

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PROCESSOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS  
UNIVERSIDADE DE SOROCABA - UNISO**

**RELATÓRIO TÉCNICO 01/2021**



**PLANO DE AULA: EFEITO FOTOELÉTRICO**

**GRAZIELE BEZERRA SANTOS  
NORBERTO ARANHA**

## Apresentação

Este trabalho não pretende ser um “roteiro de aula” fechado, onde o professor segue passo a passo as orientações. Ao contrário, a proposta tem como finalidade auxiliar o professor na preparação de suas aulas de física, apresentando algumas metodologias ativas e ferramentas tecnológicas disponíveis na internet, que podem ser utilizadas nas suas aulas das formas mais diversas possíveis.

Antes de iniciar uma disciplina ou módulo, o professor deve estar ciente do que ensinar e quais habilidades e competências os alunos precisam alcançar nesse período letivo. Para isso é importante desenvolver um bom plano de ensino contemplando o que deve ser trabalhado no semestre, aliado a um plano de aula, especificando qual método de ensino e quais atividades serão desenvolvidas em um número pré-definido de aulas.

Muitas vezes desenvolver um plano de aula não é uma tarefa fácil, porque todas as etapas devem ser preenchidas de modo que se completem. Este trabalho apresenta um plano de aula sobre o tema “efeito fotoelétrico”, sendo este um objeto de estudo da física moderna, contendo um exemplo de aplicação de metodologias ativas de ensino junto a recursos tecnológicos, e exemplos de questões classificadas de acordo a taxonomia de Bloom revisada, com o propósito de facilitar o processo de ensino e aprendizagem.



## Conteúdo

Plano de Aula.....	3
Metodologias Ativas.....	5
Modelo de Plano de Aula.....	8
Taxonomia de Bloom Revisada.....	17
Questões Classificadas Segundo a Taxonomia de Bloom.....	20
Referências.....	34

## Plano de Aula

A primeira etapa no processo de ensino e aprendizagem é o planejamento, onde o docente desenvolve um plano de ensino definindo os objetivos de aprendizagem que os discentes deverão alcançar. O plano de ensino estabelece de forma abrangente o que será trabalhado durante o período de ensino que pode ser módulo ou semestre, constando todos os requisitos para a conclusão de determinada etapa ou conteúdo, sem deixar de lado os conhecimentos prévios de cada aluno (TAKAHASHI, FERNANDES; 2004).

A partir do plano de ensino o professor pode começar a desenvolver o plano de aula, sendo este um novo documento que detalha os objetivos gerais, objetivos específicos e os conteúdos definidos anteriormente no plano de ensino.

No plano de aula o professor vai detalhar uma situação didática concreta. Segundo Libâneo (1990) o plano de aula também tem como objetivo o aprimoramento:

*A preparação de aulas é uma tarefa indispensável e, assim como o plano de ensino, deve resultar num documento escrito que servirá não só para orientar as ações do professor como também para possibilitar constantes revisões e aprimoramento de ano para ano. Em todas as profissões o aprimoramento profissional depende da acumulação de experiências conjugando a prática e a reflexão criteriosa sobre ela, tendo em vista uma prática constantemente transformada para melhor (LIBÂNEO, 1990, p. 237).*

Um plano de aula contempla a descrição dos conteúdos, a sequência didática e os objetivos de uma quantidade definida de aulas, sendo uma ferramenta de auxílio e orientação para o docente, com uma progressão que prioriza a aprendizagem do aluno e não somente a disposição dos conteúdos propostos na emenda de ensino. Zabala (p. 18, 1998) define sequência didática como um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”.

Todo plano de aula segue algumas etapas importantes que auxiliam o docente na organização de suas aulas. Segundo Spudeit (2014), as etapas que um plano de aula deve contemplar são:

- **Tema:** O tema corresponde ao assunto que será trabalhado.
- **Objetivo:** Indica o que o estudante precisa aprender, junto das habilidades e competências que ele deverá alcançar ao concluir o aprendizado do tema em questão.

Habilidade: Está relacionada a capacidade de fazer algo, como analisar, correlacionar dados, compreender fatos (MORETTO, 2007).

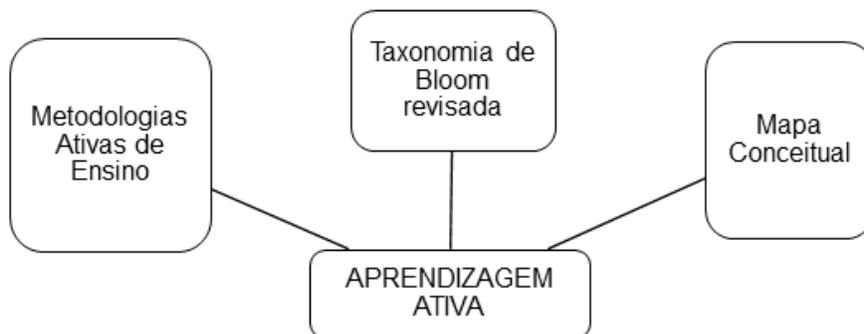
Competência: É um conjunto de habilidades desenvolvidas, quando o indivíduo adquiriu a competência de exercer uma função (MORETTO, 2007).

- **Conteúdo:** O conteúdo contempla o tema escolhido assim como os objetivos de aprendizagem, sendo também coerente com a quantidade de aulas estipuladas para trabalhar o tema escolhido.
- **Metodologia:** A metodologia diz respeito ao método que o professor vai utilizar para ensinar seus alunos, os recursos que vão ser utilizados nas aulas, como: livros, textos, pesquisas, tecnologia, resolução de problemas e projetos, entre outros.
- **Recursos didáticos:** Os recursos didáticos são: internet, bibliotecas virtuais e físicas, videoaulas, aplicativos, simuladores, dentre outros.
- **Cronograma:** O cronograma é desenvolvido de acordo com o conteúdo programado, levando em consideração o tempo de aprendizado dos estudantes e os recursos disponíveis para o desenvolvimento da aula planejada.
- **Avaliação:** A avaliação faz parte de todo o processo de aprendizagem e não apenas de um momento específico conhecido como prova ou teste. As formas de avaliação mais conhecidas atualmente são: *avaliação somativa*, que procura identificar o desempenho de cada aluno para poder aprová-lo de acordo com o seu rendimento, e a *avaliação formativa*, que acompanha o processo de ensino e aprendizagem constantemente, mediante a observação dos resultados obtidos pelos alunos (OLIVEIRA et al., 2007).
- **Referência:** As referências são as fontes de pesquisa utilizadas pelo professor para montar sua aula.

## Metodologias Ativas

Este material apresenta um plano de aula que prioriza a aprendizagem ativa, em que o discente adquire o hábito de estudar e aprender de forma autônoma dinâmica e eficiente. Neste contexto, serão apresentados um conjunto de recursos focados na aprendizagem ativa, como ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de ferramentas ativas.



Este exemplo de plano de aula é estruturado de acordo com as metodologias ativas de ensino, que consiste em uma estratégia de ensino e aprendizagem utilizada para estimular a proatividade dos estudantes durante a aula presencial, e nos estudos que ocorrem fora do ambiente escolar.

Existem várias metodologias ativas, cada uma apresenta uma forma própria de aplicação. Neste caso as metodologias ativas indicadas para estudo são: TBL (Aprendizagem Baseada em Equipes); PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas); *Peer Instruction*; *Just in Time Teaching*; Sala de Aula Invertida; Problematização; e Aprendizagem Baseada em Projetos.

Cada uma dessas metodologias apresentam uma sequência que o professor tem a alternativa de seguir exatamente cada parte, como também, tem a opção de adaptar suas etapas, levando em consideração qual o aprendizado esperado para o final da aula, assim como o perfil dos estudantes, e os recursos disponíveis no momento.

Uma característica que a maioria das metodologias ativas em tem comum, é a valorização dos estudos prévios à aula presencial, fazendo com que os alunos iniciem as aulas em que o professor vai abordar um conteúdo novo, com um conhecimento básico do que será estudado, não deixando apenas a cargo do professor a total responsabilidade de explanar todo o ensinamento para o aluno.

Alguns dos recursos facilitadores dos estudos prévios são: vídeos com os conteúdos próprios para as aulas, muitas vezes desenvolvidos por outros professores; aplicativos que simulam fenômenos físicos, químicos e biológicos, ou ações que ocorrem no

laboratório de ensino; e ferramentas de organização de conceitos e ideias como os aplicativos específicos para o desenvolvimento de mapas conceituais.

Ao utilizar de ambientes virtuais que facilitam a busca por conteúdo, a distribuição de artigos e textos aos alunos por parte do professor para os estudos prévios a aula presencial ocorre uma expansão do ambiente de ensino, pois o que antes seria feito em sala de aula, como a apresentação dos primeiros conceitos do tema, agora pode ser feito em casa. Já os exercícios que requerem maior auxílio do professor nas suas resoluções e que geralmente ficam para lição de casa, agora podem ser feitos em sala com o auxílio mais efetivo do professor e também dos colegas.

Esse sistema conectado de ensino onde o ensino tradicional se mistura com o ensino ativo e, o aluno passa a ter um controle sobre seu tempo de estudos, mas que também está sob a supervisão de um professor, recebe o nome de ensino híbrido ou *blended*, a descrição que Christensen, Horn e Staker (2013) fazem sobre o ensino híbrido é:

*O ensino híbrido é um programa de educação formal no qual um aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino online, com algum elemento de controle do estudante sobre o tempo, lugar, modo e/ou ritmo do estudo, e pelo menos em parte em uma localidade física supervisionada, fora de sua residência. (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013, p. 7).*

O ensino híbrido é uma opção sustentada de conciliar o ensino tradicional com inovações voltadas a aprendizagem ativa, onde o professor pode incorporar em suas aulas projetos, desafios, aprendizagem por games, simuladores, utilizando também conhecimentos interdisciplinares para solucionar as atividades.

Toda e qualquer alteração que o professor for realizar em sua aula deve ser apresentada no plano de aula.

Sobre as metodologias ativas, as avaliações também podem ocorrer em vários momentos, durante um *feedback*, durante a solução de um problema ou no desenvolvimento de um projeto.

As metodologias ativas apresentam várias oportunidades para o professor avaliar os alunos de formas bem semelhantes às avaliações formativas. A tabela 1 apresenta a forma de avaliação de cada metodologia ativa.

Tabela 1 - Metodologias ativas e formas de avaliação

<b>Metodologia Ativa</b>	<b>Forma de Avaliação</b>
<b>TBL-</b> Aprendizagem Baseada em Equipes	<i>Cartão de avaliação imediata; avaliação em pares.</i>
<b>PBL-</b> Aprendizagem Baseada em Problemas	<i>Tutor avalia o desempenho dos alunos individualmente e em grupo.</i>
<b>Peer Instruction</b>	<i>Fluxograma desenvolvido pelo professor de porcentagem de acertos dos alunos.</i>
<b>Just in Time Teaching</b>	<i>Solução de questões baseadas no tema estudado.</i>
<b>Sala de Aula Invertida</b>	<i>Solução de problemas; projetos; laboratório e discussão em equipes.</i>
<b>Problematização</b>	<i>Solução do problema proposto para estudo.</i>
<b>Aprendizagem Baseada em Projetos</b>	<i>A avaliação ocorre durante o desenvolvimento do projeto, junto com a sua finalização.</i>

## Modelo de Plano de Aula

Este plano de aula sobre o tema “efeito fotoelétrico”, contempla a aplicação de metodologias ativas de ensino junto a recursos tecnológicos e exemplos de questões classificadas de acordo a taxonomia de Bloom revisada, com o propósito de facilitar o ensino e aprendizagem.

Diferentes metodologias de ensino, recursos didáticos e ferramentas estão à disposição do professor para que ele monte da forma mais adequada seu plano de aula.

A Figura 2 apresenta o mapa conceitual “plano de aula e seus componentes” conectando as metodologias ativas de ensino utilizadas para planejar a estrutura da aula, como serão aplicadas as atividades, fazendo a ligação com a Taxonomia de Bloom revisada e os recursos tecnológicos: videoaula, simuladores de fenômenos e aplicativos utilizados para aplicar e corrigir as questões.

Neste exemplo de plano de aula as atividades são colocadas conforme os objetivos de aprendizado que eles devem alcançar. Para o professor compartilhar de forma adequada e no momento ideal os problemas e questões que trabalham os objetivos solicitados durante a aprendizagem, foi empregada a Taxonomia de Bloom revisada, que é utilizada para classificar os problemas referentes aos conteúdos abordados, trabalhando os exercícios conforme o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

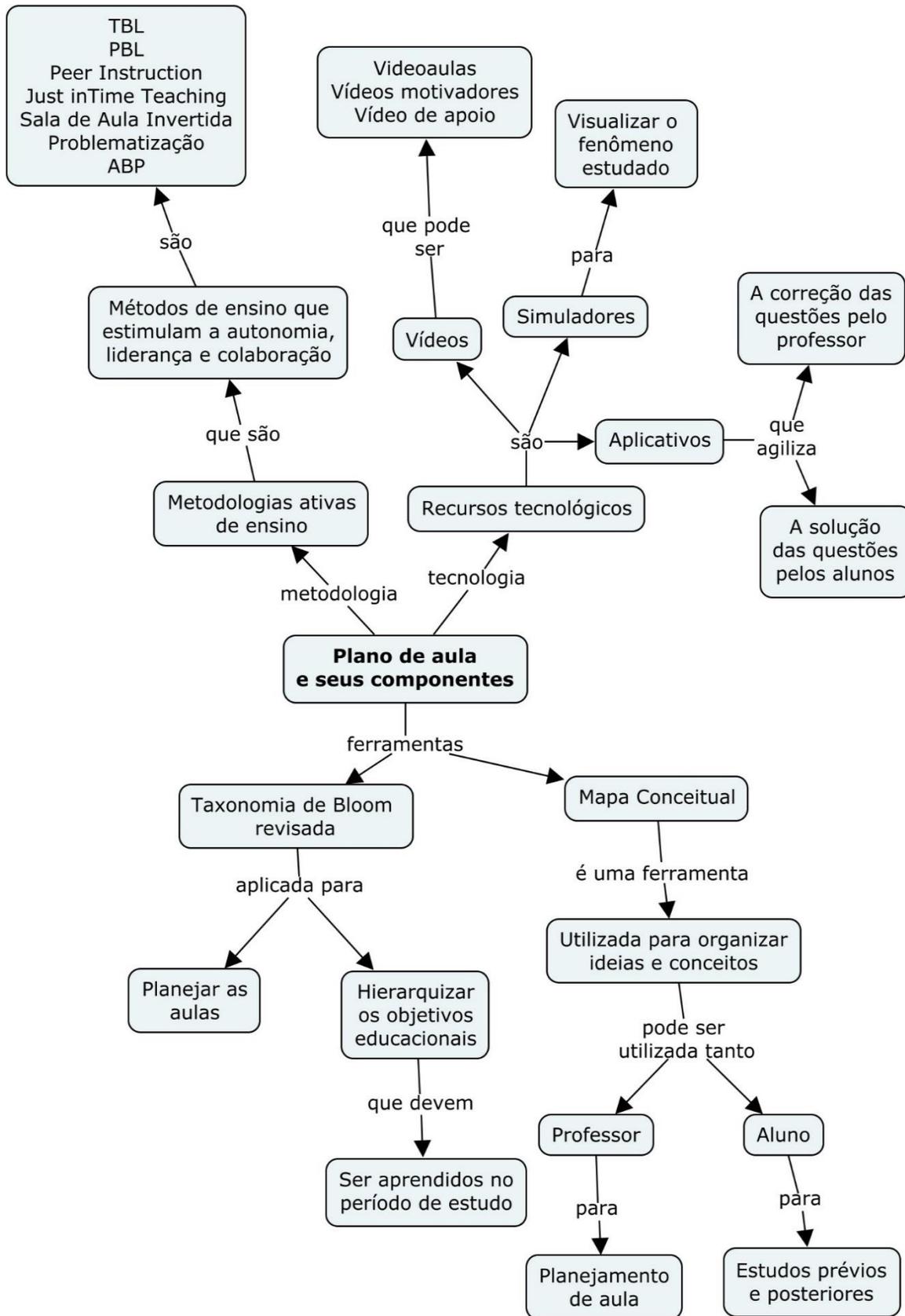
As metodologias ativas propostas estabelecem o processo utilizado para a aplicação das questões como também a sua forma de correção junto a análise do desenvolvimento dos estudantes.

Para estruturar o aprendizado e facilitar a visualização do conteúdo estudado e aprendido, o aluno deverá constantemente alimentar o mapa conceitual solicitado no início dos estudos referente ao tema trabalhado.

O Modelo de Plano de Aula proposto é sobre o efeito fotoelétrico, um dos conceitos que fazem parte da Física Moderna, e contempla os seguintes tópicos:

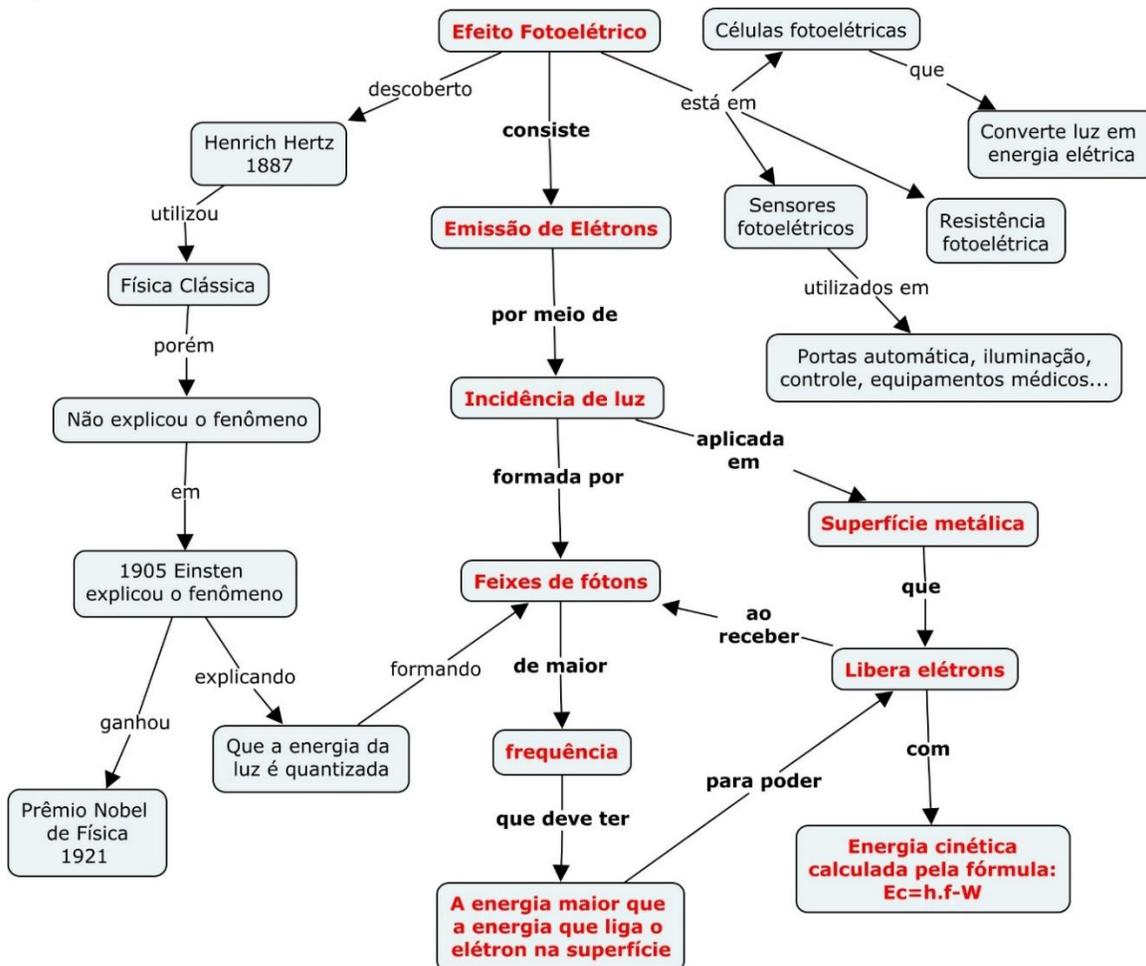
1. Tema
2. Objetivos
3. Conteúdo
4. Metodologia
5. Recursos didáticos
6. Cronograma
7. Forma de avaliação

Figura 2 – Mapa Conceitual sobre o plano de aula e seus componentes



1. **TEMA:** Efeito fotoelétrico.
2. **OBJETIVOS:** Ao final das aulas o aluno deve ter adquirido conhecimento sobre os conceitos destacados no mapa conceitual da Figura 3, sobre efeito fotoelétrico.

Figura 3 - Mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico



Ao final o estudante deve demonstrar a aquisição das seguintes habilidades e competências:

#### HABILIDADES:

- Compreender o fenômeno do efeito fotoelétrico;
- Compreender a “função trabalho” dos metais;
- Compreender o comportamento ondulatório e o corpuscular da luz;
- Compreender os conceitos de fóton e de quantum;
- Compreender os conceitos sobre frequência e intensidade;
- Saber calcular a energia de um quantum.

### COMPETÊNCIAS:

- Estruturar o aprendizado em um mapa conceitual;
- Reproduzir o que aprendeu com suas palavras;
- Solucionar questões dos diferentes tipos de estruturas;
- Relacionar as habilidades adquiridas sobre o fenômeno a situações reais e aplicações tecnológicas.

3. **CONTEÚDO:** O material disponível para estudo prévio é indicado por meio dos links de acesso, que direcionam para vídeos e páginas referentes ao tema efeito fotoelétrico.

A seguir os links referentes às vídeo aulas com explicações mais elaboradas sobre o fenômeno, em que o discente pode assistir previamente à aula presencial. Os vídeos indicados para estudo estão disponíveis no site de compartilhamento de vídeos conhecido por *Youtube*<sup>1</sup>.

O primeiro vídeo com o título Efeito Fotoelétrico de Nonato Reis<sup>2</sup> apresenta uma explicação composta por animação que permite uma compreensão visual do funcionamento do efeito fotoelétrico, e um exemplo de exercício para fixação.

O segundo vídeo Física Moderna – Aula 19: Efeito Fotoelétrico<sup>3</sup> do professor Dr. Vanderlei S. Bagnato, do Instituto de Física de São Carlos (Universidade de São Paulo), foi desenvolvido com características de uma aula presencial, em que o tema “efeito fotoelétrico” é explicado por meio de demonstrações escritas em um quadro branco.

Os vídeos mais curtos podem ser utilizados como vídeos de motivação, que trarão o conhecimento base do fenômeno e estimularão as pesquisas sobre o conteúdo.

---

<sup>1</sup> YOUTUBE. Disponível em: <<https://www.youtube.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>2</sup> EFEITO FOTOELÉTRICO. Nonato Reis. Física Fácil Assim. **Youtube**. Publicado em: 13 dez. 2013. 30min38s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7ZuOKgy6hzc>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>3</sup> FÍSICA MODERNA – AULA 19: EFEITO FOTOELÉTRICO. Vanderlei S. Bagnato. Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica - CePOF. **Youtube**. Publicado em: 7 mai. 2016. 42min47s. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=VGTPC\\_n3N-Q](https://www.youtube.com/watch?v=VGTPC_n3N-Q)>. Acesso em: 25 ago. 2018.

Os vídeos selecionados dos seguintes canais no Youtube: Ciência Todo Dia<sup>4</sup>, Atech-Info<sup>5</sup>, Licenciatura em Física – IFSC Araranguá<sup>6</sup> e Felipe Numagire<sup>7</sup>, apresentam algumas características como imagens ilustrativas sobre o tema, introdução à história da descoberta do fenômeno estudado e exemplos de aplicações reais do efeito fotoelétrico.

Todos esses vídeos podem ser utilizados com metodologias que praticam o estudo prévio à aula. As videoaulas são adequadas por possuírem um período mais longo de explicação, que se assemelha a uma aula presencial com a narrativa de um professor, e algumas com uma diversidade maior de ilustração durante a apresentação, fator que facilita a compreensão do aluno.

Os vídeos motivacionais que são mais breves, porém focados no conceito principal do tema trabalho, estimulam a pesquisa para expandir e concretizar as informações apresentadas no vídeo. O trabalho prévio com vídeos é importante, pois o tempo de sala de aula que seria trabalhado com explanação de informações básicas ou mesmo visualização de videoaulas em sala de aula é utilizado para o trabalho de discussão dos conceitos e exercícios de aplicação.

Aproveitando a quantidade de materiais disponíveis na internet provenientes de fontes confiáveis, o professor também pode disponibilizar links com textos adequados para estudos. Alguns exemplos de páginas desenvolvidas por universidades e institutos de pesquisa, como a UFRGS, dispõe de dois sites distintos

---

<sup>4</sup> O EFEITO FOTOELÉTRICO EXPLICADO. Ciência Todo Dia. **Youtube**. Publicado em: 18 mai. 2018. 8min02s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=USGENeYkBd4>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>5</sup> O QUE É O EFEITO FOTOELÉTRICO?. Atech- Info. **Youtube**. Publicado em: 13 set. 2017. 4min16s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kjZE8fBduTE>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>6</sup> O EFEITO FOTOELÉTRICO HISTÓRIA E APLICAÇÕES. Licenciatura em Física - IFSC Araranguá. **Youtube**. Publicado em: 21 mar. 2016. 4min55s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IA0wLIDNBUs&t=3s>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>7</sup> EFEITO FOTOELÉTRICO. Felipe Numagire. **Youtube**. Publicado em: 1 jun. 2013. 10min13s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DWgeFaA2BAY>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

que tratam do mesmo tema: Física Moderna - Efeito Fotoelétrico<sup>8</sup>; Radiação e Matéria- Efeito Fotoelétrico<sup>9</sup>, e outro desenvolvido pela UNICAMP<sup>10</sup>.

Os materiais físicos como os livros disponíveis nas bibliotecas, ou mesmo *on-line*, podem ser indicados aos alunos por meio de referências bibliográficas. No caso do plano desta aula sobre efeito fotoelétrico, são indicados os livros dos autores (SERWAY; JEWETT JR, 2004<sup>11</sup>; CUTNELL; JOHNSON, 2006<sup>12</sup>; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012<sup>13</sup>; YOUNG; FREEDMAN, 2016<sup>14</sup>) que tratam do assunto estudado nos volumes que trabalham a física moderna.

4. **METODOLOGIA:** A técnica utilizada no primeiro momento será a de estudo prévio, etapa aplicada em metodologias como o TBL, Sala Invertida, *Peer Instruction* e *Just in Time Teaching*, disponibilizando aos estudantes videoaulas, sites sobre o tema e bibliografias para pesquisa.

O aluno deverá construir um mapa conceitual no início dos estudos, fazendo com que organize as informações e comece a estruturar seu aprendizado. Nesse momento, despertam as dúvidas que em sala de aula serão esclarecidas por meio da explicação do professor ou da discussão entre a equipe, enriquecendo assim o aprendizado. O mapa conceitual também deve ser complementado no decorrer da aula e ao término do conteúdo, pois trabalha com a aprendizagem acumulativa, permitindo a alteração constante de informação.

A aplicação de testes e problemas aos alunos acontece em sala de aula. Como exemplo da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), os estudantes formarão grupos desde o início da aula presencial, proporcionando a discussão e o auxílio desde o primeiro momento. A correção das questões pode acontecer por meio de

---

<sup>8</sup> UFRGS. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m\\_s01.html](https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html)>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>9</sup> UFRGS. Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm](https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq_XX_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>10</sup> LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA. Instituto de Física “Gleb Wataghin”. Unicamp. Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/lfmoderna/conteudos/efeito-fotoeletrico/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

<sup>11</sup> SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. Princípios de Física: Óptica e Física Moderna, vol. 4. São Paulo, 2004.

<sup>12</sup> CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W. Física. V3. 2006.

<sup>13</sup> HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Volume 4: Óptica e Física Moderna. 9. ed. 2012.

<sup>14</sup> YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: ótica e física moderna – 10. ed. 2016.

aplicativos de correção instantânea ou cartões com as respectivas letras das alternativas, caso a questão seja teste.

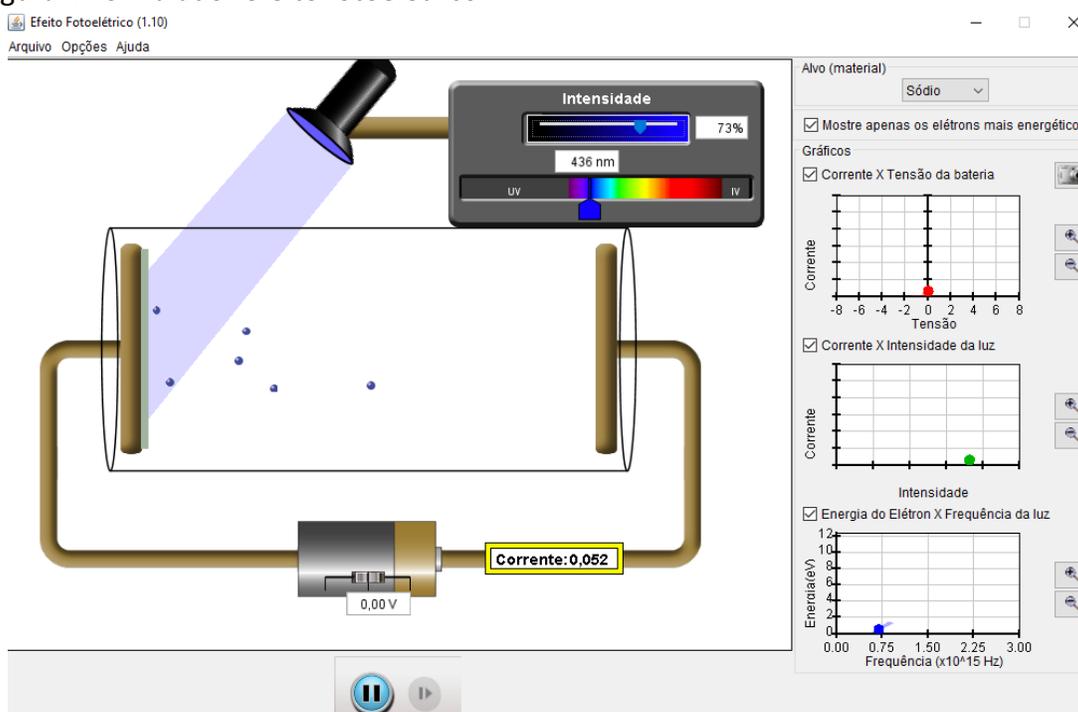
## 5. RECURSOS DIDÁTICOS:

Videoaulas: são disponíveis na internet e previamente escolhidas pelo professor.

Cmap Tools: é um aplicativo disponível no site Cmap<sup>15</sup> para desenvolver os Mapas Conceituais.

Simulador: o simulador destacado na figura 4 encontra-se no site Phet Interactive Simulations, referente à tela da simulação do efeito fotoelétrico.

Figura 4 - Simulador efeito fotoelétrico



Este simulador permite a alteração dos seguintes parâmetros: tipo de material da placa, intensidade da luz, comprimento de onda e a tensão elétrica da bateria que se encontra entre as placas. No simulador também é possível visualizar os gráficos referentes à corrente *versus* tensão da bateria, corrente *versus* intensidade da luz, e energia do elétron *versus* frequência da luz (SILVA, 2015).

<sup>15</sup> CMAP TOOLS. Cmap. Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

Silva (2015)<sup>16</sup> desenvolveu um projeto que consiste em um roteiro de aula que contempla a utilização do simulador, juntamente com um manual de aplicação ao docente.

6. **Cronograma:** Fica a critério de o professor identificar o período necessário para aplicação do conteúdo, levando em consideração a disponibilidade de aulas, o perfil cognitivo dos alunos e os recursos tecnológicos disponíveis.
  
7. **Forma de avaliação:** A avaliação é baseada na metodologia de ensino utilizada para desenvolvimento da aula e das atividades. O processo aplicado é o de estudo prévio, em que o discente recebe as indicações dos materiais por meio de links direcionais e bibliografias para pesquisa.

A forma de avaliação escolhida como exemplo é baseada na metodologia *Peer Instruction*, que emprega um fluxograma de etapas de aprendizagem apresentado na figura 5, e de acordo com os percentuais de acertos alcançados pelos alunos, o professor pode verificar se é possível prosseguir com o conteúdo ou retomar o mesmo assunto com outro modo de explicação.

O fluxograma das etapas de aprendizagem apresentado na figura 5 estabelece três níveis de acertos. Quando o percentual de acertos da classe é menor que 30% significa que a maioria dos alunos não compreendeu os conceitos corretamente, neste caso o professor deve retomar o conteúdo do teste com uma nova abordagem.

Quando a quantidade de acertos se encontra entre 30% e 70%, realiza-se uma breve discussão em grupo sobre o conteúdo e uma nova sequência de questões deve ser proposta.

Se o resultado de acerto da classe for superior à 70% o professor faz uma breve explicação do conteúdo de forma que seja possível prosseguir com a aula.

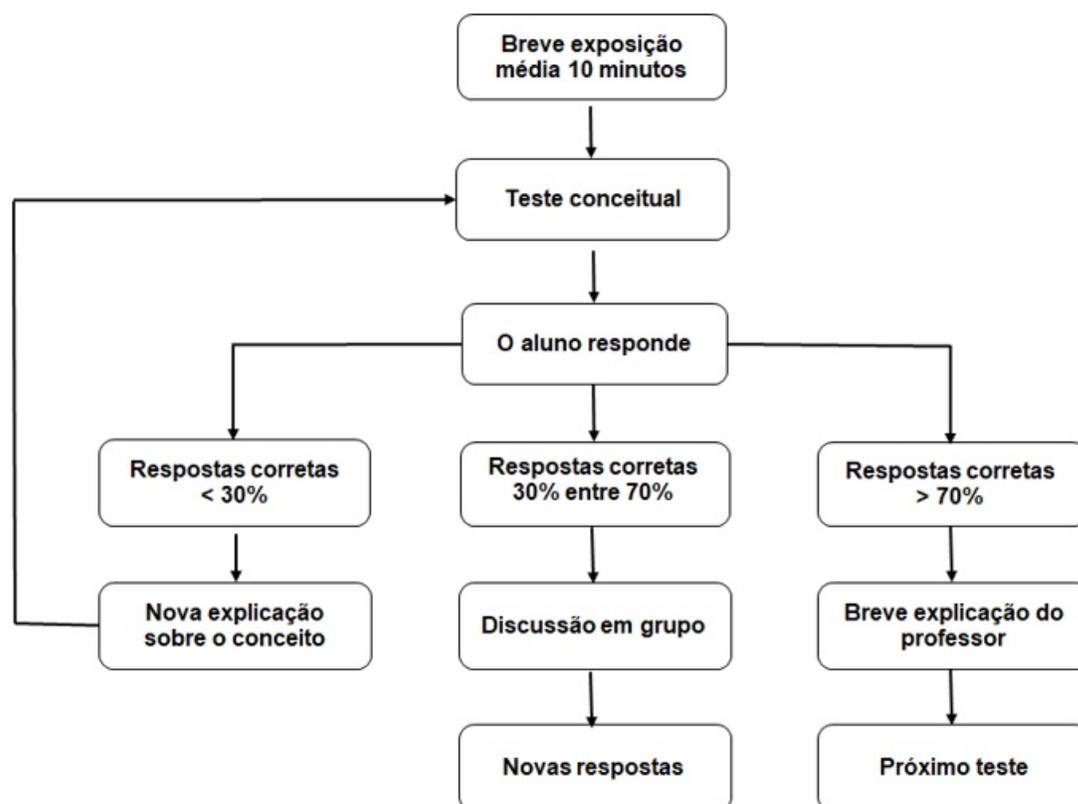
Após a leitura individual dos materiais indicados aos estudantes, a próxima etapa é o encontro na sala de aula, que contará com uma breve apresentação do professor aos alunos sobre o conteúdo que eles estudaram previamente e, em seguida, a disponibilização das questões, que acontece em grupos.

---

<sup>16</sup> SILVA, R. M. Sequência didática multimídia para o ensino do efeito fotoelétrico. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/4433>>. Volta Redonda- RJ. MNPEF. 2015. Acesso em 28 ago. 2018.

O professor deve escolher qual a melhor opção de material que será desenvolvido em sala de aula. Para o estudo prévio pode-se disponibilizar tanto videoaula como também leitura de texto; já em sala de aula o simulador pode ser utilizado para discutir o fenômeno e explorar os seus parâmetros, podendo ser utilizado tanto em grupo como individual.

Figura 5 - Fluxograma das etapas de aprendizagem utilizando *Peer Instruction*.



Fonte: Fluxograma do *Peer Instruction* (MAZUR, 2015).

Como o *Peer Instruction* usa teste como método de avaliação, uma forma rápida e eficaz de saber se os alunos aprenderam o conceito é fazer uso de aplicativos de correção instantâneos disponíveis na internet<sup>17</sup>, como por exemplo, o *Socrative*<sup>18</sup>

<sup>17</sup> <https://www.universia.net/br/actualidad/orientacao-academica/14-aplicativos-professores-elaborarem-questionarios-1097184.html>

<sup>18</sup> <https://www.socrative.com/>

## Taxonomia de Bloom Modificada

Para o docente organizar as questões que serão propostas aos discentes de acordo com os objetivos de aprendizagem definidos no plano de aula, é proposta a utilização da Taxonomia de Bloom revisada como ferramenta de hierarquização de objetivos educacionais<sup>19</sup>.

A Taxonomia de Bloom revisada é utilizada para a classificação e distribuição das questões de acordo com o nível cognitivo que os alunos se encontrem, podendo ser aplicada também nas avaliações exploratórias durante as aulas. Esta é mais uma forma do professor identificar o desenvolvimento dos seus alunos, oportunizando a construção de uma aula que se adapta aos conhecimentos e ao progresso de aprendizagem dos alunos.

As questões são classificadas na tabela bidimensional da taxonomia, que é composta por dois eixos referentes à dimensão do conhecimento, formada pelas categorias nomeadas por efetivo, conceitual, procedural e metacognitivo, e a dimensão do processo cognitivo com seis categorias representadas pelos verbos: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

A tabela bidimensional da taxonomia apresenta células que fazem a interseção das dimensões do conhecimento e do processo cognitivo. A dimensão do conhecimento que não pode ser interpolada, em que o estudante só estará apto a avançar de categoria quando atingir conhecimento fundamental do nível em questão. A dimensão do processo cognitivo que possibilita a interpolação entre os níveis, permitindo em alguns casos a oportunidade para o estudante solucionar determinada questão sem a necessidade do domínio indicado nos níveis anteriores.

Torna-se também possível a identificação de questões que podem requisitar mais de um processo cognitivo para sua solução, sendo então viável a marcação de todas as células que indiquem os requisitos exigidos para sua solução.

Com a utilização da tabela bidimensional, os objetivos educacionais propostos são definidos com mais clareza, aperfeiçoando o planejamento e a escolha do método e dos recursos aplicados na aula, como também facilita a escolha e distribuição das atividades de forma progressiva.

Para o desenvolvimento dessa proposta de aula, onde foi definido como tema o estudo do efeito fotoelétrico, o objetivo educacional, neste caso, consiste no estudante

---

<sup>19</sup> <https://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>

aprender os conceitos básicos sobre o fenômeno estudado, suas características fundamentais e ao término da aula ser capaz de solucionar questões que envolvam os conceitos destacados no mapa conceitual da figura 3, sobre o efeito fotoelétrico.

As questões escolhidas (apresentadas no próximo tópico, pg 20) foram analisadas e classificadas com base na tabela 2, que é a tabela bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada. Questões mais simples que solicitam conhecimentos fundamentais, relacionados aos fatos que só precisam ser reproduzidos ou que precisam de inter-relação dentro de um mesmo contexto de forma básica, encontram-se nos níveis mais baixos das duas dimensões. Já questões que exigem mais técnicas ou etapas, em que os conhecimentos solicitados deixam de ser básicos e passam a ser mais complexos, exigindo do estudante interdisciplinaridade, ideias e soluções particulares, encontram-se nos níveis mais elevados das duas dimensões. As questões com níveis cognitivos mais elevados não são aplicadas para o início de um tema.

Tabela 2 – Classificação das questões segundo a Taxonomia de Bloom revisada

Dimensão do conhecimento	Dimensão do Processo Cognitivo					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Efetivo/Factual	1,2,3,4,8	5,6,7,8			9	
Conceitual	10	11,12,13,14	13	10,15	14	
Procedural		16	16	16		
Metacognitivo						

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

Como se trata da primeira aula sobre o tema efeito fotoelétrico, espera-se que o estudante alcance os primeiros níveis da dimensão do conhecimento. Dentro do conhecimento efetivo ele deve demonstrar, por meio da resolução das questões lidas, que consegue reproduzir as informações, confirmando que tem consciência e domínio dos conteúdos básicos exigidos para o desenvolvimento do tema.

A categoria chamada efetivo da dimensão do conhecimento está relacionada aos conhecimentos fundamentais sobre terminologia, em que o discente deve saber o vocabulário técnico e os símbolos físicos, e o conhecimento de detalhes específicos relacionados ao significado e à importância do fenômeno, de modo que o estudante

conheça e reproduza essas informações de forma automática, sem a necessidade de completa compreensão. São saberes necessários para que o estudante se habitue e então consiga solucionar as questões com bases nesses conhecimentos.

Na dimensão do processo cognitivo lembrar, pode-se observar que o estudante deverá apenas demonstrar o que estudou e aprendeu de forma reprodutiva, levantando as informações fundamentais como as teorias relacionadas à causa do efeito fotoelétrico, a luz que é vista como um fóton e os conceitos sobre energia cinética, para o desenvolvimento do tema. Com a solução correta dessas questões o professor poderá constatar que o aluno realmente estudou o assunto utilizando o material indicado.

Desse modo, para a resolução das questões, os discentes precisam demonstrar exatamente o que são os fótons, que o efeito fotoelétrico acontece por meio da liberação de elétrons de uma placa metálica quando a mesma recebe uma quantidade de radiação eletromagnética, reproduzir a equação da energia cinética, e recordar o que é frequência, intensidade, e comprimento de onda, entre outras informações fundamentais para o êxito no primeiro nível da dimensão do processo cognitivo.

## Questões Classificadas Segundo a Taxonomia de Bloom Revisada

**1) (ENADE- 2011)** Quando a radiação eletromagnética interage com a matéria, pode ocorrer a transferência da energia do fóton, ou de parte dela, para as partículas que compõem o meio material. Alguns dos principais tipos de interação da radiação eletromagnética com a matéria são: efeito fotoelétrico; espalhamento Compton e produção de pares, que se diferenciam entre si pelas características do meio material; energia do fóton incidente; energia transferida e situação do fóton após a interação (absorção total ou espalhamento com perda de energia do fóton).

Entre os mecanismos de interação da radiação eletromagnética com a matéria, o efeito fotoelétrico ocorre:

- a) Quando o fóton incidente interage com o núcleo atômico do átomo do material atenuador, cedendo toda a sua energia e originando um par de partículas.
- b) Quando o fóton incidente é totalmente absorvido por um elétron livre de um metal e este é ejetado do material.
- c) Quando o fóton de raios X ou gama é desviado por um elétron das camadas mais externas, transferindo a esse elétron parte de sua energia.
- d) Mais predominantemente quando a energia do fóton incidente é muito maior que a energia transferida às partículas produzidas na interação.
- e) Independentemente da energia do fóton incidente e do número atômico do meio.

**Reflexão:** A alternativa correta é B. Esta questão requisita que o estudante se lembre dos conceitos básicos referentes ao efeito fotoelétrico. Para um elétron ser ejetado ele precisa receber uma radiação com energia suficiente para liberá-lo do material. Nesta questão não são necessários conhecimentos mais elaborados ou específicos, sendo classificada na, dimensão do conhecimento efetivo e processo cognitivo lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

**2) (UFSC)** Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01) A luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- 02) A difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- 04) O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- 08) O efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.

- 16) Devido à alta frequência da luz violeta, o "fóton violeta" é mais energético do que o "fóton vermelho".

Dê como resposta a soma das alternativas corretas.

**Reflexão:** O resultado da soma que indica as alternativas corretas é 23. Esta é uma questão simples que estabelece apenas que o discente conheça os elementos fundamentais sobre o tema, neste caso não é necessário elaborar uma resposta e nem fazer comparação entre as alternativas, sendo então, classificada como conhecimento efetivo, e no processo cognitivo é solicitado que o discente reproduza o que aprendeu, sem muito esforço. Esta questão é classificada como lembrar no processo cognitivo, e efetivo na dimensão do conhecimento.

**3) (PUC- MG- 1998)** Analise as afirmações a seguir e escolha a opção correta:  
Sobre o efeito fotoelétrico, pode-se dizer que a energia cinética de cada elétron extraído do metal depende:

- I. Da intensidade da luz incidente.
- II. Da frequência da luz incidente.
- III. Do ângulo de incidência da luz.

Assinale:

- a) Se apenas as afirmativas I e II forem falsas.
- b) Se apenas as afirmativas II e III forem falsas.
- c) Se apenas as afirmativas I e III forem falsas.
- d) Se todas forem verdadeiras.
- e) Se todas forem falsas.

**Reflexão:** A alternativa correta é C. Essa questão pode ser classificada como simples, pois solicita conhecimentos básicos e requer apenas reprodução de conhecimento, da forma que foram apresentadas, sem modificação ou elaboração, portanto, corresponde ao lembrar, efetivo.

**4) (MAZUR- 2015)** À medida que o comprimento de onda da luz que incide sobre uma superfície metálica é encurtado, a energia cinética dos fotoelétrons emitidos pela superfície

- a) Aumenta.
- b) Diminui.
- c) Permanece a mesma.
- d) É necessária mais informação.

**Reflexão:** A alternativa correta é A. Esta questão requer conhecimentos simples e de reprodução de conhecimento, já que o discente deve apenas lembrar que quanto menor for o comprimento de onda, maior será a energia cinética dos fotoelétrons emitidos pela superfície da placa; essa questão é classificada também como lembrar, efetivo.

O processo cognitivo **entender** solicita que o estudante seja capaz de reproduzir uma informação com suas próprias palavras e que também consiga adaptar essa informação, que a princípio é vista como genérica, a uma nova situação. No campo entender não basta apenas saber, por exemplo, a equação de forma decorada, é obrigatório que o estudante consiga fracionar e, assim, amplificar ou reduzir sua estrutura.

Dessa forma, as próximas questões sobre o tema exigirão que seja feita uma interpretação e comparação das alternativas propostas. Por exemplo, o estudante que entendeu como relacionar a equação da energia cinética conseguirá, por meio de sua interpretação, responder questões relacionadas com frequência, intensidade e comprimento de onda.

**5) (UEPA)** As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

- I. Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.
- II. É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.
- III. O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.
- IV. Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton.

Pode-se afirmar que:

- a) Apenas a I e a IV são verdadeiras.
- b) Todas são verdadeiras.
- c) Apenas a I e a III são verdadeiras.
- d) Apenas a III e a IV são verdadeiras.
- e) Todas são falsas.

**Reflexão:** A alternativa correta é B. Na solução da questão 5 são requisitados conhecimentos básicos sobre a teoria, em que o estudante deve entender para poder interpretar as afirmativas. Esta questão pode ser classificada como entender, efetivo.

**6) (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 chamada 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 as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- e) Somente a afirmativa I é verdadeira.

**Reflexão:** A alternativa correta é E. Para solucionar esta questão, o estudante deverá conseguir ampliar os conhecimentos sobre frequência, intensidade luminosa e interpretar a equação de energia cinética, tudo isso dentro de um contexto de informações fundamentais. Deste modo, sua classificação é entender, efetivo.

**7) (UFMG- MG)** Utilizando um controlador, André aumenta a intensidade da luz emitida por uma lâmpada de cor vermelha, sem que esta cor se altere.

Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que a intensidade da luz aumenta porque

- a) A frequência da luz emitida pela lâmpada aumenta.
- b) O comprimento de onda da luz emitida pela lâmpada aumenta.
- c) A energia de cada fóton emitido pela lâmpada aumenta.
- d) O número de fótons emitidos pela lâmpada, a cada segundo, aumenta.

**Reflexão:** A alternativa correta é D. Os conhecimentos solicitados para esta questão são básicos, mas sua reprodução requer uma compreensão mais elaborada, exigindo que o estudante faça comparação sobre os parâmetros frequência, intensidade e comprimento de onda. Classificação: Entender, efetivo.

**8) (UEM- 2013)** Um laser emite luz com frequência  $4,69 \times 10^{14}$  Hz, responda:

- a) Qual é a energia da radiação desse laser?
- b) Se o laser emite um pulso de energia contendo  $5 \times 10^{17}$  fótons de radiação, qual é a energia total desse pulso?
- c) Se o laser emite  $1,3 \times 10^{-19}$  J de energia durante um pulso, quantos fótons são emitidos durante o pulso?

**Reflexão:** Para solucionar a questão (a), o estudante deve lembrar que o cálculo de energia eletromagnética é efetuado por meio da equação  $E = hf$ . Também é importante que o aluno entenda a equação, sabendo que  $h$  é a constante de Planck ( $6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s) e  $f$  é a frequência da radiação emitida.

Portanto:

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$f = 4,69 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h.f = (6,63 \times 10^{-34}) \times (4,69 \times 10^{14}) = 3,11 \times 10^{-19} \text{ J/fóton}$$

A questão (b) pede que o discente informe a energia total de um pulso de laser, fornecendo a informação da quantidade de fótons contidos na radiação que é de  $5 \times 10^{17}$ . Neste caso, o discente deve entender que a energia total de um fóton é dada pela multiplicação da energia do fóton pelo número de fótons. A energia do fóton já foi determinada na questão da letra (a), portanto a equação utilizada é a seguinte:

Energia Total = Energia do fóton x Número de fótons.

$$E_t = E_f \times N_f = (3,11 \times 10^{-19}) \times (5 \times 10^{17}) = 15,55 \text{ J}$$

Na questão da letra (c), o discente precisa fazer uma interpretação para poder compreender a necessidade de modificar a equação, pois agora é pedido que ele informe quantos fótons são emitidos por pulso, sabendo que o laser em questão emite  $1,3 \times 10^{-19}$  J de energia por pulso.

A equação utilizada é a mesma da letra (b):

Energia Total = Energia do fóton x Número de fótons.

$$E_t = E_f \times N_f$$

Como é o número de fótons que é solicitado, a equação sofre uma modificação:

$$N_f = \frac{E_t}{E_f} = \frac{1,3 \times 10^{-19}}{3,11 \times 10^{-19}} = 0,42 \text{ fótons}$$

Essa questão implica na emissão de uma fração de fóton, o que não ocorre, pois, o número de fótons emitidos (ou absorvidos) sempre deve ser um número inteiro, uma vez que o fóton é indivisível. Ela explora os conceitos básicos de energia, não solicitando maior elaboração durante sua resolução encontrando-se, portanto, no nível do conhecimento efetivo, em que é necessário lembrar as fórmulas e entender o que é solicitado para modificar as equações caso necessário. A classificação neste caso é lembrar, entender e efetivo.

O nível seguinte na Taxonomia de Bloom revisada corresponde ao processo cognitivo **avaliar**, representa um nível mais avançado no qual o discente deve ser capaz de contrastar os dados, informação ou teorias, com processos ou conjunto de processos, e assim realizar julgamentos com base nessas averiguações. A questão 9 é um exemplo da aplicação deste processo cognitivo.

**9) (GUALTER; NEWTON; HELOU- 2016)** Com relação ao efeito fotoelétrico, julgue as seguintes afirmações:

- 01) A ocorrência desse efeito depende da frequência, e não da intensidade da radiação utilizada
- 02) É possível que esse efeito ocorra com a luz azul fraca e não ocorra com a luz vermelha intensa.
- 04) A velocidade com que o elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas não de sua intensidade.
- 08) Supondo que o fenômeno ocorre em uma determinada região de uma placa metálica, o número de elétrons extraído depende da intensidade da luz utilizada.
- 16) Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do metal usado na experiência.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

**Reflexão:** Todas as afirmações estão corretas, levando a soma total igual a 31. A questão apresenta afirmações que o estudante deve comparar para avaliar quais estão corretas. São alternativas mais elaboradas que não se tratam apenas de uma reprodução de informação, requisitando o conhecimento efetivo, pois são conceitos básicos que o estudante deve ter. Classificação: avaliar, efetivo.

A segunda dimensão do conhecimento nomeada por **conceitual** diz respeito às inter-relações que acontecem com os elementos básicos envolvidos em uma estrutura mais complexa. Nessa dimensão os discentes terão que correlacionar equações, teorias e estruturas de conceitos diferentes, sabendo exatamente do que estão tratando. Os conhecimentos já adquiridos deverão ser relacionados com as questões apresentadas, explorando os conhecimentos de classificação e categorização, em que o discente deve saber reconhecer uma área de conhecimento dentro de diferentes tipos de problemas; os conhecimentos de princípios e generalização correspondentes às informações mais importantes que são utilizadas para resumir o fenômeno estudado e os conhecimentos de teorias, modelos e estruturas, que diz respeito às inter-relações de teorias que acontecem dentro de um fenômeno.

Ao trabalhar com o conhecimento **conceitual**, o estudante deve conseguir conectar fundamentos básicos em situações mais elaboradas, que exigem compreensão de teorias distintas ou uma relação entre diferentes equações.

O processo cognitivo **analisar** diz respeito à separação de informação, em princípios e elementos, na qual o discente deve indicar a relação contida entre eles, e saber distinguir os dados necessários e desnecessários para poder relacioná-los.

**10) (ENADE- 2011)** A respeito dos resultados experimentais que culminaram com a descrição do efeito fotoelétrico por Einstein, avalie as afirmações a seguir.

- I. A energia dos elétrons emitidos depende da intensidade da radiação incidente.
- II. A energia dos elétrons emitidos é proporcional à frequência da radiação incidente.
- III. O potencial de corte para um dado metal depende da intensidade da radiação incidente.
- IV. O resultado da relação carga-massa ( $e/m$ ) das partículas emitidas é o mesmo que para os elétrons associados aos raios catódicos.

É correto apenas o que se afirma em

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) I, III e IV.
- e) II, III e IV.

**Reflexão:** A alternativa correta é C. Para responder a esta questão o estudante precisa lembrar os conceitos básicos sobre o efeito fotoelétrico, em que a energia dos elétrons emitidos depende da frequência da radiação incidente e não da intensidade da radiação. O discente deve saber que tanto a energia cinética dos elétrons ejetados quanto o potencial de corte dependem da frequência da radiação incidente. Lembrando tais informações é possível analisar as afirmações e identificar quais estão corretas. Como é exigido uma relação entre as teorias, com alternativas de comparação e inter-relação, a questão requer um conhecimento conceitual sobre o assunto (COSTA; MARTINS, 2017). Classificação: lembrar, analisar, conceitual.

**11) Qual foi a explicação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico?**

**Reflexão:** Em 1905, Einstein apresentou uma teoria para explicar o efeito fotoelétrico, em que ele levou em consideração a hipótese quântica de Planck para explicar seu pensamento, Einstein considerava que a luz é composta por vários quanta de fótons e se propagava em quantidades particulares. Nesse caso, a luz não se comportava como uma onda.

Portanto, Einstein estabeleceu que a energia de cada fóton poderia ser calculada pela equação  $E = h.f$ , sendo  $h$  a constante de Planck e  $f$  a frequência da luz.

Com a teoria dos fótons, Einstein explicou que o número de elétrons arrancados da superfície de uma placa metálica depende da intensidade da luz que é proporcional ao número de fótons emitidos e, quanto maior for a frequência dos fótons maior será a energia adquirida pelos elétrons, desse modo eles serão arrancados da superfície placa. Mas, quando a frequência de corte é baixa, os elétrons não recebem energia suficiente para serem arrancados da placa de metal.

Desse modo, Einstein mostra que a velocidade dos elétrons ejetados da placa depende da frequência dos fótons emitidos e não da quantidade de fótons. Esta situação pode ser explicada pela equação desenvolvida por Einstein:

$$E_c = hf - W$$

$E_c$  é a energia cinética do elétron ejetado.

$hf$  é a energia dos fótons incidentes.

$W$  é a função trabalho do metal.

Onde a energia cinética dos elétrons é determinada pela energia dos fótons absorvida pelos elétrons liberados da placa com energia maior que a função trabalho.

Esta questão requer que o aluno entenda o conceito e explique com suas próprias palavras. Sua explicação deve conter os elementos básicos sobre o conceito, junto com sua teoria e equações, necessitando do conhecimento conceitual para a solução. Classificação: entender, conceitual.

**12) (BORGES; NICOLAU- 2013)** A função trabalho do potássio é igual a 2,24 eV. A energia cinética máxima de um fóton emitido é de 1,90 eV. Determine a frequência e o comprimento de onda da radiação eletromagnética que produziu essa emissão. Dados: constante de Planck  $h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ ; velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vácuo:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

**Reflexão:** A questão pede que seja determinada a frequência e o comprimento de onda da radiação eletromagnética que será produzida pela emissão. Com base nos dados informados, o discente deve identificar a necessidade de utilizar mais de um elemento, e analisar duas equações distintas.

Equação de energia cinética:

$$E_c = h \cdot f - W \Rightarrow f = \frac{E_c + W}{h} = \frac{1,90 \text{ eV} + 2,24 \text{ eV}}{4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}} \therefore f = 1,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

Equação de comprimento de onda:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,0 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}} \therefore \lambda = 3,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

A questão 12 fornece informações que não são aplicadas de forma reprodutiva, exige que o discente faça a relação entre duas equações, energia cinética e comprimento de onda, e também requer que ele adeque a equação conforme o que está sendo solicitado na questão. Classificação: entender, conceitual.

No processo cognitivo **aplicar** o discente deve transportar uma informação aprendida para outro contexto. É a aplicação de um procedimento em uma situação particular ou em uma nova situação.

**13) (UFRN- 2004)** Uma das aplicações do efeito fotoelétrico é o visor noturno, aparelho de visão sensível à radiação infravermelha, ilustrado na figura abaixo. Um aparelho desse tipo foi utilizado por membros das forças especiais norte-americanas para observar supostos integrantes da rede al-Qaeda.



Foto ilustrativa de um visor noturno.

Nesse tipo de equipamento a radiação infravermelha atinge suas lentes e é direcionada para uma placa de vidro revestida de material de baixa função de trabalho ( $W$ ). Os elétrons arrancados desse material são “transformados”, eletronicamente, em imagens. A teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico estabelece que  $hf = E_c + W$ , sendo:

- $E_c$  a energia cinética máxima de um fotoelétron;
- $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  a constante de Planck;
- $f$  a frequência da radiação incidente.

Considere que um visor noturno recebe radiação de frequência  $f = 2,4 \times 10^{14} \text{ Hz}$  e que os elétrons mais rápidos ejetados do material têm energia cinética  $E_c = 0,90 \text{ eV}$ . Sabe-se que a carga do elétron é:  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  e  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

Baseando-se nessas informações, calcule:

- a função de trabalho ( $W$ ) do material utilizado para revestir a placa de vidro desse visor noturno, em eV;
- o potencial de corte ( $V_0$ ) desse material para a frequência ( $f$ ) da radiação incidente.

**Reflexão:** A solução desta questão requer uma compreensão de conceitos, em que são fornecidos alguns valores dos quais o discente não vai apenas substituir na equação como é dada.

Solução da parte (a) da questão.

$$hf = E_c + W$$

$$W = hf - E_c = \left( \frac{6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 1 \text{ eV}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ J}} \cdot 2,4 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \right) - 0,90 \text{ eV}$$

$$\therefore W = 0,09 \text{ eV}$$

Solução da parte (b) da questão.

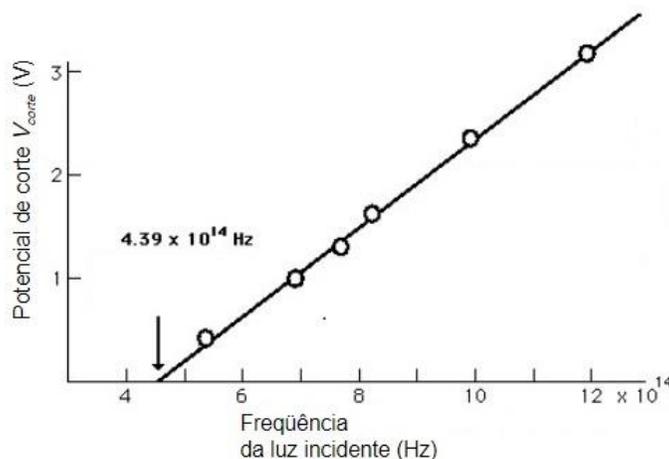
O potencial de corte ( $V_0$ ) é calculado por meio da seguinte equação:

$$E_c = eV_0 \Rightarrow V_0 = \frac{E_c}{e} = \frac{0,90 \text{ eV} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} \quad \therefore V_0 = 0,90 \text{ V}$$

Para solucionar a questão 13 é necessária uma interpretação do aluno, pois não se trata apenas de uma reprodução de conhecimento. Neste exemplo ele deve compreender o que é falado no enunciado para poder aplicar o que aprendeu sobre a equação de energia cinética e de potencial de corte. Não é exigido do aluno que conheça o aparelho apresentado na questão, mas que consiga aplicar os conhecimentos em tal situação. O aluno deve fazer a relação entre as equações e teoremas de forma mais elaborada, sendo então classificado como conhecimento conceitual. Classificação: entender, aplicar, conceitual.

**14) (UNIMONTES- MG)** No efeito fotoelétrico, elétrons são ejetados de uma superfície metálica, através da incidência de luz sobre ela. A equação de Einstein para o efeito fotoelétrico, baseada na hipótese do fóton, é  $hf = W + K_m$  em que  $hf$  é a energia do fóton absorvido pelo elétron na superfície do metal. A função trabalho  $W$  é a energia necessária para se remover esse elétron do metal, e  $K_m$  a energia cinética máxima do elétron fora da superfície. Para frear o elétron ejetado da superfície, é necessário um potencial elétrico  $V_0$ , de modo que  $K_m = eV_0$ , sendo  $e$  a carga do elétron. Em termos de  $V_0$ , a equação de Einstein fica na forma  $V_0 = (h/e)f - (W/e)$ .

Abaixo, temos um gráfico  $V_0 \times f$ , para diversos experimentos realizados (os pontos pretos são obtidos de experimentos), e também um trecho de reta, contínuo, que representa a função  $V_0(f)$  da teoria de Einstein.



- Com base nas informações do texto e no gráfico, é CORRETO afirmar que
- Os elétrons, no efeito fotoelétrico, são ejetados da superfície metálica, a partir de uma certa intensidade da luz incidente.
  - A energia cinética máxima do elétron ejetado é igual a  $hf$ , mesma energia do fóton incidente.
  - Os elétrons, no efeito fotoelétrico, são ejetados da superfície metálica, a partir de uma determinada frequência da luz incidente.
  - A energia cinética máxima do elétron ejetado é igual a  $\Phi$ , mesma energia necessária para remover o elétron do metal.

**Reflexão:** A alternativa correta é C. Nesta questão é dado um texto introdutório em que o discente deve entender os conceitos sobre energia cinética, e a estrutura das fórmulas para ser capaz de avaliar o gráfico junto às alternativas que estão sendo propostas para identificação da alternativa correta. O discente precisa lembrar que a emissão do elétron depende da frequência do fóton de luz e não da intensidade. Ao analisar o gráfico também é possível entender que a energia absorvida pelo elétron deve ser maior que o potencial de corte da placa para que o fóton consiga ejetar o elétron. Classificação: entender, avaliar, conceitual.

**15) (UFRS)** A tabela mostra as frequências ( $f$ ) de três ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo.

Ondas	$f$ (Hz)
X	$3 \cdot 10^{17}$
Y	$6 \cdot 10^{14}$
Z	$3 \cdot 10^{14}$

Comparando-se essas três ondas, verifica-se que:

- a) A energia de um fóton associado à onda X é maior do que a energia de um fóton associado à onda Y.
- b) O comprimento de onda da onda Y é igual ao dobro do da onda Z.
- c) À onda Z estão associados os fótons de maior energia e de menor quantidade de movimento linear.
- d) A energia do fóton associado à onda X é igual à associada à onda Y
- e) As três ondas possuem o mesmo comprimento de onda.

**Reflexão:** A alternativa correta é A. A tabela da questão oferece informações que devem ser interpretadas à luz dos conceitos de frequência e onda, estimulando o discente a fazer uma análise de forma detalhada e confrontando as alternativas. Também é importante que o discente utilize conhecimentos básicos relacionados à interpretação de números de notação científica. Classificação: analisar, conceitual.

Na primeira aula, o conhecimento **procedural** é explorado na questão 16, que envolve mais de uma ação para sua resolução que seria **entender**, **aplicar** e **analisar**. Como a dimensão do conhecimento é cumulativa, quando o discente alcança o nível procedural significa que ele já lembra os conceitos básicos e é capaz de reproduzi-los como são, ele tem condições de explicar as teorias e os conceitos, tendo consciência de sua existência, relacionando equações, teoremas, estruturas e técnicas. Por fim, o discente deve demonstrar que tem a habilidade de realizar algo, dentro de um contexto monodisciplinar.

A terceira dimensão do conhecimento nomeada por **procedural** refere-se à ação de como fazer algo, por meio de técnicas específicas e de métodos de investigação. O discente precisa desenvolver a habilidade para solucionar problemas e resolver equações, e também conseguir determinar critérios para saber quando usar um procedimento ou um método durante um experimento.

O estudante precisa saber como solucionar algo aplicando os conhecimentos relativos às técnicas de resolução de problemas de física moderna.

**16) (UFPE)** Para liberar elétrons da superfície de um metal é necessário iluminá-lo com luz de comprimento de onda igual ou menor que  $6,0 \times 10^{-7}$  m.

Qual o inteiro que mais se aproxima da frequência óptica, em unidades de  $10^{14}$  Hz necessária para liberar elétrons com energia cinética igual a 3,0 eV?

Dados: Constante de Planck  $h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ . Velocidade de propagação da luz no vácuo  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

**Reflexão:** A frequência de corte deve ser calculada com a fórmula de comprimento de onda. O valor do comprimento de onda já é dado como sendo  $\leq 6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$ .

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6,0 \times 10^{-7} \text{ m}} \quad \therefore \quad f = 5,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Após descobrir o valor da frequência de corte, que é de  $f = 5,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ , o discente precisa identificar o valor do trabalho que é exercido como barreira no momento que o elétron é ejetado.

$$W = h \cdot f_0 = (4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}) \times (5,0 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}) \quad \therefore \quad W = 2,07 \text{ eV}$$

Com todos esses valores identificados, o discente já pode substituir os valores na seguinte equação

$$h \cdot f = E_c + W \Rightarrow f = \frac{E_c + W}{h} = \frac{3,0 \text{ eV} + 2,07 \text{ eV}}{4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}} \quad \therefore \quad f \cong 12 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Resposta:  $f \cong 12 \times 10^{14} \text{ Hz}$ . O valor inteiro que mais se aproxima da frequência óptica em unidades de  $10^{14} \text{ Hz}$  necessária para liberar elétrons com energia cinética igual a 3,0 eV é 12.

A questão encontra-se na dimensão do conhecimento procedural, em que o discente deve entender sobre as teorias básicas referentes às equações de frequência e função trabalho, para poder solucionar esta nova situação aplicando esses conhecimentos. São apresentados vários dados que devem ser analisados para o discente saber quais equações vai utilizar e qual a sequência. Classificação: entender, aplicar, analisar, procedural.

## Referências

- BORGES, F.; NICOLAU, G. F. **Os Fundamentos da Física**. Publicado em: 27 nov. 2013. Disponível em: <[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/11/cursos-do-blog-eletricidade\\_27.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/11/cursos-do-blog-eletricidade_27.html)>. Acesso em: 15 set. 2018.
- COSTA, J. P. C.; MARTINS, M. I. **Análise da complexidade de itens do ENADE à luz da Taxonomia de Bloom Revisada**: contributos ao ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2017.
- CHRISTENSEN, C; HORN, M. B.; STAKER, H. **Ensino híbrido**: uma inovação disruptiva. Uma introdução à teoria dos híbridos. Fundação Lemann e Instituto Península, 2013.
- LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 21 ed. São Paulo: Cortez, 1990.
- MAZUR, E. **Peer Instruction**: a revolução da aprendizagem ativa. Penso Editora, 2015.
- MORETTO, V. P. **Planejamento**: planejando a educação para o desenvolvimento de competências. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.
- OLIVEIRA, E. S. G. et al. **Uma experiência de avaliação da aprendizagem na educação a distância**. O diálogo entre avaliação somativa e formativa. REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 2007.
- RODRIGUES, J. **A taxonomia de objetivos educacionais-um manual para o usuário**. Editora UNB, 1994.
- SPUDEIT, D. **Elaboração do plano de ensino e do plano de aula**. UNIRIO, 2014.
- TAKAHASHI, R. T.; FERNANDES, M. F. P. **Plano de aula: conceitos e metodologia**. Acta Paul. Enf, 2004.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.