



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Monografia

Análise de sequências didáticas que utilizam simulações no Ensino de Física

Acadêmico: Ma. Mariana Ferrareze Casaroto

Orientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes

Maringá, 2022



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física

Monografia

Análise de sequências didáticas que utilizam simulações no Ensino de Física

Monografia submetida à Universidade Estadual de Maringá, como parte dos pré-requisitos necessários para a obtenção do Grau de Licenciada em Física sob a orientação do Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes.

Acadêmico: Ma. Mariana Ferrareze Casaroto

Orientador: Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes

Maringá, 2022

Ma. Mariana Ferrareze Casaroto

Análise de sequências didáticas que utilizam simulações no Ensino de Física

Monografia submetida à Universidade Estadual de Maringá, como parte dos pré-requisitos necessários para a obtenção do Grau de Licenciada em Física.

Aprovado em: 07/03/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes
Universidade Estadual de Maringá - UEM
Departamento de Física - DFI/UEM

Prof. Dr. Daniel Gardelli
Universidade Estadual de Maringá - UEM
Departamento de Física - DFI/UEM

Prof. Dr. Breno Ferraz de Oliveira
Universidade Estadual de Maringá - UEM
Departamento de Física - DFI/UEM

“Pegar a caneta entre meus dedos é sensual, parece quase viva, posso sentir seu poder, o poder que as palavras contêm.”

O conto da Aia

Sumário

Lista de Tabelas	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Introdução	viii
1 Contextualização Teórica	1
1.1 Simulações no Contexto Construtivista	1
1.2 Sequência didática na visão de Zabala	3
2 Análises das sequências didáticas envolvendo Simuladores Educacionais	6
2.1 Análises Específicas	6
2.2 Análises Gerais	18
3 Produto Didático	20
3.1 Introdução sobre o Efeito Fotoelétrico	20
3.2 Sequência Didática	21
3.3 Síntese das análises sobre o produto educacional proposto	28
Considerações Finais	29
Apêndices	30
A Roteiro para utilização do simulador do Efeito Fotoelétrico	30
B Lista de exercícios sobre o Efeito Fotoelétrico	38
C Avaliação	43

Lista de Tabelas

2.1	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 1.	7
2.2	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 2.	8
2.3	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 3.	9
2.4	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática 4.	10
2.5	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 5.	11
2.6	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 6.	11
2.7	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 7.	12
2.8	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 8.	13
2.9	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 9.	14
2.10	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 10.	14
2.11	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática 11.	15

2.12	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 12.	16
2.13	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 13.	17
2.14	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 14.	17
3.1	Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática produzida.	28

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Estadual de Maringá pela oportunidade de fazer mais um curso de graduação, e à todo o corpo docente que fez parte da minha vida acadêmica.

Meus agradecimentos especiais ao Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes pela orientação nesse trabalho.

Aos meus pais, Maria Angela Ferrareze Casaroto e Luis Antônio Casaroto, pelo amor, incentivo, apoio incondicional e por me dar oportunidade de me dedicar exclusivamente à minha formação.

Agradeço também a todos os familiares que me apoiaram, especialmente agradeço às minhas primas, Bianca Casaroto Bezerra, Natalia Zacanini Casaroto e à minha irmã Maria Clara Ferrareze Casaroto pelo companheirismo por toda a minha vida.

Meus agradecimentos aos meus amigos e companheiros de trabalho que fizeram parte da minha formação.

Agradeço, também, às minhas amigas Ana Flávia Freitas, Isabela Papke, Juliana Kois, Letícia Mirelle Freitas, Letícia Cavallini e Maria Paula Schreiner, que desde o ensino fundamental fazem parte da minha vida e me incentivam todos os dias a alcançar meus objetivos. Aos meus amigos Nicolas Kunkel, Ana Cláudia Zimmermann e Laura Bortolazzi pela companhia e noites de jogos que me alegraram tanto durante tempos difíceis.

A todos que fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Resumo

Na literatura existem diversos trabalhos relacionados ao uso de simulações para o ensino de ciências e, mais especificamente, para o ensino de física [1, 2]. Assim, neste trabalho foi feito um estudo sobre os possíveis efeitos do uso dessas simulações como melhoria para o ensino de física baseado no referencial teórico de Antoni Zabala [3]. Esse trabalho tem como objetivo mapear trabalhos envolvendo simulações para o ensino de física em nível médio. Partindo das análises realizadas, foi proposta uma sequência didática sobre o efeito fotoelétrico que atenda aos critérios propostos por Zabala e que inclua a abordagem construtivista. O assunto para construção da sequência didática foi escolhido devido à complexidade dos assuntos abordados e a necessidade do uso do simulador para ilustrar melhor os conteúdos referentes. O simulador escolhido faz parte do acervo do projeto PhetColorado, com título Efeito Fotoelétrico.

Palavras-chave: simulações educacionais, construtivismo, sequências didáticas, efeito fotoelétrico, referencial teórico de Zabala.

Abstract

In the literature there are several works related to the use of simulations for teaching science and, more specifically, for teaching physics [1, 2]. Thus, in this work, a study was carried out on the possible effects of using these simulations as an improvement for the teaching of physics based on the theoretical framework of Antoni Zabala [3]. This work aims to map the medium simulation works for physical education at the level. Based on the proposals made, a sequence on the Photoelectric Effect was proposed that met the criteria proposed by Zabala and that included a constructive approach. The subject for the construction of the sequence improved the need to use it to illustrate the chosen contents. The chosen simulator is part of the PhetColorado project collection, entitled Photoelectric Effect.

Keywords: educational simulations, constructivism, didactic sequences, photoelectric effect, Theoretical Framework of Zabala.

Introdução

O mundo como conhecemos está mudando de forma extremamente rápida. Todos os dias vemos inovações tecnológicas evoluindo e novas surgindo que aos poucos vão fazendo cada vez mais parte do nosso dia-a-dia. Isso não é diferente na vida do aluno, o mundo tecnológico faz parte, não somente da diversão, como dos jogos e da interação social, mas também para necessidades básicas como um simples despertador ou o calendário digital. Essas tecnologias são muito chamativas, tornando outros processos extremamente entediados e lentos. Os alunos em sala de aula tradicional estão sujeitos a uma educação que pouco mudou com o passar dos anos e o mundo externo à escola parece muito mais atrativo e interessante. O uso de tecnologias em sala de aula pode tornar a vivência escolar um pouco mais próxima do mundo externo na qual o aluno está inserido socialmente. Os computadores e celulares são uma ferramenta muito poderosa no ensino, e mais especificamente, no ensino de física. Pode ser utilizado desde uma pesquisa simples até a realização e programação de simulações. Essas simulações podem ser utilizadas como uma alternativa aos caros laboratórios didáticos que nem sempre são acessíveis a todas as escolas, para demonstrar experimentos que não são factíveis nesses laboratórios físicos e estimular a imaginação do aluno.

A introdução de novas tecnologias no ensino não implica que haverá uma mudança nas práticas pedagógicas. Um uso equivocado delas pode camuflar o processo tradicional apenas substituindo uma ferramenta por outra. Acreditar que apenas a substituição de ferramentas de ensino por versões mais atualizadas é o suficiente, é uma visão extremamente tecnicista, em que o “segredo” de educar está na aplicação de diversas técnicas. O uso adequado de novas tecnologias pode contribuir para um ensino mais significativo quando baseado em práticas pedagógicas adequadas. Diversos teóricos da área da educação se dedicaram para encontrar diretrizes que melhorassem o ensino trazendo uma aprendizagem mais significativa. Entre eles tem-se Antoni Zabala, autor de livros como “Prática Educativa: como ensinar”, utilizado como referencial teórico nesse trabalho. Zabala, formado em Filosofia e Ciência da Educação pela Universidade de Barcelona, é referência internacional em pedagogia e educação e um dos mais importantes pesquisadores do construtivismo escolar. A epistemologia construtivista se baseia na construção do conhecimento, que torna o aluno ativo em seu aprendizado. Esse conhecimento é construído a partir dos conhecimentos prévios que os alunos já possuem e deve ser desenvolvidos no contexto que o aluno está inserido.

Com isso em vista, esse trabalho teve como objetivo analisar a aplicação de diversas sequências pedagógicas que utilizam como ferramenta de ensino simulações computacionais utilizando como base o referencial teórico de Antoni Zabala. Isso foi feito por meio de pesquisa na literatura, em artigos, livros, dissertações e teses. Esses textos podem ser obtidos por meio do site da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

Baseado nos resultados, foi proposta também uma sequência didática condizente com o proposto por Antoni Zabala. Assim, esse trabalho está dividido em quatro capítulos. O Capítulo 1 trata da epistemologia construtivista no contexto das simulações e discute o referencial teórico de Zabala. Em seguida, o Capítulo 2, mostra as análises de 14 dissertações de mestrado que utilizam simuladores. O Capítulo 3 foi dedicado à sugestão de uma sequência didática para o uso de simulações no ensino baseado no referencial teórico de Zabala. Para finalizar o trabalho, tem-se as Considerações Finais, as Referências e os Apêndices.

Capítulo 1

Contextualização Teórica

Existe um consenso em toda a comunidade pedagógica de que o sistema de ensino tradicional é falho. As práticas utilizadas nele colocam o aluno em segundo plano e como um ser passivo em sua educação. O papel do professor é transmitir todo o seu conhecimento acumulado para o aluno, como se fosse uma folha em branco a ser escrita. Esse professor é autoridade máxima em sala de aula, e deve manter a ordem e o silêncio dos alunos. O simples objetivo do ensino tradicional é tornar o aluno um ser capaz de deter e reproduzir a maior quantidade possível de conteúdo, sem se preocupar com a conexão e assimilação dos conceitos. O desempenho os alunos em provas escritas ou orais, que tem o simples objetivo de reproduzir o que foi transmitido, é um reforço negativo que determina se você aprendeu ou não [3].

Esse sistema tradicional, apesar de hoje não ser a abordagem mais adequada para uma aprendizagem significativa, não pode ser completamente ignorado e descartado. Ele se mostra eficiente em alguns casos, sendo responsável por acabar com o analfabetismo em países desenvolvidos. Esse se mostrou extremamente eficiente no objetivo de alfabetizar a população enquanto entendimento do código da linguagem. Entretanto, apenas saber ler e escrever não significa que a população seja capaz de entender e assimilar a informação. Por mais que o sistema tradicional seja ineficiente para um ensino significativo, ele está impregnado no sistema educacional atual. Os educadores e alunos vivem e/ou viveram a vida educacional toda nesse sistema, sendo difícil introduzir novas práticas educacionais. Além da falta de formação adequada dos professores, muitas vezes não se tem a formação continuada ou até mesmo apoio da escola e da comunidade para introduzir essas práticas pedagógicas não tradicionais [4].

Com base nas mudanças necessárias no ensino existem diversas vertentes educacionais que buscam um aprendizado mais significativo. Entre elas está o construtivismo, que será discutido a seguir no contexto das simulações computacionais.

1.1 Simulações no Contexto Construtivista

Existem muitos fatores que podem influenciar na efetividade de uma aula, entre eles está o planejamento do conteúdo a ser trabalhado em sala de aula. A sequência didática é um material elaborado pelo professor que tem como objetivo guiá-lo durante as aulas. Uma boa sequência didática não é garantia de um aprendizado significativo, porém,

uma sequência didática ruim automaticamente torna a aula menos efetiva. Produzir tal material é um desafio e é adequado que se utilize algum referencial teórico a fim de guiar o professor na condução das aulas [5].

A partir da década de 1980, o sistema educacional brasileiro passou pela necessidade de repensar e reorganizar o sistema educacional, a fim de tornar o aluno ativo e interativo com o meio. Esse processo teve como base os fundamentos de Jean Piaget, que trouxeram melhor entendimento sobre o desenvolvimento infantil. Do ponto de vista da psicologia, os conhecimentos são estabelecidos a partir de uma construção que vem da interação entre o indivíduo e o meio a partir de suas ações e potencialidades genéticas. O processo construtivista vem dessas concepções de Piaget, que prioriza a ação do sujeito sobre o objeto de conhecimento. Nessa perspectiva, o conhecimento é construído por meio da transformação e adaptação das características, necessidades e conhecimentos prévios individuais de cada aluno. O motivo para esse processo ser muito adequado ao uso de simulações é que as mesmas podem facilmente colocar o aluno no papel ativo de sua própria educação [4].

Somente colocar o aluno no papel ativo de sua educação não é o suficiente, pois juntamente, ele deve ter ciência do que consiste em aprender. O ambiente de aprendizado deve oferecer aos alunos ferramentas e possibilidade para interação com a realidade, que pode ser facilmente feito com simulações computacionais. Assim, podemos listar as principais características que os materiais didáticos com abordagem construtivista no contexto nas simulações deve apresentar. A primeira delas é a possibilidade de interação. Se deve tomar cuidado com o uso de simulações no contexto construtivista pois as máquinas tendem a ter um comportamento binário e enfatizar pressupostos comportamentalistas do tipo “certo/errado”, tirando a liberdade e criatividade do aluno. A segunda é garantir uma descrição e interação com a realidade. Não basta realizar as simulações e pensar que é o suficiente, pois os fenômenos simulados devem ser contextualizados. Além das simulações, os computadores podem ser utilizados para organização e ilustração dos dados obtidos, com textos, gráficos, etc [5].

Uma das metodologias baseadas no construtivismo é a aprendizagem baseada em problemas. A apresentação de um problema a ser solucionado pelo estudante exercita a criatividade, o faz levantar hipóteses que podem ser testadas, por exemplo, com as simulações, e incentiva a discussão e argumentação. Com esse processo, o aluno passa a organizar melhor seu próprio aprendizado, sabendo como analisar os problemas, encontrar soluções, discutir possíveis fontes de erros, identificar a necessidade de informação extra e encontrar soluções para o problema. Além do mais, proporciona um olhar crítico do aluno e o aproxima das maneiras do fazer científico [5].

Apesar de o aluno passar a ser ativo em seu aprendizado, sendo capaz de procurar informações, levantar hipóteses e concluir resultados, o professor não perde seu papel fundamental e importância. Este passa de um transmissor de conteúdo para um orientador. Tem o papel de avaliar e instruir os alunos, dando nortes a serem seguidos, sugerindo materiais de estudo, dando motivação e organizando o processo. A visão de que o professor é uma fonte de informação e autoridade máxima no assunto lecionado deve ser quebrado nesse processo. No contexto da aprendizagem por problemas, cabe ao professor selecionar problemas que desafiem as pré-concepções dos alunos e que respeitem seu estágios cognitivos, além de servir como um guia para que os alunos possam solucionar esses problemas. Seu papel então passa a ser o de facilitar o aprendizado. Esse professor, agora um facilitador pedagógico, deve ter domínio claro da metodologia utilizada para

incentivar os alunos a levantarem hipóteses, propiciar análises adequadas, instigar os alunos, promover a discussão e interação com os outros alunos, entre outros [5].

Juntamente com a mudança nos papéis do professor e do aluno, tem-se também, uma mudança no papel do planejamento instrucional. Esse passa de etapas que o aluno deve cumprir para ser avaliado no final, para um material com objetivo de providenciar experiências e levantar questionamentos para auxiliar o aluno em seu próprio aprendizado. Um bom planejamento baseado nos pressupostos do construtivismo é fundamental para o desenvolvimento da aula. Claro que, apenas um bom planejamento não garante que a sua implementação proporcionará um ambiente de aprendizado significativo, porém um planejamento ruim ou tradicional condena o desenvolvimento da aula a um processo ineficiente, que reforça a repetição e memorização do conteúdo como forma de aprendizagem.

Um dos grandes problemas do ensino tradicional é a forma de avaliação que incentiva a memorização pura, com o simples objetivo de passar na prova. Realmente, avaliar o aluno e como ele aprendeu é uma tarefa muito difícil, especialmente quando se tem uma cobrança da escola e da sociedade por boas notas e excelência em exames como Enem e Vestibulares, ambos, métodos avaliativos completamente tradicionais. Esse método de avaliação apenas diz a capacidade de memorizar e reproduzir o conhecimento transmitido pelo professor, não avaliando os reais conhecimentos e desenvolvimentos do aluno. No contexto construtivista, essa avaliação deve ser feita de forma continuada. O desenvolvimento em sala de aula é fundamental, e o que passa a ser mais importante são os processos mentais do aluno. Mais importante do que dizer que algo está certo ou errado é o aluno saber argumentar e defender seu ponto de vista a partir do conhecimento construído por ele. Nesse sentido, a avaliação baseada no construtivismo é a própria reflexão do aluno sobre seu conhecimento e o processo pelo qual ele passou para adquirir o mesmo [5].

Nossa estrutura cognitiva se baseia em esquemas de conhecimento, os quais são criados conforme o indivíduo experimenta diversas situações no seu dia-a-dia. Esses esquemas representam como a pessoa entende e esquematiza um determinado conhecimento, que evolui e fica mais complexo para adaptar a realidade experimentada pelo indivíduo. O processo de aprendizado se baseia nessas modificações desses esquemas guiadas pelo professor, sendo fundamental o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. A modificação guiada desses conhecimentos prévios deve ser levada em consideração na didática do professor, no planejamento e na avaliação. Também, essas estruturas dependem do estágio cognitivo do aluno, tornando-o extremamente importante no aprendizado significativo [5].

1.2 Sequência didática na visão de Zabala

As unidades didáticas, ou sequências didáticas, consistem em uma sequência de atividades planejadas de acordo com o referencial teórico escolhido a fim de melhorar o ensino e aprendizagem e guiar o professor durante o processo educacional. Uma sequência didática no contexto tradicional foi caracterizada por Bini (1977) em quatro fases: comunicação do conteúdo; estudo individual baseado no livro didático; repetição do conteúdo em discussão em grupo ou com o professor; e avaliação do professor com duas possibilidades: aprovação ou reprovação normalmente determinada por uma nota obtida em prova escrita ou oral [3].

Como já discutido, o método tradicional não é adequado para um aprendizado significativo. Nem sempre o método tradicional pode ser completamente excluído, podendo misturar alguns pontos desse processo com outros mais renovadores. Por isso, Zabala propõe fases para avaliar se uma sequência didática é mais ou menos apropriada ao contexto de aplicação. São elas: atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos; explicação das perguntas ou problemas que esta situação coloca; respostas intuitivas ou “hipóteses”; seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação; coleta, seleção e classificação dos dados; generalização das conclusões tiradas; expressão e comunicação [3].

Queremos identificar e classificar as abordagens em grupos de aspecto: (F) factual, (C) conceitual, (P) procedimental ou (A) atitudinal do trabalho de aprendizagem a ser realizado. Para que isso seja feito de forma adequada, devemos levar em consideração que todo conteúdo está ligado com conteúdos de outra natureza. As atividades devem integrar ao máximo os conteúdos a serem ensinados para que haja uma maior significância [3].

Os **conteúdos factuais** são aqueles que estão relacionados ao conhecimento de fatos, acontecimentos, situações, pessoas, dados e fenômenos concretos. Esse, por sua vez, tem sido a principal ferramenta do ensino tradicional. Alguns conceitos são fundamentalmente factuais e não é possível trabalhar de outra forma, por exemplo, a idade de alguém ou uma data importante. O problema está no uso excessivo dos conhecimentos factuais, em incentivar o simples decorar como o método tradicional tem a tendência de fazer. Junto dos conteúdos factuais devemos utilizar os conceitos associados, as análises possíveis e interpretá-los para que não torne o ensino algo mecanizado. Esse tipo de conhecimento é adquirido pela simples memorização e repetição para que o aluno grave de forma mais semelhante possível esse conhecimento. Para uma maior efetividade desse processo, devem ser utilizadas estratégias para uma organização e associação dos fatos. Esse tipo de conhecimento é facilmente esquecido se não exercitado periodicamente [3].

A aprendizagem dos **conceitos e princípios** é outra parte do conhecimento a ser trabalhado. Os conceitos se referem a um conjunto de fatos com características em comum e os princípios descrevem as mudanças que ocorrem em um fato. A aprendizagem desses vem com a compreensão do assunto. Só podemos dizer que o aluno aprendeu se ele entendeu o significado e consegue, não somente reproduzir, mas também utilizá-lo para interpretação de um fenômeno. Uma característica marcante desse conteúdo é que nunca podemos dizer que ele está acabado, sempre se pode aprofundar e melhorar a compreensão desse conhecimento, tornando cada vez mais significativo. Para aprender esse conhecimentos deve-se tratar de atividades que provoquem uma elaboração e construção pessoal, que se relacionem com os conhecimentos prévios e os transformem [3].

A aprendizagem dos **conteúdos procedimentais** envolve um conjunto de ações para realizar determinada tarefa. Isso pode incluir, por exemplo, regras, técnicas, métodos, destrezas ou habilidades, estratégias ou procedimentos. Podemos separar os conteúdos procedimentais em três grupos de acordo com sua função. O primeiro é o *motor/cognitivo*, que envolve ações motoras como, por exemplo, recortar ou saltar e ou ações cognitivas, como por exemplo, ler ou escrever. O segundo parâmetro diz respeito a *poucas ações/muitas ações*, e diz se o conteúdo procedimental requer muitas ou poucas ações para ser completado. O último parâmetro diz o grau de determinação da ordem das sequências a serem seguidas, *continuum algorítmico/heurístico*. Nesse caso, temos ações que são sempre as mesmas, contrastando-se com sequências de ações que mudam com a situação. O aprendizado desse conteúdo vem com a exercitação, reflexão sobre a própria atividade e

a aplicação em contextos diferenciados [3].

A última classificação diz respeito aos **conteúdos atitudinais**, que consistem em valores e normas. Se entende como *valores* as ideias éticas que guiam as condutas dos alunos e da escola. As *atitudes* são as maneiras predispostas de uma pessoa agir. São determinadas pela conduta das pessoas com base nos valores. As *normas* são as regras que obrigam a todos os membros da sociedade seguirem [3].

Além da classificação de acordo com o conteúdo apresentado, também podemos estabelecer alguns questionamentos dentro da abordagem construtivista que podem auxiliar na construção da sequência didática. De acordo com Zabala, devemos nos perguntar se nessas sequências didáticas existem atividades:

- (a) que nos permitam determinar os *conhecimentos prévios* que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem;
- (b) cujos conteúdos são propostos de forma que sejam *significativos e funcionais* para os alunos;
- (c) que possamos inferir que são adequadas ao *nível de desenvolvimento* de cada aluno;
- (d) que representem um desafio alcançável para o aluno, quer dizer, que levam em conta suas competências atuais e as façam avançar com a ajuda necessária; portanto, que permitam criar *zonas de desenvolvimento proximal* e intervir;
- (e) que provoquem um *conflito cognitivo* e promovam a atividade mental do aluno, necessária para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios;
- (f) que promovam uma *atitude favorável*, quer dizer, que sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conteúdos;
- (g) que estimulem a *auto-estima e o autoconceito* em relação às aprendizagens que se propõem, quer dizer, que o aluno possa sentir que em certo grau aprendeu, que seu esforço valeu a pena;
- (h) que ajudem o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o *aprender a aprender*, que lhe permitam ser cada vez mais autônomo em suas aprendizagens.

No próximo capítulo serão analisadas diversas sequências didáticas destinadas ao ensino de física básica para o Ensino Médio. Para tal, serão utilizadas as ideias e referenciais teóricos discutidos no presente capítulo.

Capítulo 2

Análises das sequências didáticas envolvendo Simuladores Educacionais

Nesse contexto, foram analisadas 14 dissertações de mestrado que utilizam simulações computacionais para o ensino de física, a fim de determinar e avaliar quais as melhores abordagens a se tomar no ensino. Para isso, foi utilizado o referencial teórico de Zabala, levando em consideração a aprendizagem significativa e o construtivismo. A partir dessa análise, foi possível propor uma sequência didática que respeita as diretrizes propostas por Zabala e que a autora, baseada nos estudos apresentados aqui, acredita ser mais adequada.

Durante as pesquisas realizadas, foram encontradas cerca de 23 dissertações e teses sobre o uso de simuladores no ensino de física. Apenas 14 desses trabalhos foram utilizados. Entre os não utilizados, três deles traziam somente uma análise sobre alguma sequência didática sem trazê-la na íntegra; em cinco deles, as sequências didáticas eram voltadas ao ensino fundamental e ensino superior; e em um deles, o *software* tinha o propósito de ensinar programação como metodologia de ensino, que destoava muito das propostas das outras dissertações e por isso foi descartada.

2.1 Análises Específicas

A **1ª sequência didática** analisada foi produzida para tratar dos conceitos que envolvem circuitos. Dentro da abordagem construtivista, podemos analisar se essa sequência responde a todos os questionamentos feitos na seção anterior. No âmbito do levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, o professor não realizou qualquer atividade que pudesse levantar alguma informação acerca desse ponto. Os conceitos iniciais foram introduzidos por meio de uma situação problema, utilizando vídeos informativos que apresentavam a significância e funcionalidade dos conceitos que seriam tratados em sala de aula. Foram propostas atividades experimentais e com o uso de simuladores que se apresentaram adequados ao nível de desenvolvimento dos alunos. Como não foram feitos levantamentos sobre o conhecimento prévio dos alunos, é difícil mensurar qual o nível de desenvolvimento de cada aluno, porém o professor descreveu que as dificuldades cognitivas apresentadas por alguns alunos foram superadas por meio das discussões em grupo e com o professor. Essas atividades realizadas propuseram desafios novos aos alunos, que puderam ser resolvidos por meio da observação, experimentação e discussão,

possibilitando o surgimento de uma zona de desenvolvimento proximal. Houveram desafios cognitivos, visto que os alunos deveriam explorar os conceitos por meio da tentativa e erro, para levantar hipóteses e testá-las. Muitas vezes essas hipóteses criaram um conflito cognitivo quando testadas pelos alunos. Os alunos se mostraram participativos e empolgados com as atividades propostas, apresentando uma atitude favorável em relação à aprendizagem desse novo conteúdo. As avaliações permitiram aos alunos que fizessem uma auto-avaliação para estimular o autoconceito, de forma que eles mesmos puderam avaliar seu desempenho durante as aulas, e como o conceito evoluiu e se consolidou. Para isso o professor determinou alguns tópicos a respeito do que foi realizado para que os alunos soubessem como se auto-avaliar. Nas atividades foram propostas observações, o levantamento de hipóteses sobre o observado, o teste das hipóteses e discussão sobre as conclusões. Tudo isso foi feito com o auxílio do professor, mas sem interferir na autonomia de cada grupo, proporcionando um aprendizado de como aprender.

Nota-se, nessa sequência, uma abordagem construtivista preocupada em tornar o aluno um ser ativo em sua educação. Os conteúdos abordados foram mais conceituais e procedimentais, visto que, para discussão do tema foram utilizados experimentos e simuladores. A Tabela 2.1 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a primeira sequência didática.

Sequência Didática 1 - Circuitos				
Classificação dos Conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	A
Elaboração de conclusões		C		A
Diálogo professor/aluno		C	P	A
Comparação de pontos de vista		C		
Exercícios de memorização		C		
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem Construtivista				
(a) Conhecimentos prévios	não			
(b) Significância e funcionalidade	sim			
(c) Nível de desenvolvimento	adequado			
(d) Zonas de desenvolvimento proximal	sim			
(e) Conflito cognitivo	sim			
(f) Atitude favorável	sim			
(g) Auto-estima e autoconceito	sim			
(h) Aprender a aprender	sim			

Tabela 2.1: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 1.

A **2ª sequência didática** apresenta uma pesquisa acerca da efetividade de sequências didáticas diferentes. A melhor sequência desenvolvida pelo autor leva em consideração uma abordagem menos tradicional. Foi desenvolvido um pré-teste para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, o qual foi repetido no final para avaliar a evolução dos alunos. O tema foi todo construído ao redor da radioatividade e medicina, trazendo a funcionalidade e a significância do conteúdo abordado. A sequência didática foi adequada

ao nível de desenvolvimento dos alunos, apesar de tratar os assuntos com um certo rigor científico considerado difícil em nível de Ensino Médio. Ainda, os alunos apresentaram bom desempenho nas atividades propostas. A mesma também propôs desafios aos alunos, com pesquisas e elaboração de textos baseados em conhecimento científico com pesquisa no *google acadêmico*, criando uma zona de desenvolvimento proximal e introduzindo fontes confiáveis de pesquisa, fazendo com que o aluno aprenda a aprender. As atividades propuseram um conflito cognitivo ao utilizar os simuladores, nos quais os alunos puderam observar o fenômeno e testar suas hipóteses. Os alunos se mostraram empolgados e realizaram as tarefas com empenho mostrando uma atitude favorável ao conhecimento. O método avaliativo foi em cima dos trabalhos realizados e o pós-teste respondidos pelos alunos, não havendo muita oportunidade para a metacognição. A Tabela 2.2 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 2 – Radiação				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Exposição dos conceitos iniciais		C		
Apresentação da Situação problema		C	P	
Fontes de informação		C	P	
Generalização		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			sim	

Tabela 2.2: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 2.

Na **3ª sequência didática** o autor utiliza diversas simulações para introduzir o conceito de ondas em uma turma do Ensino Médio. O professor utilizou mapas mentais para analisar os conhecimentos prévios dos alunos e verificar como esses conhecimentos evoluíram após a aplicação das atividades. Durante as aulas, foram levantadas perguntas sobre ondas no dia-a-dia do aluno, discutindo a significância e funcionalidade do conteúdo. As atividades realizadas utilizavam simuladores para trabalhar os conceitos a respeito de ondas, que pareceram adequados ao nível de desenvolvimento dos alunos. Os simuladores criaram desafios a serem superados pelos alunos, que possibilitaram o surgimento de zonas de desenvolvimento proximal e conflito cognitivo. No início os alunos estavam com medo e não se mostravam confiantes para a realização das atividades, mas após a explanação do professor e das discussões em grupo, eles se mostraram favoráveis ao aprendizado. Essa sequência didática não favoreceu o autoconceito pelo aluno e não o ajudou a aprender a aprender. A Tabela 2.3 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características

construtivistas para a terceira sequência didática.

Sequência didática 3 – Ondas				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C		
Elaboração de conclusões		C		
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.3: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 3.

A respeito **da sequência didática 4**. O autor segue uma abordagem mais tradicional, expondo o conteúdo aos alunos utilizando o quadro e o livro didático. Nessa sequência didática nota-se que a abordagem da aula muda quando o professor passa a utilizar os simuladores após a exposição do conteúdo. De início, ele utiliza os simuladores apenas para ilustrar o conteúdo, mantendo-se na abordagem tradicional. Depois o professor passa a utilizar uma situação problema, discutindo a funcionalidade e significância do conteúdo, a qual deveria ser discutida em grupo utilizando os simuladores. O professor utilizou um questionário para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, e ao final, outro questionário foi aplicado para avaliar como esses conhecimentos evoluíram com a aplicação da sequência didática. Assim como nas outras sequências didáticas, as simulações criaram um conflito cognitivo e zonas de desenvolvimento proximal. Os conflitos cognitivos gerados poderiam ter sido melhor aproveitados se o professor tivesse utilizado os simuladores antes da exposição oral do conteúdo. Os alunos se mostraram favoráveis ao aprendizado, e assim como nos outros casos, o simulador acabou atraindo mais a atenção dos alunos e fazendo com que eles se dedicassem mais às discussões propostas. Nesse caso não foi muito incentivada a independência de cada aluno em seu aprendizado, não havendo traços de auto avaliação e de aprender a aprender. A sequência se apresentou adequada ao nível de desenvolvimento dos alunos. A Tabela 2.4 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

A **sequência didática 5** utiliza os simuladores para conduzir os alunos a encontrar as expressões matemáticas por meio da observação, levantamento de hipóteses, teste de hipóteses e discussão. Essa sequência não propõe qualquer atividade para estabelecer os conhecimentos prévios dos alunos, e isso torna difícil avaliar se as atividades propostas eram adequadas ao nível de conhecimento dos alunos. Apesar desse fato, a sequência

Sequência didática 4 – Eletricidade				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Comunicação da lição		C		
Estudo Individual		C		
Repetição do conteúdo		C		
Exercitação		C		
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.4: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática 4.

parece adequada ao Ensino Médio no geral. O professor não utiliza nenhuma motivação a respeito da funcionalidade e significância do conteúdo. Os simuladores foram utilizados de forma investigativa, causando um conflito cognitivo, ao testar hipóteses pré-estabelecidas pelos alunos. O professor cria uma zona de desenvolvimento proximal ao propor situações problemas a serem resolvidas pelos alunos utilizando o simulador. A avaliação proposta pelo professor aos alunos mostrou uma média de 5,3 para a sala toda, sendo abaixo da média da escola. Isso pode ter sido resultado do baixo engajamento dos alunos, não mostrando uma atitude favorável dos alunos. Não houve incentivo à auto-estima e nem a aprender a aprender. A Tabela 2.5 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

A **sequência didática 6** utiliza diversos recursos para simulação de circuitos. Depois, essas simulações foram aplicadas na prática por meio de experimentos. O professor realiza um questionário para estabelecer os conhecimentos prévios dos alunos para determinar se a turma seria capaz de realizar as atividades, verificando o nível de desenvolvimento de cada um. Foram utilizadas situações problemas, discutindo a significância e funcionalidade dos circuitos, a fim de motivar os alunos, os quais mostraram atitude favorável a aprender. Os experimentos e simulações foram utilizados para investigar as dúvidas que surgiram durante a realização do questionário, sendo útil para resolver o conflito cognitivo gerado, e promover a zona de desenvolvimento proximal por meio de desafios propostos. O professor pede uma avaliação aos alunos sobre a sequência didática criada por ele, obtendo também um *feedback* sobre o quanto os alunos acham o conteúdo importante e o quanto

Sequência didática 5 – Gases e Termodinâmica				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Exercitação		C		
Avaliação		C		
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			não	
(b) Significância e funcionalidade			não	
(c) Nível de desenvolvimento			sim	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			adequada	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			não informa	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.5: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 5.

eles aprenderam, podendo realizar um autoconceito. Não houveram traços de um incentivo de aprender a aprender. A Tabela 2.6 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 6 – Circuitos Elétricos				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			sim	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.6: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 6.

Na **sequência didática 7**, o professor inicia seus trabalhos levantando os conhecimentos prévios dos alunos por meio de um pré-teste. Na presente sequência didática, nota-se uma tendência mais procedimental ao direcionar as atividades com simulador, de forma que o foco foi mais no método do que nos conceitos em si. Com isso, os alunos tiveram uma maior dificuldade para interagir com o simulador. As atividades propostas pelo simulador não causaram conflito cognitivo e foram utilizadas de forma procedimental, na qual os alunos se empenharam em realizar os passos da tarefa, mas sem estimular muita discussão dos conceitos. Apesar disso, os alunos se mostraram interessados em aprender e relataram que o uso de simuladores e jogos ajuda a despertar o interesse no assunto. Os alunos foram estimulados a se autoavaliar e relatar suas opiniões sobre seu desenvolvimento pessoal. Pouco foi discutido, ou talvez não tenha sido relatado, sobre a significância e funcionalidade do assunto abordado. A Tabela 2.7 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 7 – Cinemática				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			não	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			não	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			sim	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.7: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 7.

A **8ª sequência didática** tem como tema Astronomia e velocidade da luz. Nela, o autor trabalha com a simulação do movimento dos corpos celestes e os utiliza para encontrar a velocidade da luz. Ele propõe a utilização da observação real em conjunto com os simuladores, porém deixa claro que essa não é uma tarefa simples pois exige condições climáticas favoráveis e equipamentos adequados. O autor utiliza um pré-teste para que o aluno possa comparar com suas respostas finais. Trazendo novamente elementos como conflito cognitivo e auto-avaliação. Os alunos se mostraram interessados e participativos. Os resultados apresentados trouxeram uma melhora significativa dos alunos se comparadas às respostas do pré-teste com o pós-teste. A Tabela 2.8 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

A **sequência didática 9** tem como tema os conceitos básicos de cinemática. O

Sequência didática 8 – Astronomia e Velocidade da luz				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			sim	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.8: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 8.

referencial teórico utilizado pelo autor foi o de Zabala, porém alguns pontos foram pouco explorados. O autor não contextualiza os alunos das aplicações e expressões do conteúdo em nossas vidas. Não houve uma auto-avaliação dos alunos em relação aos conceitos e fatos, somente uma auto-avaliação procedimental e atitudinal sobre o método de ensino. Há uma matematização adequada dos conteúdos em que os alunos podem estudar gráficos e equações simples. A Tabela 2.9 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

O tema da **sequência didática 10** são os conceitos básicos de eletricidade. O autor cita diversas habilidades que os alunos devem atender. Porém, ele não cita nada relacionado ao desenvolvimento crítico, racional e lógico. A atividade inicial parte de uma situação problema que desencadeia uma discussão em grupo de diversas questões propostas pelo professor. Isso serve como base para que o professor entenda os conhecimentos prévios dos alunos, além de gerar conflito cognitivo. Os conteúdos são devidamente contextualizados e aplicados no cotidiano por meio das discussões realizadas. A Tabela 2.10 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

A **sequência didática 11** tem o mesmo tema que a do produto didático proposto nesse trabalho, o Efeito Fotoelétrico. O roteiro inicia-se com um teste para entender quais são as concepções iniciais dos alunos. O autor segue uma linha mais tradicionalista, expondo o conteúdo aos alunos de forma oral e utilizando a simulação como uma mera confirmação do que eles absorveram. Embora os testes iniciais sejam completos e tenham apresentado resultados muito interessantes, eles destoam levemente da temática Efeito Fotoelétrico e tratam mais da natureza da luz em si. Assim, não sabemos se a melhora dos estudantes em relação ao pré-teste pode ser exclusivamente atribuída ao simulador ou se ela é fruto das discussões realizadas em sala. Existem simuladores muito melhores

Sequência didática 9 – Cinemática				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas Intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			não	
(b) Significância e funcionalidade			não	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			não	
(e) Conflito cognitivo			não	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.9: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 9.

Sequência didática 10 – Eletricidade				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Comunicação da lição		C		
Estudo Individual			P	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C		
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.10: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 10.

para tratar da dualidade onda-partícula, que podem ser utilizados em conjunto com os do efeito fotoelétrico. A Tabela 2.11 resume a classificação dos conteúdos e a presença das

características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 11 – Efeito Fotoelétrico				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.11: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática 11.

A **sequência didática 12** inicia-se coletando os conhecimentos prévios dos alunos sobre circuitos elétricos. Nessa tenta-se identificar o conhecimento espontâneo baseado na intuição dos alunos. Com o simulador, os alunos puderam colocar à prova suas hipóteses. Caso estivesse inadequada eles poderiam formular novas hipóteses ainda com o uso dos simuladores, para só depois aplicar experimentalmente. Nesse trabalho, os alunos fora além de utilizar a simulação como investigação, mas extrapolaram para a parte experimental. Nesse caso, ambas as etapas são dadas com o mesmo grau de importância. A simulação nesse caso específico serve para que os alunos testem suas ideias antes de realizar o experimento e eventualmente causarem danos materiais aos componentes dos circuitos. Apesar de o professor não colocar explicitamente os momentos de discussão em grupo, em seus relatos, fica evidente que essas discussões surgiram sozinhas durante as atividades com simulador. A abordagem construtivista está presente nessa sequência didática, mas ela não atende a todas as sugestões de Zabala. Por exemplo, não houve sinais de auto-avaliação ou aprender a aprender. A Tabela 2.12 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

A **sequência didática 13** tem uma mistura grande entre elementos didáticos voltados para o construtivismo e elementos tradicionais de ensino para abordar sobre a constata de Planck. As aulas foram ministradas de forma expositiva com auxílio de *slides* de texto e houveram atividades de leitura de textos longos com pouco incentivo a discussão. Os simuladores são utilizados como ferramenta de transmissão de conhecimento, pouco se aproximando do contexto construtivista. O professor sai um pouco do tradicionalismo do ensino com as práticas experimentais, que são um pouco mais investigativas. Porém ainda se nota um foco nas competências factuais e procedimentais. A Tabela 2.13 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 12 – Circuitos Elétricos				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Comunicação da lição		C		
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.12: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 12.

A **sequência didática 14** utiliza os simuladores mais de uma forma a despertar a curiosidade do aluno e se familiarizar com os efeitos básicos de eletromagnetismo. Assim, é utilizado o simulador “ímã e bússola” do projeto PhetColorado. Apesar das aulas atenderem a todos os tópicos propostos por Zabala, o simulador poderia ser facilmente substituído por um experimento simples. Ou seja, não podemos atribuir todos o progresso que os alunos tiveram ao uso do simulador. De fato, o autor utiliza diversas outras ferramentas para tornar o ensino efetivo. A Tabela 2.14 resume a classificação dos conteúdos e a presença das características construtivistas para a segunda sequência didática.

Sequência didática 13 – Constante de Planck				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Comunicação da lição	F	C		
Estudo Individual	F	C		
Repetição do conteúdo	F	C		
Exercitação	F	C		
Respostas intuitivas ou suposições	F	C		
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			não	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			não	
(e) Conflito cognitivo			não	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.13: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 13.

Sequência didática 14 – Eletromagnetismo				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Comunicação da lição		C		
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições		C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno		C		A
Comparação de pontos de vista		C		A
Avaliação			P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			não	
(h) Aprender a aprender			não	

Tabela 2.14: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa, de acordo com Zabala, presentes na sequência didática 14.

2.2 Análises Gerais

Todas as sequências didáticas estudadas trazem a tentativa de apresentar pelo menos algum ponto da teoria de Zabala e do construtivismo. Algumas conseguem realizar essa tarefa de forma adequada enquanto outras carecem de um cuidado melhor com essas práticas educativas, mas ainda apresentam de forma tímida uma tentativa de mudança.

Nota-se que diversas das sequências didáticas estudadas trazem junto a experimentação, sendo nesses casos a simulação um complemento da prática experimental. A ideia da sequência didática proposta nesse trabalho é para quebrar essa ligação existente nas ideias das práticas educacionais. Historicamente, as simulações surgem com um propósito de substituir experimentos que não temos tecnologia para fazer. Esse processo é de curto prazo. Conforme a tecnologia avança, um determinado efeito pode passar a ser observado de forma experimental, tornando aquela simulação obsoleta e dando um caráter plenamente demonstrativo a ela. O tema foi escolhido não só pela sua complexidade, mas também por não termos como realizar um experimento didático dentro do ensino público básico brasileiro com o tema Efeito Fotoelétrico. Sendo assim, precisamos da simulação para entender os resultados observacionais conhecidos. Depois, os alunos podem comparar suas observações com um vídeo demonstrativo do experimento. Note que, nesse caso, o experimento é um complemento da simulação.

Outra característica das sequências didáticas analisadas é que todas elas trazem junto das simulações, outros elementos didáticos como vídeos, jogos, experimentação, etc.. Dessa forma, notamos a importância da pluralidade de práticas educacionais para buscar uma aprendizagem significativa. Esse elemento também foi incorporando dentro do produto didático proposto nesse trabalho.

As sequências didáticas apresentadas aqui tem um foco muito grande nos procedimentos operacionais da simulação. A intensão da sequência didática proposta é auxiliar os alunos a extraírem informações da simulação e formular hipóteses sobre elas, iniciando discussões e auxiliando a organizar suas ideias. Por isso, é importante que o *software* seja de fácil utilização. O simulador escolhido, Efeito Fotoelétrico do projeto PhetColorado, tem poucos elementos e são fácil de interagir, demorando poucos minutos para que o aluno adquira uma familiaridade com a interface. Para ajudar nesse processo, foi utilizada uma atividade lúdica muito importante para o processo de esquematização dos elementos, que é o desenho. Além disso, o simulador foi escolhido devido a sua aplicabilidade no cotidiano tecnológico e as potencialidades de estender para outros assuntos, como o efeito fotovoltaico que leva à discussões sobre natureza e meio ambiente.

A auto-avaliação do aluno vem de forma não explícita. Em nenhum momento é pedido ao aluno que ele se auto atribua nota ou conceito. Essa auto-avaliação aparece quando é proposto que eles comparem suas concepções antes e depois do uso do simulador e anotem suas observações. Além da auto-avaliação, esse processo também tem a capacidade de gerar um conflito cognitivo no aluno.

As atividades seguiram um propósito de trabalhar com formulação de hipóteses e discussão em grupo para validar suas conclusões. Em consequência, a intensão é que o aluno possa aumentar sua capacidade de pensamento crítico. Para auxiliar nesse processo, foram apresentados canais no *YouTube* que trazem o tema ciência de forma consciente, de modo que os alunos possam adquirir a liberdade e segurança para ir atrás do conteúdo por conta própria.

A última característica marcante que o tema possibilitou foi a matematização do fenômeno, utilizando gráficos e equações, mas que eram simples o suficiente para serem adequadas ao nível de ensino dos alunos. Assim, os alunos puderam juntar todo o conhecimento matemático que eles possuíam e aplicar em um efeito físico real, evoluindo aqueles conhecimentos dentro da cabeça do aluno. Muitas das sequências didáticas analisadas não conseguem conciliar a matematização com as abordagens utilizadas.

Como todas essas análises em mãos, o próximo capítulo traz a sequência didática proposta pela autora a partir do referencial de Zabala.

Capítulo 3

Produto Didático

Dada a importância das sequências didáticas bem planejadas, esse capítulo foi dedicado à proposta de uma sequência didática baseada nas teorias educacionais de Zabala, discutidas anteriormente nesse trabalho. Como tema, foi selecionado o Efeito Fotoelétrico e todas as possíveis implicações sobre o tema nessa sequência didática foram discutidas no capítulo anterior.

3.1 Introdução sobre o Efeito Fotoelétrico

As primeiras descobertas relacionadas ao Efeito Fotoelétrico estão associadas à Alexandre Edmond Becquerel. Seu trabalho nos efeitos fotovoltaicos mostraram uma grande relação entre a luz e as propriedades eletrônicas do material em células eletrolíticas. Embora os fenômenos observados não sejam equivalentes ao Efeito Fotoelétrico, seus feitos foram muito importante para direcionar a pesquisa de outros cientistas [6]. As propriedades do Efeito Fotoelétrico foram observadas experimentalmente por vários pesquisadores, entre eles estão, por exemplo, Wilhelm Hallwachs e Philipp Lenard, entre os anos 1886 e 1902. Suas descobertas mostraram que o Efeito Fotoelétrico não era compatível com a teoria eletromagnética clássica de James Clerk Maxwell [7]. Somente após o surgimento das teorias da quantização de energia, propostas por Max Planck ao estudar a radiação de corpo negro, Albert Einstein pode estudar o fenômeno com outro olhar. Einstein utilizou os conceitos do que mais tarde viria a se tornar a física quântica para explicar os fenômenos observados. Em 1921, ele ganhou o Prêmio Nobel de Física pela descoberta das leis do efeito fotoelétrico [8].

O Efeito Fotoelétrico é a emissão de elétrons quando uma radiação eletromagnética, como a luz, acerta um material. Os resultados experimentais não estão de acordo com a teoria eletromagnética clássica, que prevê uma transferência contínua de energia da onda eletromagnética para o elétron do material. De acordo com a teoria clássica, o elétron seria emitido quando acumulasse energia suficiente. Hipoteticamente, a intensidade da luz mudaria a velocidade desses elétrons emitidos, e uma luz com intensidade baixa causaria um atraso nessas emissões. Porém, os resultados experimentais não corroboravam com essas previsões. Ao invés disso, eles mostravam que a emissão dos elétrons acontece a partir de uma frequência específica da luz incidente, independentemente da intensidade da luz e do tempo de exposição.

Com a teoria da quantização de energia surgindo, Einstein conseguiu explicar que a interação entre a luz e o elétron acontecia de forma discreta. Ele propôs que, nesse caso, a luz não se comporta como uma onda se propagando no espaço. Ao invés disso, ela carrega uma energia discreta e interage como partícula, a qual ele deu o nome de fóton. A energia desse fóton depende da frequência da luz emitida, e deve ser maior ou igual à energia necessária para que o elétron se desprenda do átomo do material, caso contrário, o efeito fotoelétrico não é observado. A energia cinética do elétron emitido, isto é, sua velocidade, é alterada pela frequência da luz. Ou seja, parte da energia transportada pelo fóton é absorvida pelo elétron para se desprender do material e a energia restante é convertida em trabalho. A interação entre o fóton e o elétron ocorre aos pares, ou seja, precisamos de um fóton para emitir um elétron. A intensidade da luz muda a quantidade de fótons incidente e conseqüentemente a quantidade de elétrons emitidos no efeito [9].

Esses são conceitos complexos e que demoraram quase cinquenta anos para serem explicados, após a consolidação da teoria eletromagnética clássica. Sem a explicação do efeito fotoelétrico não teríamos aparelhos de visão noturna, as viagens espaciais seriam impossíveis, e as televisões de tubo nunca teriam existido [10–16].

Raramente os professores tem tempo para chegar nesse assunto tão importante, que permeia a vida dos estudantes de diversas formas. Os efeitos quânticos são extremamente abstratos e de difícil compreensão, tornando necessária a introdução de práticas educacionais que facilite a visualização do fenômeno, como os simuladores computacionais. Além da importância de entender o Efeito Fotoelétrico e saber transpor esses conhecimentos à vida cotidiana, tem-se a importância de aprender matematicamente o efeito, já que questões sobre o mesmo sempre são encontradas nos vestibulares para ingresso no Ensino Superior.

3.2 Sequência Didática

O Efeito Fotoelétrico

Nível de Ensino: 3º ano - Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Tema: o Efeito Fotoelétrico.

Número de aulas: 8 de 50 minutos (400 minutos totais).

Conhecimentos prévios: energia cinética, energia potencial, trabalho, frequência e comprimento de onda; Confecção de gráficos e funções afins.

Habilidades previstas pela BNCC

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas;

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental;

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações;

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano;

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Objetivos específicos

- Compreender os conceitos envolvidos no efeito fotoelétrico;
- Ser capaz de descrever matematicamente o efeito fotoelétrico;
- Aplicar os conceitos aprendidos em situações cotidianas;
- Entender o funcionamento de aparelhos eletrônicos;
- Aprender as características do pensar científico e suas implicações;
- Ser capaz de extrair dados e interpretar os resultados com o auxílio de equações matemáticas, tabelas e gráficos.

Desenvolvimento das atividades

AULA 01

(10 min) Introdução ao assunto: As placas de energia solar, as portas e iluminação automáticas e a televisão tem todas um fator em comum, o Efeito Fotoelétrico [17]. Entender os conceitos que envolvem o efeito nos ajudam a facilitar nossa vida e a criar inovações tecnológicas que são de extrema importância para a sociedade moderna. Os

primeiros modelos de televisão de tubos catódicos utilizavam o efeito fotoelétrico para transformar uma imagem óptica em um sinal eletrônico. Uma das principais aplicações é o processo de transformação de energia luminosa em energia elétrica, como é o caso das células fotovoltaicas utilizadas nos painéis solares. Embora o efeito fotovoltaico, que está presente nas células fotovoltaicas, seja um pouco diferente do efeito fotoelétrico ¹, o princípio físico que envolve ambos os efeitos é o mesmo: quantização de energia. O efeito fotoelétrico é caracterizado pela emissão de elétrons de um material exposto à luz de determinada frequência, enquanto que o efeito fotovoltaico é caracterizado pelo surgimento de uma tensão após a absorção da luz visível pelos elétrons dos átomos.

O efeito fotoelétrico pode ser observado em viagens espaciais também. Uma espaçonave exposta à luz solar adquire uma carga positiva. Isso pode causar problemas graves, já que a parte da espaçonave que não está exposta à luz não terá a mesma carga que a parte exposta, causando sérios problemas em componentes eletrônicos delicados [18]. A luz do Sol atingindo a poeira lunar faz com que ela fique carregada positivamente pelo efeito fotoelétrico. A poeira carregada então se repele e levanta da superfície da Lua por levitação eletrostática. Isso se manifesta quase como uma “atmosfera de poeira”, visível como uma névoa fina e desfocagem de características distantes, e visível como um brilho fraco após o pôr do sol. Isto foi fotografado pela primeira vez pelas sondas do programa *Surveyor*. Pensa-se que as partículas menores são repelidas a quilômetros da superfície e que as partículas se movem em “fontes” à medida que carregam e descarregam. Na década de 1960, e mais recentemente o *rover Chang’e 3* observou a deposição de poeira em rochas lunares tão altas quanto cerca de 28 cm [18].

Em um primeiro momento, o professor deve fazer uma introdução sobre o uso de simuladores na ciência. Muitas vezes nós como cientistas nos deparamos com dados observacionais que não compreendemos. Faz parte do nosso trabalho entender os efeitos observados a partir de uma descrição minimamente matemática para depois realizar previsões e compreender o universo. Nem sempre a ligação entre o experimento e a matemática é dada de forma direta. Essa ligação é limitada à tecnologia que uma sociedade possui. Por exemplo, até 2019, não sabíamos como um buraco negro se parecia, nós sabíamos somente como ele era descrito de acordo com as leis da física. É aqui então que precisamos utilizar as simulações. Com as equações que regem os buracos negros em mãos, podemos utilizar as simulações para desvendar a resposta dessas equações e transformá-las em imagens. Assim, como nossa tecnologia é limitada, precisamos prestar mais atenção no que estamos procurando. Antes da simulação, era como se nós estivéssemos procurando algo mas sem saber o que é, (parecido com a situação em que levantamos automaticamente do sofá e abrimos a geladeira e fica um tempo pensando o motivo pelo qual a abrimos). Com os resultados da simulação, fica mais fácil de filtrar todos os milhares de dados que adquirimos desde o advento da astronomia moderna e encontrar o que estamos procurando (parecido com a situação em que sua mãe pede para você pegar um sorvete de flocos para ela e você encontra facilmente por saber o que está procurando). Assim, para realizar as simulações dessas atividades os alunos devem imaginar que eles são cientistas do passado tentando entender os efeitos observados. Diga a eles que a simulação esta sendo utilizada pois não temos meios tecnológicos de realizar o experimento real de forma controlada (por exemplo, imagine que ainda não temos meios tecnológicos de trocar controladamente a

¹No **efeito fotoelétrico** o elétron é arrancado do material e necessita de uma frequência mínima da radiação incidente; e no **efeito fotovoltaico** é o elétron apenas salta da banda de valência para a banda de condução e acontece através da luz visível.

frequência de uma fonte). Entretanto, temos um modelo teórico que deve ser comparado com os dados observacionais e para isso foi criada uma simulação utilizando as equações desse modelo. No final da simulação os alunos devem assistir a um vídeo do experimento real referente à simulação para que concluam que o modelo é consistente com os dados experimentais.

(10 min) As atividades multimídias, principalmente vídeos, quando bem aplicadas podem auxiliar o professor para tornar o conteúdo mais lúdico e atrativo. De acordo com José Manuel Morán:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços. (MORAN, 1995, p. 27) [19].

Baseado nessa afirmação, o professor pode apresentar aos alunos o vídeo *O Efeito Fotoelétrico Explicado (O Nobel de Einstein)* do canal do *YouTube Ciência todo dia*. Nesse vídeo, o autor descreve o processo de descoberta da quantização de energia e o surgimento da física quântica. Além de trazer o conteúdo em questão, o professor pode utilizar o vídeo para apresentar canais no *YouTube* que falam abertamente de ciência, incentivando a divulgação científica e a popularização da ciência. Alguns canais sobre física são: *Física e afins; Ciência todo dia; Café e ciência* e *Ciência em si*.

(30 min) Para a atividade de simulação é ideal que os alunos sejam levados ao laboratório de informática para realizar as atividades. Proponha aos alunos que o processo todo será avaliado e comporá parte da nota final do bimestre. O valor total será de 30/100. Os pontos (S) relacionados à atividade com simulador serão atribuídos de acordo com a participação e do relatório do grupo (material entregue aos alunos). A nota máxima da atividade será composta por:

$$S = 5 + 25 = 30$$



A avaliação para a nota de participação terá como critério:

- Participação e interação com o *software*;
- Auxílio na resolução dos cálculos e elaboração das hipóteses;
- Trabalho em grupo.

Os estudantes devem ser divididos preferencialmente em grupos de três alunos. É necessário que os grupos tomem notas dos eventos observados, para isso, imprima o roteiro disponível no Apêndice A com espaços para anotações que deverá ser entregue ao professor no final do processo.

Os questionários iniciais tem como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do evento. É esperado que os alunos usem a intuição baseada nos conhecimentos de física clássica adquiridos nos primeiros anos do Ensino Médio. Deixe

claro que esse questionário serve apenas para comparar a ideia deles antes e depois do uso do simulador, e que não tem problema se as afirmações iniciais estiverem equivocadas. Afinal, faz parte do pensar científico quebrar paradigmas pré-estabelecidos.

AULA 02

(15 min) Leve os alunos ao laboratório de informática e peça que levem suas calculadoras. Auxilie os alunos a acessarem o simulador Efeito Fotoelétrico do projeto PhetColocado (se possível deixe todos os simuladores abertos e devidamente configurados).

(10 min) Antes de continuar, os alunos devem se familiarizar com os conceitos básicos em torno do Efeito Fotoelétrico. Inicialmente, apresente o vídeo *Efeito Fotoelétrico - O Nobel de Einstein*. Esse, tem como objetivo introduzir os conceitos iniciais fazendo uma comparação com uma pipoca estourando na panela. É esperado que esse processo facilite a compreensão dos alunos facilitando as atividades com o simulador.

(25 min) A primeira atividade tem o intuito de gerar uma familiarização dos alunos com o *software*. Aqui os alunos podem explorar as ferramentas do simulador e a imaginação. O desenho pode ajudar a induzir detalhes que não seriam notados facilmente.

AULA 03

(15 min) A segunda parte tem como objetivo fazer com o que os alunos descubram a relação entre frequência de corte e características de cada material.

(15 min) A terceira parte estimula o estudo da relação entre quantidade de elétrons emitidos e intensidade da luz.

(20 min) A quarta parte guia os alunos a aferirem dados pelo simulador. Eles devem anotar esses dados em cada tabela disponível no material.

AULA 04

(50 min) A quinta e sexta parte é voltada para análise dos dados aferidos e matematização das hipóteses levantadas. Essa etapa exige conhecimentos sobre confecção de gráficos e funções afins.

AULA 05

(20 min) Peça aos grupos que relatem o que descobriram oralmente. A partir de suas observações e conclusões ajude a sintetizar as ideias. Alguns pontos chaves devem ser discutidos:

- O que acontece na simulação se mudarmos a cor da luz de vermelho para azul?
- Suponha que a luz vermelha não faça com que os elétrons sejam emitidos de um determinado material. Aumentar a intensidade da luz permite que esses elétrons sejam ejetados?
- Qual propriedade da luz muda conforme o comprimento de luz muda?

- Se o material tem uma frequência de corte alta, qual propriedade do material causa isso?
- Por que diferentes metais tem funções trabalho diferentes?
- Qual a equação que descreve os fenômenos do efeito fotoelétrico? O que cada variável representa?

Utilize um mapa mental para sintetizar as ideias relatadas pelos grupos. A partir disso, explique o efeito fotoelétrico e sua equação fundamental, falando sobre quantização de energia e dualidade onda-partícula.

(20 min) Apresente o vídeo Photoelectric Effect para sintetizar o aprendido e extrapolar a simulação para um experimento real. Discuta as principais aplicações do efeito fotoelétrico e suas implicações no nosso cotidiano.

(10 min) Faça dois exemplos de exercícios sobre o efeito fotoelétrico utilizando o quadro negro.

01 - Considere três tipos distintos de ondas eletromagnéticas que irão atingir uma placa metálica cuja função trabalho corresponde a 4,5 eV: $f_A = 2,5 \times 10^{17}$, $f_B = 3,0 \times 10^{18}$, $f_C = 5 \times 10^{16}$ e $f_D = 4,5 \times 10^{15}$. A partir dos valores das frequências podemos afirmar que:

Dados: Considere a constante de Planck como $h = 4,0 \times 10^{-15}$ eV.s, e a velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8$ m/s.

- a) A onda C possui frequência menor que a frequência de corte.
- b) A energia cinética do fotoelétron atingido pela onda D é de 13,5 eV.
- c) O efeito fotoelétrico não ocorrerá com nenhuma das ondas.
- d) A razão entre a frequência de corte e a frequência da onda A é 0,085.
- e) O comprimento de onda referente à onda B é $2,0 \times 10^{-10}$ m.

02 - (UFC) A função trabalho de um dado metal é 2,5 eV.

- a) Verifique se ocorre emissão fotoelétrica quando sobre esse metal incide luz de comprimento de onda $\lambda = 6 \times 10^{-7}$ m. A constante de Planck é $h \cong 4,2 \times 10^{-15}$ eV.s e a velocidade da luz no vácuo é $c = 3 \times 10^8$ m/s.
- b) Qual é a frequência mais baixa da luz incidente capaz de arrancar elétrons do metal?

AULA 06

(50 min) Para aplicar os conteúdos aprendidos, entregue a lista de exercícios disponível no Apêndice B e destine um tempo de 50 min para que os alunos resolvam os exercícios e tirem suas dúvidas.

AULA 07 e 08

(100 min) Os alunos devem realizar individualmente a atividade avaliativa disponível no Apêndice C. O valor da avaliação tem valor mínimo de 0/100 e máximo de 70/100.

3.3 Síntese das análises sobre o produto educacional proposto

A sequência didática produzida se preocupou em atender os tópicos propostos por Zabala e discutidos no Capítulo 1. Em relação à atitude favorável dos alunos, só temos como ter certeza se aplicarmos a sequência didática na prática. Baseado no desenvolvimento das atividades, acredita-se que os alunos provavelmente mostrariam uma atitude favorável visto que as mesmas estimulam a participação e o diálogo. Uma síntese de toda a análise feita sobre a sequência didática proposta se encontra na Tabela 3.1.

Sequência didática proposta – Efeito Fotoelétrico				
Classificação dos conteúdos				
(F) Factual	(C) Conceitual	(P) Procedimental	(A) Atitudinal	
Apresentação da situação problema		C		
Respostas intuitivas ou suposições	F	C	P	
Elaboração de conclusões		C	P	
Diálogo professor/aluno	F	C	P	A
Comparação de pontos de vista	F	C		A
Estudo Individual	F	C		
Repetição do conteúdo	F	C		
Exercitação	F	C		
Avaliação	F	C	P	A
Abordagem construtivista				
(a) Conhecimentos prévios			sim	
(b) Significância e funcionalidade			sim	
(c) Nível de desenvolvimento			adequado	
(d) Zonas de desenvolvimento proximal			sim	
(e) Conflito cognitivo			sim	
(f) Atitude favorável			espera-se que sim	
(g) Auto-estima e autoconceito			sim	
(h) Aprender a aprender			sim	

Tabela 3.1: Descrição da classificação dos conteúdos e dos elementos presentes em uma abordagem significativa de acordo com Zabala presentes na sequência didática produzida.

A sequência didática tem como objetivo tornar o ensino de física mais atrativo, colocando o aluno no centro do seu processo de aprendizagem. É esperado que as atividades despertem a curiosidade e gerem conflitos cognitivos. Em todo o processo, o papel do professor é de orientador, o qual guia os alunos durante o processo e auxilia com as discussões em grupo.

Considerações Finais

Esse trabalho teve como intuito apresentar um estudo detalhado de 14 sequências didáticas com simuladores extraídas de dissertações de mestrado, baseado no referencial de Zabala, discutido no Capítulo 1.

Foi possível notar que existem poucas pesquisas em nível de pós-graduação com o intuito de produzir sequências didáticas com o uso de simuladores. Grande parte das sequências didáticas analisadas possuem uma boa qualidade e atendem aos pré-requisitos básicos de Zabala e do construtivismo.

Por fim, foi proposta uma sequência didática com o tema Efeito Fotoelétrico, que utiliza o simulador Efeito Fotoelétrico do projeto PhetColorado. Os alunos podem explorar a criatividade e o senso crítico devido às atividades baseadas no pensar científico. De fato, os simuladores disponíveis no projeto PhetColorado são de suma importância para o ensino de ciência. Grande parte das sequências didáticas analisadas aqui, trouxeram simulações desse projeto como ferramenta de ensino. Além da grande parte de simuladores de alta qualidade disponíveis, o projeto conta ainda com uma biblioteca partilhada para professores, onde esses podem compartilhar suas sugestões de sequências didáticas.

Junto com o simulador, foram utilizados vídeos explicativos, bem como mapas mentais para sintetização do conteúdo. A sequência foi finalizada com a proposta de alguns exercícios de vestibular e uma avaliação.

É esperado que a sequência didática produzida, além de contribuir para a formação acadêmica da autora, possa auxiliar outros professores na execução de suas aulas visando uma aprendizagem mais efetiva. O tema deixa em aberto uma aplicação desse produto didático, que pode ser feito no futuro como pesquisa de mestrado ou doutorado.

Apêndice A

Roteiro para utilização do simulador do Efeito Fotoelétrico

Alunos: _____

Vamos iniciar respondendo um pequeno questionário sobre suas concepções iniciais a respeito do efeito fotoelétrico. Não se preocupe em acertar as respostas, apenas responda o que você acha que acontece.

Questionário 01

(01) O que acontecerá:

(a) com uma superfície metálica quando a luz a atingir?

(b) se mudarmos a intensidade da luz incidente?

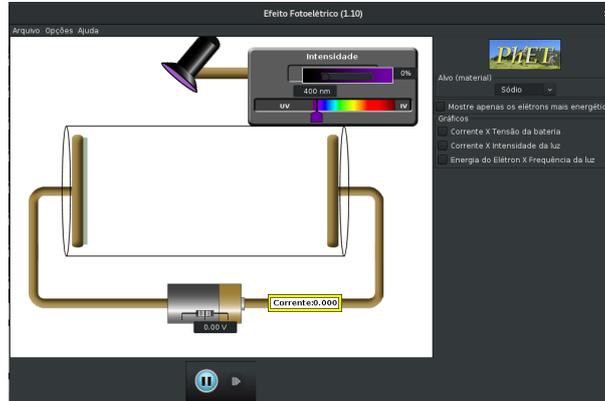
(02) Você acredita que qualquer intensidade de luz incidindo no material pode liberar elétrons? Explique.

(03) Você acredita que qualquer frequência para a luz incidente causa emissão de elétrons?

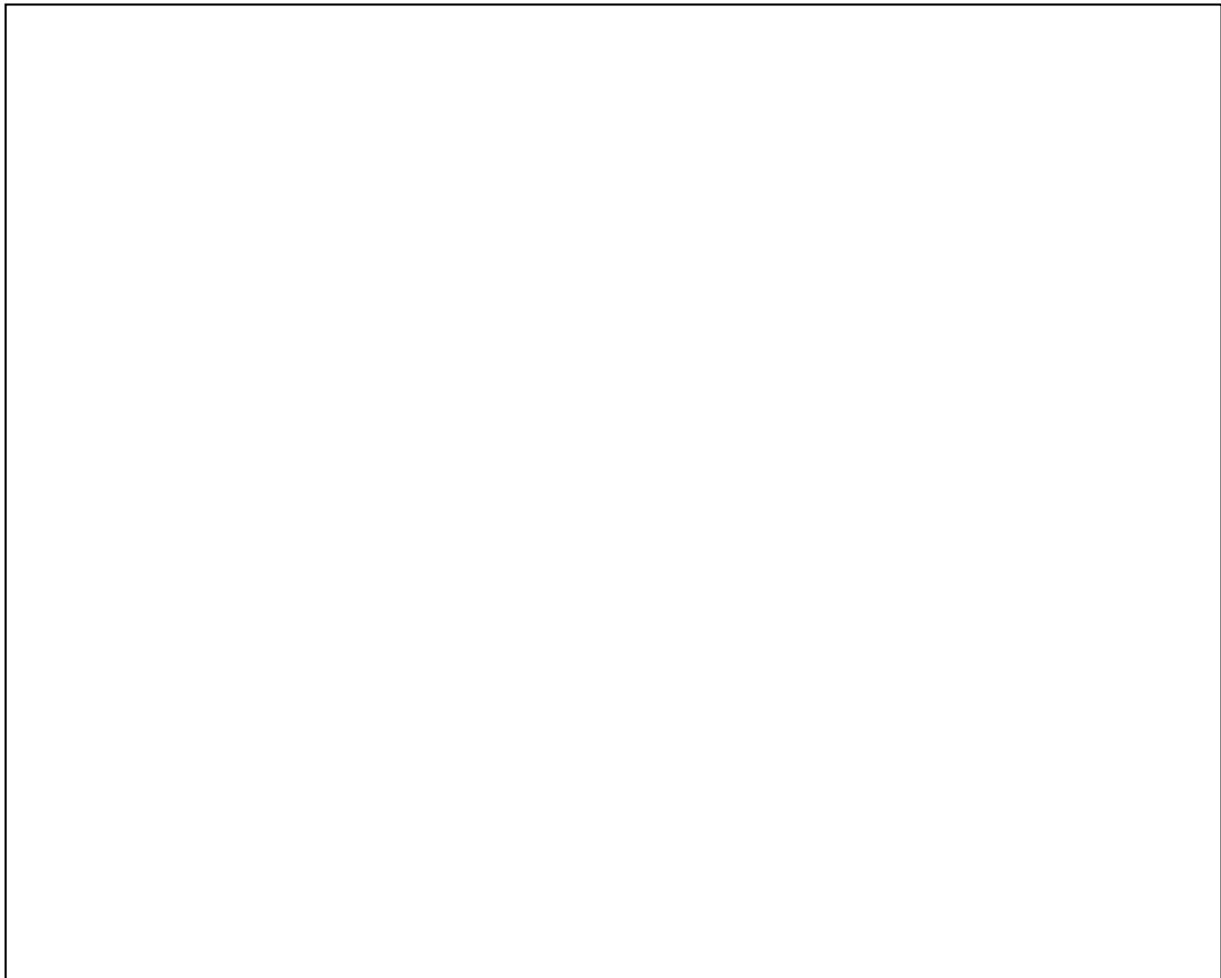
Alunos: _____

Primeira parte - Introdução ao Efeito Fotoelétrico

- Abra o simulador do Efeito Fotoelétrico no computador. A janela a seguir irá abrir:



- Selecione o metal Sódio (*sodium*);
- Mude a intensidade da luz para 30% utilizando a barra de ajustes. Esses pontos que aparecem são a representação gráfica dos elétrons.
- Faça um desenho do que se vê na tela. Identifique a fonte de luz, a superfície metálica e os elétrons.



Alunos: _____

Segunda parte - O que determina se elétrons serão ejetados da superfície?

Nessa parte da simulação, você e seu grupo devem manter a intensidade da luz em 30%.

- Inicie com uma luz com comprimento de onda grande e de forma gradual movimente a barra de ajuste até que se note elétrons se movendo na tela;
- Anote suas observações para diferentes materiais;

- O comprimento de onda de corte máximo necessário para que esses elétrons sejam ejetados se relaciona com a frequência de corte, por meio da equação

$$v = \lambda f \quad v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \rightarrow \text{velocidade da luz}$$

- Anote o comprimento de onda de corte para cada material e calcule a frequência de corte.

	Sódio	Zinco	Cobre	Platina	Cálcio	Magnésio
f_{corte} (Hz)						
λ_{corte} (m)						

- Compare as diferentes frequências de corte anotadas para cada material e elabore uma hipótese para o motivo de diferentes materiais terem frequências de corte distintas.

Alunos: _____

Terceira parte - Como podemos mudar o número de elétrons ejetados da superfície?

- Discuta com seus colegas: o que vocês acham que afeta a quantidade de elétrons ejetados da superfície? Anote suas hipóteses;

- Agora, escolha novamente o Sódio e ajuste a frequência da luz para o ultravioleta.
- Mova a barra de ajuste para a intensidade da luz e anote o que você observa.

- Ajuste a barra da frequência para o infravermelho.
- Mova a barra de ajuste para a intensidade da luz e note o que você observa.

Alunos: _____

Quarta parte - Determinando a energia cinética do elétron

- Regule a intensidade da luz para 30% e escolha o Sódio como material.
- Para cada comprimento de onda dado, mude a tensão fornecida para a bateria até encontrar o primeiro valor na qual a corrente é zero. Anote esse valor e calcule a frequência correspondente;

*o sinal negativo da tensão apenas indica a polarização da bateria, anote somente o valor absoluto.

λ (nm)	f (Hz)	V_{corte} (V)
400		
300		
200		
100		

• **Pequena explicação:**

- Note que, com esse valor, os elétrons chegam perto da placa, mas não encostam nela. Isso é importante pois o indicador nos dá a d.d.p. entre as placas e não entre o elétron em qualquer ponto e a placa;
- A diferença de potencial de corte nos indica a energia necessária para parar o elétron o mais perto possível da placa sem gerar corrente elétrica;
- Se colocarmos um valor muito alto para a d.d.p. o elétron não se aproxima da placa positiva e não temos como determinar a d.d.p. a qual ele está sujeito;
- Quando o elétron para, significa que a energia dada ao elétron é a mesma energia que o movimentava, ou seja, a energia cinética. Ela pode ser calculada da seguinte forma

$$K_{el\acute{e}tron} = eV_{corte} \tag{A.1}$$

em que $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C é a carga do elétron.

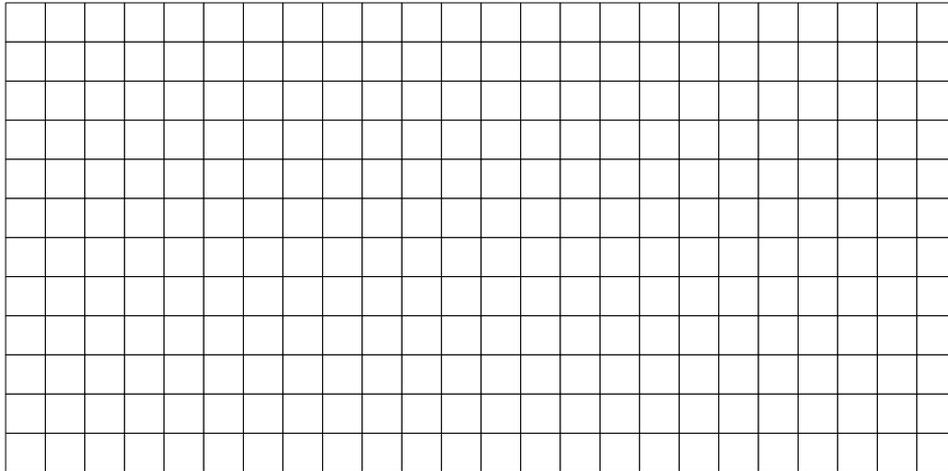
- Baseado nessas informações, calcule a energia cinética, em Joules, de cada elétron para as frequências dadas;

λ (nm)	f (Hz)	$K_{el\acute{e}tron}$ (J)
400		
300		
200		
100		

Alunos: _____

Quinta parte - Encontrando um modelo matemático para o Efeito Fotoelétrico

- Com os dados aferidos trace um gráfico $f \times K_{el\acute{e}tron}$.



- Com o gráfico em mãos e os conhecimentos matemáticos sobre equações lineares, determine qual a equação que melhor descreve seus resultados.

• Pequena explicação:

- Lembre-se a equação da reta é dada por $K_{el\acute{e}tron} = mf + n$, com m e n sendo os coeficientes angular e linear respectivamente.
- Escolha dois pares ordenados quaisquer, ou seja, dois valores para a frequência e suas respectivas energias cinéticas associadas. O coeficiente angular pode ser calculado pela equação:

$$m = \frac{K_1 - K_2}{f_1 - f_2} \quad m = \text{_____ J.s}$$

- O coeficiente linear pode ser encontrado substituindo um par ordenado qualquer e o coeficiente angular na equação da reta descrita no item anterior:

$$n = mf - K_{el\acute{e}tron} \quad n = \text{_____ J}$$

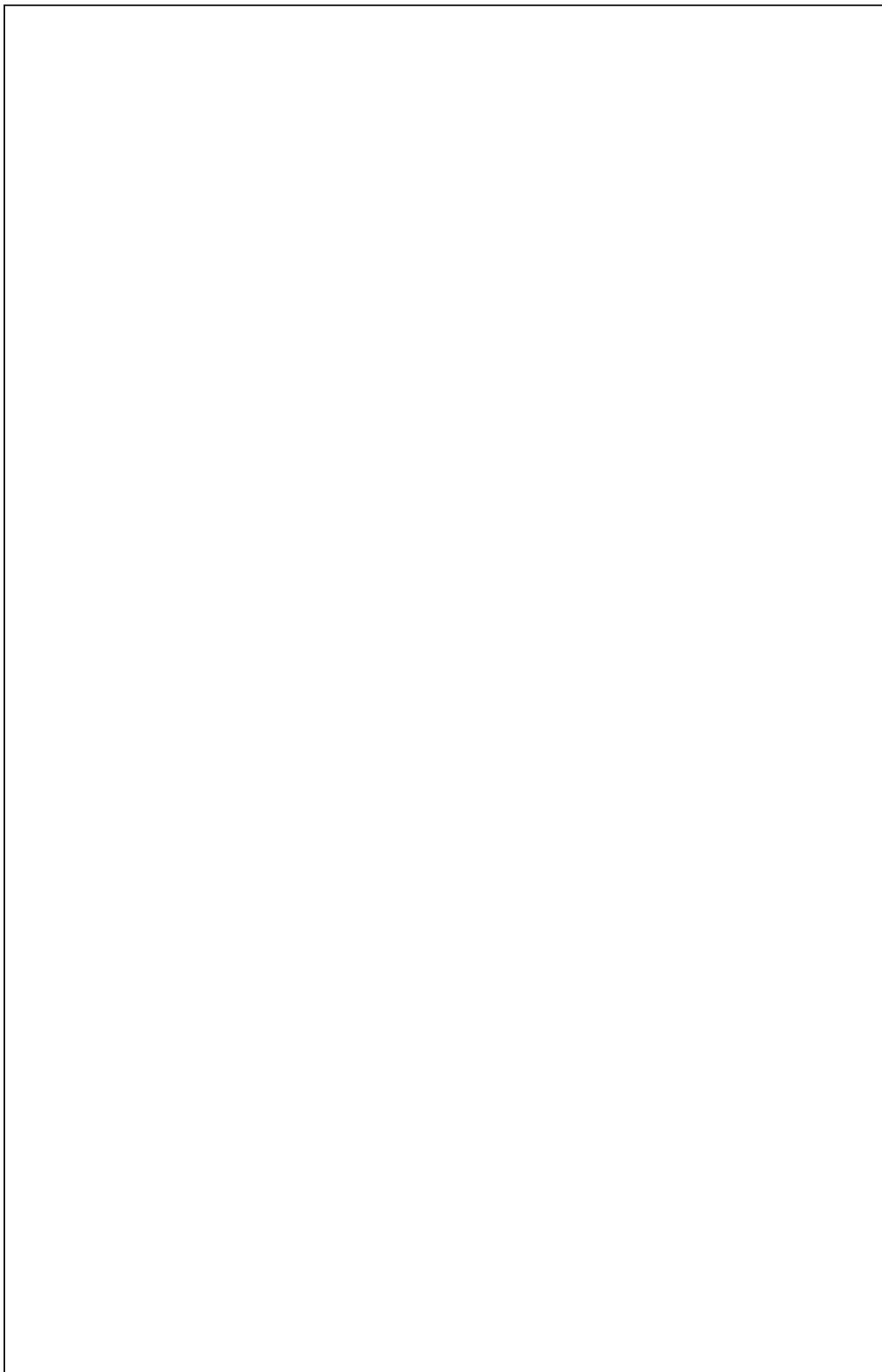
- Pesquise no *google*: constante de Planck. Anote seu valor em Js: $h = \text{_____ J.s}$;
- Consulte uma tabela no *google* e encontre a função trabalho do Sódio; $\Phi = \text{_____ J}$;
- Compare com os valores para os coeficientes lineares e angulares de cada elemento que você encontrou;
- Notou alguma semelhança? Então escreva a equação geral para o efeito fotoelétrico utilizando as variáveis $K_{el\acute{e}tron}$ para a energia cinética do elétron, f para a frequência do fóton, Φ para a função trabalho e h para a constante de Planck.

Alunos: _____

Sexta parte - Conclusão

Em poucas palavras explique o que é o efeito fotoelétrico. Inclua em seu relato como suas concepções mudaram ao utilizar o simulador. Compare as suas respostas do primeiro questionário com as observações feitas. O texto deve conter a resposta para as seguintes perguntas:

- (01) O que acontece na simulação se mudarmos a cor da luz de vermelho para azul?
- (02) Suponha que a luz vermelha não faça com que os elétrons sejam emitidos de um determinado material. Aumentar a intensidade da luz permite que esses elétrons sejam ejetados?
- (03) Qual propriedade da luz muda conforme o comprimento de luz muda?
- (04) Se o material tem uma frequência de corte alta, qual propriedade do material causa isso?
- (05) Por que diferentes metais tem função trabalho diferentes?
- (06) Qual a equação que descreve os fenômenos do efeito fotoelétrico? O que cada variável representa?



Apêndice B

Lista de exercícios sobre o Efeito Fotoelétrico

01 - (UFRS-RS) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo. O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da _____. da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação c) transformação e) propagação
b) quantização d) conversão

02 - (UFRGS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de _____ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição _____, os quanta de luz, mais tarde denominados _____.

- a) fótons - contínua - fótons d) elétrons - discreta - elétrons
b) fótons - contínua - elétrons e) elétrons - discreta - fótons
c) elétrons - contínua - fótons

03 - (UDESC-SC) Foi determinado experimentalmente que, quando se incide luz sobre uma superfície metálica, essa superfície emite elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico e foi explicado em 1905 por Albert Einstein, que ganhou em 1921 o Prêmio Nobel de Física, em decorrência desse trabalho. Durante a realização dos experimentos desenvolvidos para compreender esse efeito, foi observado que:

1. os elétrons eram emitidos imediatamente. Não havia atraso de tempo entre a incidência da luz e a emissão dos elétrons.

2. quando se aumentava a intensidade da luz incidente, o número de elétrons emitidos aumentava, mas não sua energia cinética.

3. a energia cinética do elétron emitido é dada pela equação $E_c = mv^2/2 = hf - W$, em que o termo hf é a energia cedida ao elétron pela luz, sendo h a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. O termo W é a energia que o elétron tem que adquirir para poder sair do material, e é chamado função trabalho do metal.

Considere as seguintes afirmativas:

I – Os elétrons com energia cinética zero adquiriram energia suficiente para serem arrancados do metal.

II – Assim como a intensidade da luz incidente não influencia a energia dos elétrons emitidos, a frequência da luz incidente também não modifica a energia dos elétrons.

III – O metal precisa ser aquecido por certo tempo, para que ocorra o efeito fotoelétrico.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira
- b) Todas as afirmativas são verdadeiras
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira
- d) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- e) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras

04 - (UEPB-PB) A descoberta do efeito fotoelétrico e sua explicação pelo físico Albert Einstein, em 1905, teve grande importância para a compreensão mais profunda da natureza da luz. No efeito fotoelétrico, os fotoelétrons são emitidos, de um cátodo C, com energia cinética que depende da frequência da luz incidente e são coletados pelo ânodo A, formando a corrente I mostrada. Atualmente, alguns aparelhos funcionam com base nesse efeito e um exemplo muito comum é a fotocélula utilizada na construção de circuitos elétricos para ligar/desligar as lâmpadas dos postes de rua. Considere que em um circuito foi construído conforme a figura e que o cátodo é feito de um material com função trabalho $W = 3,0$ eV (elétron-volt). Se um feixe de luz incide sobre C, então o valor de frequência f da luz para que sejam, sem qualquer outro efeito, emitidos fotoelétrons com energia cinética máxima $E_c = 3,6$ eV, em hertz, vale:

Dados: $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Js e $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J

- a) $1,6 \times 10^{15}$.
- b) $3,0 \times 10^{15}$.
- c) $3,6 \times 10^{15}$.
- d) $6,6 \times 10^{15}$.
- e) $3,2 \times 10^{15}$.

05 - (UEM) Com relação ao efeito fotoelétrico e às conclusões advindas da interpretação desse fenômeno, assinale o que for correto.

01) Para uma frequência fixa, o número de elétrons emitidos por uma placa metálica iluminada é proporcional à intensidade da radiação luminosa que incide na placa.

02) A energia das radiações eletromagnéticas é quantizada e é tanto maior quanto maior for a frequência da radiação.

04) A energia cinética dos elétrons emitidos por uma placa iluminada depende da intensidade da radiação que incide na placa.

08) A luz é formada por corpúsculos, ou quanta de luz, denominados fótons.

16) O efeito fotoelétrico pode sempre ser observado em um experimento com uma placa de alumínio cuja função trabalho é 4,1 eV, independentemente da frequência da radiação utilizada no experimento.

06 - (Unicamp) O efeito fotoelétrico, cuja descrição por Albert Einstein está completando 100 anos em 2005 (ano internacional da Física), consiste na emissão de elétrons por um metal no qual incide um feixe de luz. No processo, “pacotes” bem definidos de energia luminosa, chamados fótons, são absorvidos um a um pelos elétrons do metal. O valor da energia de cada fóton é dado por $E_{fóton} = hf$, onde $h = 4 \times 10^{-15} eV.s$ é a chamada constante de Planck e f é a frequência da luz incidente. Um elétron só é emitido do interior do metal se a energia do fóton absorvido for maior que uma energia mínima. Para os elétrons mais fracamente ligados ao metal, essa energia mínima é chamada função trabalho W e varia de metal para metal (ver a tabela a seguir).

Dados: $c = 300.000 \text{ km/s}$.

a) Calcule a energia do fóton (em eV), quando o comprimento de onda da luz incidente for $5 \times 10^{-7} \text{ m}$.

b) A luz de $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ é capaz de arrancar elétrons de quais dos metais apresentados na tabela?

c) Qual será a energia cinética de elétrons emitidos pelo potássio, se o comprimento de onda da luz incidente for $3 \times 10^{-7} \text{ m}$? Considere os elétrons mais fracamente ligados do potássio e que a diferença entre a energia do fóton absorvido e a função trabalho W é inteiramente convertida em energia cinética.

Metal	W (eV)
Césio	2,1
Potássio	2,3
Sódio	2,8

07 - (FFC) Num experimento sobre efeito fotoelétrico, considere a função de trabalho na lâmina de metal igual 6,63 eV. Nesta hipótese, a frequência de corte da radiação incidente, em Hz, é igual a

Dados: $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ e $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

- a) $1,6 \times 10^{14}$ c) $2,4 \times 10^{15}$ e) $4,39 \times 10^{15}$
 b) $1,6 \times 10^{15}$ d) $2,75 \times 10^{15}$

08 - (Fuvest-Adaptado) Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento em que radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300$ nm incide em uma placa de sódio, provocando a emissão de elétrons. Os elétrons escapam da placa de sódio com energia cinética máxima $E_c = E - W$, sendo E a energia de um fóton da radiação e W a energia mínima necessária para extrair um elétron da placa (função trabalho). A energia de cada fóton é $E = hf$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação. De acordo com a situação descrita a energia cinética máxima E_c de um elétron que escapa da placa de sódio, em eV, é de:

Dados: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m, $h = 4 \times 10^{-15}$ eV.s, $W_{\text{sódio}} = 2,3$ eV, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ J.

- a) 1,0 b) 1,2 c) 1,5 d) 1,7 e) 2,0

09 - (UEPA) Num procedimento de raios-X, um paciente é submetido a uma radiação de comprimento de onda de 0,1 nm. Esse tipo de radiação, ao penetrar no corpo humano, pode interagir com a matéria por efeito fotoelétrico. Considere que o produto da constante de Planck h pela velocidade da luz c é igual a 1240 nm.eV, sendo a carga do elétron igual a $1,6 \times 10^{-19}$ C. Sobre esse efeito, é correto afirmar que:

- a) o fóton incidente não apresenta massa de repouso e sua energia é igual a 124 eV.
 b) a energia cinética do elétron emitido depende da intensidade luminosa e da frequência da radiação incidente
 c) se o fóton incidente atingir um elétron do átomo de cálcio, cuja função trabalho é de 4,0 keV, então a energia do fotoelétron será igual a 6,4 keV.
 d) os raios-X não apresentam carga elétrica, e por isso são considerados como radiação não-ionizante.
 e) se o fóton incidente atingir um elétron do átomo de alumínio, cuja função trabalho é de 1,5 keV, o potencial de corte será igual a 10,9 kV.

10 - (ITA-SP) Num experimento que usa o efeito fotoelétrico, ilumina-se sucessivamente a superfície de um metal com luz de dois comprimentos de onda diferentes, λ_1 e λ_2 , respectivamente. Sabe-se que as velocidades máximas dos fotoelétrons emitidos são, respectivamente, v_1 e v_2 , em que $v_1 = 2v_2$. Designando c a velocidade da luz no vácuo, e h constante de Planck, pode-se, então, afirmar que a função trabalho Φ do metal é dada por:

- a) $\frac{(2\lambda_1 - \lambda_2)hc}{\lambda_1\lambda_2}$ b) $\frac{(\lambda_1 - 2\lambda_2)hc}{\lambda_1\lambda_2}$ c) $\frac{(\lambda_1 - 4\lambda_2)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$ d) $\frac{(4\lambda_1 - \lambda_2)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$ e) $\frac{(2\lambda_1 - \lambda_2)hc}{3\lambda_1\lambda_2}$

Gabarito

01 - b

02 - e

03 - a

04 - a

05 - 11

06 - a) 2,4 eV; b) A luz é capaz de arrancar elétrons do césio e do potássio, pois suas funções trabalho W são menores que 2,4 eV; c) 1,7 eV.

07 - b

08 - d

09 - e

10 - d

Apêndice C

Avaliação

Leia atentamente aos enunciados das questões. Cada problema tem valor máximo de **10 pontos**, com valor máximo total de 70 pontos. Apresente os cálculos nas questões que o exigem. Ou seja, **justifique** as questões de 04, 05 e 06. Boa prova!

01 - (UFRN) - Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- a) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- b) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- c) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- d) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

02 - (UDESC) - Analise as afirmativas abaixo, relativas à explicação do efeito fotoelétrico, tendo como base o modelo corpuscular da luz.

I – A energia dos fótons da luz incidente é transferida para os elétrons no metal de forma quantizada.

II – A energia cinética máxima dos elétrons emitidos de uma superfície metálica depende apenas da frequência da luz incidente e da função trabalho do metal.

III – Em uma superfície metálica, elétrons devem ser ejetados independentemente da frequência da luz incidente, desde que a intensidade seja alta o suficiente, pois está sendo transferida energia ao metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Todas as afirmativas são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

03 - (UFPE) - O efeito fotoelétrico, explicado por Albert Einstein em 1905, constitui um dos marcos iniciais no desenvolvimento da Física Quântica. Assinale, dentre as alternativas a seguir, a ÚNICA característica observada no efeito fotoelétrico que está de acordo com a previsão da Física Clássica, quando fotoelétrons são emitidos a partir do cátodo.

- a) A existência de uma frequência de corte da radiação incidente.
- b) O crescimento da corrente fotoelétrica com a frequência da radiação incidente.
- c) A ausência de intervalo de tempo apreciável entre a incidência de radiação no cátodo e o estabelecimento da corrente fotoelétrica.
- d) O crescimento da corrente fotoelétrica com a intensidade da radiação incidente.
- e) A dependência da energia cinética dos fotoelétrons com a frequência da radiação incidente

04 - (URCA) O chamado efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por um metal quando um feixe de luz ou radiação eletromagnética incide sobre ele. A física clássica é inadequada para explicá-lo/descrevê-lo. O físico Albert Einstein teorizou em 1905 que a luz ou qualquer radiação eletromagnética se propaga como se fosse um fluxo de “grãos” (os “quanta” ou “fótons”) o que posteriormente foi confirmado em vários laboratórios; estes fótons são partículas energéticas sem massa cada qual com uma energia $E = hf$, onde h é uma constante universal (a constante de Planck) e f é a frequência da radiação correspondente. Suponha que dois feixes de radiação, I e II , com frequências $f(I)$ e $f(II)$ respectivamente incidem num metal e são absorvidos totalmente por ele, que emite então os “fotoelétrons”. Seja $E(I)$ a energia de cada fóton do feixe I e $E(II)$ a energia de cada fóton do feixe II . Se $f(I) = 2f(II)$, então:

- a) $E(I) = E(II)$.
- b) $E(I) = 2E(II)$.
- c) $E(I) = 3E(II)$.
- d) $E(I) = 4E(II)$.
- e) $E(I) = 5E(II)$.

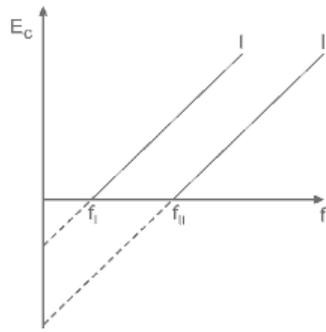
05 - A função trabalho do tungstênio é 4,5 eV. Calcule a velocidade do mais rápido fotoelétron emitido para fótons incidentes de 5,8 eV.

06 - Uma placa de sódio possui função trabalho de 2,3 eV, a frequência mínima da radiação incidente para que ocorra o efeito fotoelétrico, em Hz, é de:

Dado: $h = 4 \times 10^{-15}$ eV.s

- (a) $1,35 \times 10^{14}$
- (b) $2,45 \times 10^{14}$
- (c) $3,55 \times 10^{14}$
- (d) $4,65 \times 10^{14}$
- (e) $5,75 \times 10^{14}$

07 - O gráfico abaixo mostra a energia cinética de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II , em função da frequência da radiação eletromagnética incidente.



Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

I. Para $f > f(II)$ a E_c dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I .

II. O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I .

III. A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck, h .

Quais estão corretas?

a) Apenas I.

c) Apenas III.

e) I, II e III.

b) Apenas II.

d) Apenas II e III.

Gabarito

01 - b

02 - e

03 - e

04 - b

05 - 676 km/s

06 - e

07 - d

Bibliografia

- [1] M. da Costa, A. H. Macedo, and I. de Lourdes Batista, “Pesquisas nacionais a respeito de experimentos históricos: Uma revisão de literatura,” *XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - XII ENPEC*, 2019.
- [2] I. S. Araujo and E. A. Veit, “Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física,” *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 4, no. 3, 2004.
- [3] A. Zabala, *A prática educativa : Como ensinar*. ARTMED EDITORA S.A., 1ª ed.
- [4] S. L. Vieira, “A educação nas constituições brasileiras: texto e contexto,” *R. bras. Est. pedag.*, vol. 88, no. 219, 2007.
- [5] F. Rezende, “As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista,” *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 02, no. 1, 2002.
- [6] V. Petrova-Koch, R. Hezel, and A. Goetzberger, “High-efficient low-cost photovoltaics: Recent developments.,” *Springer*, 2009.
- [7] Bloch and Eugene, “Recent developments in electromagnetism,” *Annual Report Of The Board Of Regents Of The Smithsonian Institution. Washington, DC: Smithsonian Institution*, 1913.
- [8] “The nobel prize in physics,” *Nobel Foundation*, Retrieved 2015-03-29, 1923.
- [9] H. Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica-Ótica, Relatividade, Física Quântica-Vol. 4*. Blucher.
- [10] Disponível em: <https://www.britannica.com/science/photoelectric-effect/Applications>, página visitada em 10 de Janeiro de 2022. Acesso às 10:31.
- [11] Disponível em: http://web2.uwindsor.ca/courses/physics/high_schools/2005/Photo_electriceffect/applications.html, página visitada em 10 de Janeiro de 2022. Acesso às 10:40.
- [12] Disponível em: <https://www.vedantu.com/question-answer/photoelectric-effect-used-in-everyday-l-class-11-chemistry-cbse-60118dec63ac962acb6df9e9>, página visitada em 10 de Janeiro de 2022. Acesso às 10:50.
- [13] T. J. Stubbs, R. R. Vondrak, and W. M. Farrell, “A dynamic fountain model for lunar dust,” *Advances in Space Research*, vol. 37, no. 59–66, 2006.

- [14] S. T. Lai, “Fundamentals of spacecraft charging: Spacecraft interactions with space plasmas (illustrated ed.),” *Princeton University Press*, pp. 1–6, 201.
- [15] “Spacecraft charging,” *Arizona State University*.
- [16] R. W. Burns, “Television: An international history of the formative years, iet,” 1998.
- [17] Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IA0wLIDNBUs>, página visitada em 11 de Janeiro de 2022. Acesso às 15:09.
- [18] T. J. Stubbs, R. R. Vondrak, and W. M. Farrell, “A dynamic fountain model for lunar dust,” *Advances in Space Research*, vol. 37, no. 1, 2006.
- [19] J. M. Morán, “O vídeo na sala de aula,” *Comunicação & Educação*, no. 2, pp. 27–35, 1995.