir *feedback*. Os comentários foram positivos, e foram tecidos alguns apontamentos em relação a unidades de medida usadas, a relevância de apresentar certos dados, possibilidades de recursos para serem implementados e usabilidade.

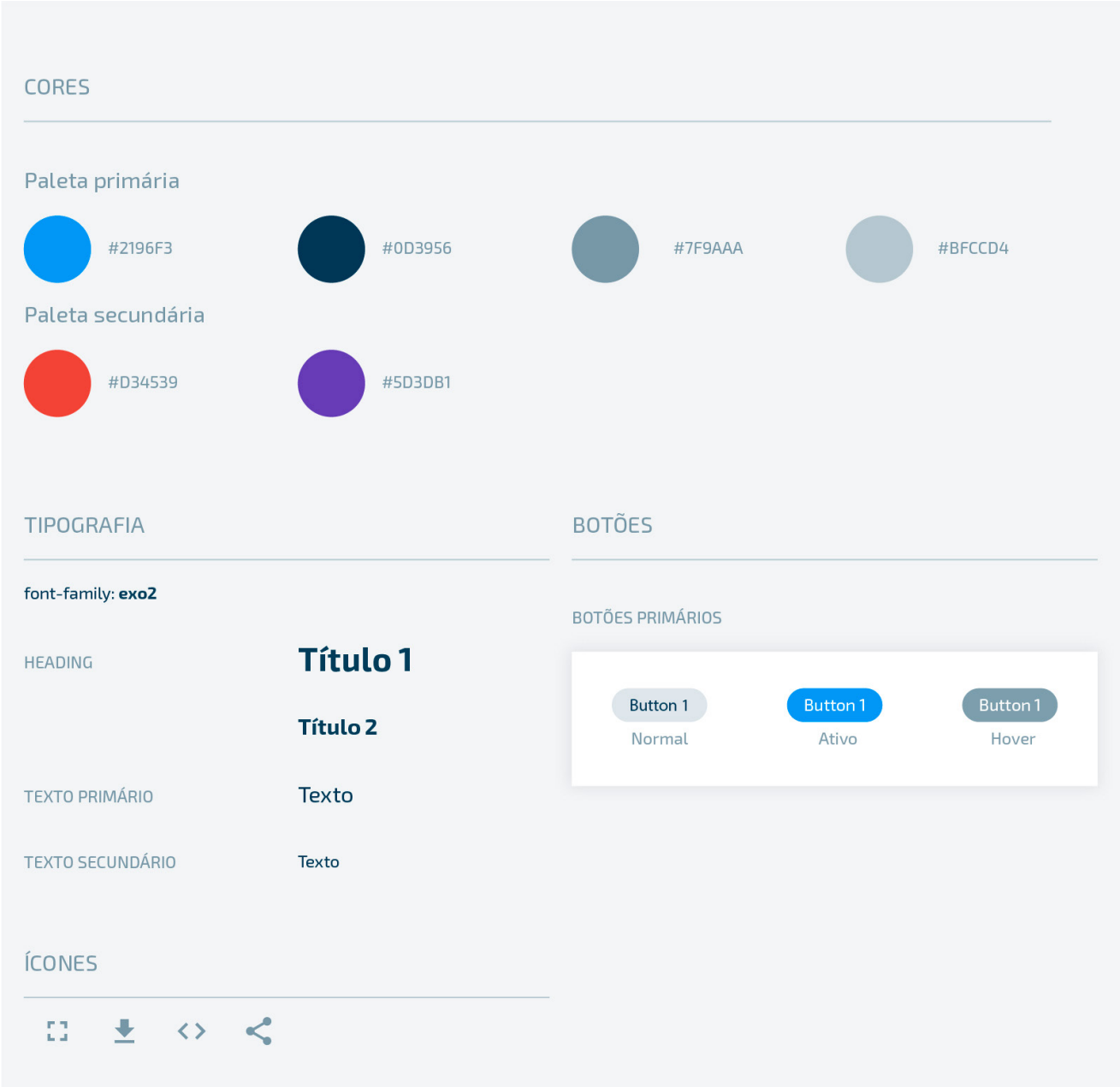
Para acessar o protótipo em desenvolvimento:
www.rkikuche.com/tcc



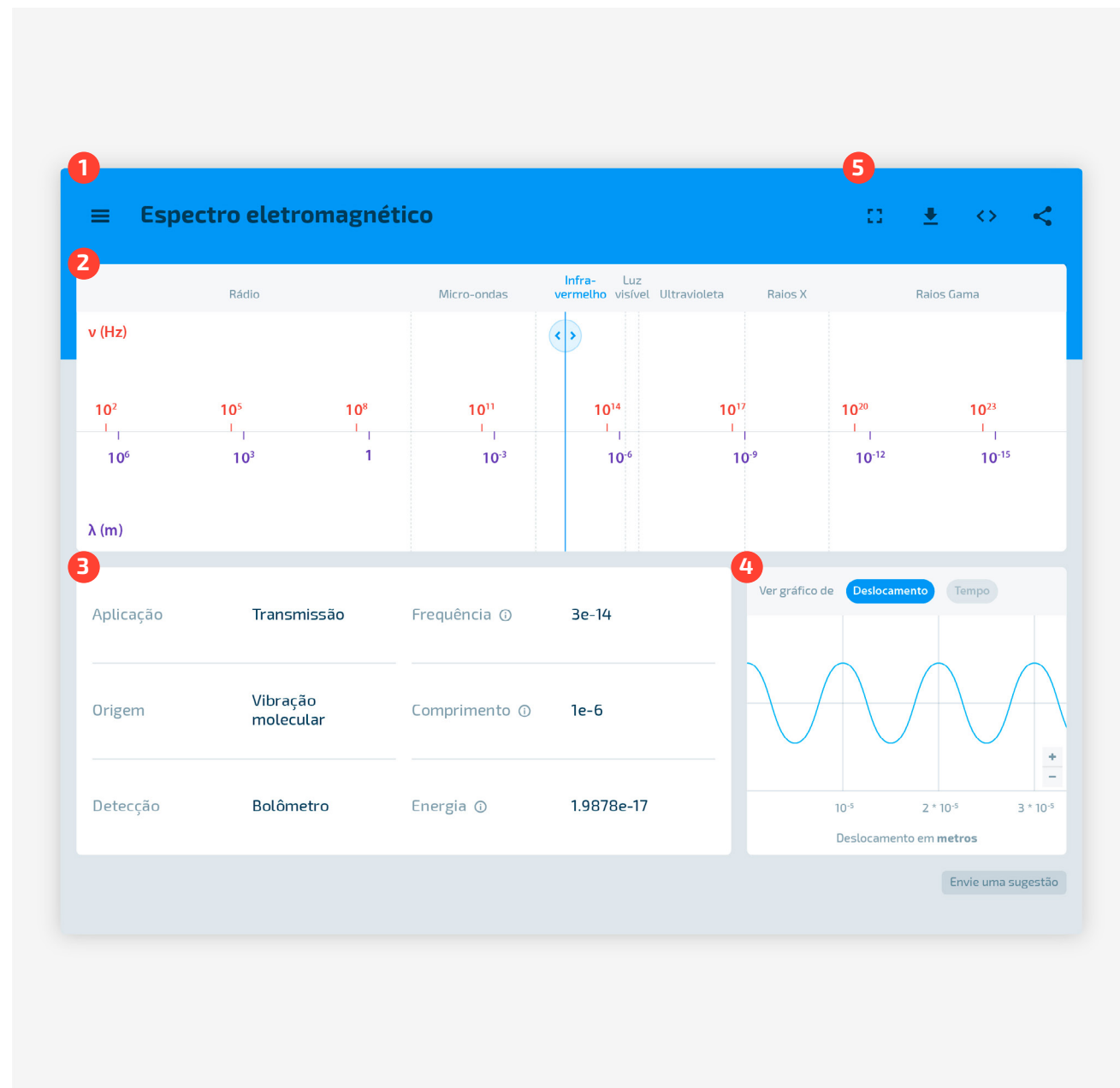
Exemplo de como ficaria embedado em uma outra página



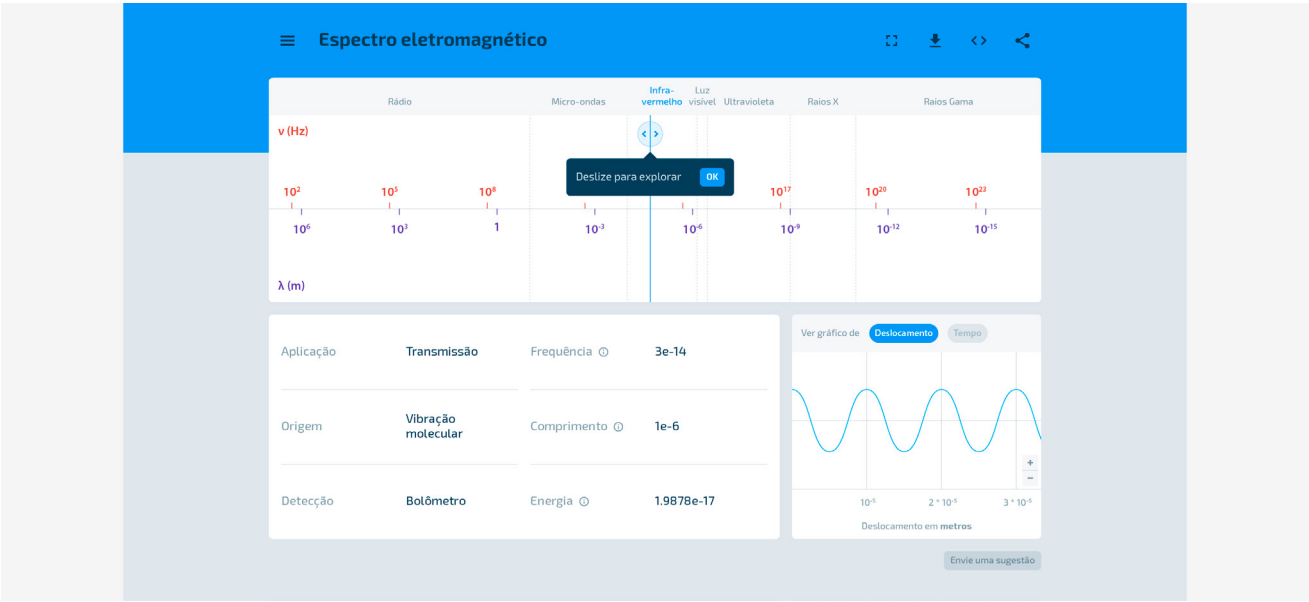
A interface final



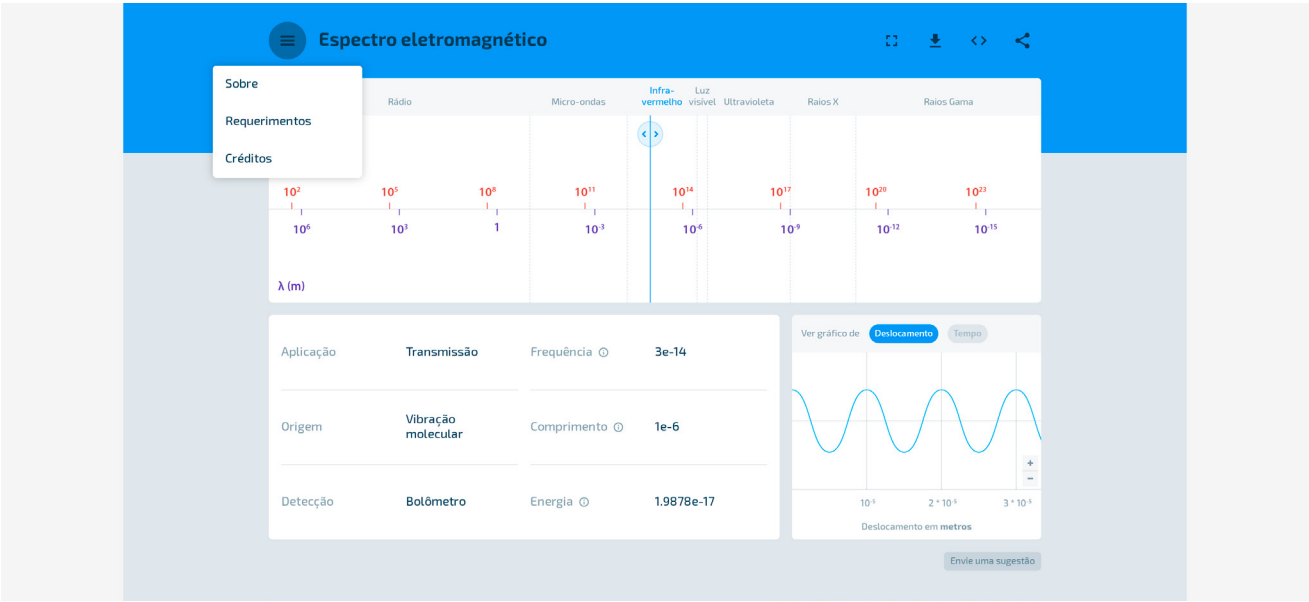
Guia de estilo



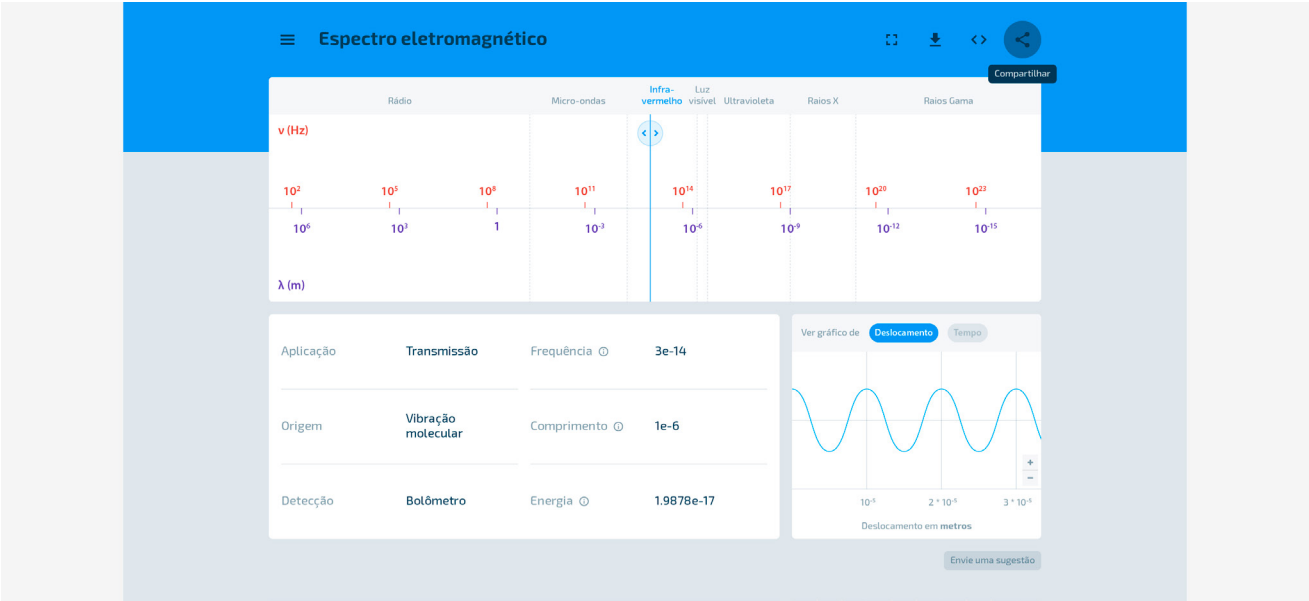
- 1 Foi adicionado um botão de menu para o usuário acessar mais informações sobre o assunto da física, como tópicos abordados, dicas de uso, objetivos de aprendizagem e *links* interessantes sobre o tema. Também é possível acessar mais informações sobre o objeto digital, como créditos, requerimentos do sistema, *copyright*, controle de versão, entre outros.
- 2 O painel com o intervalo do espectro eletromagnético foi mantido como o controlador principal da aplicação. Foi adicionado o tipo de onda na parte superior e linhas divisórias indicando os limites de cada tipo. Além disso, a barra vertical azul agora tem setas para sinalizar como deve ser manipulada.
- 3 Os dados numéricos (frequência, comprimento de onda e energia) e textuais (aplicação, origem e detecção) foram organizados neste painel em forma de lista. Ao 'passar o *mouse*' sobre os itens com um ícone de informação ao lado, uma *tooltip* com mais informações é exibida (ex: no caso da frequência, a *tooltip* apresenta uma breve descrição do conceito de frequência e um *link* para um site de referência) e é possível editar os valores numéricos na própria lista (ex: inserir um valor de comprimento de onda para constatar onde ela se localiza no espectro)
- 4 Foi adicionado um painel com o gráfico de onda por deslocamento e por tempo para oferecer mais de um tipo de representação para o usuário.
- 5 Foi adicionada uma lista de ícones para colocar em tela cheia, baixar para o computador, copiar o *link* para embedar em outra página e compartilhar em redes sociais.



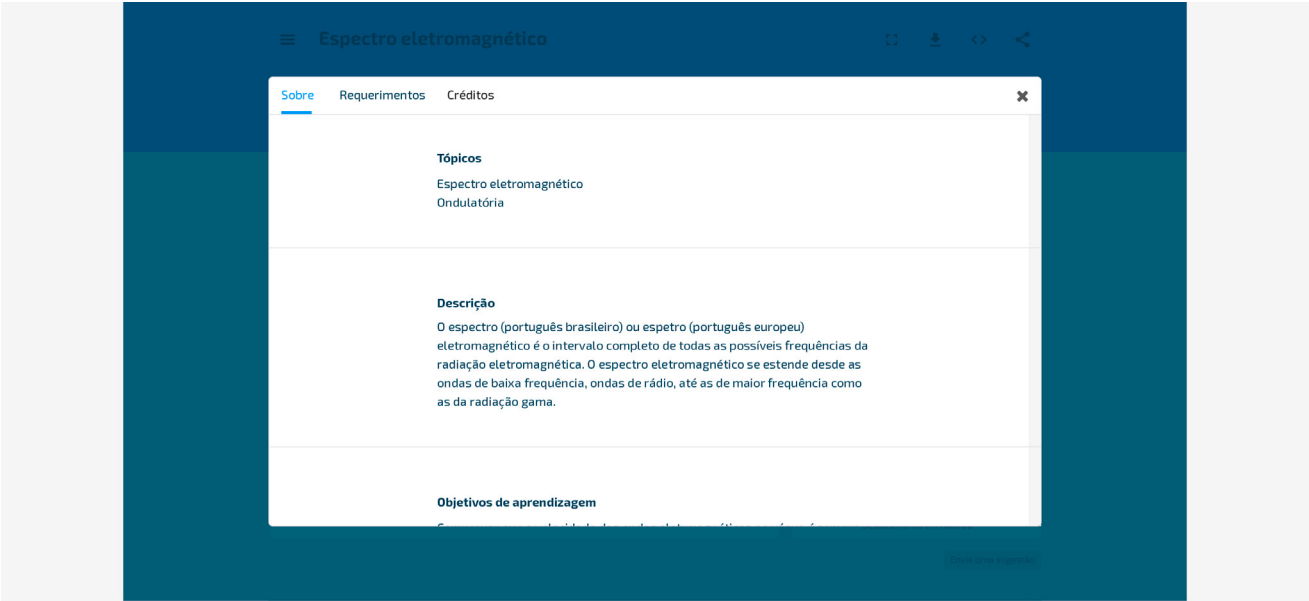
Tooltip com instruções na abertura da página



Botão do menu abre janela com mais opções



Efeito de hover no ícone da direita superior



Infowindow com informações complementares

Considerações técnicas

De acordo com os requisitos, se espera que a interface opere em diversos navegadores e dispositivos. Na atualidade, o desenvolvimento de um *website* com uso da linguagem de programação *javascript* pode suprir este requisito de acessibilidade. No entanto, deve levar em consideração um conjunto de boas práticas para assegurar que o produto vai ter êxito em cada plataforma. Esta lista de boas práticas é extensa, mas a título de exemplo, pode-se listar algumas como utilizar regras de css adequadas para cada navegador.

A aplicação projetada pode ser dividida em 4 partes. São elas: os elementos da interface como o título e os ícones; o slider para selecionar um ponto do espectro eletromagnético; o painel onde os dados textuais e numéricos são apresentados; o gráfico para visualizar a onda eletromagnética. Com exceção dos elementos da interface como ícones (dispostos na extremidade superior direita), as outras partes devem funcionar em sincronia. Ou seja, ao deslizar o slider, os outros dois painéis

devem ser imediatamente atualizados.

Em desenvolvimento de softwares, não existe uma única solução. Um padrão recorrente consiste, basicamente, em separar a informação de fato da representação visual da informação apresentada na tela. Este padrão pode ser reproduzido por meio de diversos procedimentos técnicos durante a programação.

Seguir um modelo de organização reconhecido apresenta diversas vantagens, como facilitar a comunicação entre os desenvolvedores e ajudar na manutenção do *software*, entre outros. No caso do objeto digital de aprendizagem projetado, pode facilitar (muito) os procedimentos para atualizar os painéis em sincronia com a operação do slider, além de que pode descomplicar os procedimentos para adicionar um novo painel com outra representação visual, na hipótese de novas versões deste objeto digital.

Considerações finais

Conclusão

Realizar este trabalho foi uma oportunidade singular para explorar o mundo do design, do ensino de física e da tecnologia.

No início do projeto foi definido o objetivo de lançar o produto desenvolvido no final do semestre. Este objetivo, como pode ser constatado pela leitura deste relatório, ainda não foi alcançado e para que isso venha a ocorrer, algumas próximas etapas deverão ser realizadas, como desenvolver protótipos e fazer testes com usuários.

Apesar de ter ressalvas a respeito desse processo, acredito que sua execução foi um primeiro passo útil e produtivo em meus estudos de design e sua relação com a área da educação, um campo no qual pretendo me aprofundar desta etapa em diante.

Dito isso, se este objeto digital, após desenvolvido, prestar um serviço útil e colaborar positivamente com o ensino de física, estarei satisfeito com os resultados deste projeto.

Referências bibliográficas

ARANTES, Alessandra Riposati. MIRANDA, Márcio Santos. STUDART, Nelson. **Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET**. Física na Escola, v. 11, n. 1, 2010. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rc=tj&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKE-wi8=-dSXxuTXAhX4DSYKHXTcBLUQFghKMAM&url=http%3A%2F%2Fwww1.fisica.org.br%2Ffne%2Fedicoes%2Fcategory%2F9-volume-11-n-1-abril%3Fdownload%3D62%3Aobjetos-de-aprendizagem-no-ensino-de-fisica-usando-simulacoes-do-phet&usg=AOvVaw2AZUhZV-GShp1OnF4-YmcLJ>>. Acesso em: 03 Mar. 2017.

ARAUJO, Ives Solano. VEIT, Eliane Angela. Instituto de Física, UFRGS. **Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física**. 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias/apoio/14_Jornada_UNIFRA_2008.pdf>. Acesso em: 22 Ago. 2017.

BERNARDO, Kaluan. **As ilustrações dos livros di-**

dáticos podem estar ensinando ciências do jeito errado: O problema maior está em imagens de geociências: quem ilustra não tem formação científica. 12 Mar. 2016. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2016/03/12/As-ilustracoes-dos-livros-didaticos-podem-estar-ensinando-ciencias-do-jeito-errado>>. Acesso em: 20 Ago. 2017.

BRAGA, Juliana Cristina. DOTTA, Silvia. PIMENTEL, Edson. STRANSKY, Beatriz. **Desafios para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis e de Qualidade**. Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (desafie), 2012. Universidade Federal do ABC. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/desafie/article/view/2779/2432>>. Acesso em: 08 Jun. 2017.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**/Organização: Carmem Lúcia Prata, Anna Christina Aun de Azevedo Nascimento. – Brasília : MEC, SEED, 2007. Disponí-

vel em: <<http://rived.mec.gov.br/artigos/livro.pdf>>. Acesso em: 14 Mar. 2017.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais : introdução aos parâmetros curriculares nacionais** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>> Acesso em: 5 Mar. 2017

CASE, Nicky. **Explorable Explanations**. Disponível em: <<http://explorabl.es/>>. Acesso em: 03 Mar. 2017.

DORNELES, Pedro Fernando Teixeira; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Nov. 2017.

IDOETA, Paula Adamo. **Dez tendências da tecnologia na educação**. BBC Brasil, SP. 6 Dez. 2014. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202_tecnologia_educacao_pai>. Acesso em: 14 Mar. 2017.

LENOIR, Carolina. MAGALHÃES, João Carlos. MANDELLI, Mariana. LOPES, Marina. OLIVEIRA, Vinícius de. **Tecnologia na Educação: Recomendações e experiências para transformar a maneira como se ensina e aprende a partir do uso de ferramentas digitais**. Disponível em: <[\[ciais/tecnologia/\]\(#\)>. Acesso em: 25 Set. 2017](http://porvir.org/espe-</p></div><div data-bbox=)

MEDEIROS, Alexandre. MEDEIROS, Cleide Farias de. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 24, n. 2, Jun. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf>>. Acesso em: 22 Ago. 2017.

PAIVA, Thais. **Física e Química são as maiores dificuldades do Enem: Levantamento mostrou que, entre 2009 e 2014 , disciplinas tiveram as piores taxas de acerto**. 24 Out. 2016. Disponível em: <<http://www.cartaeducacao.com.br/reportagens/fisica-e-quimica-sao-as-maiores-dificuldades-do-enem/>>. Acesso em: 20 Ago. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **PCN+ - Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 6 Ago. 2017

SMITH, Rachel S. **Guidelines For Authors of Learning Objects**. NMC: The New Media Consortium. Disponível em: <<https://www.nmc.org/publication/guidelines-for-authors-of-learning-objects/>>. Acesso em: 10 Ago. 2017

U.S. DEPARTMENT OF EDUCATION. **Ed Tech Developer's Guide: A primer for software developers, startups, and entrepreneurs**. Office of Educational Technology: 2015. Disponível em: <<https://tech.ed.gov/files/2015/04/Developer-Toolkit.pdf>>. Acesso em: 18 Jun. 2017.

