UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS

Graziele Bezerra Santos

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA APLICADAS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Sorocaba/SP
2019

Graziele Bezerra Santos

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA APLICADAS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Norberto Aranha.

Sorocaba/SP
2019

Ficha Catalográfica

Santos, Graziele Bezerra
S235m Metodologias ativas de ensino e taxonomia de Bloom revisada aplicadas no ensino de física moderna / Graziele Bezerra Santos. – 2019.
188 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Norberto Aranha
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais) – Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2019.

1. Aprendizagem ativa. 2. Ensino – Metodologia. 3. Prática de ensino. 4. Física – Estudo e ensino (Superior). 5. Ensino superior. I. Aranha, Norberto, orient. II. Universidade de Sorocaba. III. Título.

Graziele Bezerra Santos

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA APLICADAS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: 27/ 02/ 2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Norberto Aranha
Universidade de Sorocaba

Profa. Dra. Maura Maria Morais de Oliveira Bolfer
Faculdade Prof. Wlademir dos Santos

Profa. Dra. Valeska Soares Aguiar
Faculdade de Engenharia de Sorocaba

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Aparecida dos Santos e Sebastião Bezerra Santos que são minha fortaleza, meus melhores exemplos e também meus maiores incentivadores. Esta conquista é nossa. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Nossa Senhora Aparecida e a Deus, por terem me dado forças para seguir esta caminhada, com fé e confiança, sabendo que eles sempre estão ao meu lado.

À minha família, pelo carinho, incentivo, apoio, compreensão e paciência no decorrer de toda essa jornada e, durante toda minha vida.

Ao meu orientador Professor Doutor Norberto Aranha, por ter me presenteado quando me escolheu para orientar e direcionar nessa etapa tão importante da minha vida, a paciência, o estímulo, a confiança e a preocupação durante todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho são características de um mestre inspirador e dedicado. Muito obrigada!

À Universidade de Sorocaba, por ser uma instituição de ensino comprometida com sua missão, e por fazer parte da minha formação, permitindo que este sonho fosse realizado.

Ao Professor Doutor Daniel Bertoli Gonçalves, por ter participado do desenvolvimento deste trabalho, quando acreditou que seria possível.

A todos os professores e funcionários da Universidade de Sorocaba que sempre estiveram dispostos a ajudar e orientar de acordo com as suas possibilidades.

Aos professores da minha banca de dissertação do mestrado, Professora Doutora Maura Maria Morais de Oliveira Bolfer, Professora Doutora Valeska Soares Aguiar e ao Professor Doutor Marco Aurélio Euflauzino Maria, por aceitarem e disponibilizarem do seu tempo para a leitura deste trabalho e contribuírem com suas análises de forma pedagógica e instigadora.

A todos os demais, familiares, amigos e colegas que, de alguma forma tiveram uma participação importante durante essa caminhada, e que não foram nominalmente citados.

Muito obrigada, a todos!

O Sonho

Sonhe com aquilo que você quer ser,
porque você possui apenas uma vida
e nela só se tem uma chance
de fazer aquilo que quer.

Tenha felicidade bastante para fazê-la doce.
Dificuldades para fazê-la forte.
Tristeza para fazê-la humana.
E esperança suficiente para fazê-la feliz.

As pessoas mais felizes não têm as melhores coisas.
Elas sabem fazer o melhor das oportunidades
que aparecem em seus caminhos.

A felicidade aparece para aqueles que choram.
Para aqueles que se machucam
Para aqueles que buscam e tentam sempre.
E para aqueles que reconhecem
a importância das pessoas que passaram por suas vidas.

(Clarice Lispector)

RESUMO

Segundo os documentos oficiais da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) e das Diretrizes Curriculares de Engenharia do Ministério da Educação (MEC), é esperado do egresso de engenharia um profissional com perfil dinâmico e sintonizado com a evolução tecnológica. Neste sentido, duas questões têm sido discutidas nesses documentos oficiais: a mudança no processo de ensino e aprendizagem; e a importância da física moderna nos currículos de engenharia. Isto tem levado pesquisadores e professores a discutirem sobre novas metodologias de ensino e buscarem recursos tecnológicos que auxiliem nas aulas. Refletindo sobre esses pontos, uma questão a ser colocada é: “como auxiliar o professor a planejar suas aulas de modo a torná-las mais dinâmicas utilizando a tecnologia? ” Para responder a esta pergunta, este trabalho tem como objetivo apresentar as metodologias ativas de ensino e Taxonomia de Bloom revisada, junto a outras ferramentas e recursos tecnológicos que podem ser utilizados pelo professor durante suas aulas, criando um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e autônomo para os estudantes. As metodologias ativas abordadas são Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL), Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), *Peer Instruction*, *Just time Teacher*, Sala de Aula Invertida, Problematização e Aprendizagem Baseada em Projetos. Para a organização dos conceitos é apresentado o Mapa Conceitual, utilizado na preparação de aula pelo docente, e nos estudos prévios e subsequentes pelos discentes. Todo o trabalho tem como pano de fundo a física moderna, sendo que as questões aqui tratadas sobre esta área da física são classificadas segundo a Taxonomia de Bloom revisada, facilitando deste modo a aplicação dos exercícios de acordo com o nível cognitivo em que os alunos se encontram. Com isso foi possível desenvolver neste trabalho um material de apoio ao professor (um plano de aula e um banco de questões sobre física moderna), abordando todos esses temas referentes ao processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Metodologias Ativas de Ensino. Taxonomia de Bloom. Física Moderna. Mapa Conceitual.

ABSTRACT

According to the official documents of the Brazilian Association of Engineering Education (ABENGE) and the Engineering Curricular Guidelines of the Ministry of Education (MEC), is expected of the engineering a professional with dynamic profile and attuned to the technological evolution. In this sense, two issues have been discussed in these official documents: change in the teaching and learning process; and the importance of modern physics in engineering curricular grade. This has led researchers and teachers to discuss new teaching methodologies and seek technological resources that help in class. Reflecting on these points, one question to be asked is: "How to help teachers planning their classes and become them more dynamic using technology?". To answer this question, this work aims to present the active methodologies of teaching and Bloom Taxonomy revised, along with other tools and technological resources that can be used by the teacher during his classes, creating a more dynamic and autonomous teaching and learning process for students. The active methodologies addressed are Team-Based Learning (TBL), Problem-Based Learning (PBL), Peer Instruction, Just time Teacher, Inverted Classroom, Problematization and Project-Based Learning. For the organization of the concepts is presented the conceptual map used in the preparation of the class by the teacher, and in the previous and subsequent studies by the students. All the work has a background in modern physics, and the issues dealt with in this area of physics are classified according to the revised Bloom Taxonomy, thus facilitating the application of the tasks according to the cognitive level in which the students find. With this, it was possible to develop a support material for the teacher (a lesson plan and a database of questions about modern physics) in this work, approaching all these themes related to the teaching and learning process.

Keywords: Active Teaching Methodologies. Bloom Taxonomy. Modern Physics. Conceptual Map.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABENGE	Associação Brasileira de Educação em Engenharia
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
DCNCE em Engenharia	Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
iRAT	*Individual readiness assurance test* (Teste de garantia de prontidão individual)
IF-AT	*Intermediate feedback assessment technique* (Intermediária técnica de avaliação de comentários)
PBL	*Problem Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Problemas)
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
RAP	Readiness assurance process (Processo de Garantia de Prontidão)
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
tRAT	*Team readiness assurance test* (Teste de garantia de prontidão em equipe)
TBL	*Team-based learning* (Aprendizagem Baseada em Equipes- ABE)
TEAL	*Technology Enabled Active Learning*
UDESC-SC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRS	Universidade Federal do RS/RS
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFMG-MG	Universidade Federal de Minas Gerais

UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIMAR- SP	Universidade de Marília
UNIMONTES-MG	Universidade Estatual de Montes Claros
UNISAL	*Universidad San Lorenzo*

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA E SÍMBOLOS

≅	Aproximadamente igual
λ	Lambda
λmáx	Comprimento de onda (Corresponde ao pico de absorção)
π	Pi (3,1415…)
σ	Constante de Stefan-Boltzmann
μ	Mésons ou múons.
μs	Microsegundo (10^{-6})
μm	Micrômetro
∆s	Distância percorrida
c	Velocidade da propagação da luz no vácuo ($3x10^8$ m/s)
cm	Centímetros
e	Elétron
e/m	Carga por massa
E	Energia eletromagnética
Ec	Energia cinética
Ef	Energia do fóton
Et	Energia total
eV	Elétron-volt
eV.s	Elétron-volt vezes segundo
f	Frequência da radiação emitida
GHz	Giga Hertz
H	Hora
h	Constante de Planck
hf	Energia entregue ao elétron pela luz
Hz	Hertz
J	Joule
J.s	Joule por segundo
K	Kelvin
m	Metros
m.K	Mili de kelvins (10^{-3})
MHz	Mega hertz
mv	Massa do corpo x velocidade do corpo

m/s	Metro por segundo
Nf	Número de fótons
nm	Nanômetro
ns	Nanosegundos
R	Potência total irradiada
s	Segundo
SI	Sistema internacional
T	Temperatura
V	Volts
V_0	Potencial de corte
W	Trabalho
W/m^2	Watt por metro quadrado

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Calvin e Dona Hermengarda Livro de história 42
Figura 2 - Etapas do TBL 46
Figura 3 - Ficha de resposta individual 47
Figura 4 - IF-AT Técnica de Avaliação de *Feedback* Imediato 48
Figura 5 - Etapas do processo de aprendizagem do TBL 50
Figura 6 - Formulário de *feedback* 51
Figura 7 - Representação do ciclo do PBL 54
Figura 8 - Fluxograma das etapas de aprendizagem utilizando *Peer Instruction* 62
Figura 9 - Dispositivos eletrônicos de transmissão sem fio 63
Figura 10 - Representação de aula utilizando o cartão resposta 64
Figura 11 - Sala de aula do TEAL/ Estúdio de Física 70
Figura 12 - Arco de Maguerez 73
Figura 13 - Representação de um Mapa Conceitual 77
Figura 14 - Mapa Conceitual de Física Moderna 80
Figura 15 - Forma hierárquica da distribuição das categorias do domínio cognitivo 85
Figura 16 - Mapa Conceitual da Taxonomia de Bloom revisada 88
Figura 17 - Representação gráfica da alteração sobre a disposição na ordem da Taxonomia de Bloom de 2001 92
Figura 18 - Tela inicial do *Phet Interactive Simulations* 100
Figura 19 - Tela do aplicativo informando a quantidade de acertos e erros da turma 102
Figura 20 - Cartão QR *Code* 103
Figura 21 - Tela site Socrative 106
Figura 22 - Fluxograma de ferramentas ativas 108
Figura 23 - Mapa Conceitual sobre o plano de aula e seus componentes 114
Figura 24 - Mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico 115
Figura 25 - Simulador efeito fotoelétrico 119
Figura 26 - Fluxograma das etapas de aprendizagem utilizando *Peer Instruction* 121
Figura 27 - Certificado de participação no Congresso Internacional de Educação 188

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de questões por categoria nas edições do ENADE nos anos de 2006, 2009 e 2012, nos cursos de Administração e Gestão 30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro comparativo de metodologias 39
Quadro 2 - Descrição de cada função dos membros do grupo tutorial 56
Quadro 3 - Subcategorias do Dimensão do Conhecimento 90
Quadro 4 - Processo cognitivo Taxonomia de Bloom revisada 93
Quadro 5 - Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada 94
Quadro 6 - Metodologias ativas e formas de avaliação 112
Quadro 7 - Classificação das questões segundo a Taxonomia de Bloom revisada ... 123
Quadro 8 - Classificação nível Efetivo/ Factual 156
Quadro 9 - Classificação nível Conceitual 161
Quadro 10 - Classificação nível Procedural 175
Quadro 11 - Classificação nível Metacognitivo 185
Quadro 12 - Lista de verbos da Dimensão do Processo Cognitivo 187

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
1.1 Física Moderna 23
1.2 Metodologias de ensino 25
2 OBJETIVO 33
2.1 Objetivo Geral 33
2.2 Objetivos específicos 33
3 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO 35
3.1 Aprendizagem Significativa 42
3.2 TBL – Aprendizagem Baseada em Equipes 45
3.3 PBL – Aprendizagem Baseada em Problemas 54
***3.4 Peer Instruction* 60**
3.5 *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida) 67
3.6 Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) 69
3.7 Problematização 72
3.8 Aprendizagem Baseada em Projetos 75
4 MAPA CONCEITUAL E TAXONOMIA DE BLOOM 78
4.1 Mapa conceitual 78
4.1.1 Construindo Mapas Conceituais 80
4.2 Taxonomia de Bloom 82
4.2.1 Taxonomia de Bloom - Domínio Cognitivo 85
4.2.2 Taxonomia de Bloom revisada 88
4.2.3 Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada 94
5 RECURSOS TECNOLÓGICOS 96
5.1 Vídeos e filmes 98
5.2 Simuladores 100
5.3 Aplicativos de correção instantânea 102
6 PLANO DE AULA 108
6.1 Exemplo de plano de aula 114
6.2 CLASSIFICANDO AS QUESTÕES SOBRE EFEITO FOTOELÉTRICO 123
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 141
REFERÊNCIAS 145
APÊNDICE A - LISTA DE QUESTÕES DE FÍSICA MODERNA CLASSIFICADAS À LUZ DA TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA 156

APÊNDICE B - LISTA DE VERBOS DA DIMENSÃO DO PROCESSO COGNITIVO 187

ANEXO A - CERTIFICADO DO II CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO 188

1 INTRODUÇÃO

A dependência da sociedade com a inovação tecnológica, cada vez mais acelerada, está presente em várias áreas do nosso cotidiano, como na informática, biotecnologia, telecomunicação, saúde, nanotecnologia, entre outros. Este avanço tecnológico vem solicitando a atuação de especialistas capacitados para acompanhar os desenvolvimentos exigidos pelo mundo moderno. Os engenheiros são esses profissionais, portanto é exigido deles conhecimentos multidisciplinares, interdisciplinares e transdisciplinares, para que possam compreender a evolução da sociedade moderna, com criações capazes de oferecer conforto e acessibilidade para a população em diversos aspectos. Bazzo e Pereira (2006) confirmam esse fato da seguinte forma:

> Muito do que as evoluções da ciência e da tecnologia têm proporcionado nos facilita a vida, economiza tempo, protege nossa saúde, enfim, nos transporta de uma natureza, digamos, "natural" para uma "natureza artificial", controlada. Isso, em grande parte, é decorrência da evolução da engenharia. (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 83).

Desse modo, o profissional de engenharia deve estar atualizado conforme as exigências do mercado atual. Sendo assim, a aquisição do conhecimento deve ser constante, desde a formação do engenheiro, conforme a resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002, que instaura as Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE, 2002). As DCNCE estabelecem que o perfil de um engenheiro deve solidificar uma formação técnica científica tornando-o qualificado em assimilar e desenvolver novas tecnologias, com habilidades de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos, sendo capaz de atuar de maneira crítica e eficiente no reconhecimento e resolução de problemas nos diferentes âmbitos, que envolve questões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, atendendo de forma ética as necessidades da sociedade.

A formação do engenheiro deve ser atualizada e contemplar disciplinas dedicadas às tecnologias do século XXI. O profissional de engenharia precisa ser dinâmico, buscar sempre a ampliação do seu conhecimento e nunca o compactar; não apenas as disciplinas voltadas às tecnologias atuais devem ser trabalhadas em sala de aula durante a formação do discente, como também a forma como o conteúdo deve ser aprendido. Neste ponto, a aprendizagem ativa faz parte da

formação do futuro engenheiro, porque são muitas as habilidades e competências que devem ser desenvolvidas na trajetória de sua formação, que serão solicitadas durante a ação profissional. As competências e habilidades que um engenheiro precisa desenvolver são determinadas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE, 2002), que contempla os seguintes pontos:

> a) aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; b) projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; c) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; d) planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; e) identificar, formular e resolver problemas de engenharia; f) desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas; g) supervisionar a operação e a manutenção de sistemas; h) avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas; i) comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; j) atuar em equipes multidisciplinares; k) compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais; l) avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; m) avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; n) assumir a postura de permanente busca de atualização profissional. (DCNCE, 2002, p. 4).

Diante de uma ampla lista de competências e habilidades exigidas para a formação do profissional de engenharia, também é compartilhada disciplinas comuns nos cursos de engenharia, que correspondem a 30% dos componentes curriculares, contemplando os vários saberes que o engenheiro necessita conhecer para iniciar a carreira profissional. As disciplinas comuns conforme a orientação das Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE, 2002) são:

> Metodologia Científica e Tecnológica; Comunicação e Expressão; Informática; Expressão Gráfica; Matemática; Física; Fenômenos de Transporte; Mecânica dos Sólidos; Eletricidade Aplicada; Química; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Administração; Economia; Ciências do Ambiente; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania. (DCNCE, 2002, p. 5).

A concorrência entre as indústrias gera uma busca constante por novas tecnologias que despertem o interesse do público, portanto o perfil de atuação e conhecimento do engenheiro não pode se restringir apenas aos encargos técnicos, como costumava ser uma das exigências principais com relação à atuação deste profissional. De acordo com a ABENGE (2018), a sólida formação relacionada à inovação e tecnologia é algo indispensável para o perfil de um novo engenheiro:

> As definições mais atuais, vão do entendimento da Engenharia como uma ciência que estuda as transformações de recursos naturais e tecnológicos para o desenvolvimento de benefícios para a humanidade, até a visão da Engenharia como aplicação de conhecimento científico e tecnológico para a solução de problemas, por meio de projetos para viabilização de produtos (bens e serviços) e empreendimentos. (ABENGE, 2018, p. 8).

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA, 2016) descreve uma das atribuições de títulos dos profissionais de engenharia como sendo o: “conjunto de práticas profissionais que visam à aquisição de conhecimentos, capacidades, atitudes, inovação e formas de comportamentos exigidos para o exercício das funções próprias de uma profissão regulamentada.” (CONFEA, 2016, p. 2).

O engenheiro trabalha com processos, desenvolvimento e inovação tecnológica, e sempre lidando com pessoas e equipes, portanto sua formação deve ser compatível com a futura vivência profissional. Para isso, a ABENGE (2018, p. 8) propõe para as DCNs dos cursos de engenharia “que sejam definidos currículos para os cursos a partir de competências a serem desenvolvidas, ao invés de núcleos e conteúdos”. E a proposta da ABENGE (2018) para os egressos do curso de engenharia consiste em:

> O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do egresso um engenheiro generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formulando problemas a partir dessas necessidades e de oportunidades de melhorias para projetar soluções criativas de Engenharia, com transversalidade em sua prática, considerando os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e capaz de atuar e adaptar- se às novas demandas da sociedade e do mundo do trabalho com postura isenta de qualquer tipo de discriminação e comprometido com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável (ABENGE, 2018, p. 8).

É clara a múltipla atuação do profissional de engenharia, que está presente em situações relacionadas a solução de problemas em vários tipos de ambientes, sendo a indústria um exemplo de local de exercício deste profissional, da mesma maneira que encontra-se envolvido com questões pertencentes ao desenvolvimento e inovação, assim como o seu compromisso com a busca de informações relacionadas as necessidades da sociedade, para poder trabalhar em benefício do bem-estar de todos. Apesar de inúmeras indicações de sua ligação com a inovação e tecnologia, os cursos de ensino superior em engenharia não trabalham com a

devida atenção disciplinas que formam a base para o desenvolvimento tecnológico, mantendo sempre um currículo padrão e tradicional.

Uma disciplina fundamental para o desenvolvimento de muitas tecnologias atuais, que trabalha para o bem-estar, conforto, comodidade e saúde da população, é a “Física Moderna” e contemporânea e, mesmo estando tão presente em nosso dia a dia, às vezes de forma mais notória, outras vezes mais discreta, não tem seu conteúdo trabalhado em sala de aula com a mesma abrangência e dedicação que sua aplicação contempla.

Este tema tem sido discutido por muitos autores, que questionam em seus artigos a importância da presença da disciplina física moderna durante a formação do engenheiro. Barros e Mendonça (2014) com o artigo “A Utilização da Argumentação no Processo de Formação de Engenheiros em um Contexto de Física Moderna e Contemporânea” discutem a importância de uma formação sólida e atualizada com as tecnologias do século XXI que o engenheiro deve adquirir, inserindo conteúdos tecnológicos e inovadores em ambientes que proporcionem a aprendizagem dinâmica; Lemes e Rezende (2011) com o artigo “A Física Moderna e Contemporânea nos Cursos de Engenharia do BRASIL: Cenário Atual e Perspectivas” analisaram diferentes matrizes curriculares de cursos de engenharia no Brasil, e puderam constatar a presença da disciplina de física moderna e contemporânea em uma quantidade considerável de currículos, porém com aspectos apenas introdutórios, chegando à conclusão de que o conteúdo deve ser ampliado durante a formação do engenheiro; Souza, Custódio e Rezende (2018) com o artigo “A Física Moderna e Contemporânea na Formação de Engenheiros: A Concepção de Formadores”, por meio de uma pesquisa com docentes dos cursos de engenharia, constataram que a física clássica ainda é apresentada nos cursos com um caráter privilegiado, já a física moderna e contemporânea não tem o mesmo tratamento; Silveira e Baginski (2008) com o artigo “Física Moderna na Formação Profissional Contemporânea em Engenharia” argumentam sobre o ensino de física moderna para estudantes de engenharia química e engenharia de materiais, em que discutem inovações metodológicas no ensino da disciplina.

Apesar da Física Moderna ser nitidamente uma matéria essencial nos cursos de engenharia, os conteúdos referentes à ela não são citados nas Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (2002, p. 5). Segundo Zanotello e

Fagundes (2012), o ensino de física moderna nos cursos de engenharia não acontece com total atenção:

> Salientamos que estudantes dos cursos de bacharel e licenciatura em física certamente têm contato com os conteúdos de FMC, mas nas engenharias ou em outros cursos de ciências naturais, não necessariamente são trabalhados todos os volumes das coleções didáticas e estes alunos podem não estudar FMC no âmbito de sua educação formal. (ZANOTELLO; FAGUNDES, 2012, p. 147).

Como informa Zanotello e Fagundes (2012) somente estudantes do curso superior em física vão conhecer a disciplina em sua totalidade, “compreendendo conceitos de mecânica quântica, física estatística, relatividade e aplicações”, como descritas nas Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de física (DNCCF, 2001, p. 7).

Portanto, é importante que o estudante de engenharia também aprenda os conceitos de Física Moderna com a profundidade necessária para trabalhar com a tecnologia atual, pois está diretamente ligada ao seu cotidiano (VALADARES; MOREIRA, 1998).

Vê-se, portanto a questão da Física Moderna como um ponto a ser analisado, particularmente nos cursos de engenharia, uma vez que os conceitos abordados nesta disciplina estão diretamente relacionados ao avanço tecnológico que o engenheiro tratará no seu cotidiano.

1.1 Física Moderna

A Física Moderna e contemporânea teve seu desenvolvimento intensificado e expandido a partir do século XX, quando pesquisadores, por meio de estudos, realizaram modificações no que se compreendia com relação aos conceitos de energia, massa, tempo e espaço (DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012).

A Teoria da Relatividade de Albert Einstein apresenta uma nova interpretação de tempo e espaço; na mecânica quântica que se iniciou com Max Planck desvendou-se o mundo das partículas que às vezes se comportam como ondas e vice-versa, atuando em dimensões microscópicas e velocidades que se aproximam da velocidade da luz; e a radioatividade que consiste em um fenômeno nuclear, em que a emissão de energia ocorre para que haja a estabilidade do núcleo do átomo.

Os fenômenos físicos embasam o desenvolvimento tecnológico, proporcionando melhorias na qualidade de vida da sociedade como um todo (PERFOL; REZENDE JR, 2006; KIKUCHI; ORTIZ; BATISTA, 2013).

São vários os objetos de nosso dia a dia que utilizam os conceitos desenvolvidos em física moderna, como os aparelhos eletrônicos, os computadores, os opto-eletrônicos (CDs, impressoras a laser, entre outros), os dispositivos automáticos e sistemas de controle como o controle remoto, os celulares e; na medicina, entre tantos avanços, tem-se o laser (VALADARES; MOREIRA, 1998; DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012). Machado, Pleitez e Tijero (2006) confirmam as aplicações da física moderna na medicina:

> Outro caso, talvez mais impressionante, é o das aplicações da física moderna em medicina. De fato, não é exagero dizer que, sem o conhecimento das leis que regem o mundo atômico, nuclear e das partículas elementares, obtido ao longo do século passado, não existiriam muitos dos métodos de terapia e diagnóstico usados na medicina moderna. (MACHADO; PLEITEZ; TIJERO, 2006, p. 1).

É importante o professor aprofundar os conceitos da física moderna em diferentes áreas de ensino, assim o aluno conhecerá os fundamentos da tecnologia atual que está ligada ao seu cotidiano, assim como, é importante que o aluno faça a ligação dos conceitos de física moderna aprendidos em sala de aula com o meio externo em que vive (VALADARES; MOREIRA, 1998; MACHADO; PLEITEZ; TIJERO, 2006). Como descrito nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), os conhecimentos adquiridos com o estudo da física moderna são indispensáveis para o desenvolvimento atual:

> Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento de eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2002, p. 19).

Os avanços obtidos pela física do século XX se encontram tão presentes no dia a dia que muitas vezes podem não ser notados por todos, por se tratar de uma

tecnologia desenvolvida em escala micro ou nanoscópica. Entretanto, ela está presente em medicamentos, nos alimentos, nas tecnologias a laser e nos supercondutores (PERFOLL; REZENDE JR, 2006).

A Física Moderna está presente em uma simples passagem ao supermercado, quando o cliente não localiza o valor do produto na gôndola e precisa consultá-lo em um leitor de códigos de barras; durante uma apresentação que o professor utiliza um aparelho chamado de *laser pointer* para facilitar a localização de pontos nos slides; ou em aplicações médicas, como a estética que utiliza a tecnologia do laser para procedimentos relacionados à retirada de manchas na pele, olheiras, remoção de tatuagens, entre outros (DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012, PINHEIRO; ALMEIDA; SOARES, 2017).

O laser (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação) é um aparelho que gera uma luz monocromática com alta intensidade, por meio de radiação não ionizante, de alta concentração. Existem diferentes tipos de laser utilizados para a aplicação em tecidos diversos, que pode obter efeitos térmicos e fotoquímicos (PINHEIRO; ALMEIDA; SOARES, 2017).

Outra tecnologia que está presente em nosso cotidiano é a relacionada ao efeito fotoelétrico, que acontece quando uma superfície metálica ou semicondutora é exposta à radiação eletromagnética, como a luz, que “arranca” elétrons da superfície do material que estão ligados aos átomos, gerando uma corrente elétrica. As células fotoelétricas são utilizadas em aparelhos tais como: sistemas de alarmes, televisões LCD e plasma, portas automáticas, painéis solares, entre outros (VALADARES; MOREIRA, 1998).

Os estudos dos fenômenos físicos, particularmente os fenômenos quânticos, são, portanto, fundamentais para que o estudante entenda o funcionamento das tecnologias existentes e possa, na sua atuação profissional, aplicá-los de forma a contribuir com a sociedade.

1.2 Metodologias de ensino

Nos anos 1980 até meados dos anos 1990, o ensino era centralizado pela aquisição de conhecimento, de modo que a transmissão de conteúdo era uma condição importante durante o processo de ensino. O professor era qualificado de acordo com a quantidade de informação que conseguia transmitir aos alunos, e dos

alunos, era solicitada a recepção dessas informações, que poderia ocorrer até por meio de memorização, neste caso um estudante capacitado era o que conservava mais conhecimento (CHASSOT, 2006). De acordo com Chassot (2006), hoje o currículo deve ser mais amplo, em que aspectos sociais e pessoais dos estudantes devem ser levados em consideração:

> Hoje não se pode mais conceber propostas para um ensino de ciências sem incluir nos currículos componentes que estejam orientados na busca de aspectos sociais e pessoais dos estudantes. Há ainda os que resistem a isso, especialmente quando se ascende aos diferentes níveis de ensino. Todavia, há uma adesão cada vez maior às novas perspectivas (CHASSOT, 2006. p. 90).

Com o desenvolvimento tecnológico, a informação e o conhecimento passaram a ser transmitidos de forma muito rápida e global, em que todos estão conectados compartilhando o mesmo conteúdo (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Esta tecnologia pode ser vista como uma grande aliada no processo de ensino e aprendizagem, devido à familiaridade que os estudantes de hoje têm com os equipamentos.

Devido a esses fatores, o método tradicional de ensino em que o professor transmite a informação e o aluno decora os conceitos de forma passiva, tem sido substituído por metodologias ativas, mais dinâmicas e sintonizadas com as atuais gerações conectadas às novas tecnologias.

De acordo com Freire (1996, p. 21) “ensinar não é transferir conteúdo a ninguém, assim como aprender não é memorizar o perfil do conteúdo transferido no discurso vertical do professor”. Este pensamento é modelo para diversos níveis de ensino, como o ensino superior. Segundo Masetto (2003), tal ocorrência é um fator preocupante, descrito por ele da seguinte forma:

> A grande preocupação no Ensino Superior é com o próprio ensino, no seu sentido mais comum: o professor entra em aula para transmitir aos alunos informações e experiências consolidadas para ele através de seus estudos e atividades profissionais, esperando que o aprendiz as retenha, absorva e reproduza por ocasião dos exames e provas avaliativas (MASETTO, 2003, p. 1).

Tradicionalmente o professor ocupa o lugar central no ambiente de ensino, algo que é observado desde a disposição dos móveis dentro da sala, em que todos estão distribuídos em cadeiras enfileiradas de frente ao professor, que por sua vez

se encontra no lugar central, tendo a missão de transmitir a informação, no processo cognitivo de aprendizagem, com a tarefa de revelar o que deve ser aprendido pelos alunos, orientar e avaliar, dando sempre a última palavra. Muitas vezes, transmite uma postura de autoridade perante os alunos (RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011). Freire (1979) confirma esse posicionamento de autoridade com a seguinte afirmação:

> O professor ainda é um ser superior que ensina a ignorantes. Isto forma uma consciência bancária. O educando recebe passivamente os conhecimentos, tornando-se um depósito do educador. Educa-se para arquivar o que se deposita (FREIRE, 1979, p. 38).

O aluno por sua vez passa a prestar atenção nas aulas, fazendo as anotações exatamente da forma como são apresentadas as informações, tendo uma participação limitada, se pronunciando no momento em que é requisitado pelo professor, e utilizando a memorização como uma estratégia de aprendizagem (RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011). Moreira (2017) descreve esta metodologia no ensino de física da seguinte forma:

> Em resumo, o ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro texto (MOREIRA, 2017, p. 2).

Um grande desafio hoje em dia é fazer com que o aluno aprenda a aprender, tenha iniciativa e saiba realizar pesquisas, para isso é necessário inovar e desenvolver formas diferentes de ensinar, incentivando-o a ter uma postura de iniciativa no seu ensino e não somente de receptor de informação.

O desafio de fazer com que o discente aprenda a aprender é um tema que tem sido amplamente discutido em vários fóruns e organizações como, por exemplo a Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura), por meio do relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI – *Educação: Um tesouro a descobrir*, que discute um conjunto de missões relacionados aos pensamentos pedagógicos envolvendo a humanidade. Podem-se destacar neste documento os *quatro pilares da educação*, correspondentes aos conhecimentos fundamentais para cada cidadão durante a trajetória de sua vida. Os quatro pilares são:

- *Aprender a conhecer*, como adquirir compreensão;
- *Aprender a fazer*, como transformar conhecimento em ações;
- *Aprender a viver juntos*, como conviver com as diferenças;
- *Aprender a ser*, por meio do desenvolvimento dos três pilares anteriores o indivíduo consegue desenvolver sua identidade, solidariedade e responsabilidade social (SILVA, 2008; ROMÃO, 2018).

O processo de aprendizagem baseado em ensinar e transmitir a informação está mudando o foco para o “aprender”, que consiste na valorização do processo de aquisição de conhecimento (MASETTO, 2012). Para Moreira (2017), a busca de informação é de extrema importância para o aluno:

> Ensinar perguntas ao invés de respostas não significa não trazer à sala de aulas as respostas que existem para determinadas perguntas, mas sim que é igualmente importante ensinar os alunos a perguntar e buscar respostas (MOREIRA, 2017, p. 8).

Uma maneira de mudar esse quadro é utilizando metodologias ativas de ensino. Com elas, os alunos passam a ser os protagonistas do seu desenvolvimento, adquirindo a responsabilidade de pesquisar e estudar sem depender inicialmente das explicações prévias que ocorre nas aulas, e os professores assumem o papel de orientadores, direcionando os alunos para o melhor caminho nesse novo processo de aprendizado, de modo que deixam de ser somente detentores e transmissores das informações. A atribuição do professor nesse processo ativo de ensino e aprendizagem é o de criar situações que o aluno possa construir o conhecimento científico, observando, analisando, discutindo e expressando seu entendimento para todos.

Este tipo de aprendizado acontece de forma cognitiva, relacionada com o desenvolvimento intelectual. Aprender de uma nova maneira que os alunos não conheciam, trabalhar em grupo, fazer pesquisa, serem os responsáveis pelo próprio conhecimento, adquirindo autonomia, estimulando a confiança, aprendendo com a mudança e os riscos corridos, desenvolvendo a inteligência coletiva, aprendendo a ensinar, auxiliando o colega, favorece o aprendizado construtivo e permanente (HARGREAVES, 2003).

A universidade de MCMaster, no Canadá, foi a precursora na utilização de metodologias ativas de ensino no ensino superior na área da saúde. Na década de 1960 já estavam utilizando Aprendizagem Baseada em Problemas (BERBEL, 1998; CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004). Atualmente as metodologias ativas estão cada vez mais consolidadas em vários cursos, como os de Engenharia na Faculdade de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, que utiliza a Aprendizagem Baseada em Projetos (BARRETO et al*.,* 2017). E além disso, há tecnologias móveis que estão sendo adaptadas para facilitar o desenvolvimento das aulas presenciais (MORÁN, 2015).

Outra metodologia de ensino que pode ser utilizada é o sistema *blended* ou híbrido. Segundo Horn e Staker (2015), para acontecer um ensino híbrido deve existir o ensino *on-line* em que o aluno descobre como controlar seu tempo de aprendizagem, e administra o conteúdo e o lugar no qual vai estudar. A monitoria do professor não é dispensada em sala de aula, de modo que este momento, reservado em um lugar monitorado, seja utilizado para desenvolver a integração do conteúdo estudado *on-line* com o apresentado pelo professor.

Segundo Bacich, Tanzi e Trevisani (2015), o ensino pode ocorrer por meio de problemas ou projetos, com roteiros previamente preparados, de modo que seja possível a flexibilidade durante sua execução, o que permite a adaptação ao ritmo de cada aluno e também o seu engajamento com atividade em grupos. Para os autores é interessante que os conhecimentos básicos sejam dirigidos ao ambiente virtual, e os processos que exigem mais criatividade e supervisão ocorram em sala de aula.

O sistema *blended* ou híbrido é indicado para as instituições que trabalham com metodologias que se baseiam em problemas ou projetos, como a Unisal em Lorena, que desenvolve seu trabalho com o *Peer Instruction* (Aprendizagem por Pares), metodologia ativa de ensino que explora o estudos prévios e *on-line*, desenvolvida por Eric Mazur durante as aulas de física (MAZUR, 2015), e que hoje é utilizada por professores de vários cursos (MORÁN, 2015).

São muitas as metodologias ativas utilizadas, que possuem como base a autonomia e a pesquisa, incentivando o trabalho em grupo e a discussão entre os colegas. Como exemplo de metodologias ativas que desenvolvem essas habilidades nos estudantes tem-se o TBL (Aprendizagem Baseada em Equipes) (MICHAELSEN; SWEET, 2011; BOLLELA et al., 2014), PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas)

(CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014; BORGES et al., 2014), Sala de Aula Invertida (TREVELIN; PEREIRA; OLIVEIRA NETO, 2013; VALENTE, 2013), *Peer Instruction* (MAZUR, 2015), Problematização e *Just in Time Teaching* (BERBEL, 1998; NOVAK, 2011), Aprendizagem Baseada em Projetos (METTAS; CONSTANTINOU, 2008; RODRÍGUEZ-SANDOVAL; VARGAS-SOLANO; LUNA-CORTÉS, 2010; BARRETO et al., 2017), entre outras. Todas essas metodologias contam com a participação do professor, esclarecendo possíveis dúvidas, orientando os discentes nos estudos dirigidos, trabalhando no desenvolvimento e progresso dos conteúdos exigidos, fazendo com que os estudantes alcancem os objetivos de aprendizagem correspondentes ao curso.

Como uma maneira de organizar os objetivos e distribuir as atividades de modo hierárquico, pode-se utilizar a Taxonomia de Bloom revisada, que consiste em uma ferramenta de hierarquização de objetivos de aprendizagem e permite que os problemas sejam classificados conforme os níveis de dificuldade que os alunos se encontram (BLOOM, 1973).

A classificação é feita por meio dos objetivos de aprendizagem requisitados em cada exercício. Ao saber o nível do conhecimento exigido durante a questão, o professor poderá classificar em uma tabela bidimensional que contém a “Dimensão do Conhecimento” com quatro categorias, representadas pelos substantivos (o que) como base, indicando o que o aluno deve saber para resolver os problemas propostos; e a “Dimensão do Processo Cognitivo”, que é constituída de 6 categorias, representadas pelo verbo de ação (como), indicando como o problema será resolvido (LORIN; KRATHWOHL, 2001; KRATHWOHL, 2002; FERRAZ; BELHOT, 2010).

A Taxonomia de Bloom também tem sido utilizada para analisar as questões propostas no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), prova utilizada para avaliar o rendimento dos estudantes que estão finalizando o último período do curso de graduação. O ENADE é um procedimento de avaliação dos cursos superiores do Brasil, que faz parte do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), estabelecido pela Lei 10.861/2004 (BRASIL, 2004), com o objetivo de garantir e qualificar de forma regularizada o processo de educação das instituições de ensino superior nacional.

A aplicação da Taxonomia de Bloom, tanto a original quanto a revisada, tem sido discutida em trabalhos, livros e artigos de diversas áreas no estudo das provas

do ENADE, com a finalidade de entender a complexidade das questões de acordo com as dimensões do conhecimento e do processo cognitivo. Alexandre Mendes Nicolini e Rui Otávio Bernardes de Andrade (2015) foram organizadores de um grupo que estudou as três edições das provas do ENADE referentes aos anos de 2006, 2009 e 2012 aplicadas nos cursos de Administração e Gestão. Os resultados desta pesquisa foram publicados em um livro, em que são apresentados exemplos de exercícios classificados nas diferentes categorias cognitivas da Taxonomia de Bloom, sendo que para esta pesquisa os autores utilizaram a Taxonomia de Bloom original.

Nesta obra, os autores apresentam a análise dos seis níveis do domínio cognitivo (Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação) junto a exemplos de exercícios referentes a cada um deles, e na Tabela 1 encontra-se a quantidade de questões por categoria ao longo das três edições do ENADE.

Tabela 1 - Quantidade de questões por categoria nas edições do ENADE nos anos de 2006, 2009 e 2012, nos cursos de Administração e Gestão

Categoria	Quantidades de questões, anos (2006, 2009 e 2012).
Conhecimento	18
Compreensão	20
Aplicação	11
Análise	31
Síntese	9
Avaliação	8

Fonte: Nicolini e Andrade, 2015. Fonte: NICOLINI M.A.; ANDRADE R. O. B. **Padrão Enade:** Análise reflexões e proposições à luz da taxonomia de bloom. Local: São Paulo. Atlas, 2015.

De acordo com Nicolini e Andrade (2015, p. 13), “De forma sistemática têm sido registradas incidências das dimensões da Taxonomia de Bloom no exame do ENADE para estudantes de Administração e Gestão.”

Há ainda outros autores com publicações recentes nas áreas da saúde como Odontologia e Educação Física (TOLEDO et al., 2008; FERREIRA JÚNIOR et al., 2017; MOIMAZ et al., 2017), em Ciências Contábeis (PINHEIRO et al., 2013), e em Física (COSTA; MARTINS, 2017), todos em busca de maior compreensão das questões aplicadas no ENADE à luz da Taxonomia de Bloom.

Apoiado nas questões discutidas anteriormente, este trabalho pauta-se no referencial teórico das metodologias ativas de ensino, Taxonomia de Bloom revisada

e mapa conceitual, com uma sequência de apresentação de capítulos que consiste em uma abordagem inicial sobre metodologias ativas utilizadas atualmente, descritas no capítulo 3.

No capítulo 4 é apresentado o mapa conceitual como uma ferramenta utilizada para organizar ideias e constituída de três partes: conceito inicial, frase de ligação e conceito final. Essa ferramenta proporciona ao aluno uma maneira de construir e organizar os conhecimentos aprendidos, de maneira gráfica, potencializando a aprendizagem. E a Taxonomia de Bloom revisada, detalhando suas características e conceitos (CORREIA et al., 2016).

No capítulo 5 são apresentados diferentes recursos tecnológicos disponíveis na rede, que podem auxiliar o professor em sua atividade acadêmica.

Como exemplo de aplicação das metodologias ativas e dos recursos tecnológicos, é apresentado no capítulo 6 um plano de aula mostrando diferentes possibilidades de utilização desses recursos, com exercícios classificados na tabela bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada.

No capítulo 7 são apresentadas as considerações finais do trabalho.

Como existe uma escassez de exemplos de exercícios e problemas classificados segundo a Taxonomia de Bloom, é apresentado no Apêndice A um banco de questões sobre Física Moderna para que o professor utilize como consulta em suas aulas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Apresentar as metodologias ativas de ensino e a Taxonomia de Bloom revisada, junto a outras ferramentas e recursos tecnológicos que podem ser utilizados pelo professor durante suas aulas, criando um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e autônomo para os estudantes.

Todos os exemplos apresentados neste trabalho são baseados nos conceitos de Física Moderna.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as necessidades atuais para os cursos de engenharia, com base nas exigências descritas nas Diretrizes Curriculares Nacionais de Curso de Graduação em Engenharia e nas propostas oferecidas pela ABENGE referentes às melhorias nos processos de ensino e aprendizagem e recursos tecnológicos;

- Apresentar diferentes metodologias ativas de ensino, de modo que o docente compreenda suas aplicações e benefícios;

- Apresentar o mapa conceitual como uma ferramenta de organização de ideias e conhecimentos, que pode ser utilizado tanto pelo professor durante o planejamento das aulas como pelos estudantes para estudos prévios e posteriores;

- Apresentar a Taxonomia de Bloom revisada como um recurso que facilita a hierarquização das questões aplicadas em aula de acordo com os objetivos educacionais que os alunos devem desenvolver;

- Apresentar alguns recursos tecnológicos disponíveis *on-line*, que podem ser utilizados pelo professor na preparação das aulas e nos processos de avaliação;

- Apresentar um exemplo de plano de aula que agrupe algumas metodologias ativas de ensino e ferramentas de estudo discutidas neste trabalho, mostrando ao professor a possibilidade de hibridização dos recursos propostos;

- Apresentar uma sequência de questões de Física Moderna classificadas de acordo a Taxonomia de Bloom revisada.

3 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO

> [...] o aluno é passivo, grande tomador de notas, exímio memorizador, prefere manejar conceitos abstratos a resolver de forma original e criadora problemas concretos da realidade em que vive (BORDENAVE; PEREIRA, 1991, p. 10).

A situação descrita acima é familiar no ensino de exatas por estar caracterizada com suas aulas expositivas. Com a escassez de aulas dinâmicas que estimulem o aprendizado de outro modo que não seja a memorização de conteúdo, o aluno dificilmente consegue fazer uma associação do que está aprendendo com situações reais (MORÁN, 2015).

Durante o aprendizado expositivo o aluno deve buscar a relação do conteúdo que está sendo ensinado com o meio sociocultural, para poder acentuar em sua memória estes conhecimentos. Para Cavalcanti (2005, p. 187), essa assimilação de informação com o meio sociocultural estabelece que, “o pensamento, o desenvolvimento mental, a capacidade de conhecer o mundo e de nele atuar é uma construção social que depende das relações que o homem estabelece com o meio”. De acordo com Vygotsky (2001), todos os conhecimentos adquiridos tanto pelo meio acadêmico quanto pelo meio sociocultural, são classificados como conhecimentos científicos, e representam uma unidade:

> O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem (VYGOTSKY, 2001, p. 261).

Quando o conhecimento adquirido não é aprendido por meio de assimilação ou compreensão com o meio social em que o aluno está envolvido, o aprendizado pode acontecer de forma momentânea. Neste caso, o professor apresenta o conteúdo que será trabalhado, faz uma explicação que contemple os exercícios que posteriormente serão aplicados e, após sua fala, é distribuída aos estudantes uma lista de exercícios, que por sua vez será respondida de maneira automática, substituindo possíveis valores em fórmulas apresentadas nos exemplos, o que não

exigirá muito esforço do aluno com relação ao desenvolvimento cognitivo (RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011; PARANHOS et al., 2017).

A etapa seguinte é a correção que o professor realiza depois de um tempo. Caso o estudante acerte, irá adquirir uma satisfação momentânea de aprendizagem, e em uma situação contrária, que é a de erro, provavelmente opta por esperar a correção, para apenas identificar onde foi sua falha, esperando não cometer este erro novamente em um teste futuro. O que por muitas vezes é a única forma de avaliação feita em sala de aula, apesar de não ser regra, é geralmente o mais usual em uma aula de exatas que utiliza a metodologia tradicional de ensino. No método expositivo, o aluno estuda, aprende ou decora sem apresentar um grau elevado de esforço. Esse processo muitas vezes acaba desmotivando-o e resultando na evasão escolar (RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011; OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016; PARANHOS et al., 2017). Araujo e Mazur (2013) confirmam que a situação precisa ser modificada, pois o resultado pode ser a evasão escolar:

> Em meio a condições não raro adversas de infraestrutura e apoio institucional, o professor tem como tarefa propiciar aos alunos condições para que possam se engajar no processo de aprendizagem e orientá-los de modo a alcançar uma aprendizagem significativa da matéria em estudo. “Tornar o aluno um agente ativo, (co)responsável pelo processo de ensino e aprendizagem” é algo mais fácil de defender do que colocar em prática, principalmente quando o professor está à frente de uma classe numerosa, com alunos pouco interessados, sempre assombrado pelo fantasma da evasão (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 364).

A disciplina de Física, por exemplo, se encontra nesse contexto do ensino de exatas. Com a falta de inovação nas aulas, manifesta-se a dificuldade de aprendizado nos alunos por não se sentirem incluídos nas atividades, com pouca participação resultando em falta de interesse e comprometimento (MOREIRA, 2017).

Porém, essa situação pode ser alterada com a utilização de metodologias ativas, que insere o aluno na sua própria aprendizagem, tornando-o responsável pelo seu aprendizado, bem como desenvolvendo e estimulando o seu conhecimento cognitivo e sua habilidade de pensar e solucionar problemas (BEICHNER et al., 2007; WATKINS; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Vários trabalhos publicados mostram que a utilização de métodos ativos de ensino na aprendizagem de física favorece a compreensão conceitual (MOREIRA, 2017; PARANHOS et al., 2017; SALES et al., 2017; PARREIRA, 2018). Com relação ao ensino tradicional, o grupo de estudo, as discussões e o estudo prévio fazem com

que os alunos desenvolvam a aprendizagem colaborativa deste modo o conhecimento deixa de ser memorizado e passa a ser construído, assimilado e compreendido (BARROS et al., 2004; LORENZO; CROUCH; MAZUR, 2006; MÜLLER, 2013; RUDOLPH et al., 2014). Características estas que estão sendo cada vez mais exigidas, não apenas durante o ensino conciliado com a aprendizagem, mas também no mercado de trabalho. Para Barreto et al. (2017), o profissional deve ser dotado de várias competências:

> Atualmente, o mercado de trabalho vem exigindo competências cada vez mais complexas e abrangentes dos profissionais que contrata. Além do conhecimento técnico, a facilidade de comunicação, a habilidade para trabalhar em conjunto com outras pessoas de forma integrada, a flexibilidade e a presença de características de liderança são bastante valorizadas (BARRETO et al., 2017, p. 78).

As metodologias ativas de ensino priorizam o aprender, diferente da metodologia tradicional de ensino que prioriza o ensinar, ou seja, o conteúdo que é transmitido. Quando o aprender é priorizado, acaba sendo exigida mais ação do aluno, que se torna o principal agente do seu aprendizado. Neste caso a busca pela informação fica indispensável na sua rotina de estudos, porque o professor deixa de ministrar a aula de forma bancária, apenas depositando, transferindo o conhecimento e o conteúdo equivalente ao módulo, ato este que muitas vezes desenvolve um aluno dependente e sem estímulo de buscar novas informações em outras fontes que não seja a aula ministrada, e sem desenvolver a habilidade de criticar e questionar (FREIRE, 1996; RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011; MASETTO, 2012).

O professor continua presente nas aulas que utilizam metodologias ativas de ensino, no entanto adquire um novo papel, de orientador, direcionando o aluno durante os estudos, estimulando a dúvida e a pesquisa, o trabalho em grupo, ensinando o aluno a aprender e a ensinar. Este novo professor precisa ser criativo, flexível, comunicativo, sempre questionando os estudantes e estar atualizado com o desenvolvimento tecnológico (RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011). A adaptação do professor às metodologias ativas e à tecnologia é descrita como fator muito importante e determinante para a continuidade de sua carreira profissional, conforme relata Demo (2008):

> De fato, o docente que apenas transmite informação através de aula instrucionista está com os dias contados, porque o mundo virtual vai substituí-lo com vantagem. No entanto, o professor maiêutico, envolvido com a aprendizagem profunda do aluno na condição de orientador e avaliador, além de motivador, é, a rigor, insubstituível. Ao contrário de diminuir nesta sociedade, a demanda vai aumentar expressivamente (DEMO, 2008, p. 11).

Com o papel de orientador o docente irá impulsionar o debate entre os colegas, desenvolvendo situações que provoquem o aprendizado significativo, que é a interação entre os novos conhecimentos com os conhecimentos preliminares do discente, proporcionando uma aprendizagem que agrega significado e, por consequência, aumentando a compreensão e a eficácia de aplicação das informações aprendidas (MOREIRA, 2017).

De acordo com o Parecer CNE/CES 1.362/2001 (p. 2), “o aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e experiência, com orientação e participação do professor”. Para auxiliar esse processo é essencial um ambiente de ensino estruturado de forma dinâmica em que ocorra a busca de informação, e os discentes tenham prazer em falar, discutir, orientar o colega, bem como escutar e filtrar conhecimentos e argumentações.

Diante de muitas transformações relacionadas ao cotidiano da população, encontra-se a tecnologia pertencente a aparelhos domésticos, os carros não são mais como antes, pois hoje utilizam de vários recursos tecnológicos (sensores, alarmes, GPS...), os celulares com múltiplas funções estão sempre atualizados com a última tecnologia desenvolvida, isso significa que tudo está em transformação, se conectando de uma forma dinâmica (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Mas apesar de tantas mudanças é possível notar que o ensino não caminha na mesma velocidade que outros setores. Morán (2015) relata da seguinte forma a relação da escola com as necessidades da sociedade:

> A escola padronizada, que ensina e avalia a todos de forma igual e exige resultados previsíveis, ignora que a sociedade do conhecimento é baseada em competências cognitivas, pessoais e sociais, que não se adquirem da forma convencional e que exigem proatividade, colaboração, personalização e visão empreendedora (MORÁN, 2015, p. 16).

Em meio ao desenvolvimento tecnológico, com a velocidade de transmissão de informação, a metodologia tradicional e passiva torna-se desinteressante e

ineficaz. Hoje o aluno tem a informação disponível na palma da mão, e em qualquer lugar, utilizando a internet, videoaula, artigos, livros e a conexão com pessoas de vários lugares. Tudo isso fornece uma ampla possibilidade de estudos, fatores estes que antes não existiam (ALMEIDA, 2010; VALENTE, 2014; MORÁN, 2015). É possível explorar todo esse desenvolvimento com o aproveitamento das metodologias ativas de ensino, que têm como base a busca do conhecimento de forma particular ou em grupo, com o aluno pesquisando a informação, estudando, assimilando, discutindo e depois esclarecendo as possíveis dúvidas que surgem com o professor.

São muitas as metodologias ativas de ensino existentes, e apesar de possuírem características exclusivas que correspondem aos seus processos de aplicação e aos objetivos de aprendizagem desejados, todas priorizam de alguma forma o aprendizado prévio, a autonomia, o trabalho em equipe, a colaboração e a discussão entre os colegas, com a finalidade de centralizar todo o aprendizado no estudante, conforme relata Morán (2015).

> As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa (MORÁN, 2015, p. 17).

A aplicação de metodologias ativas em cursos de graduação pode gerar diversos desafios, pois dependem de fatores relacionados às organizações acadêmicas e administrativas, a normas pedagógicas relacionadas aos professores e alunos que envolvem convicções, padrões de ensino e regras (WALL; PRADO; CARRARO, 2008).

É importante que toda e qualquer metodologia ou ferramenta utilizada para os processos de ensino e aprendizagem não compartilhe de um modelo final, do qual o discente será direcionado a alcançar tal resultado, bloqueando assim o processo de autonomia e conduzindo à mecanização e reprodução. Para Moreira (2012), esse padrão de determinar resultados não possui êxito como aprendizagem ativa:

> Certas estratégias e certos instrumentos podem ter maior potencial facilitador da aprendizagem significativa, mas dependendo de como são usados em situação de ensino podem não promover tal aprendizagem.

> Qualquer estratégia, instrumento, técnica ou método de ensino (ou qualquer outra terminologia) usados dentro de um enfoque comportamentalista do tipo certo ou errado, sim ou não, promoverá a aprendizagem mecânica. Qualquer estratégia que implicar “copiar, memorizar e reproduzir” estimulará a aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2012, p. 23).

Após a leitura e o estudo de vários artigos foi possível construir o Quadro 1 com comparações entre as metodologias ativas e a tradicional, o que deixa mais explícita a diferença entre ambas (BORDENAVE; PEREIRA, 1991; FREIRE, 1996; HARGREAVES, 2003; BARROS et al., 2004; RODRIGUES; MOURA; TESTA, 2011; MASETTO, 2012; ARAUJO; MAZUR, 2013; MORÁN, 2015; OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016; MOREIRA, 2017).

Quadro 1 – Quadro comparativo de metodologias

Metodologias Ativas	**Metodologia Tradicional**
Protagonismo do aluno	Protagonismo do professor
Professor orientador	Professor detentor do conhecimento
Estudo prévio, primeiro contato com o conteúdo antes da aula, adquire tempo para elaborar dúvidas	Primeiro contato com o conteúdo em sala de aula, sem tempo de elaborar dúvidas
Avaliação contínua	Testes de avaliação
Problemas provenientes da realidade	Problemas de livros associados aos testes
Desenvolvimento cognitivo	Trabalha com memorização e cognição
Mais tempo em sala para atividades dinâmicas	Tempo em sala de aula utilizado para exposição do conteúdo
Desenvolve a iniciativa, a liderança o trabalho em equipe e a colaboração	Desenvolve a passividade e a individualidade
Aprendizagem significativa	Aprendizagem mecânica
Sala de aula modificada, facilitando a interação dentro dos grupos e entre os grupos	Sala de aula tradicional, fileiras direcionadas ao professor, priorizando a recepção de informação
Uso de tecnologia digital	Pouca inovação
Motivação dos alunos	Desmotivação e evasão do ensino
Soluções dos problemas com aplicações reais	Solução dos problemas utilizados para resolução de questões semelhantes
Interdisciplinaridade entre as matérias	Matérias apresentadas de forma individual
Professores interagem para planejar aulas conectadas e construtivas	Professores planejam suas aulas apenas conforme o que é requisitado no módulo e no currículo

Fonte: Elaboração própria.

Teixeira, Shitsuka e Silva (2016) realizaram uma pesquisa com alunos dos cursos de engenharia de materiais e metalúrgica da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) e da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A idade dos discentes variava entre 16 e 29 anos. A disciplina escolhida para a análise foi “Prática de corrosão”, cujo estudo fundamenta-se na pesquisa qualitativa referente aos resultados obtidos com a aplicação de metodologias ativas que trabalham o aprendizado pela prática investigativa de corrosão. Os discentes apresentaram uma avaliação satisfatória para as aulas, fornecendo relatos dos quais os autores concluíram que o trabalho apenas de questões teóricas não consegue relacionar a teoria com a prática, e este fator dificulta o aprendizado. Teixeira, Shitsuka e Silva (2016) concluíram a pesquisa da seguinte forma:

> O relatório completo prático de corrosão foi o instrumento utilizado para a verificação se a aprendizagem que apresentou um êxito de no mínimo 75% dos conhecimentos esperados a ser desenvolvidos na prática. Este registro quantitativo aliado ao qualitativo oriundo dos diagramas Likert respondidos pelos discentes indicam a junção exitosa da teoria, como o discente aprendeu a aprender e construiu de forma significativa os conceitos envolvidos com a prática de corrosão (TEIXEIRA; SHITSUKA; SILVA, 2016, p. 10).

Profissões que não trabalham com rotina e solicitam profissionais ágeis e competentes como a enfermagem, levou Wall, Prado e Carraro (2008) a conduzirem uma pesquisa de aplicação de metodologias ativas aos alunos de um estágio de docência no curso de graduação em enfermagem de uma instituição federal de ensino. Nesta pesquisa foram desenvolvidos debates, em que os estudos e os conhecimentos adquiridos giraram em torno da área de aplicação, com o propósito de construir um conhecimento associado à realidade.

A conclusão adquirida na pesquisa foi de que o trabalho em sala de aula deve estar relacionado à prática, conduzindo o aluno à compreensão e ao exercício da realidade e, assim, obtendo a capacidade de transformá-la. Wall, Prado e Carraro (2008) descrevem sua experiência da seguinte forma:

> Podemos dizer que se investiu na reflexão crítica e sistemática, e na manutenção dos espaços coletivos de discussão, por meio de reuniões, oficinas, indicação de leituras, palestra com especialistas, além das constantes trocas de ideias, para que o grupo de professores pudesse incorporar e aderir ao referencial pedagógico. Esse processo de mudanças não está concluído, mas percebemos que os alunos demonstraram iniciativa e compromisso com o próprio processo de aprendizagem, desenvolveram

> uma visão crítica e perceberam a importância do trabalho coletivo, cientes da missão de agentes de mudanças (WALL; PRADO; CARRARO, 2008, p. 518).

3.1 Aprendizagem Significativa

A teoria da aprendizagem significativa é baseada no construtivismo, um processo em que o conhecimento não é passivo ou recebido por meio de comunicação, o conhecimento é construído de forma ativa por parte do indivíduo que o contém. Nele o indivíduo é o elemento que estrutura e reestrutura o seu próprio conhecimento, mantendo a mente ativa e efetuando esse processo diversas vezes para associar os novos conhecimentos aos conhecimentos subsunçores que correspondem aos elementos já existentes na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1963; NOVAK; GOWIN, 1984).

A subsistência cognitiva do subsunçor é variável entre os indivíduos, e a quantidade de significados pode estar bem desenvolvida ou não, porém, como sua base é utilizada como uma ideia âncora para novos conhecimentos, ela irá se alterando e conquistando novos significados. Situação esta que não ocorre no ensino expositivo, porque falta estímulo para que o aluno desenvolva essa atividade de construção e permaneça com a mente ativa. Na outra ponta, o professor, por não conhecer as experiências e ideias dos discentes, não pode diferenciar e estruturar suas aulas expositivas de acordo com as necessidades específicas e mais precisas. (AUSUBEL, 2003; VALADARES, 2011).

Em 1963, David Paul Ausubel apresentou sua teoria sobre aprendizagem significativa, que se sustenta com base no conhecimento prévio do estudante. Este irá aprender de forma substantiva os novos conceitos propostos e associá-los com as ideias que já existem em sua estrutura cognitiva.

Essas informações vão gradativamente se completando e conectando, dando significados umas às outras, desta forma é mais fácil para o estudante resgatar alguma referência e lembrar com mais facilidade de algo que possa ter esquecido. Ele sente que possui o controle do conhecimento e começa a adquirir mais confiança e motivação na resolução de problemas (NOVAK, 2010).

Na aprendizagem significativa os conhecimentos prévios dos alunos sempre devem ser considerados, sendo certas as respostas ou erradas, o que será uma referência ao professor sobre a forma como eles pensam. A aprendizagem

significativa ocorre quando o aprendizado é estabelecido por meio do processo de representação, o novo faz conexão com o que já existe de conhecimento e informação sem ser de maneira aleatória, em que tudo que é apresentado é novo e requer disposição maior de tempo para explanação de teorias. Ou seja, a aprendizagem significativa faz ligação com as bases cognitivas já existentes no discente, com os novos conhecimentos adquiridos no decorrer do processo de aprendizado (MOREIRA, 2012).

Quando as novas informações são associadas aos conhecimentos subsunçores, que são os conhecimentos prévios, sua representação pode ocorrer por meio de conceitos, simbologia ou uma organização mental já existente na estrutura cognitiva do estudante. Quanto maior o aprendizado, maior será a estrutura referente ao conhecimento existente no subsunçor (AUSUBEL, 1963; NOVAK; GOWIN, 1984). De acordo com Moreira (2012), o subsunçor apresenta as seguintes características:

> O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de idéia-âncora para um novo conhecimento ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes (MOREIRA, 2012, p. 2).

A tirinha de Calvin, representada na Figura 1, ilustra como ocorre um aprendizado fundado em memorização e reprodução de conteúdo.

Figura 1 - Calvin e Dona Hermengarda Livro de história

Fonte: Disponível em: < http://geekness.com.br/calvin-e-seu-conhecimento-sobre-presidentes-tirinha/>. Acesso em: 20 ago. 2017.

Nesta tirinha Calvin não consegue assimilar o significado da aula e sua importância, essa dificuldade acontece no momento que a professora Hermengarda não percebe a importância de valorizar os conhecimentos prévios do aluno, para poder fazer uma associação com as novas informações. A aprendizagem ocorre quando o aluno atribui significado para a informação

A busca por uma aprendizagem ativa, dinâmica e com significado direciona na utilização de metodologias e ferramentas que privilegiam tais propostas de aprendizado.

A influência do aprendizado significativo durante a formação do discente em situações ativas também pode ser explicada pela neurociência, que caracteriza a atuação do cérebro humano do século XXI como um organizador de experiências do indivíduo (OLIVEIRA, 2014). Oliveira (2014) considera em sua pesquisa o interesse de diversos autores na integração de neurocientistas e educadores no mesmo ambiente:

> Propostas de autores comprometidos eticamente em produzir estudos consistentes sobre ensino e aprendizagem defendem a criação de ambientes educacionais integrando neurocientistas e educadores, com pesquisa e prática. A elaboração de ações educativas com bases na neurociência acrescenta ferramentas eficazes na análise do percurso da aprendizagem permitindo que seja possível se atingir o potencial de desenvolvimento individual (OLIVEIRA, 2014, p. 21).

Os estudos referentes aos processos educacionais relacionam a aprendizagem como um método de mudança de atitudes, que são consequência da mediação de princípios neurológicos relacionados ao ambiente, e o aprender é associado ao efeito da interação que acontece entre as organizações mentais do indivíduo com o ambiente educacional (OLIVEIRA, 2014).

Para aplicar a aprendizagem ativa os docentes devem incluir em suas aulas atividades que sejam derivadas de metodologias ativas de ensino como: projetos, pesquisas, estudo dirigido, experiências que envolvem o futuro campo profissional de atuação do discente, solução de problemas, e o uso de tecnologias que proporcionem maior acessibilidade à informação e estimulem a autonomia (ZIMPEL, et al., 2017). O modo como a informação é apresentada ao aluno não deve ser subestimado, conforme Oliveira (2014, p. 21) ressalta: “Apresentar o conhecimento em um formato em que o cérebro aprenda melhor passa a ser, além da preocupação

com o ensinar e o avaliar o processo de ensino-aprendizagem, uma necessidade da educação atual".

É importante que o professor obtenha em sua formação a habilidade de ensinar e motivar os alunos, que consiga também avaliar o seu aprendizado em um ambiente que seja mais compatível e efetivo com o desempenho do aluno com relação ao seu intelecto (OLIVEIRA, 2014).

3.2 TBL – Aprendizagem Baseada em Equipes

O TBL (Aprendizagem Baseada em Equipes) é um método de aprendizagem desenvolvido nos anos de 1970, por Larry Michaelsen, visando às classes com grande quantidade de alunos, criando a possibilidade de desenvolver grupos de aprendizagem (GOPALAN; FOX; GAEBELEIN, 2013).

A aprendizagem baseada em equipe (TBL) depende muito mais da relação de pequenos grupos do que de outras estratégias de instruções frequentemente utilizadas, porque contêm três aspectos que explicam essa afirmação. Em primeiro lugar, no TBL o trabalho em grupo é a ideia principal para os alunos explorar seus pensamentos e auxiliarem os colegas. Em segundo lugar, ao utilizar uma aula com a metodologia de ensino TBL, a maior parte do tempo é usada nos trabalhos em equipe e, em terceiro lugar, os cursos que utilizam o TBL costumam envolver diversas funções em grupos que são planejados com o foco de desenvolver o aprendizado em equipes (MICHAELSEN; SWEET, 2008).

Nessa aula o aluno se torna o protagonista do conhecimento. Essa é uma metodologia capaz de substituir aulas comuns expositivas, em alguns casos pode ser aplicada junto a outras metodologias, não necessita de muitos recursos, ou salas específicas para a formação de grupos. Tanto para uma grande quantidade de alunos como para uma menor quantidade é necessário apenas um professor, que irá atuar como facilitador de informações (FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

A base do TBL é o construtivismo, que em um ambiente livre de autoritarismo se destaca por valorizar a ideia de que todos são vistos como iguais. Este é o momento no qual os alunos devem compartilhar seus conhecimentos e experiências, priorizando o diálogo entre si e o trabalho em grupo. Durante as aulas o conhecimento metacognitivo é muito requisitado, pois se relaciona à interdisciplinaridade, e aos conhecimentos de resolução de problemas que serão

analisados pelos próprios alunos de acordo com a aprendizagem e a percepção do processo a ser desenvolvido durante a resolução (BOLLELA et al., 2014).

De acordo com Michaelsen e Sweet (2008; 2011), o aprendizado baseado em equipe (TBL) possui quatro elementos práticos que são:

1- O professor monta as equipes de forma estratégica e permanente.
2- Aplicação dos testes em aula para garantir que os alunos estão prontos para a próxima etapa.
3- Atividades de aplicação que estimulam o pensamento crítico e o desenvolvimento da equipe.
4- Avaliação anônima entre os colegas.

Para iniciar o professor deve formar os grupos de 5 a 7 alunos. Os grupos devem ser bem distribuídos, e serão permanentes por todos os módulos do curso, não pode existir entre os integrantes nenhum vínculo que possa diminuir ou impedir o desenvolvimento das discussões e resoluções, como por exemplo, vínculo afetivo entre os membros como irmãos, namorados ou amigos mais próximos. Alunos com um conhecimento diferenciado também devem ser observados, para que em grupo não acabem se isolando (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016). Essa é uma tarefa importante do professor, saber distribuir os alunos entre os grupos de forma equilibrada e bem mista, sem jamais delegar essa função aos discentes (BOLLELA et al., 2014; MICHAELSEN; SWEET, 2011).

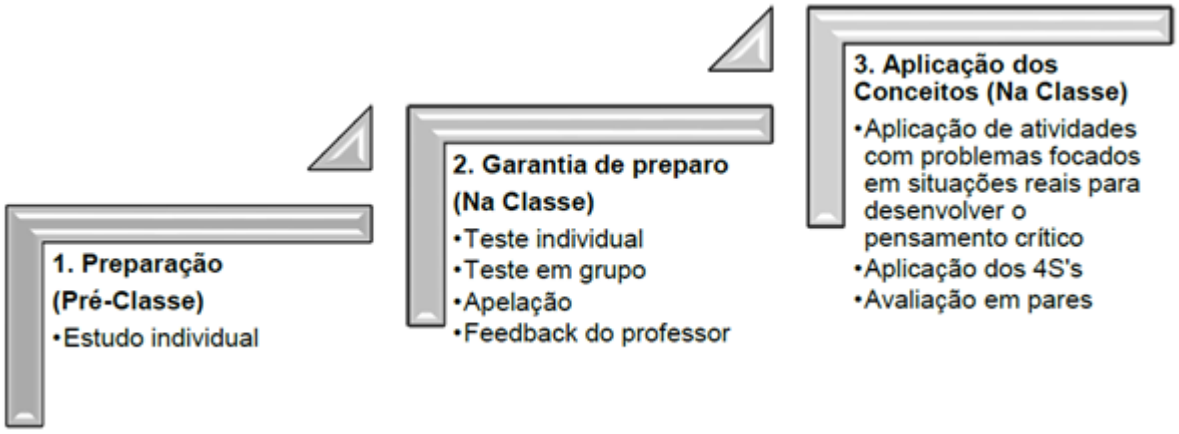
O processo de aprendizagem passa por três etapas que são: Preparação; Garantia de preparação; e Aplicação dos conceitos. Estas etapas estão representadas na Figura 2.

1. Preparação: Depois de formados os grupos, o professor compartilha com os alunos o material a ser trabalhado em sala, e que pode ser distribuído de diversas formas, como textos, vídeos, slides e exercícios (DIAS, 2015).

Estudo individual: Nesse momento se inicia a preparação que consiste em um estudo individual e fora da sala de aula. Os alunos são responsáveis pelos seus estudos individuais, porque será com essa preparação que eles trabalharão em grupo. Caso algum aluno não esteja preparado é possível ocorrer algum conflito entre os participantes das equipes, pois o aluno que estiver pronto para os testes

pode se sentir desmotivado e sobrecarregado pela falta de compromisso de algum membro da equipe (BOLLELA et al., 2014).

Figura 2 - Etapas do TBL



Fonte: Adaptado de Michaelsen; Sweet (2011).

2. Garantia de preparação: Cada unidade se inicia com o processo de garantia de prontidão RAP (*Readiness Assurance Process*). Esta etapa contém 4 passos, e ocorrerá sempre que se iniciar um novo módulo (MICHAELSEN; KNIGHT; FINK, 2002):

Teste individual: O módulo se inicia com um teste de garantia de prontidão individual iRAT (*individual readiness assurance test*) sobre o conteúdo estudado na preparação; são questões de múltipla escolha que priorizam os conceitos fundamentais que estão nas leituras. O teste deve ser difícil o suficiente apenas para incentivar a discussão em equipe. A ficha de resposta individual apresentada na Figura 3 oferece ao aluno a oportunidade de escolher entre uma ou mais alternativas que ele tenha dúvida, nesse caso é possível ter a opção de apostar todos os pontos em apenas uma alternativa ou distribuir em até todas as quatro alternativas (MICHAELSEN; SWEET, 2008; HRYNCHAK; BATTY, 2012).

Teste em grupo: Assim que os alunos terminam o iRAT, eles entregam as respostas ao professor e, em seguida, vão para a próxima etapa. Esta etapa é chamada de processo de garantia de prontidão em equipe tRAT (*team readiness assurance test*), dessa vez a equipe responde o mesmo teste e todos devem chegar em um acordo para cada questão (MICHAELSEN; KNIGHT; FINK, 2002; HRYNCHAK; BATTY, 2012). Eles conseguem conferir imediatamente a veracidade

de suas respostas utilizando a intermediária técnica de avaliação de comentários IF-AT (*Intermediate feedback assessment technique*), que representa um cartão de avaliação imediata, conforme a Figura 4. Assim que a equipe chega na conclusão de uma alternativa, eles raspam a opção escolhida e conferem se acertaram. Caso seja a alternativa correta todos os pontos dessa questão serão dela, se não for a alternativa correta a equipe deve fazer uma nova discussão para chegar em um novo conceito até acertar a questão. Os pontos são divididos entre todas as alternativas que forem raspadas (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

Figura 3 - Ficha de resposta individual

Nome do aluno_____ **Equipe nº**_____

ETAPA 2.1. Garantia do Preparo Individual *(Individual Readiness Assurance Test – iRAT)*
Instruções: cada questão vale 4 pontos e você deve assinalar um total de 4 pontos em cada linha. Pode colocar os 4 em uma só alternativa ou, se estiver inseguro sobre a resposta correta, pode dividir os 4 pontos e assinalar pontos em mais de uma casela, da forma que preferir (2+2; 3+1; 1+1+1+1; 2+1+1), desde que a soma deles totalize QUATRO.

Nº questão Alternativa	A	B	C	D	Pontos (individual)	Pontos (equipe)
1						
2						
3						
etc.						
				Total de pontos		

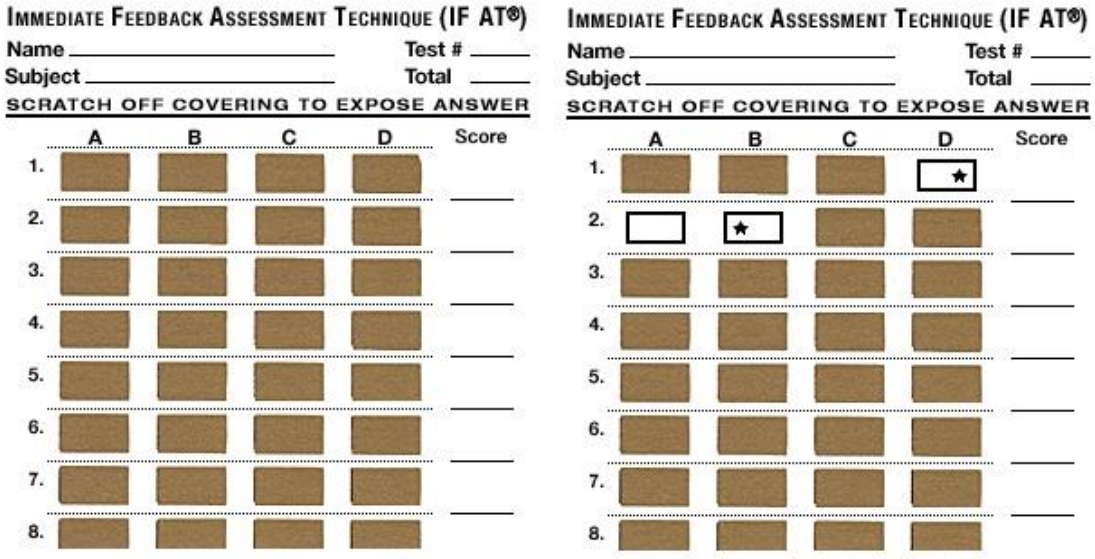
ETAPA 2.2. Garantia do Preparo em Grupo *(Group Readiness Assurance Test – iRAT)* **Instruções:**
1. Após discussão da questão e decisão da equipe por uma resposta, retirem a etiqueta correspondente à alternativa escolhida para saber se a equipe acertou. Na resposta certa aparece uma estrela. (*Ver figura 3)*
2. Se não aparecer a estrela, retomem a discussão, decidam qual outra alternativa é a correta e repitam o procedimento.
3. Pontuação para a equipe: 1 etiqueta retirada = 4 pontos; 2 etiquetas retiradas = 2 pontos; 3 etiquetas retiradas = 1 ponto; 4 etiquetas retiradas = 0

Fonte: Bollela et al. (2014, p. 295).

A folha de resposta permite um *feedback* instantâneo, ou seja, uma correção imediata e possibilita dois benefícios para as equipes. Em primeiro lugar se a equipe encontrar de início o símbolo de uma estrela, mostrará que estão com um raciocínio correto e permitirá que continuem dessa maneira, porém, se não encontrar a estrela no primeiro quadro a equipe repensará em seus conceitos até acertar. E em segundo lugar, a equipe ficará mais entusiasmada, pois irão acreditar mais em sua

capacidade de aprender em equipe sem a colaboração de um professor (MICHAELSEN; SWEET, 2008; 2011).

Figura 4 - IF-AT Técnica de Avaliação de *Feedback* Imediato



Fonte: EPSTEIN EDUCATIONAL ENTERPRISES. Disponível em: <http://www.epsteineducation.com/home/demo/demo1.htm>. Acesso em: 23 set. 2017.

Processo de apelação: Nessa fase os estudantes têm a oportunidade de fazer uma apelação sobre as questões vistas como erradas, apresentam evidências recolhidas do material de estudo. Esta etapa inicia-se com uma nova discussão entre os membros que nesse momento estão criando argumentos e provas convincentes para apoiar os seus apelos e apresentá-los ao professor. O professor ao se deparar com os argumentos e questionar os estudantes percebe que eles aprendem mais com questões que não acertaram do que com questões acertadas de início porque nas questões revisadas eles fazem uma releitura mais atenciosa do material de estudo (MICHAELSEN; SWEET, 2008; OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016).

***Feedback* do professor:** Depois de concluída a apelação, o professor imediatamente faz um *feedback* esclarecendo as dúvidas que os estudantes ainda podem ter, porém esse *feedback* é resumido e concentrado nos aspectos mais difíceis das leituras individuais (MICHAELSEN; SWEET, 2008; DIAS, 2015).

3. Aplicação dos conceitos: Esta etapa também acontece na classe, o professor distribui para as equipes questões que estão presentes nas atividades profissionais diárias, todas as equipes recebem as mesmas questões. Podem ser aplicadas questões testes de múltipla escolha, verdadeiro ou falso e também questões livres para respostas curtas.

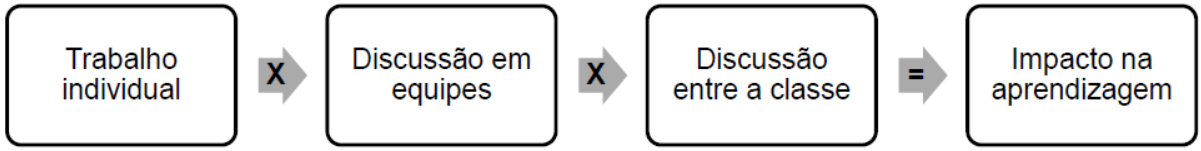
Assim que as discussões entre os membros das equipes são encerradas, eles separam uma bandeira com a alternativa escolhida sem exibir para as outras equipes e, quando o professor solicitar, todos levantam suas bandeiras simultaneamente para que nenhuma equipe se sinta inibida em responder assim que observar as respostas de outros grupos. Com respostas diferentes, as equipes iniciam a etapa de discussão em que todos fazem suas defesas. Caso todas as respostas estejam corretas o professor pode iniciar uma discussão e perguntar o motivo de as outras respostas estarem erradas. Esta etapa é a mais longa e pode ser repetida até que se alcancem os objetivos desejados para o módulo em questão, porém, deve ser planejada para estar dentro do tempo programado do módulo (MICHAELSEN; SWEET, 2011; HRYNCHAK; BATTY, 2012; FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

Os exercícios da etapa de aplicação dos conceitos devem seguir quatro concepções básicas conhecidas com os 4S's (MICHAELSEN; KNIGHT; FINK, 2002; OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016):

- **Problema significativo (*S**ignificant*):** Os estudantes se deparam com problemas semelhantes aos reais e que contemplam os conceitos estudados anteriormente.
- **Mesmo problema (*S**ame*):** As equipes recebem os mesmos problemas e ao mesmo tempo, para depois elas iniciarem o debate e a apresentação de diferentes soluções.
- **Escolha específica (*S**pecific*):** As equipes devem produzir respostas curtas e de fácil compreensão para as outras equipes.
- **Relatos simultâneos (*S**imultaneous r**eport*):** As respostas devem ser apresentadas de forma simultânea, para que nenhuma equipe se restrinja por causa da resposta de outra equipe (MICHAELSEN; SWEET, 2008; 2011).

Assim que as três etapas do TBL apresentadas na Figura 5 forem concluídas, o professor terá a oportunidade de conferir o impacto na aprendizagem que esse processo proporcionou por meio da avaliação em pares.

Figura 5 - Etapas do processo de aprendizagem do TBL



Fonte: Adaptado de Michaelsen; Sweet (2011).

Avaliação em pares: Esta é a quarta etapa da aprendizagem baseada em equipes. Na avaliação por pares os integrantes dos grupos têm a oportunidade de efetuar um *feedback* sobre os membros, em relação ao desempenho e às contribuições de cada um para o desenvolvimento da equipe. Esta é uma etapa muito importante, pois os membros das equipes são as melhores pessoas para fazer as avaliações essenciais das contribuições de cada um. A avaliação por pares tanto é uma etapa avaliativa como colaborativa, sendo também mais uma etapa que desenvolve a aprendizagem individual e a responsabilidade com a equipe (MICHAELSEN; SWEET, 2008).

As avaliações devem ser formativas e não com intenção de julgar, por isso muitos professores utilizam formulários de *feedback* como o da Figura 6 em que os alunos comentam os pontos positivos e os pontos que seriam interessantes que os colegas revisassem. No preenchimento das fichas os estudantes têm facilidade de expor com honestidade as suas opiniões, pois somente o professor irá saber o que cada um comentou. Os formulários são enviados ao professor que redige um *feedback* e encaminha por e-mail para cada integrante da equipe (MICHAELSEN; SWEET, 2011).

O TBL favorece os discentes de três formas (MICHAELSEN; SWEET, 2011).

a) As defesas que os discentes fazem são originais;
b) É uma metodologia que contempla ótimas estratégias de trabalho, pois desde que sejam bem efetuadas e que os alunos não se desmotivem, eles terão

uma aprendizagem maior, principalmente com os exercícios que tiverem mais dificuldades;

c) Como o TBL se beneficia do recurso das equipes, os professores podem fornecer tarefas que seriam mais desafiadoras para um único aluno.

Figura 6 - Formulário de *feedback*

Formulário de *FeedBack* TBL
Reflexão e *feedback* da equipe Equipe Para melhorar a atuação de sua equipe, faça um *feedback* anônimo aos seus colegas. Considere as seguintes questões: Preparação: Vieram preparados para a aula? Contribuição: Colaboraram com a discussão e o trabalho em equipe? Determine: Auxiliaram outros alunos para contribuir? Flexibilidade: Prestaram atenção durante os desentendimentos? Você tem 25 pontos anônimos para dividir entre seus colegas de equipe. Seja justo. 1. Nome do membro da equipe: Pontos: Fatos que eu admiro deste integrante da equipe: Fatos que eu gostaria de comentar sobre este integrante da equipe: 2. Nome do membro da equipe: Pontos: Fatos que eu admiro deste integrante da equipe: Fatos que eu gostaria de comentar sobre este integrante da equipe: ...

Fonte: Michaelsen; Sweete (2011).

Um ponto de atenção que se deve ter no TBL é com relação ao desenvolvimento das questões durante a etapa da aplicação de conceitos. Artigos voltados para a área da saúde declaram que as questões devem contemplar mais de uma alternativa correta, ou até todas corretas, porém cada uma com um grau maior ou menor de eficiência, fornecendo aos discentes a oportunidade de analisar e discutir qual seria a melhor solução para o caso em questão. Os testes devem ser

desenvolvidos de modo que todas as alternativas estejam corretas, contudo terá a alternativa considerada mais completa. Caso contrário, o TBL iria torna-se um teste de alternativas comum, em que o aluno elimina as erradas restando apenas a única alternativa considerada certa (CASE; SWANSON, 1998; LIMA et al*.,* 2016).

O problema deve, portanto, compor mais de uma solução, oferecendo aos alunos a oportunidade de debate sobre a alternativa correta e, em seguida, defendendo sua resposta para os demais grupos (HRYNCHAK; BATTY, 2012). Quando os alunos têm a opção de diferentes soluções possíveis, eles investigam e interpretam os conceitos para buscar o porquê dessas opções, analisando então qual a melhor solução para o caso (MICHAELSEN et al., 2008).

Mas na área de exatas, Oliveira, Araujo e Veit (2016) declaram em seu artigo que as questões devem possuir uma única resposta:

> [...] as tarefas precisam conter uma escolha (ou resposta) específica. É extremamente importante, na aplicação do TBL, a discussão entre as equipes e para isso os problemas devem levar a uma escolha específica. Isso não significa dizer que as tarefas precisam ser de múltipla escolha (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016, p. 973).

Com procedimentos distintos em áreas diferentes, observa-se a necessidade de maior discussão sobre o processo de desenvolvimento das questões, visto que em áreas voltadas à saúde as soluções referentes às situações propostas contemplam uma variada quantidade de soluções que podem ser aplicadas pelos discentes, sendo que algumas soluções serão mais abrangentes e mais completas enquanto outras podem envolver apenas uma parte da situação. Dessa forma, o grupo será naturalmente estimulado ao debate, enriquecendo a aprendizagem por meio da defesa das ideias por cada discente e pela tentativa em compreender os pensamentos e pontos propostos durante a discussão dos membros da equipe.

Na área de exatas, conforme Oliveira, Araujo e Veit (2016), as atividades devem compreender apenas uma resposta, não sendo imposto o perfil de questões de múltipla escolha como agente principal dessa etapa, mas sim a discussão entre as equipes para chegar a uma escolha específica.

Observa-se que o caráter apresentado por cada questão aparentemente é definido pela área de atuação que o discente está se formando. Questões da área da saúde como casos clínicos podem apresentar mais de uma solução ou tratamento, o que leva à formação de questões com diversas opções corretas,

ficando a cargo do discente a escolha da melhor alternativa; já em cursos de exatas que exigem valores e soluções específicas, é orientado que seja apresentada apenas uma solução, entre todas as opções.

Uma ação que é comum para ambas as áreas expostas é a discussão em grupo, sendo sempre descrita como algo essencial para o desenvolvimento e aprendizagem dos discentes.

A metodologia ativa de ensino Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL) foi estudada por Marques et al. (2017), na disciplina de Tecnologias de Programação I do curso de Sistema de Informação, de uma faculdade localizada no interior de São Paulo. A aplicação da metodologia de ensino foi efetuada com todas as suas etapas. Os resultados apresentados no final dos estudos indicaram a eficiência da aplicação do TBL durante as aulas.

Os resultados obtidos foram aumento de notas, diminuição na reprovação dos alunos, e aumento na frequência das aulas que pode ser atribuído ao fato das avaliações serem constantes e divididas durante o semestre (MARQUES et al., 2017). A melhoria observada também pode ser atribuída ao fato de os alunos trabalharem em grupos. Para Marques et al. (2007), o TBL é um método de aprendizagem que favorece a aquisição de conhecimento de modo colaborativo. O constante trabalho em equipe fortalece a comunicação:

> Devido à característica do trabalho em grupo ser utilizado neste método, com o passar do tempo, notamos que as equipes ficam mais coesas e a interação entre os estudantes acaba por aumentar, desenvolvendo mais habilidades de interação entre os membros da equipe (MARQUES et al., 2007, p. 10).

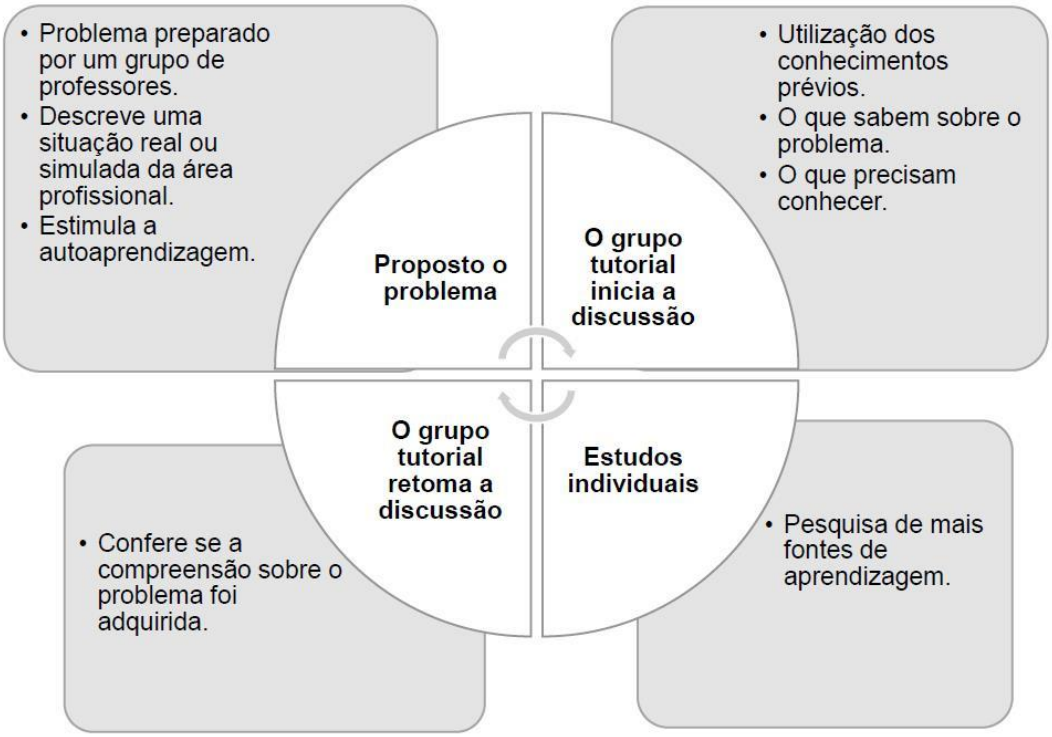
3.3 PBL – Aprendizagem Baseada em Problemas

A aprendizagem baseada em problemas, PBL (*Problem Based Learning*), é uma metodologia ativa de ensino, em que o estudo é concentrado no aluno. Atualmente, vem ganhando muitos seguidores. Em 1969, a *McMaster University* do Canadá começou a utilizar esta metodologia no seu ensino sobre ciências da saúde (JONES, 2006; BORGES et al., 2014). A aprendizagem baseada em problemas muda todo o estilo tradicional de aula, pois são problemas reais ou simulados do dia a dia e que estão na proposta curricular do curso. Em grupos tutoriais, os alunos

fazem as análises para as soluções dos problemas (RODRIGUES; FIGUEIREDO, 1996; TAN, 2003; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014).

No ensino tradicional o professor explica, transmite a informação e o aluno recebe de forma passiva; são disciplinas distribuídas durante os semestres, com as avaliações tradicionais, enquanto no PBL o aluno aprende a aprender. As aulas são apresentadas em módulos temáticos em que os problemas contemplam diversas disciplinas, cada grupo tem o auxílio de um tutor. O aluno passa a ser o centro das atenções, e o professor se torna o facilitador do conhecimento, com avaliações formativas (WOOD, 2003; JONES, 2006; FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015). O ciclo de aprendizagem do PBL é representado na Figura 7.

Figura 7 - Representação do ciclo do PBL



Fonte: Adaptado de Berbel (1998); Wood (2003).

No início desta metodologia, o aluno estuda individualmente em casa o problema proposto pelos professores antes da aula presencial, posteriormente, faz as anotações sobre dúvidas e dificuldades que surgiram ao longo do estudo. Durante a aula presencial, nos grupos tutoriais, eles ampliam os estudos sobre o conteúdo e efetuam as discussões referentes ao problema apresentado. No decorrer das sessões tutoriais e nas apresentações de novos problemas, os conhecimentos

prévios adquiridos são resgatados, o que o faz ampliar a aprendizagem durante o processo (BERBEL, 1998; FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

O aluno aprende a administrar o próprio estudo, desenvolvendo habilidades na busca de informações e de conhecimento, explorando novos campos, expandindo as competências de estratégias cognitivas para a área profissional e para a área pessoal. O aluno passa a aprender de forma significativa, ampliando o raciocínio crítico, a comunicação, a educação e o respeito ao grupo. Com o PBL, o estudante inicia a busca pelo conhecimento e não somente pela informação (RODRIGUES; FIGUEIREDO, 1996; BERBEL, 1998; WOOD, 2003; BORGES et al*.,* 2014).

Nas aulas utilizando PBL, são formados grupos de estudantes com no máximo 10 integrantes com um tutor (no caso o professor), em turmas com até 100 alunos por sala. O trabalho em grupo e a comunicação são priorizados para o sucesso do método (WOOD, 2003; TOLEDO et al., 2008; SOUZA; DOURADO, 2015).

A seguir são descritas cada uma das responsabilidades dentro do modelo de aula com PBL:

- Os grupos tutoriais são formados por 8 a 10 alunos com um tutor; cada sessão terá um aluno diferente para coordenador e outro para secretário. O tempo das sessões gira em torno de duas horas, podendo variar conforme o problema discutido. Em geral, os grupos são modificados a cada módulo, possibilitando aos alunos a oportunidade de aprender a trabalhar com diferentes colegas (BERBEL, 1998; BORGES et al*.,* 2014; FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

- Os tutores são membros do corpo docente, que conhecem os objetivos de aprendizagem de cada problema, mas que não deve informá-los aos alunos, porque é a obrigação do aluno descobrir sozinho e com o grupo, uma vez que a investigação dos objetivos do problema faz parte do processo de aprendizagem. O tutor deve incentivar o trabalho em grupo, a colaboração e a participação, ouvir e respeitar a opinião dos alunos (BORGES et al*.,* 2014). O tutor também observa possíveis competições entre os estudantes,

desmotivação, problemas dentro da equipe e, por fim, efetua o *feedback* e a avaliação.

- O aluno coordenador tem a função de facilitar e auxiliar os membros do grupo tutorial durante a discussão. O aluno secretário realizará as anotações relacionadas na discussão, assegurando que todas as etapas discutidas foram anotadas, e que não será necessário voltar para relembrar o que foi dito. Os outros integrantes do grupo são os responsáveis de realizar as discussões sobre o problema, respeitando as instruções do coordenador do grupo (BERBEL, 1998; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014; BORGES et al*.,* 2014).

O Quadro 2 apresenta a descrição de cada integrante de equipe de modo mais resumido.

Quadro 2 - Descrição de cada função dos membros do grupo tutorial

Tutor	**Aluno coordenador**	**Aluno secretário**	**Integrantes do grupo**
Encoraja a participação dos membros da equipe	Lidera o grupo durante o processo	Registra os pontos feitos pelos alunos	Seguem todas as etapas do processo
Auxilia o coordenador na dinâmica do grupo e no controle do tempo	Incentiva a participação de todos os membros da equipe	Auxilia o grupo a ordenar seus pensamentos	Participam das discussões
Verifica a importância dos registros citados	Mantém a dinâmica do grupo	Participa das discussões	Ouvem e consideram a opinião dos colegas
Evita os desvios de atenção na discussão	Fiscaliza o tempo	Registra as fontes pesquisadas pelos alunos	Fazem perguntas abertas ao grupo
Verifica se o grupo atingiu os objetivos de aprendizagem	Compromete-se para que o grupo continue funcionando		Buscam alcançar todos os objetivos de aprendizagem
Verifica o entendimento do grupo	Assegura-se de que o aluno secretário está fazendo os registros		Compartilham as informações com os outros
Avalia desempenho			

Fonte: Adaptado de Wood (2003) e Borges et al. (2014).

Para Cohen e Lotan (2017), o trabalho em grupo consiste em uma quantidade de alunos reunidos em pequenas equipes em que todos participam das atividades com funções designadas, e também é desejado que os alunos realizem seus trabalhos sem a imediata fiscalização do professor. O trabalho em grupo proporciona aos alunos autoridade, pois passam a ser os responsáveis pela solução da tarefa que foi dada, ficando a cargo dos integrantes da equipe decidir a melhor forma de solucionar determinada questão. Mesmo que cada integrante do grupo tenha um cargo estipulado, em algum momento, um aluno vai precisar da ajuda do outro ou então sugerir algo para o grupo, fazendo com que cada um assuma de alguma forma o cargo de orientador.

Os sete passos para o grupo tutorial consistem na sequência mais fácil e prática para o grupo seguir durante a aprendizagem (BERBEL, 1998; WOOD, 2003; BORGES et al*.,* 2014). São estes:

1. Após a leitura do problema, os alunos devem identificar as palavras, as expressões e os termos técnicos que não conhecem;
2. Reconhecer os problemas propostos;
3. Discussão para elaboração de hipóteses (*Brainstorm*);
4. Resumir as hipóteses;
5. Formular os objetivos de aprendizagem com base nos problemas;
6. Estudo individual dos objetivos referentes aos problemas;
7. Retorno e nova discussão sobre o problema com os conhecimentos adquiridos.

Ao final de cada sessão, os alunos têm a possibilidade de fazer considerações e avaliações do processo de trabalho, efetuando também uma autoavaliação, avaliação dos membros do grupo e do tutor. Todos devem ter esse momento de falar, e não pode haver interrupção ou contestação pelos demais integrantes. A colaboração e o respeito devem ser mantidos e as dúvidas surgidas nessa etapa devem ser esclarecidas (BERBEL, 1998; CARDOSO, 2011).

A utilização da metodologia PBL implica em algumas vantagens e desvantagens.

Vantagens (BERBEL, 1998; WOOD, 2003; BORGES et al*.,* 2014; SOUZA; DOURADO, 2015):

- O estudante adquire um senso de responsabilidade maior, autocrítica, desenvolve a vontade de estudar e aprender por conta própria;
- Os módulos são interdisciplinares, adaptando as disciplinas que em um semestre tradicional são apresentadas separadamente, sem mostrar ao aluno a ligação que existe entre elas;
- A leitura e o raciocínio lógico são estimulados para que possam encontrar as respostas dos problemas;
- O trabalho em equipe é encorajado por meio da comunicação, da troca de informações, da liderança, do gerenciamento de projetos, do respeito, da aceitação de diferentes opiniões e da colaboração;
- E, principalmente, o benefício do contato prévio que os alunos terão com situações reais da profissão escolhida.

Desvantagens (BERBEL, 1998; WOOD, 2003; BORGES et al*.,* 2014; SOUZA; DOURADO, 2015):

- Os alunos são acostumados a receber o conteúdo do professor, e ter sempre as aulas teóricas explicativas, então demora um pouco até se adaptarem, pois não possuem o hábito de pesquisar e estudar para discutir em equipe;
- Os professores acabam não tendo total controle dos conteúdos estudados nos pequenos grupos, como ele teria em uma aula tradicional;
- Nessa metodologia não existem provas e trabalhos frequentes, o que diminui as cobranças por parte do professor, então se o aluno demora para se adaptar ao método, irá estudar menos e dessa forma aprender menos;
- Com a facilidade que existe hoje com relação ao acesso à informação, o aluno pode acabar fazendo suas pesquisas em sites duvidosos, ou tentar enganar o professor buscando informações ou trabalhos prontos na internet.

As possíveis desvantagens descritas durante a utilização do PBL podem ser desanimadoras em um primeiro momento, sendo que em qualquer outra

metodologia ativa o aluno vai ter a mesma responsabilidade com relação ao seu aprendizado, deste modo, qualquer obstáculo encontrado a princípio pode ser atribuído à transição de metodologias, uma vez que ocorrem alterações nas rotinas de ensino vivenciadas pelos alunos desde o seu ingresso na escola.

Consequentemente, os pontos ressaltados como desvantagem podem ser vistos como fatores a serem estudados e corrigidos, e não como estímulo ao professor de desconsiderar essa metodologia, pois durante todo e qualquer processo de mudança todos estão sujeitos a momentos de transtornos até que ocorra a finalização e a compreensão do processo em questão.

É interessante para o docente considerar a possibilidade de hibridismo de metodologias ativas de ensino, dessa forma ele consegue adaptar o processo de acordo com o perfil dos alunos em questão, levando em consideração aspectos sociais, tecnológicos e cognitivos dos discentes.

Com o exposto observa-se que a metodologia PBL, assim como outras metodologias ativas, apresenta pontos positivos e negativos, que devem ser levados em consideração quando da sua aplicação em sala de aula.

Escrivão Filho e Ribeiro (2008) analisam o PBL como uma metodologia ativa que estabelece a aprendizagem por meio da elaboração de significados. Considera o princípio de que o aprendizado acontece, sobretudo quando se recorre aos conhecimentos prévios dos alunos, acrescentando as novas informações nas estruturas cognitivas já existentes. Os autores estudaram a aprendizagem baseada em problemas (PBL) durante uma experiência educacional aplicando esta metodologia em uma escola pública de engenharia, nos diferentes cursos de graduação e em disciplinas de pós-graduação.

Todas as disciplinas estudadas continham conteúdos de administração, sendo o objetivo do estudo substituir as aulas tradicionais pelas novas metodologias e, como resultado da pesquisa, foi concluído que todos os professores e 90% dos alunos aprovaram a metodologia PBL, identificando bons resultados na aprendizagem de conceitos, competências e procedimentos nas quatro turmas estudadas.

3.4 Peer Instruction

O método *Peer Instruction* (Instrução por Pares) foi desenvolvido pelo professor e pesquisador norte-americano, Eric Mazur, professor de física na universidade de Harvard no início da década de 1990. Com o *Peer Instruction* o aluno passa a buscar mais informações por meio da pesquisa e leitura, deixando de fazer a aprendizagem tradicional de memorização, e promovendo a aprendizagem durante a discussão com os colegas de classe, questionando, explicando e aplicando os conceitos, e juntos, os alunos vão desenvolvendo um conhecimento exclusivo (CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR, 2015).

O professor Erick Mazur observou que seus alunos apresentavam dificuldades na hora de esclarecer ideias e conceitos, mas não em exercícios padrão de resolução de cálculos. Ao perceber isso, ele criou um método de questões conceituais de múltipla escolha em que os alunos participam mais do desenvolvimento do conhecimento e dão maior foco aos conceitos que formam a base para a aprendizagem, e obtém um *feedback* imediato (MAZUR, 2015).

O método *Peer Instruction* se baseia nos estudos prévios, em que o aluno recebe o material e faz pesquisas sobre o tema que será tratado em aula, com um *feedback* contínuo entre o aluno e o professor; a comunicação constante que existe durante a solução dos testes e, principalmente, o fato de que é o aluno quem faz, são fatores que formam o diferencial dessa metodologia ativa de ensino. Antes de ir para a aula, o aluno faz um estudo prévio do conteúdo apresentado, e na aula o professor efetua uma rápida explicação do tema que eles já estudaram em casa e em seguida aplica as questões do *Concept Test* (Teste de Conceito) (LORENZO; CROUCH; MAZUR, 2006; MAZUR, 2015; MORÁN, 2015; MORAES; NEVES; CARVALHO, 2016).

No *Peer Instruction* o professor disponibiliza o conteúdo a ser estudado pelos alunos antes da aula presencial (CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR, 2015). No início da aula, o professor faz uma breve explicação de aproximadamente 5 minutos sobre o assunto, em seguida o aluno responde uma questão conceitual referente ao conteúdo estudado em casa, apenas para a confirmação de que ele fez o estudo prévio, por esse motivo o primeiro teste não chega a ser difícil. Após a resolução individual e a apresentação das respostas ao professor, que por sua vez faz uma análise aos alunos sobre as alternativas apresentadas, são formadas as duplas. Neste ponto cada membro da dupla tenta convencer o outro da resposta que acredita ser a correta, depois dessa rápida discussão terão a oportunidade de mudar

as alternativas respondidas ou permanecer com as mesmas, em seguida apresentam os resultados ao professor, geralmente ocorre mais acertos nesse momento (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015).

As respostas são apresentadas por meio dos *clickers*, cartões de respostas ou pela votação com as mãos levantadas, o professor é quem determinará a maneira com que as respostas serão expostas. Lembrando que não é a forma com a qual a resposta é indicada que faz do *Peer Instruction* uma ferramenta de sucesso. Portanto, um recurso mais simples e manual irá fazer o mesmo efeito que usar um tecnológico (MAZUR, 2015; LIMA; SANTOS, 2016).

De acordo com Araujo e Mazur (2013) e Mazur (2015), o professor esclarece os conceitos e problemas relativos ao conteúdo prévio estudado, observando também as respostas que os alunos apresentaram no início da aula. Em seguida, os alunos recebem um novo teste com questões conceituais, para pensarem e responderem; durante esse processo eles irão reproduzir o que estudaram. As respostas são individuais e os alunos utilizam os recursos de respostas já citados. Como é um processo rápido de correção o professor imediatamente adquire a quantidade de acertos e erros do teste, e informa aos alunos sobre essas quantidades sem falar qual é a resposta correta de cada questão. Se a quantidade de questões corretas for alta, o professor faz uma rápida conclusão sobre o tema estudado e segue para o próximo conteúdo. Se a quantidade de questões corretas for média ou baixa, o professor faz uma nova explicação sobre o tema e orienta que os alunos discutam com os colegas sobre as questões, situação em que irão argumentar e chegar a novas conclusões e, assim, todos participam do desenvolvimento do conhecimento (CROUCH; MAZUR, 2001).

Em seguida os alunos respondem novamente as mesmas questões e o professor verifica se houve um resultado melhor, como se espera. Quando o objetivo da aula é alcançado, o professor apresenta as respostas corretas de cada questão do teste e faz uma consideração geral sobre a aula junto aos alunos.

O percentual que indica se a quantidade de acertos está alta, média ou baixa é de escolha do professor e da instituição, mas já são muito utilizados os valores apresentados na sequência (CROUCH; MAZUR, 2001; ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015).

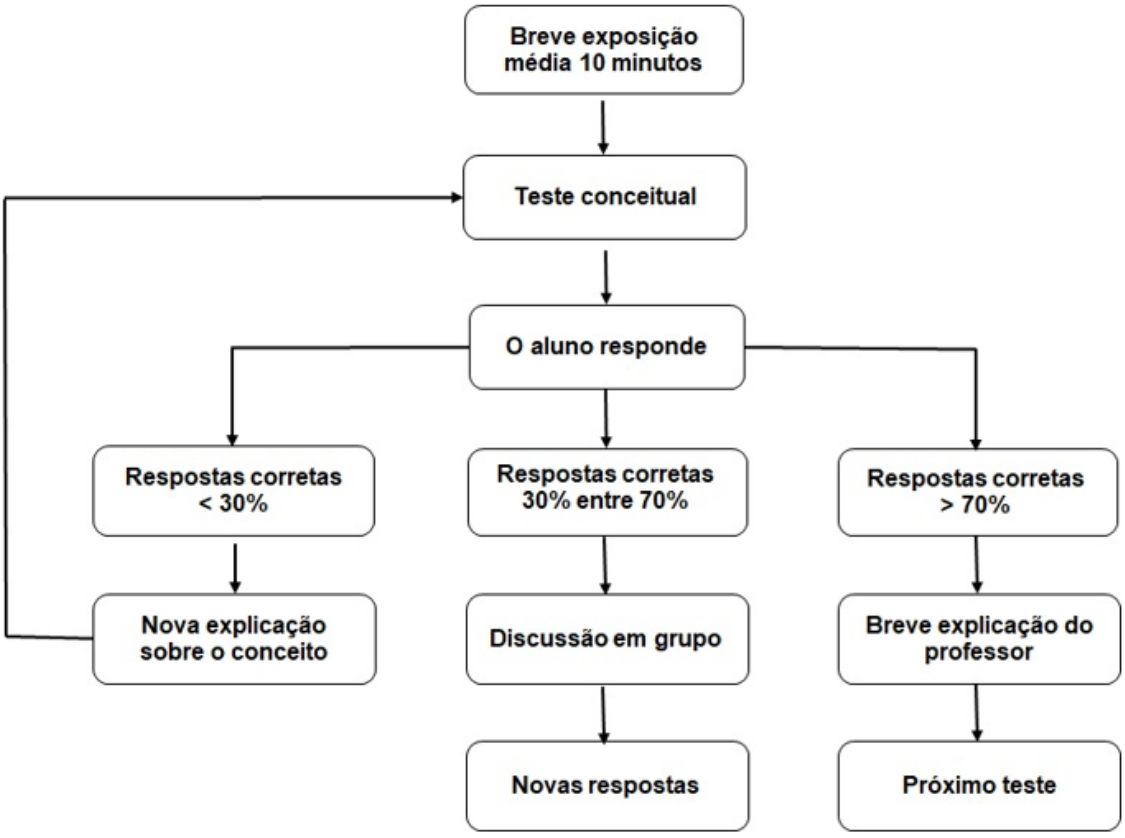
Quando os acertos são abaixo de 30%, o professor refaz a explicação com algumas alterações.

Quando os acertos estão entre 30% e 70%, são formados grupos de alunos que discutem os conteúdos estudados.

Quando os acertos são acima de 70%, o professor finaliza com uma rápida explicação sobre o tema e passa para outro assunto.

O fluxograma apresentado na Figura 8 mostra as etapas de aplicação do método *Peer Instruction*.

Figura 8 - Fluxograma das etapas de aprendizagem utilizando *Peer Instruction*



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

A colaboração que existe durante a aprendizagem, o estudo e a discussão em grupo são os principais fatores de sucesso dessa metodologia. Como os alunos passam a ser os principais responsáveis dos processos de ensino e aprendizagem, é possível constatar o conhecimento adquirido durante todo o desenvolvimento. Outro fator importante está no momento em que o aluno não acerta alguma questão, pois a partir desse instante ele ficará mais propenso para ouvir o professor e os colegas.

Para a agilidade durante a correção das respostas, o professor conta com alguns recursos, como (CROUCH; MAZUR, 2001; ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015):

- *Clickers*: São dispositivos eletrônicos de transmissão sem fio semelhantes ao da Figura 9 que cada aluno recebe. É um aparelho simples e barato, também utilizado como um sistema de resposta instantânea. Quando o aluno “clicar” na alternativa escolhida em cada uma das questões que serão de múltipla escolha, um receptor conectado ao notebook do professor recebe, de forma imediata, as respostas de todos os alunos, proporcionando ao docente uma rápida e precisa análise sobre o entendimento dos alunos.

Figura 9 - Dispositivos eletrônicos de transmissão sem fio

Fonte: UNIVERSITY SAMUEL MERRITT. Disponível em:
< http://www.samuelmerritt.edu/students/technology_resources>. Acesso em: 12 out. 2017.

- Cartão resposta: São cartões com as letras que representam as alternativas; no momento solicitado pelo professor os alunos levantarão os cartões para a contagem das respostas assim como na Figura 10. Se não houver alguém responsável pela contagem, não haverá um valor exato das respostas.

- Levantar as mãos: Esse é o método mais simples, em que o aluno apenas levanta as mãos conforme as orientações do professor. É um método prático,

mas que tem uma desvantagem, a perda da precisão, pois alguns alunos podem se sentir inibidos em levantar as mãos, e a contagem pode não ser tão fácil, portanto o resultado será dado por estimativa.

Figura 10 - Representação de aula utilizando o cartão resposta

Fonte: Livro *Peer Instruction*.

A metodologia de ensino do *Peer Instruction* motiva o aluno a se manter frequentemente em contato com o conteúdo, pensar e encontrar melhores formas de entender e de explicar aos pares, para convencer o colega de sua resposta, e também de aceitar e interpretar a opinião do par. O aluno se sente motivado e comprometido em participar, aprende a estudar e adquire o senso de responsabilidade com o conhecimento.

Campagnolo et al. (2014) analisaram a aplicação da metodologia ativa *Peer Instruction* com um estudo piloto na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), na disciplina de Oceanografia do curso de Ciências Biológicas. O estudo ocorreu em um período de 4 semanas. Nessa pesquisa os professores resolveram não aplicar atividades prévias e desenvolveram uma tabela particular de porcentagem referente aos acertos alcançados pelos discentes.

Para Campagnolo et al. (2014), os resultados apresentados por meio do aumento de acertos das questões conceituais e clareza no *feedback* instantâneo pelo docente demonstraram que a utilização do *Peer Instruction* pode oferecer benefícios imediatos durante os processos de ensino e aprendizagem. Os alunos apresentaram aumento de motivação, maior participação e colaboração com os

colegas, gerando uma aula com melhor qualidade. Os autores Campagnolo et al. (2014) listaram as seguintes conclusões:

> 1.o registro do percentual de acerto das questões conceituais permite ao professor um *Feedback* imediato em relação ao processo de aprendizagem; 2. a discussão entre colegas resulta em um aumento considerável no acerto das questões conceituais, assim como melhora a compreensão do conteúdo; 3. observou-se mais motivação, participação em aula e cooperação por parte dos estudantes; 4. por ser um trabalho significativo para a elaboração das questões conceituais, foi possível ao professor atualizar os conteúdos e repensar a qualidade das suas exposições; 5. o uso de atividades prévias de leitura ou a aplicação da metodologia *Just In Time Teaching* se faz necessário. Isso poderia agilizar a exposição dos conteúdos, permitir ao professor explorar por mais tempo as questões conceituais e aumentar a qualidade das discussões pelo melhor embasamento dos estudantes; 6. o uso de um sistema direto de votação (como os *clickers*) com um resultado imediato dos percentuais de acerto das questões conceituais provavelmente agilizaria e tornaria a aula mais dinâmica. Isso evitaria que o professor utilizasse parte do tempo da aula para contabilizar os percentuais e diminuiria o risco de constrangimento por parte do estudante, caso seu voto fosse visualizado pelos colegas; 7. apesar da consideração anterior, deve-se destacar que o uso de *flashcards* não inviabiliza de forma alguma a utilização do PI; 8. Sugere-se que o professor promova uma discussão dinâmica em sala de aula, não permitindo a reunião contínua dos mesmos integrantes nos grupos de discussão (CAMPAGNOLO et al., 2014, p. 86).

Os autores observaram que o *Peer Instruction* deve ser utilizado com outras metodologias, das quais os professores precisam escolher conforme as competências que os alunos devem alcançar. Constataram também que qualquer metodologia não deve ser imposta ao professor, orientando que o mesmo seja submetido à uma qualificação anterior ao uso e escolha de metodologia.

Nunes (2016) percebe as metodologias ativas como ferramentas capazes de entusiasmar a participação dos alunos de engenharia, suprindo a necessidade de formar profissionais que apresentem uma boa relação relativa à comunicação e ao trabalho em equipe. Por meio de um estudo de caso, Nunes (2016) analisa a compreensão em relação ao aprendizado dos alunos de dois cursos superiores de engenharia e dois cursos tecnológicos. Ao ser apresentada a aprendizagem ativa por meio da metodologia *Peer Instruction,* Nunes (2016) conclui sua pesquisa dizendo:

> Como resultados, observou-se que 96,7% dos entrevistados perceberam que a aplicação do *Peer Instruction* proporcionou a eles uma maior eficácia na aprendizagem do conteúdo desenvolvido e todos os entrevistados perceberam que a experiência do PI em sala de aula foi importante para o seu aprendizado (NUNES, 2016, p.13).

3.5 *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida)

A metodologia de ensino *Just-in-Time Teaching,* também conhecida por Ensino sob Medida, tem a característica principal do professor ter a oportunidade de planejar a aula de acordo com as dificuldades dos alunos, apresentadas pelas questões respondidas por eles e enviadas ao professor antes da aula presencial, utilizando a internet como ferramenta principal de transmissão de informação para o desenvolvimento da metodologia (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Esta metodologia foi proposta por Gregor Novak e colaboradores em 1996, nos cursos de ciências (MARRS; NOVAK, 2004) e foi desenvolvida para estimular o trabalho em equipe e a interação entre o conhecimento que os alunos adquirem ao efetuar pesquisas e a leitura do material enviado pelo professor anteriormente à aula presencial (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Com a metodologia tradicional, o professor disponibiliza muito tempo para fazer explicações de conceitos mais simples que os alunos são capazes de solucionar com leituras prévias do tema em questão. O Ensino sob Medida tem o intuito de otimizar esse tempo em sala de aula, para isso inicia com o professor disponibilizando o material, ou indicando uma fonte de leitura que pode ser um site, um livro ou um artigo. Ao fazer isso, o aluno tem o primeiro contato com o tema iniciando um pré-estudo antes da aula e, por consequência, com o método; o aluno acaba compreendendo de modo prévio alguns conceitos mais simples que seriam explicados em sala de aula pelo professor (ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Depois que o aluno estuda o conteúdo, o próximo passo é responder uma série de questões enviadas pelo professor com antecedência à aula presencial. O mestre informa a data limite que as questões respondidas devem ser devolvidas de forma eletrônica. Esta data estipulada é importante, porque o docente precisa de um prazo para preparar a aula conforme as dificuldades dos alunos detectadas após a leitura das respostas (ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015). Mazur e Araujo intitularam essa etapa com o nome de Tarefa de Leitura.

As respostas das questões proporcionam um *feedback* ao professor, que vai utilizá-las para desenvolver a aula presencial. Com as respostas ele terá informação necessária para saber o que os alunos entenderam e o que não entenderam,

baseando sua aula sob medida nas dificuldades que eles apresentaram (NOVAK et al., 1999; MARRS; BLAKE; GAVRIN, 2003).

As respostas são escolhidas com cautela, pois a intenção é que sejam discutidos assuntos pertinentes ao tema e, então expostas anonimamente para que se inicie o diálogo entre os alunos. É importante não expor o aluno informando o autor da questão, assim todos irão participar intensamente da aula sem se preocupar com a reprovação dos colegas (NOVAK, 2011; ARAUJO; MAZUR, 2013). É natural o aluno que tiver sua resposta selecionada participe mais profundamente da discussão, mesmo que em anonimato (FORMICA; EASLEY; SPRAKER, 2010).

Posteriormente, o professor fornece aos alunos exercícios para responderem eletronicamente, que são chamadas de *puzzles* (quebra-cabeças) e são respondidos com os conhecimentos desenvolvidos em sala de aula, entretanto, com questões que apresentam situações diferentes daquelas já trabalhadas (NOVAK, 2011; ARAUJO; MAZUR, 2013). Para Araujo e Mazur (2013), o *Just-in-Time Teaching* apresenta a seguinte qualidade:

> [...] vem se mostrando uma excelente opção para levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos na elaboração de aulas que enderecem dificuldades específicas da turma para a qual se destina. Além disso, esse método tem se mostrado efetivo para formar o hábito de estudo antes das aulas, por parte dos alunos (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 364).

Figueiredo et al. (2014) utilizaram o ambiente virtual para desenvolver um cenário de aprendizagem híbrida, com uma turma de engenharia, em que combinaram as metodologias ativas de ensino *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida) e *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas) na disciplina de Física Geral. Durante a pesquisa, as ferramentas tecnológicas de comunicação foram integradas aos processos de ensino e aprendizagem, como forma de dispor os conteúdos aos alunos e as repostas das questões conceituais dos alunos ao professor. Os dados obtidos por Figueiredo et al. (2014) foram:

> Nossos resultados mostram que a frequência dos alunos ao longo do semestre variou entre 55% e 89% com uma média de 76%. O desempenho, por sua vez, oscilou entre 22% e 95% com uma média de 66%. O índice de aprovação da turma foi de 71%, um pouco superior à média de 62% calculada para os três anos imediatamente anteriores (FIGUEIREDO et al., 2014, p. 1).

Como resposta à experiência de aplicação das metodologias ativas o professor pode perceber uma manifestação voluntária dos alunos, demonstrando uma mudança positiva dos discentes com as novas metodologias em comparação às aulas com metodologias tradicionais de exposição (FIGUEIREDO et al., 2014).

3.6 Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

A sala de aula invertida é uma metodologia que prioriza o uso de tecnologia para aperfeiçoar o aprendizado, disponibilizando ao professor maior tempo em sala de aula com atividades mais dinâmicas e interativas com seus alunos. Isso ocorre porque antes da aula presencial o professor apresenta o conteúdo que será trabalhado na disciplina por meio de vídeos que podem ser gravados por ele ou indicar vídeos disponíveis em plataformas autorizadas necessitando apenas de acesso à internet (VALENTE, 2014; PAVANELO; LIMA, 2017).

A tecnologia nos fornece uma interação maior, o ensinar e o aprender estão conectados diretamente com o ambiente físico e digital, a sala de aula agora está ampliada, não se encontra apenas no ambiente universitário e sim onde houver conexão. Devido este fator, a educação está cada vez mais *blended*, pois acontece em qualquer lugar que o aluno tenha acesso digital. A comunicação presencial do professor permanece, mas também digitalmente com tecnologias móveis (MORÁN, 2015).

Desse modo o professor tem o período da aula para aplicar as atividades complementares aos alunos, e durante as atividades os estudantes têm a possibilidade de sanar suas dúvidas com sua equipe e com o professor, que desenvolve um ambiente harmonioso e cooperativo. Na sala de aula irão ocorrer as atividades práticas, que consistem na resolução de problemas, projetos, laboratórios e a discussão em equipes (BERGMANN; SAMS, 2012; TREVELIN; PEREIRA; OLIVEIRA NETO, 2013).

No ensino tradicional, a sala de aula é o ambiente no qual o professor apresenta o conteúdo e propaga suas explicações, o aluno, por sua vez, estuda o que já foi apresentado em sala de aula e realiza as atividades avaliativas demostrando ao professor o que aprendeu referente ao conteúdo propagado. Na sala de aula invertida o processo é o oposto, o aluno estuda o material antes da aula, e depois utiliza o tempo em sala para iniciar as atividades práticas que vão

proporcionar uma aprendizagem ativa, e o professor conseguirá desenvolver a aula embasado nas dificuldades dos alunos e não na apresentação do conteúdo referente à disciplina trabalhada (VALENTE, 2014; MORÁN, 2015). Schneider et al. (2013) descrevem a sala de aula invertida da seguinte forma:

> [...] possibilidade de organização curricular diferenciada, que permita ao aluno o papel de sujeito de sua própria aprendizagem, reconhecendo a importância do domínio dos conteúdos para a compreensão ampliada do real e mantendo o papel do professor como mediador entre o conhecimento elaborado e o aluno (SCHNEIDER et al., 2013, p. 71).

Esta metodologia aperfeiçoa a relação entre os alunos e o professor, porque promove um ambiente de aprendizagem ativa, que estimula a responsabilidade dos alunos no entendimento, e impulsiona a aprendizagem construtivista. O material de estudo e os vídeos ficam armazenados de forma permanente, possibilitando posteriores consultas (DORI; BELCHER, 2005), situação esta que não ocorre em uma aula tradicional, já que a explicação do professor não é filmada.

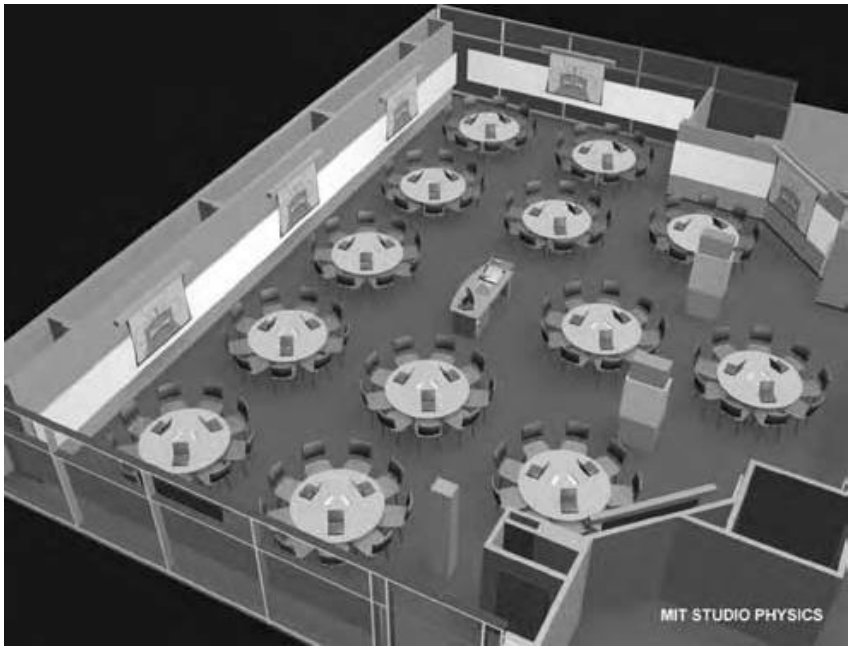
As universidades do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e Harvard estabeleceram a sala de aula invertida como estratégia de inovação no ensino em algumas disciplinas, explorando o desenvolvimento tecnológico na área da educação, com o intuito de diminuir a evasão e aumentar o índice de aprovação entre os alunos (VALENTE, 2013).

Em 1999, o MIT iniciou de forma mais intensa a experiência em inovar a educação utilizando a tecnologia como ferramenta, em que foram desenvolvidas atividades diversas em um único semestre, com um grupo de professores e os calouros de física, suspendendo as aulas tradicionais. Assim foi criado o *OpenCourseWare*, programa no qual a universidade disponibilizava todo o material de estudo pela internet, amplificando o ambiente de ensino *on-line* (DORI; BELCHER, 2005; ABELSON, 2008; CARSON, 2009; BISHOP, 2013).

O MIT também implementou o projeto *TEAL/ Studio Physics*, em que transformou salas de aula tradicionais em estúdios de física, como mostra na Figura 11. A metodologia utilizada foi a *Technology Enabled Active Learning* (TEAL), do professor responsável pelo projeto, John Belcher (BELCHER, 2001; VALENTE, 2013). De acordo com Valente (2013), as seguintes disciplinas introdutórias de física do MIT utilizam esta abordagem de ensino:

> Esta abordagem está sendo utilizada nas disciplinas introdutórias de Física: Introductory Mechanics (8.01) e Electricity and Magnetism (8.02), ministradas para todos os alunos em ingressam no MIT (cerca de 1.000 por ano) (VALENTE, 2013, p. 2).

Figura 11 - Sala de aula do TEAL/ Estúdio de Física



Fonte: Dori; Belcher (2005).

A universidade de Harvard emprega a metodologia *Peer Instruction* (PI), que se baseia no envio prévio do material de estudos aos alunos, que efetuam o estudo prévio das aulas presenciais e, de acordo com o estudo exercido, respondem a uma série de questões que enviam ao professor por meio de um Sistema de Gestão de Aprendizagem (*Learning Management System*- LMS). Em seguida, o professor analisa as questões antes da aula e examina as mais confusas, pois estas serão trabalhadas nas aulas presenciais (VALENTE, 2013; MAZUR, 2015).

As metodologias apresentadas demonstram formas de utilizar a sala de aula invertida, que consiste no estudo anterior à aula presencial, fazendo com que o aluno inicie a aula em sala com informações e possíveis dúvidas já construídas, processo que economiza tempo na sala para atividades mais dinâmicas entre os colegas (VALENTE, 2013).

Ferreira et al. (2018) apresentaram um estudo de caso referente à aplicação da sala de aula invertida em duas disciplinas dos cursos de engenharia de uma instituição privada. As disciplinas analisadas foram Cálculo II e Resistência dos Materiais. A pesquisa apresentou dados satisfatórios referentes à aprovação da

metodologia pelos alunos, ocasionando melhoria na compreensão e nas avaliações dos discentes, resultando na diminuição da evasão escolar e aumentando a motivação dos estudantes pelo ensino. Os dados apresentados na pesquisa de Ferreira et al. (2018) mostram o efetivo aumento de frequência dos alunos nas aulas que por consequência resultou em uma melhoria no índice de aprovação dos discentes:

> Pode-se concluir também, que a frequência dos alunos aumentou nas salas de aula, o que nos possibilita concluir que houve um interesse maior na participação desses mesmos alunos nas aulas, o que possivelmente refletiu uma melhoria nos resultados obtidos em termos de aprovação em ambas às disciplinas, após a implantação das metodologias ativas. No caso da disciplina “Cálculo II” a frequência que antes era de 58,62%, passou para 77,78% e na disciplina “Resistência dos Materiais” a frequência que antes era de 69,23%, passou para 73,68% (FERREIRA et al.,2018, p. 10).

3.7 Problematização

A metodologia de Problematização compreende a análise de problemas provenientes da realidade como uma forma de familiarizar o aluno com o meio profissional e estimular a autonomia durante a solução dos devidos problemas apresentados.

Este método teve início a partir do Arco de Maguerez, e tornou-se público por Bordenave e Pereira (1991). A metodologia da Problematização foi desenvolvida por volta de 1992 na Universidade Estatual de Londrina, a princípio para utilização no ensino, depois passou a ser utilizada também nas pesquisas.

Diversos professores têm buscado trabalhar com essa metodologia, não apenas pela maneira que o estudo é promovido, mas também pela interferência que ocorre no meio social como resultado de sua aplicação (BERBEL, 1998).

Quando o estudante modifica algo ele aprende mais, pois ele fez a transformação acontecer, não somente no problema, mas em si também. Esse método, portanto, faz com que o conhecimento adquirido naquele momento seja fixado no estudante. De acordo com Bordenave e Pereira (1991), a aprendizagem é concebida de forma natural quando o aluno participa ativamente:

> A solução de problemas implica na participação ativa e no diálogo constante entre alunos e professores. A aprendizagem é concebida como a resposta natural do aluno ao desafio de uma situação-problema (BORDENAVE; PEREIRA, 1991, p. 10).

De acordo com Berbel (1998), o aluno aprende fazendo, por meio de problemas provenientes da realidade, exigindo conhecimento da área profissional e iniciativa para desenvolver a solução de forma planejada e executável. O aluno é o centro da atenção, pois desenvolverá a ação, e o professor será o orientador nesse processo de aprendizado (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Nogueira (1994) defende a aprendizagem por meio do desafio:

> [...] a pergunta é posta como um desafio a uma investigação eventual, que deve levar a identificar evidências e estabelecer a veracidade dos fatos. A problematização instaura a dúvida como princípio e como método de conhecimento (NOGUEIRA, 1994, p. 135,136).

De acordo com diversos autores, o processo de problematização divide-se nas 5 etapas descritas na sequência (BORDENAVE; PEREIRA, 1991; BERBEL, 1998; ROCHA, 2008; VIEIRA; PANÚNCIO-PINTO, 2015):

- **Observando a realidade:** Os alunos recebem os problemas referentes ao tema que estão trabalhando e, com a orientação do professor, são estimulados a identificar suas características relacionadas à realidade, e devem questionar os conflitos referentes aos problemas.

- **Pontos-chave:** Depois de definido o problema, o estudante estabelece uma análise sobre as possíveis causas que são as razões que provocam os obstáculos. Verificando os principais determinantes que estão diretamente relacionados e os menos associados ao problema.

- **Teorização:** Consiste na elaboração de respostas para o problema. Os alunos analisam e discutem os dados alcançados durante a segunda etapa e, agora, ao longo da investigação para a solução, a busca de informação é realizada, com base em cada ponto chave discutido anteriormente. A solução pode ser obtida por meio de pesquisa em biblioteca, observação em campo do problema ou entrevistas com especialistas no assunto. Toda a investigação e material utilizado devem ser analisados e registrados.

- **Hipótese de solução:** Na quarta etapa os alunos desenvolvem a possível solução do problema de uma forma crítica e inovadora.

- **Aplicação à realidade:** Depois, a quinta etapa se relaciona com a modificação do ambiente. O momento em que o aluno interfere no problema para solucioná-lo. De caráter prático, esta etapa deixa de ser apenas um exercício intelectual. Os alunos devem executá-la finalizando o seu compromisso social e de transformação, mesmo que em pequena proporção, assumido no início do processo.

Na Figura 12, há uma representação do Arco de Maguerez com as etapas do processo.

Figura 12 - Arco de Maguerez

Fonte: Bordenave e Pereira (1991).

O Arco de Maguerez tem o objetivo de encaminhar os estudantes e os docentes na execução da ação-reflexão-ação, por meio de problemas propostos da realidade, seguindo as etapas, e aprendendo de forma reflexiva, crítica e construtiva, levando a uma solução com utilização real (BORDENAVE; PEREIRA, 1991; BERBEL, 2012).

> A aprendizagem torna-se uma pesquisa em que o aluno passa de uma visão "sincrética" ou global do problema a uma visão "analítica" do mesmo (através de sua teorização) para chegar a uma "síntese" provisória, que equivale à compreensão. Desta apreensão ampla e profunda da estrutura do problema e de suas consequências nascem "hipóteses de solução" que obrigam a uma seleção das soluções mais viáveis. A síntese tem continuidade na práxis, isto é, na atividade transformada em realidade (BORDENAVE; PEREIRA, 1991, p. 10).

Dessa forma, a metodologia de problematização ensina a partir de um problema relacionado à realidade, com o objetivo de preparar o aluno para trabalhar em sociedade visando à sua melhoria constante.

Vieira e Panúncio-Pinto (2015) constatam que a metodologia da problematização garante aos discentes uma aproximação da realidade e prepara o futuro profissional para o aprendizado consecutivo, dentro de uma sociedade em constante transformação. Aplicando a metodologia de problematização em cursos técnicos e de graduação da área da saúde, verificaram resultados positivos, principalmente dentro do quadro social, formando profissionais com visão para a contribuição de serviços para a sociedade.

3.8 Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos equivale ao aprendizado por meio da implantação de projetos. O objetivo desta metodologia é fazer com que os alunos desenvolvam a habilidade de investigar durante a criação de um produto, fazendo análise de mercado, pesquisando um tema, e arquitetando um plano para gerir, projetar e produzir o produto (METTAS; CONSTANTINOU, 2008; RODRÍGUEZ-SANDOVAL; VARGAS-SOLANO; LUNA-CORTÉS, 2010). Esta metodologia foi estabelecida no curso de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, desde 2013 (BARRETO et al*.,* 2017). O motivo que Farias, Martin e Cristo (2015) atribuem para a expansão dessa metodologia é:

> Uma estratégia que vem ganhando espaço ao longo dos anos é o ensino baseado em projetos ou Aprendizagem por Projetos (APP). Esta estratégia atinge níveis taxonômicos elevados, desenvolvendo a capacidade criativa dos estudantes (FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015, p. 148).

Para implantar a aprendizagem baseada em projetos é importante que a instituição, junto aos professores, efetue uma reestruturação em seu currículo e na elaboração de suas atividades, pois é indispensável uma interdisciplinaridade entre as matérias (RODRÍGUEZ-SANDOVAL; VARGAS-SOLANO; LUNA-CORTÉS, 2010).

A autonomia do aluno será trabalhada nessa metodologia, por esse motivo a importância da interdisciplinaridade. Porque, quando o aluno estabelece o projeto que será desenvolvido, ele cria um produto, identifica o mercado e o público-alvo dele, criando um plano de gestão e, por fim, realiza a produção. Eles iniciam um problema e desenvolvem até atingir o resultado. Esses processos requisitam não apenas o conhecimento de uma única disciplina, mas sim um conjunto de conhecimentos que será adquirido com a orientação dos professores, que vão apenas direcionar o aluno e não solucionar os problemas que irão surgir no decorrer do processo (METTAS; CONSTANTINOU, 2008; RODRÍGUEZ-SANDOVAL; VARGAS-SOLANO; LUNA-CORTÉS, 2010; FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

Os alunos iniciam com um problema e, após uma sequência de etapas construtivistas no ensino e o alcance no resultado esperado, o professor pode avaliá-lo, porém não é apenas a etapa final que é avaliada e sim todo o processo de desenvolvimento. Como são contextos referentes à realidade, o aluno se depara com ocorrências originais, e deste modo ,as soluções desenvolvidas por eles devem ser aplicáveis a problemas reais (BLUMENFELD et al., 1991; RODRÍGUEZ-SANDOVAL; VARGAS-SOLANO; LUNA-CORTÉS, 2010; BARRETO et al., 2017). De acordo com Mettas e Constantinou (2008), os problemas devem ser provenientes da realidade:

> Todo o processo deve ser autêntico, refletindo as atividades de produção do mundo real e utilizando as próprias ideias dos estudantes e se aproximar para realizar as tarefas em questão. Embora o produto final seja a força motriz no aprendizado baseado em projetos, é o conteúdo conhecimento e as habilidades adquiridas durante o processo de produção que são importantes para o sucesso da abordagem (METTAS; CONSTANTINOU, 2008, p. 81).

Esta metodologia se mostrou efetiva ao ser aplicada em diferentes âmbitos educacionais, desde a educação infantil até a área da saúde, e foi observado que os alunos apresentaram um aumento na motivação e melhoria na resolução de

problemas, junto à habilidade de organizar os pensamentos (BLUMENFELD et al*.*, 1991).

A Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo utiliza, desde 2013, a Aprendizagem Baseada em Projetos na disciplina de Projeto Integrado de Engenharia de Produção I, ministrada para os alunos que iniciam no curso de Engenharia de Produção. Esta metodologia trabalha com o estudo de situações próximas da realidade que os egressos de engenharia vão encontrar no âmbito profissional. Por este motivo, Barreto et al. (2017) desenvolveram um estudo de caso com alunos do 1° semestre do curso de graduação, que passaram pela experiência de formação por meio da aprendizagem baseada em projetos.

Para este estudo foram estabelecidos grupos de alunos com respectivos líderes iniciais. Os líderes escolhidos no início do semestre foram voluntários, e no meio do semestre ocorreu a troca de líderes, sendo estes, desta vez, escolhidos pelas equipes.

A análise dos dois momentos de lideranças diferentes foi efetuada mediante a coleta de dados, por intermédio da aplicação de questionários em duas etapas durante o semestre. Como resultado foi constatado que a atuação do segundo líder, o escolhido pelo grupo, teve melhor aceitação da equipe, em vez do primeiro que foi voluntário para o cargo (BARRETO et al., 2017).

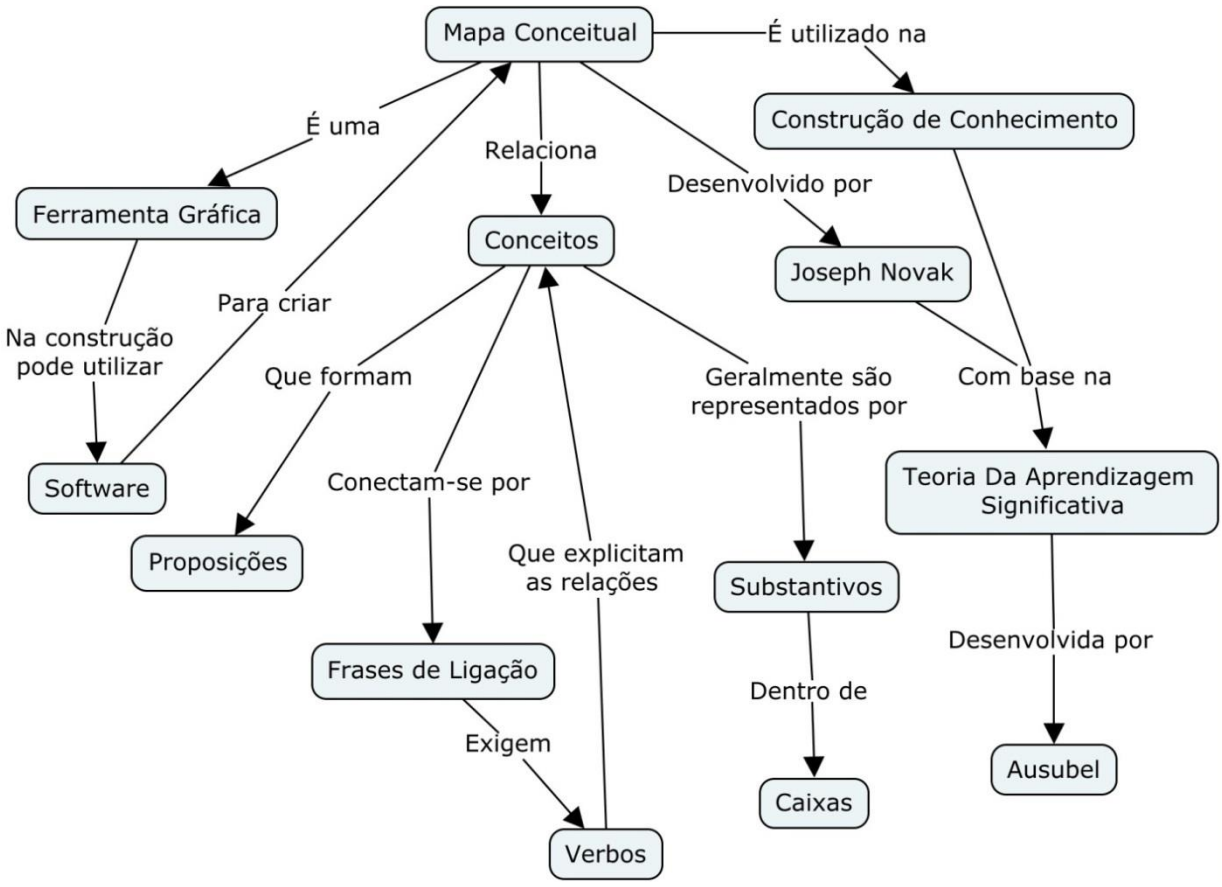
As metodologias ativas representam processos de ensino e aprendizagem dos quais os professores passam a ser os mediadores das aulas e das informações, dando a direção aos discentes, que agora estão à frente de seu próprio aprendizado. Isso acontece porque com o uso de processos relacionados à aprendizagem ativa, as aulas vão começar a exigir mais autonomia dos alunos. Cada metodologia ativa de ensino estabelece um processo de aplicação, que podem sofrer alterações de acordo com o perfil dos discentes e da instituição, mas todos os processos vão encaminhar o discente na busca de informação.

4 MAPA CONCEITUAL E TAXONOMIA DE BLOOM

4.1 Mapa conceitual

Os mapas conceituais são utilizados para organizar ideias e reproduzir conhecimento de uma forma gráfica, como apresentado na Figura 13. Foi desenvolvido em 1972 por Novak, que iniciou um estudo de entrevistas com crianças junto a outros pesquisadores. A base para o desenvolvimento desses estudos foi a psicologia de aprendizagem significativa de David Ausubel. Em sua teoria, Ausubel diz que a aprendizagem acontece a partir da assimilação de novos conceitos e proposições aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Para representar a compreensão conceitual das crianças, foi desenvolvida esta ferramenta de organização de ideias (NOVAK; CAÑAS, 2008; NOVAK; MUSONDA, 1991).

Figura 13 – Representação de um Mapa Conceitual



Fonte: Elaboração própria.

Ausubel afirma que o aprendizado significativo necessita de três requisitos:

1. Os materiais que são utilizados para estudos devem ter uma linguagem conceitual clara e objetiva e devem ser direcionados aos conhecimentos prévios dos alunos. Os mapas conceituais atendem essa condição, pois iniciam com conceitos gerais mais amplos e claros aos alunos, e no desenvolvimento vão se estruturando com conceitos mais específicos.

2. O aluno deve ter o conhecimento prévio no assunto e tomar cuidado para que os mapas tenham informações claras. Isso mostra que os requisitos 1 e 2 estão inter-relacionados e apresentam grande importância para o início do processo.

3. O aluno tem que querer aprender de maneira significativa. Nesse momento o professor participa de forma indireta dando motivação e acrescentando novos significados aos conhecimentos prévios que eles possuem, sem utilizar o método de memorização de conceitos. A partir desse momento, a aprendizagem significativa começa a se desenvolver quando um novo conhecimento faz a conexão com o conhecimento prévio do aluno, e os conhecimentos cognitivos vão se ampliando e ganhando novos significados. Os testes objetivos tradicionais ou de respostas curtas geralmente exigem do aluno apenas uma memorização do que foi ensinado (BLOOM, 1973). Situação que não ocorre na aprendizagem significativa.

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas utilizadas para representar o conhecimento, e contêm os conceitos, as frases de ligações e as proposições. Os conceitos são representados dentro de formas geométricas (círculo, retângulo e elipse), não existe uma regra de utilização das formas, e são ligados entre si por linhas, onde ficam as frases de ligação. A partir de uma questão foco, os mapas conceituais começam a ser desenvolvidos, se iniciando em conceitos mais amplos e finalizando com conceitos mais específicos. Quando o aluno começa a organizar as ideias e estruturar o mapa, ele percebe que vai adquirindo uma melhor compreensão do assunto. Outro importante aspecto nos mapas conceituais são as ligações cruzadas, que são ligações ou relações que acontecem entre os conceitos de

diferentes segmentos. As ligações cruzadas facilitam a visualização da relação que existe entre os conceitos de um domínio com outro domínio apresentado no mapa. (MOREIRA, 2012; VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008).

O mapa conceitual, além de ser usado como uma ferramenta de trabalho, pode ser utilizado também como uma ferramenta de avaliação, isso irá fazer com que o aluno utilize a aprendizagem significativa adquirida (NOVAK; GOWIN, 1984).

Para ordenar os conhecimentos, será exigido do aluno um trabalho entre a memória de curto prazo e a de longo prazo, que ocorrerá durante todo o processo de aprendizagem (ANDERSON, 1992). Ele é muito eficiente porque o aluno constrói sua estrutura, peça por peça, unindo os conceitos de forma hierárquica (NOVAK; CAÑAS, 2010).

4.1.1 Construindo Mapas Conceituais

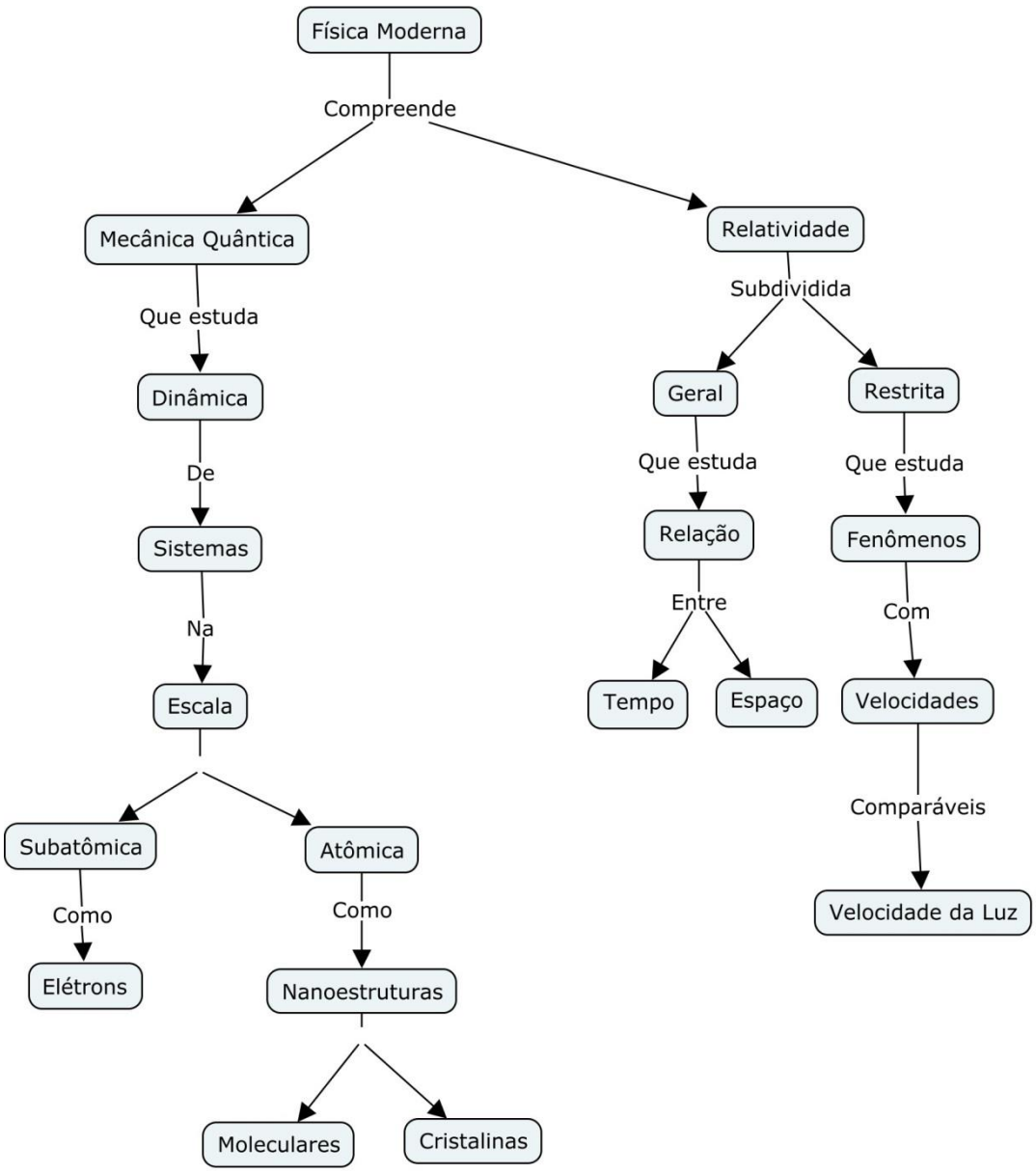
Primeiro deve-se definir uma questão focal, que consiste em uma pergunta específica que o mapa conceitual ajudará a solucionar. Todo mapa responde uma determinada questão focal. Depois de especificar o domínio e estabelecer a questão ou o problema, identificam-se os conceitos-chave que serão aplicados ao domínio, que pode variar de 15 a 25 conceitos, sendo identificados do mais geral para o mais específico (NOVAK, 2010).

Uma dificuldade enfrentada pelos alunos é o momento em que eles devem pensar nas frases de ligação entre os conceitos, porque muitas vezes os conceitos ainda não estão totalmente claros para eles, e são as frases de ligação que esclarecem essa relação. Esse processo está relacionado em níveis altos da atividade cognitiva, como a avaliação e a síntese do conhecimento (BLOOM, 1973). Quando terminado o mapa, este deve ser verificado, para que tenha um visual e uma estrutura clara e de fácil compreensão.

Existem dois processos que acontecem durante a aprendizagem significativa, um é a **diferenciação progressiva,** que a partir de um conhecimento já existente, outros conceitos vão surgindo e ganhando novos significados, o outro é a **reconciliação integrativa**, que é quando o aluno percebe a relação entre dois conceitos antes vistos como diferentes para ele (TAVARES, 2007).

A Figura 14 apresenta um exemplo de mapa conceitual tendo como tema a Física Moderna.

Figura 14 - Mapa Conceitual de Física Moderna



Fonte: Física Moderna Relatividade_1. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/victorverissimo/fisica-moderna-relatividade1>. Acesso em: 25 set. 2017.

Os mapas conceituais representam uma ferramenta valiosa para fixar e representar de forma gráfica os conhecimentos, além de estimular o desenvolvimento cognitivo de aprendizagem. Quando o aluno faz um mapa conceitual sobre o assunto que ele está estudando, será demonstrado, por meio dos conceitos conectados pelas frases de ligação, o que ele aprendeu (MOREIRA, 2012).

Também não existe um mapa conceitual correto ou errado, o professor pode apresentar aos alunos um mapa que represente os conceitos apresentados por ele,

e os alunos apresentarão ao professor um mapa que mostrará o que aprenderam sobre os conceitos e significados que foi ensinado (MOREIRA, 2012).

4.2 Taxonomia de Bloom

> Entendemos por objetivos educacionais formulações explícitas das mudanças que se espera, que ocorram nos alunos mediante o processo educacional; isto é, dos modos como os alunos modificam seu pensamento, seus sentimentos e suas ações (BLOOM, 1973, p. 24).

Os objetivos educacionais devem ser definidos para desenvolver uma aprendizagem estruturada, que será resultado de um planejamento relacionado às escolhas que o docente deve efetuar com relação aos conteúdos, às metodologias e aos procedimentos didáticos utilizados durante o ensino, com o propósito de estimular nos discentes o desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem determinados.

Bloom defende que o currículo deveria conter uma variedade maior de objetivos educacionais com suas respectivas finalidades definidas. A definição dos objetivos é importante, pois facilita ao discente saber o que é esperado que ele aprenda, conforme afirma Ferraz e Belhot (2010):

> É notório que é mais fácil atingir objetivos quando estes estão bem definidos, entretanto, fica mais difícil, para os discentes, atingirem o nível de desenvolvimento cognitivo, por não saberem exatamente o que deles é esperado durante e após o processo de aprendizagem (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 421).

Portanto, o professor deve definir os objetivos de aprendizagem e saber sua classificação de acordo com os níveis de dificuldade. Uma ferramenta que facilita esse processo é a taxonomia, podendo ser definida como “um termo de origem grega, que significa um arranjo sistemático de objetivos ou entidades em grupos ordenados” (RODRIGUES, 1994, p. 11). A taxonomia auxilia no planejamento, na comunicação, hierarquização e no controle dos objetivos de aprendizagem, facilita a troca de ideias e de materiais entre o aluno e o educador (BLOOM, 1973). Os objetivos educacionais propostos na taxonomia são organizados em uma hierarquia, de forma cumulativa; como o grau de dificuldade aumenta a cada nível, o aluno só

irá progredir assim que adquirir domínio no nível em que se encontra atualmente (HUITT, 2004).

Além de a taxonomia ser utilizada para elaboração de aulas, com base nas definições estipuladas referentes aos objetivos de aprendizagem solicitados, o docente pode também averiguar, durante a correção das questões aplicadas, quais objetivos os alunos exploram para solucionar os problemas (OLIVEIRA, PONTES, MARQUES; 2017). Neste parágrafo, Bloom (1973) afirma a importância da taxonomia desde a classificação dos problemas até a avaliação com os discentes:

> Primeiro, deverá ser uma fonte de estímulos para a reflexão sobre problemas educacionais. Deverá auxiliar os pesquisadores educacionais em sua tarefa de formular hipótese a respeito dos processos de aprendizagem e de mudança nos alunos; aos especialistas em avaliação e aos professores deverá proporcionar uma base de orientações quanto a métodos de desenvolvimento curricular, técnicas de ensino e técnicas de avaliação. Como um plano altamente organizado e provavelmente inteligível para classificar comportamentos de aprendizagem, deverá fornecer os fundamentos para determinar a eficácia de instrumentos, técnicas e métodos relevantes de avaliação, permitindo ainda aos especialistas em adequação da taxionomia a seus próprios trabalhos. Devidamente empregada, é fonte bastante sugestiva de ideias e materiais para cada um dos especialistas, e proporciona muita economia de esforço (BLOOM, 1973, p. 19).

Em 1948 um grupo de pesquisadores se reuniu em Boston para uma Convenção da Associação Americana de Psicologia. Nesse encontro, surgiu a preocupação de desenvolver um quadro de teorias referentes a parâmetros, de modo que simplificasse a comunicação entre os discentes, facilitando a troca de ideias e materiais de avaliação. Após diversas discussões, o grupo chegou ao consenso de que seria necessário desenvolver um quadro de referência de classificação de objetivo, com o propósito de ser utilizado como base de planejamento de currículo e avaliação (BLOOM, 1973).

O início da pesquisa foi estabelecido pela definição dos domínios relacionados ao desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor. Porém, os pesquisadores estipularam que os domínios afetivo e psicomotor seriam trabalhados posteriormente, concentrando as pesquisas no domínio cognitivo, que resultou na “Taxonomia de Bloom”, que recebeu este nome porque a pesquisa foi liderada por Benjamim Bloom (RODRIGUES, 1994).

As três categorias de domínios propostas para pesquisa foram: **Cognitivo, Afetivo e Psicomotor** (BLOOM, 1973; KRATHWOHL, 2002; FERRAZ; BELHOT, 2010).

O domínio cognitivo

Está relacionado aos processos taxonômicos referentes ao resultado do que se aprende; se relaciona com o saber, os novos conhecimentos, o desenvolvimento de habilidades intelectuais, e as competências e raciocínio, bem como o reconhecimento de situações específicas. Os processos retratados nesse domínio são de caráter cumulativo, do concreto para o abstrato, da categoria mais simples para a mais complexa. A etapa seguinte depende da anterior e, por consequência, fornece estrutura para a próxima categoria. As categorias da taxonomia do domínio cognitivo são: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação.

O domínio afetivo

Está relacionado ao interesse, a valorização e a postura do aluno ao se deparar com situações diversas que englobam responsabilidade e respeito, contemplando categorias que envolvem a área emocional e afetiva. Domínio de caráter cumulativo, necessitando do aprimoramento da etapa anterior para seguir nas próximas etapas. As categorias da taxonomia do domínio afetivo são: Receptividade, Resposta, Valorização, Organização e Caracterização.

O domínio psicomotor

Refere-se à ação e ao manejo das habilidades físicas, dança, percepção, música, oficinas e a comunicação não verbal. O domínio psicomotor consiste em um princípio cumulativo sob a estrutura da complexidade dos movimentos. Bloom e o grupo de pesquisadores estipularam o domínio psicomotor como uma categoria do conhecimento, porém, não determinaram as categorias para essa taxonomia. Mas outros pesquisadores o desenvolveram (RODRIGUES, 1994; FERRAZ; BELHOT, 2010).

As categorias da taxonomia do domínio psicomotor proposta por Simpson (RODRIGUES, 1994) são: Percepção, Posicionamento, Execução Acompanhada, Mecanização e Completo Domínio de Movimentos.

4.2.1 Taxonomia de Bloom - Domínio Cognitivo

Para Bloom, o modelo de classificação da taxonomia era muito mais do que uma ferramenta de medição, era um instrumento de padronização de objetivos de aprendizagem, auxiliando na comunicação e na aplicação das atividades nos âmbitos educacionais. Pode também ser utilizada como base para criação de curso e currículo de modo que adapte o processo de ensino com determinados objetivos de aprendizagem que os alunos devem adquirir no decorrer dos seus estudos, de forma a estreitar os diversos obstáculos encontrados entres as instituições de ensino (KRATHWOHL, 2002).

A taxonomia oferece a oportunidade de normalizar a comunicação no campo acadêmico, junto a discussões relacionadas à definição de objetivos educacionais (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Segundo Bloom (1973), o aluno não deve ser avaliado somente pelos conhecimentos adquiridos, mas também por suas habilidades, pela forma como organiza seu raciocínio e aplica seus conhecimentos na resolução de problemas.

A taxonomia do domínio cognitivo é composta de seis categorias, em que os níveis de dificuldade estão classificados do mais compreensível até o mais complexo, e desse modo, a passagem de uma etapa para outra só pode acontecer depois que a etapa em questão estiver totalmente esclarecida para o discente. Com a aquisição do domínio referente ao nível atual, o aluno pode avançar a categoria, obtendo resultados cumulativos (FERRAZ; BELHOT, 2010).

No modelo original da taxonomia do domínio cognitivo, as seis categorias são: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação. Elas foram distribuídas de acordo com a hierarquia, do mais fácil para o mais complexo e do concreto para o abstrato (NICOLINI; ANDRADE, 2015). A Figura 15 representa a forma hierárquica da distribuição das categorias do domínio cognitivo.

Cada uma das seis categorias do domínio cognitivo é composta de subcategorias, desenvolvidas para facilitar a definição dos objetivos relativos as instruções do ensino. Vinculado às categorias estão os verbos de ação, que funcionam como base para conduzir e examinar o desenvolvimento relacionado ao ensino e à aprendizagem (RODRIGUES, 1994; KRATHWOHL, 2002; NICOLINI; ANDRADE, 2015).

Figura 15 - Forma hierárquica da distribuição das categorias do domínio cognitivo

Fonte: Ferraz e Belhot (2010, p. 424).

Conhecimento: Esta categoria está relacionada à ação de reconhecer ideias e conteúdos abordados anteriormente, distinguindo e selecionando informações, por meio da recordação e reprodução de relatos buscados na memória que foram adquiridas previamente, como data, fatos, relatos, procedimentos, lugares, fórmulas, teorias e classificações.

Subcategorias:

Conhecimento de específicos: Conhecimento de Terminologia; Conhecimento de Fatos Específicos.

Conhecimento de Comportamentos e Procedimentos de Tratar com Específicos: Conhecimento de Convenções; Conhecimento de Tendências e Sequências; Conhecimento de Classificações e Categorias; Conhecimento de Critérios; Conhecimento de Metodologias.

Conhecimentos de Universais e Abstrações num Definido Campo: Conhecimento de Princípios e Generalizações; Conhecimento de Teorias e Estruturas.

Verbos de Ação: apontar, combinar, dizer, definir, denominar, distinguir, memorizar, nomear, ordenar, reconhecer, recordar, reproduzir e solucionar.

Compreensão: Esta categoria está relacionada à modificação, à ação de reconhecer uma informação e poder amplificar, condensar ou retratar de outro modo. A aprendizagem é identificada a partir da reprodução da informação com as próprias palavras.

Subcategorias:

Translação.

Interpretação.

Extrapolação.

Verbos de Ação: alterar, construir, converter, descrever, decodificar, definir, explicar, estimar, generalizar, ilustrar, inferir, prever, resumir, resolver, reformular, selecionar e traduzir.

Aplicação: Esta categoria está relacionada à habilidade de transportar métodos, informações e conteúdos aprendidos para novas situações concretas. A aplicação de teoria, conceitos, leis e regras são formas de empregar esta categoria.

Verbos de Ação: aplicar, alterar, construir, descobrir, desenvolver, demostrar, esboçar, empregar, ilustrar, interpretar, manipular, modificar, operar, produzir, resolver, relatar e transferir.

Análise: Esta categoria está relacionada à habilidade de fragmentar o conteúdo em partes essenciais e desnecessárias, importantes e menos importantes, e compreender a conexão entre elas.

Subcategorias:

Análise de Elementos.

Análise de Relações.

Análise dos Princípios Organizacionais.

Verbos de Ação: analisar, apontar, comparar, categorizar, classificar, calcular, determinar, distinguir, diferenciar, experimentar, examinar, identificar, inferir, ilustrar, questionar, relacionar, separar, selecionar e testar.

Síntese: Esta categoria está relacionada à habilidade de envolver partes de elementos e formar algo novo ou original, obtendo traços individuais em cada produção, utilizando os conhecimentos e as habilidades adquiridos anteriormente. O trabalho envolve peças, partes e elementos.

Subcategorias:

Produção de uma Comunicação Singular.

Produção de um Plano ou Indicação de um Conjunto de Operações.

Derivação de um Conjunto de Relações Abstratas.

Verbos de Ação: criar, categorizar, construir, conceber, compor, desenvolver, escrever, estruturar, explicar, elaborar, estabelecer, formular, generalizar, inventar, montar, modificar, planejar, projetar, resumir, relacionar e sistematizar.

Avaliação: Esta categoria está relacionada à habilidade de confrontar informações e fazer julgamentos quantitativos e qualitativos sobre métodos, material, teoria, pesquisa, projeto. Os julgamentos são efetuados com base em critérios que podem ser internos determinados pela instituição, ou externos de outras fontes de avaliação.

Subcategorias:

Julgamentos em Termos de Evidência Interna.

Julgamentos em Termos de Critérios Externos.

Verbos de Ação: avaliar, averiguar, apoiar, criticar, comparar, contrastar, concluir, decidir, defender, discriminar, explicar, escolher, interpretar, julgar, justificar, recomendar, relatar, resolver, resumir, selecionar e validar.

A taxonomia, assim sendo, possibilita uma padronização de linguagem referente aos objetivos educacionais, facilitando a comunicação entre os membros da instituição universitária, coordenação, professor e aluno. Auxilia no desenvolvimento do currículo acadêmico e no planejamento de aulas. Com a aplicação da taxonomia, o professor observa com mais facilidade o progresso do aluno (RODRIGUES, 1994; COSTA; MARTINS, 2017; OLIVEIRA, PONTES, MARQUES; 2017).

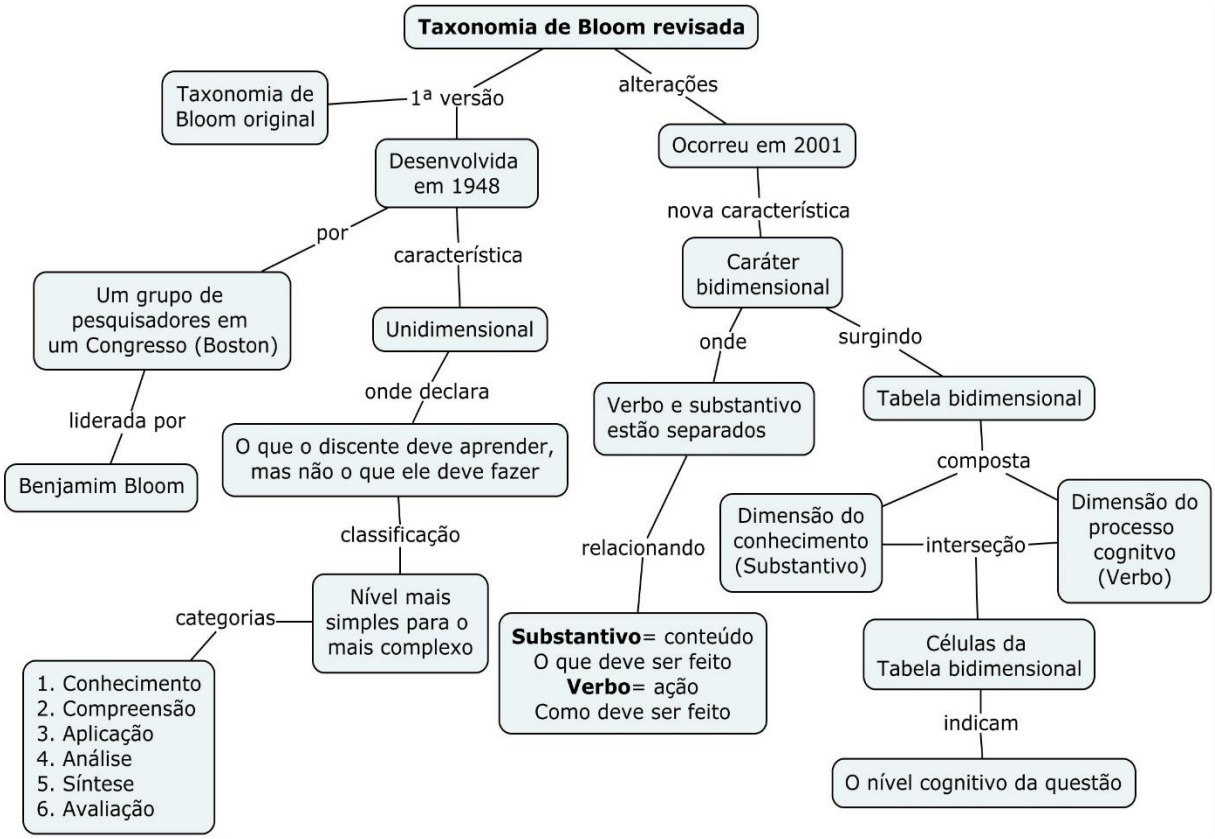
4.2.2 Taxonomia de Bloom revisada

A Taxonomia de Bloom original permanece como alvo para diversas pesquisas referentes à sua aplicação, para desenvolvimento de currículo ou curso, e análise de provas como ENEM e ENADE (DRISCOLL, 2000; FERRAZ; BELHOT, 2010; NICOLINI; ANDRADE, 2015; OLIVEIRA, PONTES, MARQUES; 2017).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), devido a mudanças relacionadas à educação desenvolvidas desde a publicação da “Taxonomia de Objetivos Educacionais”, um grupo de pesquisadores se reuniu para reestruturar a Taxonomia de Bloom original com os desenvolvimentos referentes à educação.

O grupo formado por psicólogos, docentes, especialistas em currículo e testes reuniu-se, sob a supervisão de Krathwohl, que também fez parte do desenvolvimento da Taxonomia de Bloom original, e estipularam algumas modificações propostas e publicadas em 2001 por meio do livro *A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy for education objetives* (LORIN; KRATHWOHL, 2001). A Figura 16 apresenta o mapa conceitual da Taxonomia de Bloom revisada.

Figura 16 - Mapa Conceitual da Taxonomia de Bloom revisada



Fonte: Elaboração própria.

Os objetivos da Taxonomia de Bloom original estipulavam o que esperavam que os discentes aprendessem com relação ao conteúdo, sem declarar o que deveriam realizar ao adquirir determinado conhecimento. São objetivos compostos pelo verbo de ação e pelo substantivo, que juntos descrevem os processos cognitivos desejados; essa junção dificulta no momento da verificação do docente com relação ao aprendizado do aluno, porque não é possível identificar se eles

realmente lembraram e aplicaram esses novos conhecimentos (KRATHWOHL, 2002).

Para Krathwohl (2002), a discussão sobre a revisão da taxonomia iniciou pela análise referente ao verbo e ao substantivo, que estavam diretamente conectados, formando uma única dimensão, e pela observação de como os discentes estipulavam seus objetivos gerais e específicos relacionados ao curso e por temas. Com base nessa discussão, Ferraz e Belhot (2010) confirmam esta situação:

> Ao analisar a relação direta entre verbo e substantivo os pesquisadores chegaram à conclusão de que verbos e substantivos deveriam pertencer a dimensões separadas na qual os substantivos formariam a base para a dimensão conhecimento (o que) e verbo para a dimensão relacionada aos aspectos cognitivos (como) (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 425).

A partir dessa discussão surgiu a necessidade de estudar verbo e substantivo em dimensões separadas, em que o substantivo (o que fazer) está relacionado à dimensão do conhecimento e o verbo (como se faz) à dimensão do processo cognitivo (LORIN; KRATHWOHL, 2001).

- **Dimensão do Conhecimento**

Segundo Krathwohl (2002), a dimensão do conhecimento na Taxonomia de Bloom original representava o primeiro nível entre as seis categorias, apresentado pelo mesmo nome, e composto de três subcategorias. Após a revisão da Taxonomia de Bloom original, esta categoria passou a representar a dimensão do conhecimento, composta agora por quatro categorias nomeadas por conhecimento: Efetivo; Conceitual; Procedural e Metacognitivo, cada uma composta de outras subcategorias descritas mais detalhadamente no Quadro 3.

De acordo com Krathwohl (2002), as definições das categorias são:

Conhecimento Efetivo/Factual

São os conhecimentos básicos que o aluno deve possuir com relação à disciplina para resolver os problemas propostos com base nesses conhecimentos prévios. Refere-se a situações que não precisam ser entendidas ou articuladas, apenas reeditadas, e não necessita de conhecimentos mais aprimorados.

Subcategorias: Conhecimento de terminologia; Conhecimento de detalhes e elementos específicos.

Quadro 3 - Subcategorias do Dimensão do Conhecimento

Conhecimento Efetivo/Factual	
Conhecimento de terminologia	Símbolos específicos, símbolos matemáticos, símbolos musicais, alfabeto, vocabulário técnico.
Conhecimento de detalhes e elementos específicos.	Datas e acontecimentos históricos, lugares e nomes de pessoas representantes ou desenvolvedores, grandeza exata de um fenômeno, fontes de informações seguras, recursos naturais mais significantes.
Conhecimento Conceitual	
Conhecimento de classificação e categorias	Propriedade nos argumentos e propósitos, classificação de espécies de animais, períodos geológicos, identificar uma área e os vários tipos de problemas ou materiais.
Conhecimentos de princípios e generalização	Lei do movimento de Newton, teorema de Pitágoras, conceitos de democracia e culturas.
Conhecimento de teorias, modelos e estruturas	Teoria da evolução, princípio econômico, ciências do corpo como princípios e generalizações.
Conhecimento Procedural	
Conhecimentos de habilidades e algarismos específicos de conteúdo	Habilidade em pintura a óleo com mistura de cores, habilidade para resolver equações com números inteiros.
Conhecimento de técnicas e métodos	Técnicas para resolução de problemas matemáticos, métodos científicos, estratégias de entrevistas, pesquisa de documentos históricos, crítica literária.
Conhecimento de critérios para determinar quando utilizar um procedimento adequado	Métodos adequados para diferentes experimentos, critérios utilizados para determinar quando aplicar a segunda lei de Newton, processos de estudos estatísticos usados em situações distintas, padrões para diferentes gêneros de escrita, critérios para julgar a viabilidade de um determinado método e estimar custos.
Conhecimento Metacognitivo	
Conhecimento estratégico	Estratégia de memorização de fatos, métodos de entendimento de leitura, métodos de planejamento de projeto.
Conhecimento sobre atividades cognitivas que incluem contexto preferencial e situações de conhecimento	Conhecimento de diferentes testes usados pelos professores, conhecimentos de diferentes processos para diferentes tarefas.
Autoconhecimento	Conhecimento de seu próprio grau de conhecimento, consciência de discutir um texto para melhor compreensão, precisão de um diagrama ou gráfico para entender procedimentos complexos.

Fonte: Adaptado de Bloom (1973); Rodrigues (1994); Intel (2018).

Conhecimento Conceitual

É referente às inter-relações que se encontram entre os elementos básicos de uma estrutura mais elaborada, em que os discentes são capazes de identificar a conexão entre elementos mais simples. A identificação, organização e explicação de estruturas, esquemas e modelos são avaliados nesta etapa.

Subcategorias: Conhecimento de classificação e categorias; Conhecimentos de princípios e generalização; Conhecimento de teorias, modelos e estruturas.

Conhecimento Procedural

Refere-se em como realizar algo, utilizar métodos de investigação e também critérios para a utilização de habilidades, algoritmos e técnicas dentro de um único contexto. O conhecimento abstrato começa a ser desenvolvido, não existindo interdisciplinaridade.

Subcategorias: Conhecimentos de habilidades e algarismos específicos de conteúdo; Conhecimento de técnicas e métodos; Conhecimento de critérios para determinar quando utilizar um procedimento adequado.

Conhecimento Metacognitivo

Essa categoria refere-se ao conhecimento da cognição em geral, da conscientização de uma informação aprendida. Este conhecimento está relacionado com a interdisciplinaridade, com o intuito de utilizar conhecimentos anteriormente consolidados para a resolução de problemas, sendo analisada pelo próprio aluno a melhor forma de solução.

Subcategorias: Conhecimento estratégico; Conhecimento sobre atividades cognitivas que incluem contexto preferencial e situações de conhecimento; Autoconhecimento.

Uma característica que a dimensão do conhecimento manteve diferente do domínio do processo cognitivo foi o de não permitir interpolação de categorias, como descreve Ferraz e Belhot (2010):

> A interpolação das categorias não é total, especificamente no domínio conhecimento, a ordem deve ser respeitada, pois se considera que não há como estimular ou avaliar o conhecimento metacognitivo sem anteriormente ter adquirido todos os anteriores (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 427).

- **Dimensão do Processo Cognitivo**

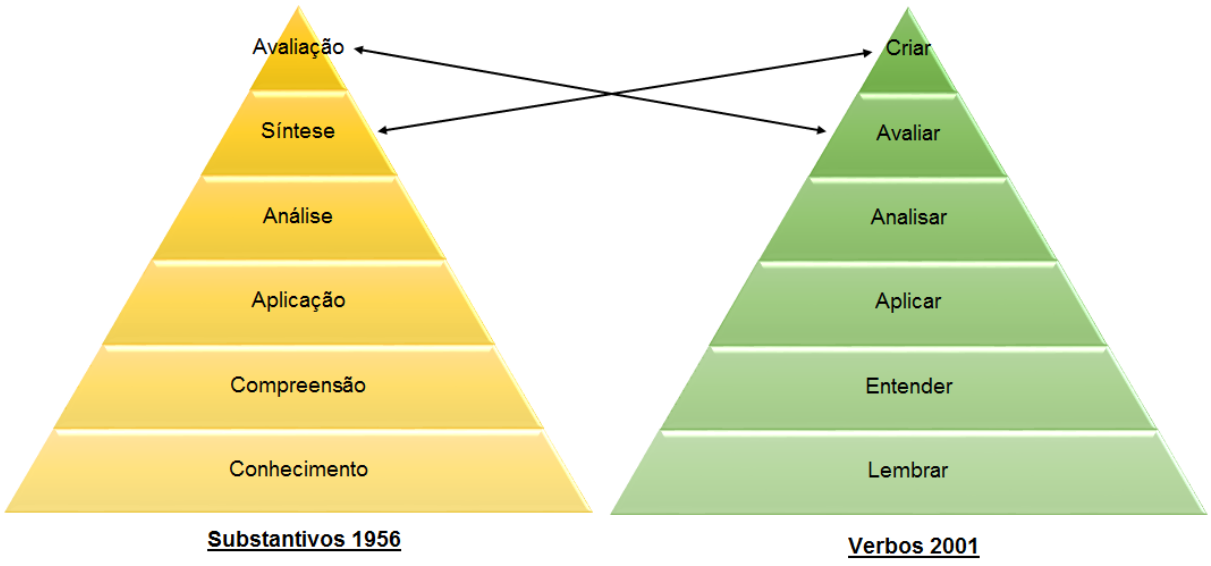
Para Lorin e Krathwohl (2001), o processo cognitivo é o percurso relacionado à aquisição do conhecimento e onde é desenvolvido, bem como utilizado para a resolução de eventuais problemas.

A dimensão do processo cognitivo, que surgiu a partir da revisão publicada em 2001, é composta por seis categorias, nomeadas pelos verbos: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar. As duas últimas categorias tiveram suas ordens alteradas com relação à Taxonomia de Bloom original, representadas na Figura 17 (KRATHWOHL, 2002).

A dimensão do processo cognitivo mantém o conceito progressão de dificuldade, do mais fácil para o mais complexo e do concreto para o abstrato. A interpolação que não era possível no domínio cognitivo agora é aceita, e Ferraz e Belhot (2010) esclarecem:

> Embora a nova taxonomia mantenha o *design* hierárquico da original, ela é flexível, pois possibilitou considerar a possibilidade de interpolação das categorias do processo cognitivo quando necessário, devido ao fato de que determinados conteúdos podem ser mais fáceis de serem assimilados a partir do estímulo pertencente a uma mais complexa. Por exemplo, pode ser mais fácil entender um assunto após aplicá-lo e só então ser capaz de explicá-lo (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 427).

Figura 17 - Representação gráfica da alteração sobre a disposição na ordem da Taxonomia de Bloom de 2001



Fonte: Elaboração própria.

A descrição de cada categoria com os respectivos verbos se encontra no Quadro 4.

Quadro 4 - Processo cognitivo Taxonomia de Bloom revisada

Dimensão do Processo Cognitivo	Características e Verbos
Lembrar	**Características:** Lembrar de conhecimentos armazenados na memória, reconhecê-los e utilizá-los no momento adequado. **Verbos:** Relembrar, reconhecer, reproduzir, denominar, definir, identificar, enunciar, nomear.
Entender	**Características:** Consiste em dar significados às instruções para poder reproduzir o seu entendimento. **Verbos:** Explicar, resumir, comparar, classificar, ilustrar, interpretar, discutir, construir, reescrever.
Aplicar	**Características:** Utilizar os conhecimentos adquiridos em resolução de novas situações. **Verbos:** Demonstrar, empregar, localizar, alterar, escrever, operar, executar, praticar, ilustrar, desenvolver.
Analisar	**Características:** Separar a situação em partes e conseguir relacionar as partes umas com as outras, identificando sua organização e sua estrutura. **Verbos:** Classificar, analisar, criticar, distinguir, deduzir, comparar, examinar, identificar, diferenciar, provar, questionar.
Avaliar	**Características:** Avaliar uma situação com base em critérios e padrões específicos. **Verbos:** Avaliar, checar, criticar, julgar, explicar, selecionar, decidir, justificar, resolver, escolher.
Criar	**Características:** Criar uma nova estrutura, organizar partes e formar novas propostas. **Verbos:** Planejar, produzir, categorizar, combinar, elaborar, generalizar, explicar.

Fonte: Adaptado de Bloom (1973); Rodrigues (1994); Ferraz; Belhot (2010).

4.2.3 Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada

A Taxonomia de Bloom revisada estabeleceu o desenvolvimento da “Tabela Bidimensional”, representada no Quadro 5, constituída da dimensão do conhecimento (conteúdo) que está localizada no eixo vertical e diz respeito ao que deve ser feito, e a dimensão do processo cognitivo (ação) que está no eixo horizontal e corresponde em como se deve proceder. A interseção das duas

dimensões forma as células da tabela, em que são adicionados os objetivos educacionais (LORIN; KRATHWOHL, 2001; KRATHWOHL, 2002).

Quadro 5 - Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada

Dimensão do conhecimento	**Dimensão do Processo Cognitivo**					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Efetivo/ Factual						
Conceitual						
Procedural						
Metacognitivo						

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

A tabela bidimensional surgiu com o propósito de auxiliar na estruturação dos objetivos educacionais. O objetivo pode ser repetido em outra célula, e não é obrigatório o preenchimento de todas as células (FERRAZ; BELHOT, 2010).

5 RECURSOS TECNOLÓGICOS

A comunicação está presente no desenvolvimento da humanidade desde os primórdios da raça humana, que se comunicava por meio de imagens registradas nas paredes das cavernas. Nos dias atuais grande parte da comunicação é intermediada pelo uso da internet (SCARANTTI, 2017).

Com o avanço digital e o fácil acesso à internet nos dias de hoje, a comunicação passou a ter um valor inacreditável, influenciando no desenvolvimento de equipamentos que comportem e facilitem o manuseio das informações, transformando os aparelhos tecnológicos em uma grande rede global de comunicação, em que muitos dependem da internet para funcionar, tornando o seu acesso um patrimônio social (SCARANTTI, 2017). De acordo com Morais et al. (2017, p. 8), “a Internet assume-se cada vez mais como espaço de sociabilidade e de práticas de comunicação que geram contextos onde se destacam atividades como, por exemplo, a partilha de conteúdos”.

O avanço da internet estende de maneira significativa a disponibilidade da informação para todos os cidadãos, proporcionando um ambiente maior de comunicação coletiva. Este progresso no âmbito educacional tende a facilitar para o professor o compartilhamento de informações aos alunos fora da sala de aula (SILVA; TAVARES; MARQUES, 2018). Para Scarantti (2017), a inclusão digital é primordial no ambiente de ensino e aprendizagem:

> Dentre todos os locais onde as políticas públicas de inclusão digital são promovidas, não se tem dúvida de que as mais eficazes são aquelas desenvolvidas no sistema educativo com a aplicação das novas tecnologias conectadas à internet para o ato de ensinar e aprender (SCARANTTI, 2017, p. 4).

Segundo Cavalcanti, Costa e Bernardo (2015), aparelhos portáteis de acesso à internet, aplicativos variados, e alguns com tecnologia de manuseio diretamente na tela do aparelho apresentam uma rápida disponibilidade de informação fortalecendo a sua distribuição. O professor tem a possibilidade de utilizar esses aparelhos tecnológicos como aliados ao processo de ensino e aprendizado, dando a eles uma função significativa nas aulas. De acordo com Prioste e Raiça (2017), os recursos tecnológicos ainda não são bem aproveitados no Brasil:

> Acessar e usufruir dos benefícios promovidos pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) constitui importante condição para a apropriação de bens culturais e exercício da cidadania; contudo, no Brasil, ainda enfrentamos significativos desafios (PRIOSTE; RAIÇA, 2017, p. 2).

A combinação do ambiente de ensino com a sociedade da informação se torna necessária para que o método tradicional de aprendizagem seja reestruturado conforme as novas demandas exigidas pelo mercado com relação à inovação e ao desenvolvimento. Scarantti (2017) percebe essa necessidade de união de metodologia com tecnologia:

> Portanto, a sociedade da informação demanda um novo planejamento educacional. Pois, o método tradicional de reproduzir e memorizar os conteúdos diante de um quadro negro deve ser complementado com as tecnologias de informação e comunicação a fim de que o aluno possa ampliar a produção de conhecimento possibilitada pelas novas, prósperas e férteis situações de aprendizagem em plataformas digitais (SCARANTTI, 2017, p. 5).

O professor tem na internet um amplo campo de recursos que podem ser explorados, videoaulas, vídeos relacionados à demonstração dos fenômenos estudados, filmes, simuladores de processos, sites de pesquisa de universidades, entre outras opções que vão proporcionar uma aula diferenciada, provedora de estímulo e informações que vão além das lousas pré-programadas de atividades e das horas aulas aplicadas na sala de aula. Para Scarantti (2017), esse processo transforma o aluno em cidadão do mundo:

> Isso se justifica porque a mídia está entre os mais importantes meios para articular ideias em prol do desenvolvimento, e principalmente a internet vem para instigar a condição cidadã do ser humano, pois na medida em que permite que ele tenha acesso ao conhecimento do que se passa em todos os continentes e também se manifeste sobre isso, passa-se a reconhecer o sujeito como cidadão do mundo. Com o advento da internet se torna possível que nenhum sujeito permaneça isolado (SCARANTTI, 2017, p. 7).

Por meio da internet, o acesso à informação e aos recursos que promovem e facilitam o processo de ensino e aprendizagem se tornam mais acessíveis. Diante da facilidade de obtenção de tais recursos, basta ao professor saber quais meios utilizar para promover um processo de ensino apoiado na aprendizagem significativa.

5.1 Vídeos e filmes

Vídeos ou filmes são fontes de informação que podem ser qualificadas como uma metodologia de inovação, que estimula o interesse dos alunos e desenvolve sua criatividade. Esses recursos fornecem muitas vezes imagens e situações, que antes eram trabalhadas em sala de aula apenas de modo textual. Esses meios visuais tornam a aprendizagem mais agradável aos alunos (MARCELINO JÚNIOR et al., 2004).

O uso de vídeos aumenta a capacidade de ligação do conteúdo trabalhado em sala de aula com situações reais do dia a dia do estudante, possibilitando a interpretação de outras áreas de conhecimento envolvidas com o tema estudado, como fatos históricos ou econômicos, apresentando características interdisciplinares (QUINTINO; RIBEIRO, 2010). Ainda segundo Quintino e Ribeiro (2010), um filme explora o sentido emocional do aluno durante o aprendizado:

> Um filme tem forte apelo emocional fazendo com que os alunos se tornem motivados a aprender os conteúdos apresentados pelo professor. Por meio de um filme o educando compreende de maneira sensitiva. Ao assistir um filme, além da abordagem rotineira de conteúdos, ocorrem vivências de todos os tipos: emoções, sensações, atitudes, ações, conhecimentos. Os filmes têm maior impacto em gerações mais jovens do que qualquer outra mídia, além de poder despertar maior interesse em temas científicos. Assim, linguagem audiovisual possibilita ao professor promover a autonomia do aluno quando altera seu papel de transmissor para mediador de aprendizagens (QUINTINO; RIBEIRO, 2010, p. 2).

De acordo com Ferrés (1996), o vídeo pode ser utilizado para apresentar um assunto e originar a curiosidade do aluno por novos temas que estejam conectados, estimulando o interesse do estudante em se especializar no assunto tratado no vídeo e no conteúdo programático da aula. Para Moran (1995), a utilização do vídeo vai além do ato de despertar o interesse de pesquisa nos estudantes, como nos vídeos de simulação que:

> É uma ilustração mais sofisticada. O vídeo pode simular experiências de química que seriam perigosas em laboratório ou que exigiriam muito tempo e recursos. Um vídeo pode mostrar o crescimento acelerado de uma planta, de uma árvore - da semente até a maturidade - em poucos segundos (MORAN, 1995, p.4).

O vídeo pode ser utilizado para apresentar o que é ensinado em sala de aula, mostrando aos alunos imagens de fatos históricos, cenários, diferentes civilizações, aproximando o aluno de realidades distantes, trazendo diversidade para a escola por meio de imagens (MORAN, 1995).

As videoaulas são formas de exibição do conteúdo de modo sintetizado. Nelas a aprendizagem acontece durante sua apresentação e, assim sendo, é uma modalidade que requer uma consideração especial, pois esse modelo de vídeo é o mais usado no meio educativo. São vídeos que, em excesso, podem se tornar cansativos e pouco proveitosos, no momento em que o docente prioriza essa modalidade com relação a outros métodos de interação em que os alunos atuam mais ativamente (MORAN, 1995; ARROIO; GIORDAN, 2006).

Quando as videoaulas são trabalhadas com aspecto informativo, como reforço de outros métodos de ensino, sua eficácia na didática aumenta. Os alunos podem desempenhar um papel de investigação, associando as imagens e leituras sobre o tema, podendo retirar informações apropriadas para a continuidade das aulas (ARROIO; GIORDAN, 2006).

Os vídeos motivadores são utilizados para desencadear um tema que ainda será trabalhado, tendo a função não apenas de apresentar o assunto ao estudante, mas também de despertar o interesse no tema, estimulando as dúvidas e as possíveis questões que podem ser efetuadas. O trabalho com o vídeo motivador é feito após sua apresentação, com base no interesse originado nos estudantes pela apresentação do vídeo (FERRÉS, 1996; ARROIO; GIORDAN, 2006).

Os vídeos de apoio são compostos por um grupo de imagens que exemplificam a fala do docente, sua aplicação é equivalente a dos slides, com a diferença de que as imagens são apresentadas em movimento, podendo substituir videoaulas com características cansativas devido ao excesso de narração, ou quando os níveis da apresentação não se encontram de acordo com o nível de conhecimento dos alunos (ARROIO; GIORDAN, 2006). Para Arroio e Giordan (2006), os vídeos de apoio apresentam algumas vantagens como:

> a) permite adaptar o discurso do professor ao nível de compreensão dos alunos ou a certas situações em um momento dado; b) mediante seu uso pode-se promover a participação dos alunos durante a exibição; c) pode ser disponibilizado diretamente aos alunos para que ilustrem sua própria exposição oral (ARROIO; GIORDAN, 2006, p. 5).

Antes de expor os vídeos, o professor deve assistir o material e analisar sua qualidade referente a conteúdo, som e imagem, oferecendo um vídeo pronto para apresentação. A disposição dos vídeos deve ser organizada pelo professor de acordo com o planejamento da aula e das metodologias que serão utilizadas para os processos de ensino e aprendizagem.

5.2 Simuladores

O professor também pode trabalhar com simuladores como recurso auxiliar no ensino, o que favorece a aprendizagem de forma aprimorada, já que muitas vezes os fenômenos físicos podem ser vistos como abstratos para os estudantes. O simulador oferece aos alunos a oportunidade de visualizar o fenômeno que está sendo estudado auxiliando a sua compreensão de forma significativa (SOUZA FILHO, 2010).

Souza Filho (2010) em sua dissertação de mestrado para o ensino de física apresentou uma coletânea de sites com diferentes tipos de simuladores que podem ser utilizados como auxiliares de ensino no processo de aprendizagem. Em seu trabalho efetuou uma busca *on-line* com o termo “simuladores de física”, identificando cerca de 1.470.000 resultados, dentre os quais destacou alguns sites que apresentaram simuladores próprios para o ensino de física, como: Ludoteca[1]; *My Physics Lab*[2]; *Phet Interactive Simulations*[3]*; Faraday*[4]*; Ngsir*[5]*; Falstad*[6]*.*

Entre os simuladores destacados, o *Phet Interactive Simulations*, que é um projeto de simulação desenvolvido pela *University of Colorado* (Universidade de Colorado), apresenta uma biblioteca de opções de simuladores mais completa, pois

[1] LUDOTECA. Recursos Virtuais para Educação em Ciências. Simulações Ludoteca. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/indice.php?midia=tex>. Acesso em: 25 jun. 2018.

[2] MY PHYSICS LAB. Physics Simulations. Disponível em: <https://www.myphysicslab.com/> Acesso em: 25 jun. 2018.

[3] PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Interactive Simulations for Science and math. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/> Acesso em: 25 jun. 2018.

[4] FARADAY. Flash Animations for Physics. Disponível em: <https://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/> Acesso em: 25 jun. 2018.

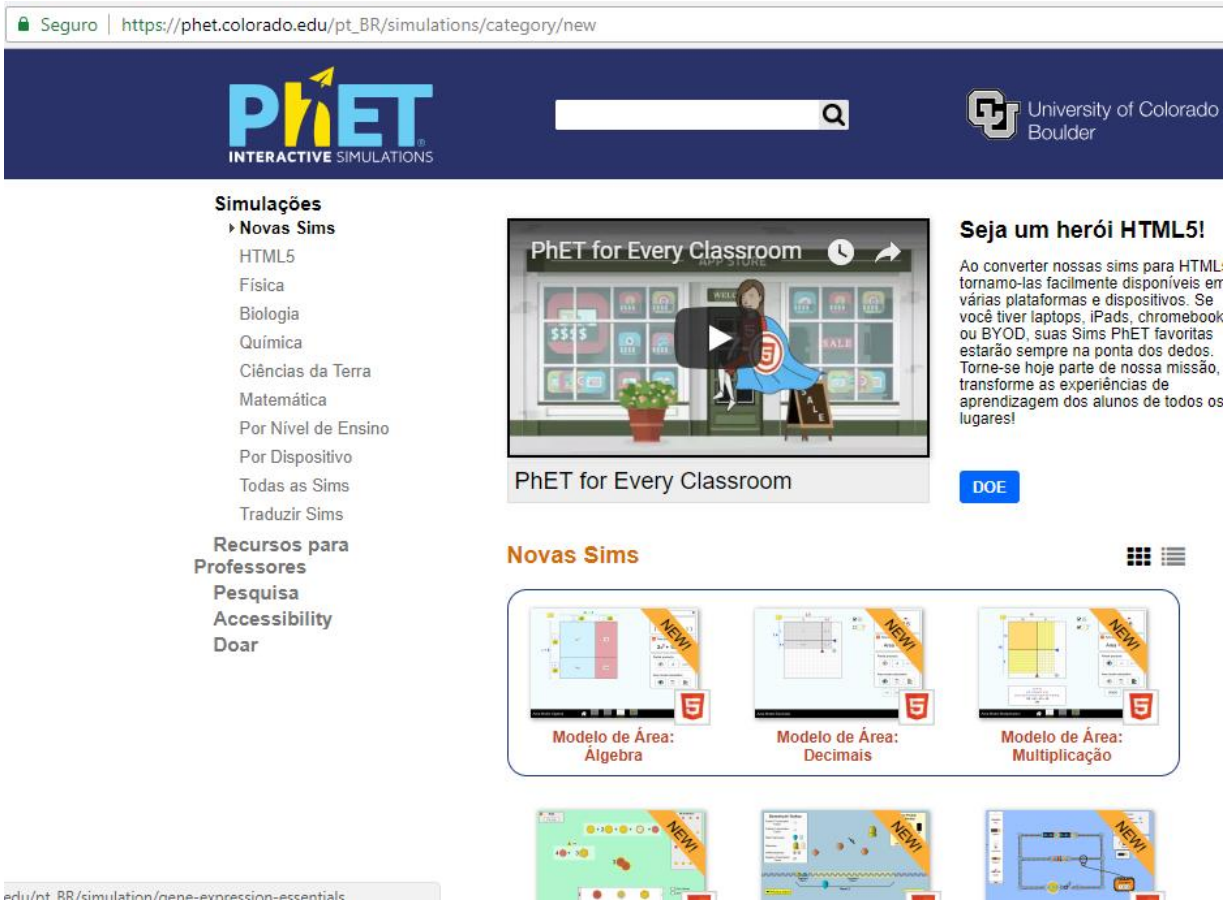
[5] NGSIR. Java Simulations. Disponível em: <https://ngsir.netfirms.com/index.htm> Acesso em: 25 jun. 2018.

[6] FALSTAD. Disponível em: <http://www.falstad.com/mathphysics.html> Acesso em: 25 jun. 2018.

nele é possível encontrar simulações relacionadas às áreas da física, biologia, química, ciências da terra e matemática. Os simuladores estão disponíveis no site de forma aberta ao público e de fácil acesso.

A Figura 18 é referente à tela do site *Phet Interactive Simulations.*

Figura 18 - Tela inicial do *Phet Interactive Simulations*



Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new>. Acesso em 25 ago. 2018.

As simulações estão disponíveis na internet e podem ser acessadas *on-line* ou baixadas pelo site do *Phet Interactive Simulations.* Para que as simulações sejam executadas no computador, é preciso fazer a instalação do programa Java[7], que pode ser baixado pelo site da própria instituição. As orientações sobre o programa e a forma de instalação encontram-se no site de download do programa Java (SILVA, 2015).

[7] JAVA. Disponível em: <https://www.java.com/pt_BR/download/> Acesso em 20 jul. 2018.

O simulador também é uma forma do professor introduzir o conceito do fenômeno estudado. O aluno pode trabalhar com o simulador anteriormente à aula, para apresentação do tema, como também pode ser utilizado em sala de aula para discussão dos conceitos com os colegas.

5.3 Aplicativos de correção instantânea

As questões testes utilizadas na avaliação do desempenho dos estudantes apresentam a vantagem da correção imediata, que pode acontecer de várias formas, por meio de cartões resposta, ou mesmo a alternativa indicada pelos discentes quando levantam a mão. Porém, ambas as possibilidades não fornecem ao docente precisão na correção, concedendo apenas uma estimativa das respostas escolhidas pelos alunos. Para uma correção rápida e precisa, a opção mais indicada é a utilização de recursos tecnológicos.

Os alunos, de uma forma geral, estão equipados com aparelhos de múltiplas funções e com acesso à internet. As instituições também estão disponibilizando conexões com a internet sem fio, o que torna fácil a utilização de recursos digitais que facilitam a aula e aceleram a aprendizagem dos alunos, possibilitando a aplicação de diferentes metodologias ativas que requerem o emprego de tecnologia para melhor produtividade.

Nesse contexto, existem diferentes aplicativos que estão disponíveis na internet, alguns gratuitos e outros não, ou mesmo desenvolvidos pelos professores. Esses aplicativos têm a função de agilizar a checagem das respostas dadas pelos estudantes referentes aos testes e atividades avaliativas que o professor solicita em sala de aula.

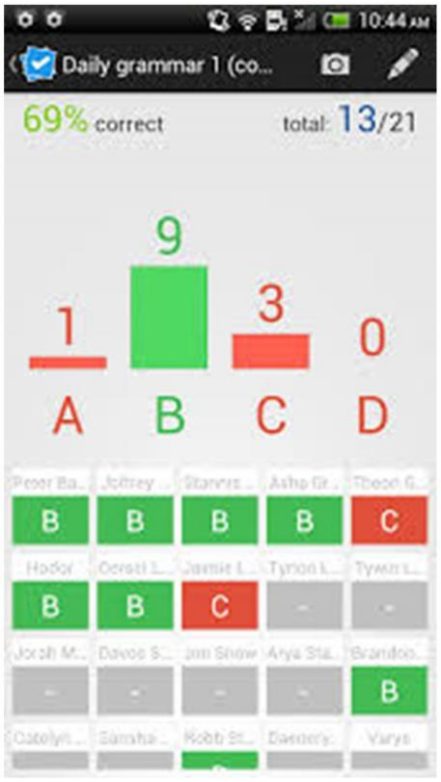
Os recursos digitais oferecem aos alunos a oportunidade de interação, compartilhamento de informação, cooperação e a chance de construírem juntos o conhecimento (NUNES; COUTO, 2017). A tecnologia associada ao bom planejamento de aula, com objetivos de aprendizagem bem definidos e a orientação do docente, proporciona ao discente um amplo horizonte de informação e conhecimento.

Nunes e Couto (2017) utilizaram em seus estudos o aplicativo *Plickers,* em parceria com a metodologia ativa de ensino “Sala Invertida”. Este aplicativo proporciona uma avaliação dinâmica e instantânea, gerando um relatório ao final de

cada questão. Desse modo, o professor tem a oportunidade de analisar se a questão foi aprendida pelos alunos, ou caso não tenha obtido uma quantidade interessante de acertos, o professor poderá fazer uma revisão, com foco no tema que eles apresentaram menor aprendizado. Com esse processo, ambos são beneficiados.

As respostas são apresentadas na tela do aplicativo conforme a Figura 19, “a barra na cor verde corresponde ao gabarito da questão e as barras vermelhas às opções com as respostas incorretas, possibilitando identificar o número dos cartões que acertaram ou erraram a resposta.” (NUNES; COUTO, 2017, p. 6).

Figura 19 - Tela do aplicativo informando a quantidade de acertos e erros da turma

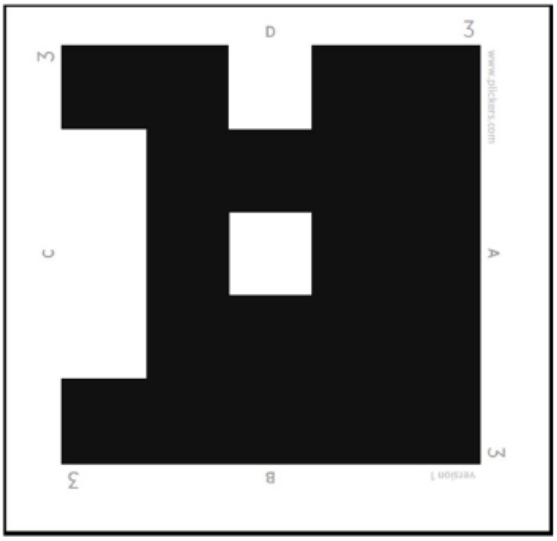


Fonte: Nunes e Couto 2017 p. 6.

Para a utilização desse aplicativo somente o professor necessita dispor de um aparelho móvel (MEDEIROS; BESSA, 2017), pois cada aluno recebe um cartão numerado que apresenta um QR *Code* (*Quick Response* – Resposta Rápida). Este cartão é composto de um código de barras bidimensional, reconhecido pelos leitores dos aparelhos celulares que contêm câmeras, e transformado em texto após a sua leitura.

Um único cartão pode corresponder quatro letras, em que cada lado representa uma das alternativas propostas na questão (PLICKERS, 2018). O QR *Code* está representado na Figura 20.

Figura 20 - Cartão QR *Code*



Fonte: Nunes e Couto 2017 p. 6.

As aulas tradicionais não costumam ser estimulantes para os alunos, ocasionando a ausência deles, ou quando frequentam as aulas, muitas vezes apresentam um perfil de distração e preguiça. Nunes e Couto (2017) verificaram que nas aulas que utilizaram metodologias ativas e a tecnologia *Plickers* para a correção das questões teste, os alunos se mantiveram mais presentes em aula, com maior participação e menos conversas paralelas, resultando em uma turma ativa, motivada e participativa. Nunes e Couto (2017) destacam alguns pontos observados pelos professores durante o uso do aplicativo *Plickers* nas aulas:

> A mudança positiva no comportamento do aluno quando ele assume o protagonismo; A socialização entre indivíduos e grupos distintos; O aumento no interesse pelas temáticas das aulas; O comprometimento dos alunos, acatando propostas de estudo como a sala de aula invertida; A participação mais assídua dos alunos, enriquecendo os debates nas aulas subsequentes; A proximidade, uma relação mais estreita entre professor-aluno. (NUNES; COUTO, 2017, p. 7).

Kielt, Silva e Miquelin (2017), pensando nas vantagens que um aplicativo de sistema de votação eletrônico oferece, desenvolveram o PInApp, aplicativo de baixo custo para *smartphones*, com a finalidade de facilitar o envio das respostas de testes

conceituais ao professor. O aplicativo foi distribuído gratuitamente, porém, a versão desenvolvida só pode ser executada no sistema operacional *Android.* As respostas são enviadas ao professor, que as recebe em seu notebook com o auxílio da conexão de rede sem fio.

O aplicativo PlnApp foi planejado para ser utilizado em aulas que aplicam a metodologia ativa de ensino *Peer Instruction*, em uma turma de ensino médio na disciplina de física, em que as aulas envolveram testes conceituais, que os alunos responderam pelo aplicativo e enviaram as repostas ao professor que as recebeu em seu notebook. Os resultados apresentados foram positivos, os alunos demostraram uma boa aceitação pelo método e maior concentração nas atividades (KIELT, SILVA, MIQUELIN; 2017).

Neste aplicativo, as questões são respondidas e enviadas de maneira confidencial, fator que estimula os estudantes com menor rendimento a se esforçarem e se dedicarem mais. O progresso é observado quando são propostas atividades com níveis de dificuldades mais elevados e os alunos conseguem solucionar (KIELT, SILVA, MIQUELIN; 2017).

O docente também tem a sua disposição recursos *on-line* e gratuitos para suas aulas, Oliveira e Rechia (2017) elegeram a ferramenta *Kahoot*[8]*,* disponível para aparelhos móveis. Esta alternativa utiliza a base de *game*, proporcionando uma forma interativa de trabalhar, em que questões conceituais podem ser executadas no formato de quiz. As respostas dos estudantes são armazenadas, com isso esta ferramenta oferece contagem de tempo e planilhas eletrônicas como relatório, auxiliando o professor durante a análise das respostas.

Oliveira e Rechia (2017) utilizaram nas aulas de Lógica de um curso Técnico de Informática integrado ao ensino médio, a metodologia ativa de *Peer Instruction*, e os recursos oferecidos pelo *Kahoot*, chegando à conclusão de que o desempenho e o aprendizado dos alunos submetidos a esses métodos são superiores aos dos alunos que concluíram a mesma disciplina, porém, de modo tradicional. Fatores como o compartilhamento e a comparação de informações e ideias relacionadas ao *Peer Instruction* contribuíram para o sucesso da pesquisa.

[8] KAHOOT. Learning Games. Disponível em: <https://kahoot.com/welcomeback/>. Acesso em: 19 mai. 2018.

Medeiros e Bessa (2017), sabendo que a tecnologia intensifica os benefícios oferecidos pelo uso de metodologias ativas e facilita o desenvolvimento das aulas em turmas numerosas, empregara a ferramenta MiniTeste, na aplicação de testes conceituais e na gestão de avaliações individuais, de forma rápida, junto às metodologias ativas de ensino “Sala Invertida” e a “Instrução por Pares”.

A ferramenta MiniTeste foi desenvolvida na Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) durante a implantação das metodologias ativas. Para dar assistência às metodologias aplicadas no curso, o aplicativo comporta as seguintes características descritas por Medeiros e Bessa (2017):

> (a) geração de testes individualizados; (b) possibilidade de uso em turmas numerosas sem o requisito de que cada estudante deve dispor de um dispositivo móvel e (c) gerenciamento de diferentes cenários conhecidos apenas durante a avaliação (MEDEIROS; BESSA, 2017, p. 4).

O aplicativo *Socrative* consiste em um software de acesso gratuito de multiplataforma, em que o professor é capaz de projetar salas virtuais, de até cinquenta pessoas, e que pode ser acessado no computador, *tablet* ou *smartphone*. Nele o professor disponibiliza as questões que podem ser de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, ou também perguntas com respostas curtas. As questões cadastradas pelo professor no *Socrative Teacher* são concedidas imediatamente aos alunos em seus aparelhos por meio do uso do *Socrative Student*, em que a interação acontece em tempo real.

Ao final de cada sequência de questão é gerado um relatório individual dos alunos, com a função de facilitar o acompanhamento do professor sobre o desenvolvimento dos estudantes (TRINDADE, 2014; DANTAS; PEREZ, 2018).

Na Figura 21, é apresentada a imagem da tela inicial do *Socrative*[9] disponível na internet pelo próprio site, em que é possível identificar o botão de acesso do professor (*teacher login*) e do estudante (*student login*).

Os aplicativos de correção instantânea utilizados em aulas que priorizam a aprendizagem ativa, por meio de metodologias dinâmicas que estimulam a pesquisa e o debate entre os alunos, estão se tornando um grande aliado do docente, pois proporcionam maior agilidade na correção das questões propostas, facilitando a

[9] SOCRATIVE. Disponível em: <https://www.socrative.com/> Acesso em 25 ago. 2018.

circulação do professor no ambiente de ensino para tirar possíveis dúvidas dos alunos.

A inserção das tecnologias no ambiente educacional não é um fator determinante para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino, contudo sua aplicação prende a atenção do aluno e agiliza o processo de ensino e aprendizagem, sendo assim uma estratégia vantajosa tanto para o professor quanto para o aluno, já que ambos ganham tempo, o que se reflete em mais aprendizado.

Figura 21 - Tela site Socrative

Fonte: SOCRATIVE. Disponível em: <https://www.socrative.com/> Acesso em 25 ago. 2018.

6 PLANO DE AULA

Para iniciar uma disciplina ou módulo, o professor deve saber exatamente o que vai lecionar e o que os alunos precisam aprender nesse período letivo. Sendo assim, a primeira etapa no processo de ensino e aprendizagem é o planejamento, em que o docente desenvolverá um plano de ensino em que os objetivos de aprendizagem que os discentes deverão alcançar, serão determinados, assim como o planejamento das aulas, a forma de distribuição dos conteúdos e exercícios, juntamente com o modelo de avaliação a que os alunos serão submetidos. A definição de Libâneo (1994) para plano de ensino é a seguinte:

> É a previsão dos objetivos e tarefas do trabalho docente para um ano ou um semestre; é um documento mais elaborado, no qual aparecem objetivos específicos, conteúdos e desenvolvimento metodológico (LIBÂNEO, 1994, p. 222).

O plano de ensino descreve de forma abrangente o que será trabalhado durante o período que pode ser um módulo ou semestre, em que constarão todos os requisitos para a conclusão de determinada etapa ou conteúdo, levando sempre em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. O professor é o responsável por planejar, organizar, direcionar e avaliar (TAKAHASHI, FERNANDES; 2004), garantindo assim êxito do plano desenvolvido.

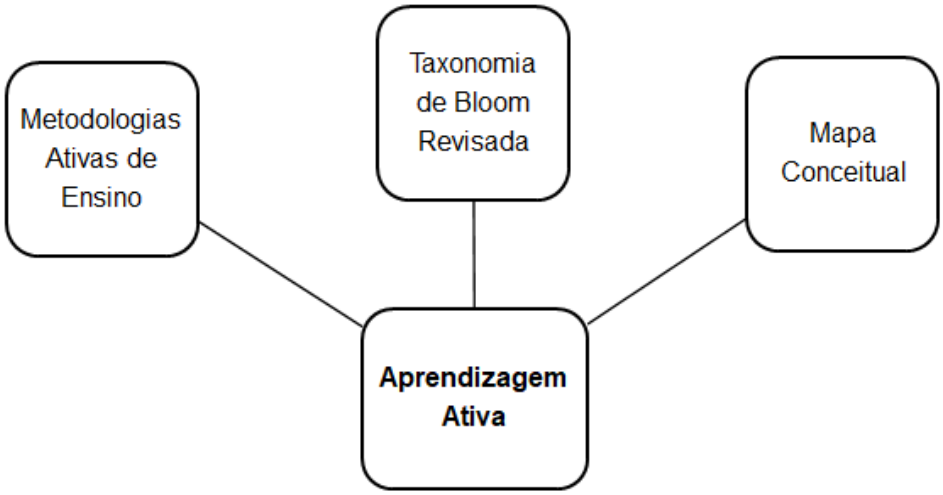
Já um plano de aula diz respeito à descrição dos conteúdos, da sequência didática e objetivos de um dia letivo de aula, que compõe a definição de tudo o que será produzido no período de interação entre professor e aluno dentro de um processo de ensino e aprendizagem (PILETTI, 2001).

Sendo assim, o plano de aula deve ser visto pelo docente como uma ferramenta de auxílio e orientação que proporciona uma aula composta por uma sequência didática que prioriza a aprendizagem do aluno e não apenas a disposição dos conteúdos propostos na ementa 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”.

Para exemplificar esta etapa de preparação do conteúdo a ser trabalhado em sala de aula, é proposto um e plano de aula que prioriza a aprendizagem ativa, em

que o estudante adquire o hábito de aprender de forma dinâmica e eficiente. Neste exemplo, serão utilizados recursos que foram desenvolvidos no século XX, então não são recentes, porém, ainda não são aplicados de modo generalizado em sala de aula. O conjunto dos recursos propostos neste exemplo está apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Fluxograma de ferramentas ativas



Fonte: Elaboração própria.

Este exemplo de plano de aula promove as metodologias ativas, que são estratégias de ensino utilizadas para estimular a proatividade dos estudantes durante a aula. Cada metodologia compõe uma sequência que o docente tem a opção de seguir sucessivamente conforme a orientação de aplicação descrita pelo autor da metodologia, como também pode escolher a opção de adaptar as metodologias de acordo com o perfil dos seus discentes e a sequência didática escolhida.

Outro fator que colabora para a adaptação das metodologias é a integração da tecnologia em sala de aula, em casa, no trabalho, no restaurante etc. A facilidade de acesso à informação permite que o professor explore cada recurso das metodologias ativas que sejam pertinentes ao âmbito de ensino e aprendizagem.

Os ambientes físico e virtual estão progressivamente conectados, possibilitando a expansão da área de ensino, e cada vez mais o ensino convencional encontra-se misturado, utilizando recursos tecnológicos, ambientes diversos que

podem ser o próprio ambiente de ensino tradicional, casa ou biblioteca, qualquer outro espaço que possa fornecer acesso à internet, ou ferramentas que façam parte do futuro universo profissional do estudante, transformando gradualmente o aprendizado em *blended* ou híbrido. Essa diversidade de ambientes educacionais não dispensa a presença do docente nos encontros que ocorrem na faculdade, pois a orientação do professor é indispensável para o aluno permanecer no caminho correto de aprendizagem. A descrição do ensino híbrido feita por Christensen, Horn e Staker (2013) 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 a conciliação das novas metodologias de ensino com as metodologias tradicionais. Ele é apresentado por meio da sustentação do ensino tradicional, que vem se adequando às necessidades de aprendizagem dos nossos alunos, que dispõem dos benefícios de ambos os processos, sem deixar de ter a orientação do docente, que permanece presente representando o apoio que o discente precisa, oferecendo a melhor direção e as inovações que tornam o aluno o principal responsável pelo seu aprendizado, dando autonomia e liderança para buscar fontes de informação.

Outro fator que também caracteriza o ensino híbrido ou *blended* é a adaptação de diversas áreas do conhecimento, em que são oferecidas aos alunos atividades relacionadas aos projetos, desafios, games por meio de atividades individuais ou grupais, requisitando interdisciplinaridade para suas soluções e, tecnologias que se encontram dentro e fora da sala de aula. Assim, a adaptação de um currículo mais flexível procura atender as necessidades de cada aluno de forma diferenciada (Morán, 2015). Keller-Franco e Massetto (2012) defendem o aprendizado por meio de projetos, dizendo:

> O estudo exploratório trouxe indicadores que nos permitem argumentar a favor do currículo por projetos como uma matriz de mudança em potencial para aqueles segmentos da educação que entendem ser necessário recuperar a totalidade do conhecimento e romper com o conservadorismo das práticas pedagógicas repetitivas e acríticas (KELLER-FRANCO & MASSETTO, 2012, p.12).

A adaptação de ambientes virtuais, projetos e trabalhos em equipes trazem ao universo de ensino um mundo novo, dinâmico e aberto, que se estende à sala de aula. O aluno aprende a pesquisar, analisa problemas e situações, toma decisão individual ou em grupo, fazendo com que o aprendizado se solidifique cada vez mais, pois o discente fica envolvido na resolução do problema proposto.

É no plano de aula que o docente incorpora toda e qualquer adaptação pretendida para o processo de ensino e aprendizagem. Todo plano segue algumas etapas importantes que auxiliam o docente na organização das aulas, são elas: tema; objetivo; conteúdo; metodologia; recursos didáticos; cronograma; avaliação e referências.

Tema: O tema da aula deve fazer parte do conteúdo programado e estar associado ao objetivo de aprendizado, e pode ser tratado de forma extensiva ou singular (TAKAHASHI; FERNANDES, 2004).

Objetivo: Os objetivos indicam o que o estudante precisa aprender, quais os conhecimentos e habilidades devem alcançar e o que ele poderá realizar após concluir esta etapa (CASTRO; TUCUNDUVA; ARNS, 2008).

Habilidade: Corresponde à ação que pode ser física ou cognitiva, ao saber fazer algo e aos conteúdos metodológicos. A habilidade indica a capacidade que uma pessoa adquire de fazer alguma coisa, como analisar, correlacionar dados, compreender fatos (MORETTO, 2007).

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

Conteúdo: O conteúdo deve ser relacionado ao tema trabalhado. Para um plano de aula, o conteúdo é o assunto ou capítulo que será trabalhado em uma quantidade determinada de aulas. Sua apresentação deve ser estruturada expondo os conteúdos gerais e específicos (SPUDEIT, 2014).

Metodologia: As metodologias são os procedimentos que os docentes aplicam para auxiliá-lo durante os processos de ensino e aprendizagem. Nele

constarão os recursos, materiais e as estratégias que serão empregados nas aulas no decorrer do aprendizado. São muitas as estratégias metodológicas de ensino, como aulas expositivas, estudos prévios, construção de mapas conceituais, pesquisas e resolução de problemas reais (LEAL, 2005; SPUDEIT, 2014).

Recursos didáticos: Os recursos didáticos são aliados ao desenvolvimento progressivo das aulas, sua utilização deve ser vista pelo docente conforme as condições da instituição e os recursos possíveis dos alunos. São muitos os recursos de fácil acesso, como: internet, bibliotecas virtuais e físicas, videoaulas, aplicativos, simuladores, dentre outros (LEAL, 2005).

Cronograma: O planejamento do cronograma deve ser baseado de acordo com o conteúdo programado, levando em consideração o tempo de aprendizado dos estudantes em questão, juntamente com os recursos disponíveis para o desenvolvimento da aula planejada (TAKAHASHI; FERNANDES, 2004).

Avaliação: A avalição 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, com propósitos de cumprir com os objetivos da unidade de ensino, e a avaliação formativa, com a finalidade de cumprir com os objetivos educacionais que os alunos devem alcançar no período de aprendizado.

A avaliação somativa procura identificar o desempenho de cada aluno para poder aprová-lo de acordo com o seu rendimento. Este tipo de avaliação costuma ser o método tradicional utilizado pelos professores para avaliar os alunos, por meio de testes objetivos ou provas dissertativas que ocorrem ao final de cada período de ensino. Este modo de avaliar geralmente aponta resultados que são apresentados de forma quantitativa, lembrando que as características qualitativas não podem ser excluídas deste tipo de avaliação (OLIVEIRA et al., 2007).

No caso da avaliação formativa, o processo de ensino e aprendizagem é acompanhado constantemente, mediante a observação dos resultados obtidos pelos alunos, por meio da aplicação de problemas e testes, questões dissertativas e pesquisas. Deste modo, o professor tem a facilidade de estruturar suas aulas de acordo com os resultados obtidos em cada método de avaliação. Com uma

participação mais ativa nesse processo, o aluno fica mais motivado em desenvolver estratégias para solucionar problemas (OLIVEIRA et al., 2007).

De um modo geral, os dois tipos de avaliações devem apresentar características formadoras, podendo ser consideradas complementares.

O processo de avaliação não é apenas um momento único, o que geralmente causa transtornos e dificuldades para os discentes ao relacionarem a avaliação dessa forma, como uma única situação possível. É importante que o docente esclareça aos alunos quais serão os métodos avaliativos aplicados no decorrer do módulo ou período, assim como os critérios e os valores referentes às pontuações.

Com relação as metodologias ativas, as avaliações podem ocorrer durante um *feedback*, durante a solução de um problema ou o desenvolvimento de um projeto. Neste caso, o professor tem a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento do aluno analisando sua evolução e, ao mesmo tempo, perceber suas dificuldades, características essas de avaliações comuns às da avaliação formativa. (TAKAHASHI; FERNANDES, 2004; SPUDEIT, 2014).

O Quadro 6 apresenta a forma de avaliação de cada metodologia ativa.

Quadro 6 - Metodologias ativas e formas de avaliação

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

Fonte: Elaboração própria.

Cada metodologia ativa envolve um processo avaliativo que está relacionado ao seu modo de aplicação, que pode ser na forma de testes de múltipla escolha, desenvolvimento e envolvimento das equipes, resolução de problemas e

desenvolvimento de projetos, *feedbacks* constantes tanto pelo docente como pelos integrantes da equipe, mapas conceituais, entre outros.

Referência: O professor deve indicar as fontes sobre os materiais que serão estudados, como livros, sites, apostilas, vídeos, artigos, entre outros itens que auxiliarão no desenvolvimento das aulas (SPUDEIT, 2014).

6.1 Exemplo de plano de aula

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 23 mostra o mapa conceitual “plano de aula e seus componentes” conectando as metodologias ativas de ensino utilizadas para planejar a estrutura da aula e como serão aplicadas as atividades, e também faz 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.

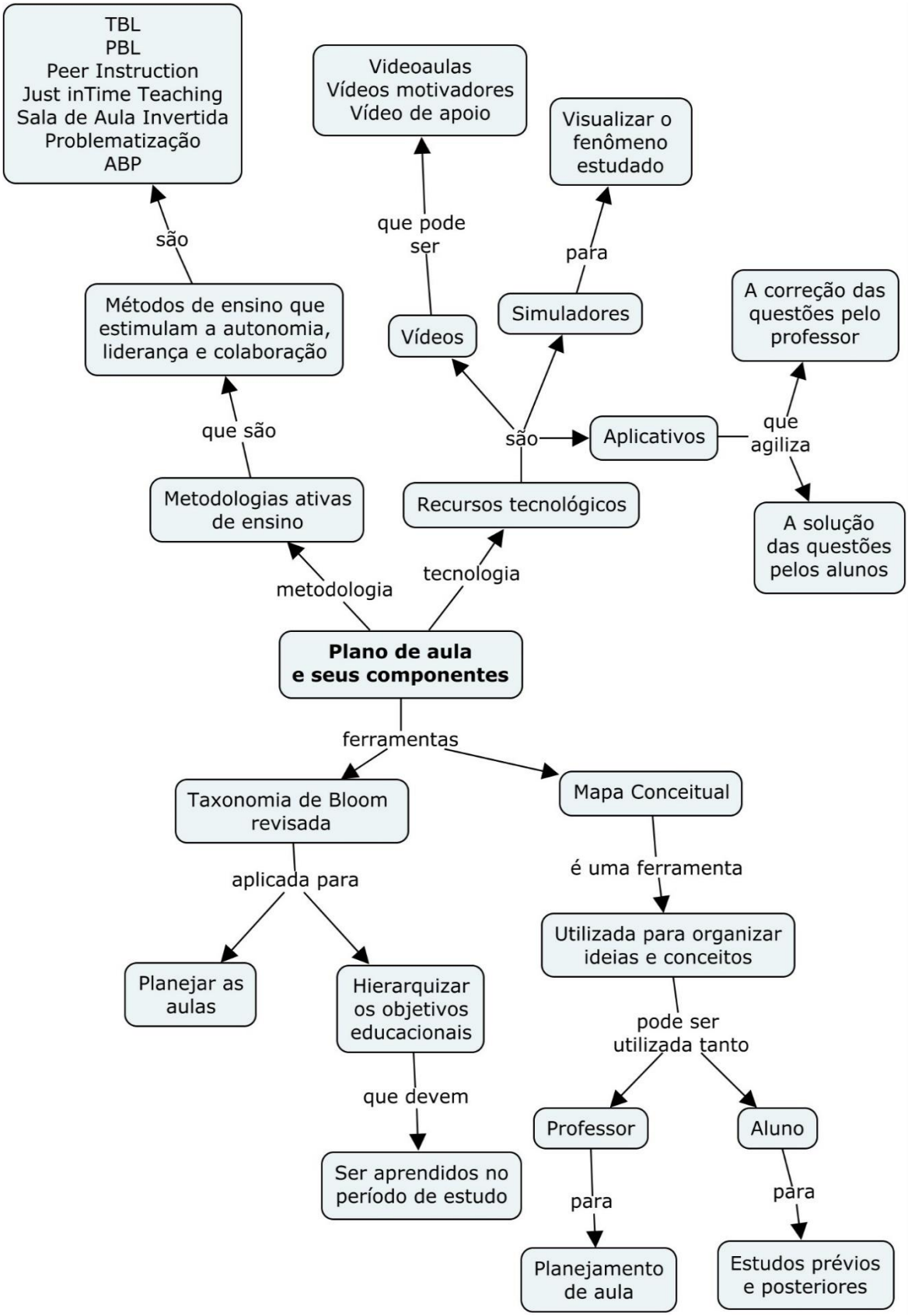
Nesta proposta de plano de aula, as atividades são colocadas conforme os objetivos de aprendizado que eles devem alcançar. Para o professor compartilhar de forma adequada e no momento ideal os problemas e questões que trabalham os objetivos solicitados durante a aprendizagem, foi empregada a Taxonomia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

Já as metodologias ativas 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 exemplo de Plano de Aula proposto neste capítulo é sobre o efeito fotoelétrico, um dos conceitos que fazem parte da Física Moderna. O plano de aula deve, portanto, conter os seguintes itens:

Tema: Efeito fotoelétrico.

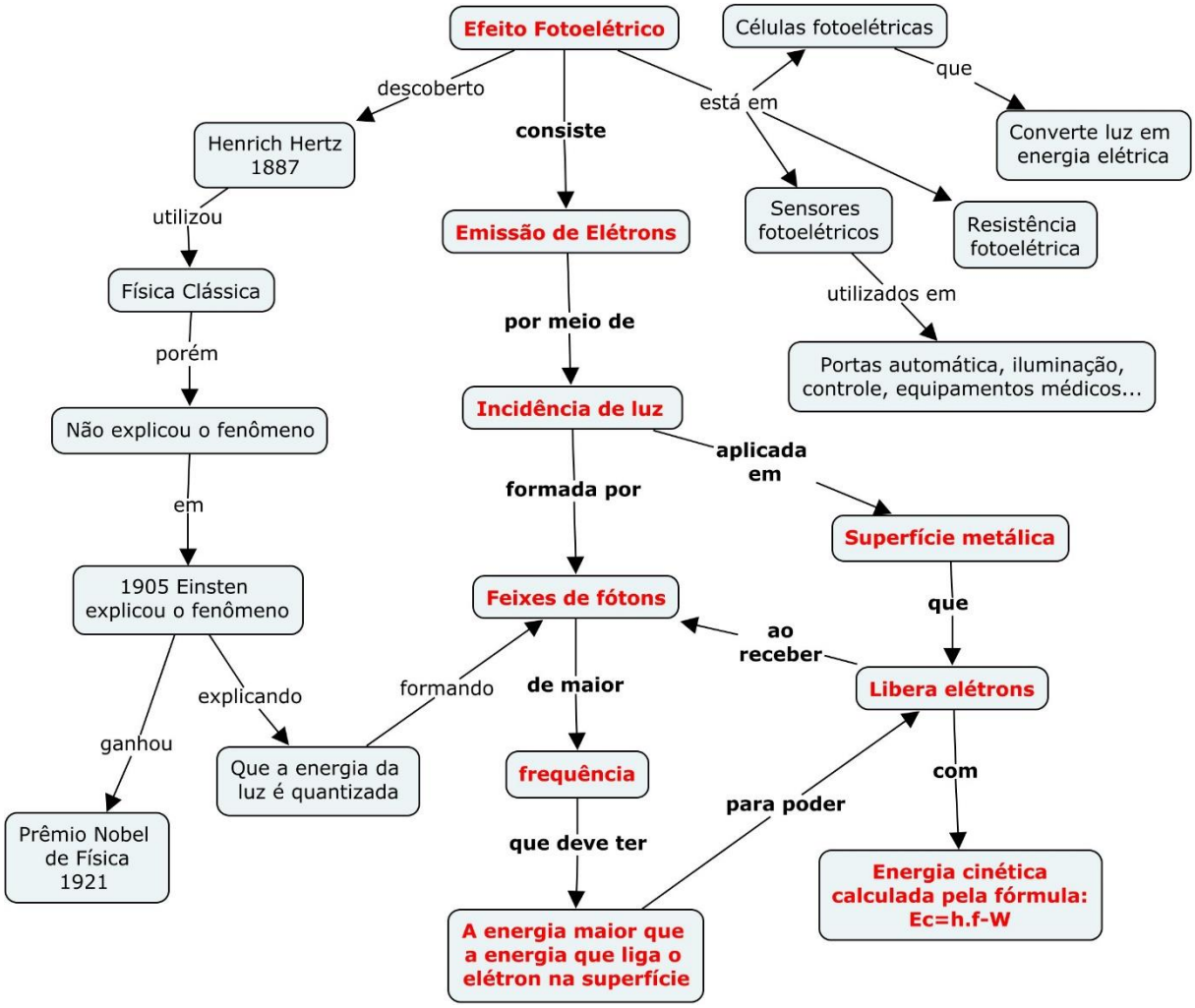
Figura 23 – Mapa Conceitual sobre o plano de aula e seus componentes



Fonte: Elaboração própria.

Objetivo: Ao final das aulas o aluno deve ter adquirido conhecimento suficiente sobre os conceitos destacados no mapa conceitual da Figura 24, sobre efeito fotoelétrico.

Figura 24 - Mapa conceitual sobre efeito fotoelétrico



Fonte: Elaboração própria.

Ao término desta aula, 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.

Conteúdo: O conteúdo 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 videoaulas 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*[10].

O primeiro vídeo com o título *Efeito Fotoelétrico de Nonato Reis*[11] 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*[12] 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.

[10] YOUTUBE. Disponível em: <https://www.youtube.com/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

[11] 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.

[12] 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>. Acesso em: 25 ago. 2018.

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

Os vídeos selecionados dos seguintes canais no *Youtube*: *Ciência Todo Dia*[13], *Atech- Info*[14], *Licenciatura em Física – IFSC Araranguá*[15] e *Felipe Numagire*[16], 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 aulas 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

---

[13] 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.

[14] 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.

[15] 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=IA0wLlDNBUs&t=3s>. Acesso em: 25 ago. 2018.

[16] 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.

distintos que tratam do mesmo tema: Física Moderna - Efeito Fotoelétrico[17]; Radiação e Matéria- Efeito Fotoelétrico[18], e outro desenvolvido pela UNICAMP[19].

Os materiais físicos como os livros disponíveis nas bibliotecas das universidades, 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[20]; CUTNELL; JOHNSON, 2006[21]; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012[22]; YOUNG; FREEDMAN, 2016[23]) que tratam do assunto efeito fotoelétrico estudado nos volumes que trabalham a física moderna.

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 discentes 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.

---

[17] UFRGS. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

[18] UFRGS. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~betz/iq_XX_A/fotoElec/aFotoElecFrame.htm>. Acesso em: 25 ago. 2018.

[19] 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.

[20] SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. Princípios de Física: Óptica e Física Moderna, vol. 4. São Paulo, 2004.

[21] CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W. Física. V3. 2006.

[22] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Volume 4: Óptica e Física Moderna. 9. ed. 2012.

[23] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: ótica e física moderna – 10. ed. 2016.

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

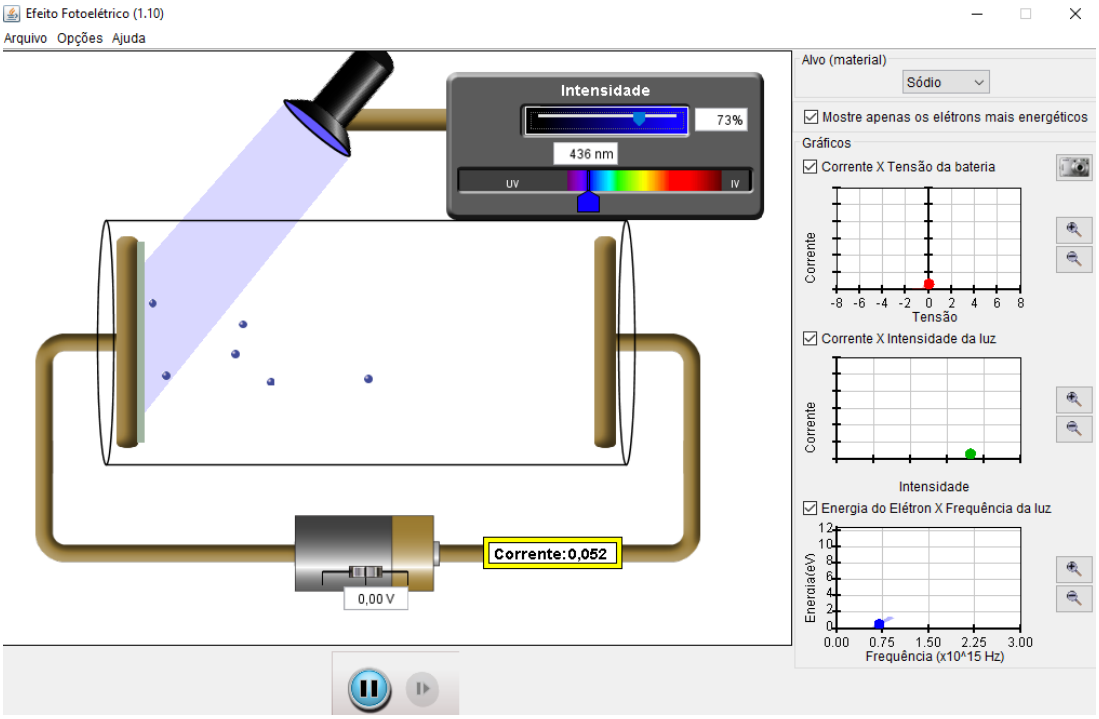
Recursos didáticos:

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

Cmap Tools: é um aplicativo disponível no site Cmap[24] para desenvolver os Mapas Conceituais.

Simulador: o simulador destacado na Figura 25 encontra-se no site *Phet Interactive Simulations*, referente à tela da simulação do efeito fotoelétrico.

Figura 25 - Simulador efeito fotoelétrico



Fonte: Adaptada do *Phet Interactive Simulations.*

[24] CMAP TOOLS. Cmap. Disponível em: <https://cmap.ihmc.us/>. Acesso em: 25 ago. 2018.

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).

Silva (2015)[25] desenvolveu um projeto que consiste em um roteiro de aula que contempla a utilização do simulador, juntamente com um manual de aplicação ao docente.

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.

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 26, e de acordo com os porcentuais 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.

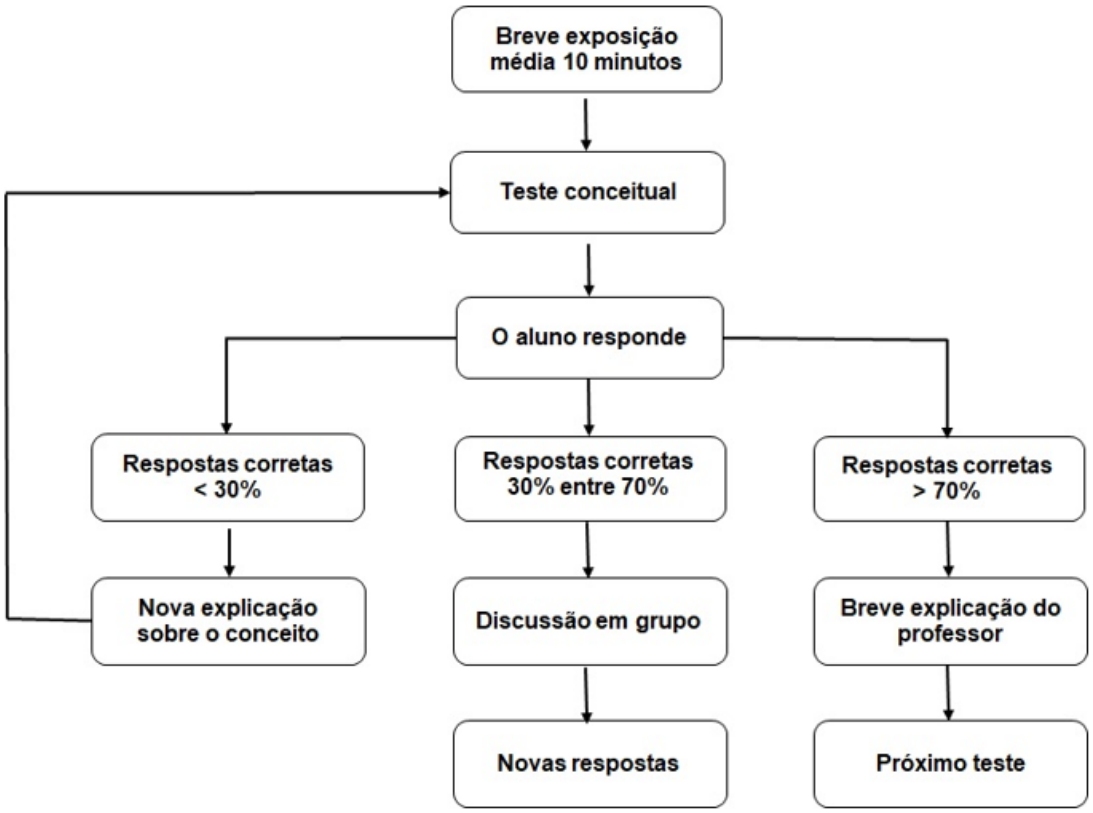
O fluxograma das etapas de aprendizagem apresentado na Figura 26 estabelece três níveis de acertos. Quando o percentual de acertos da classe é menor que 30% significa que a maioria dos alunos não compreendeu os conceitos corretamente, neste caso o professor deve retomar o conteúdo do teste com uma nova 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, e 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.

[25] 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.

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.

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 26 - 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 dos aplicativos de correção instantâneos, como por exemplo, o *Socrative*.

6.2 CLASSIFICANDO AS QUESTÕES SOBRE EFEITO FOTOELÉTRICO

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. Neste caso, 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 aplicadas 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, foi definido como tema o estudo do efeito fotoelétrico. O objetivo educacional, neste caso, consiste no estudante 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 24 sobre o efeito fotoelétrico.

As questões escolhidas foram analisadas e classificadas com base no Quadro 7, 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.

Quadro 7 – 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.

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 x 10^{14} Hz, responda:

a) Qual é a energia da radiação desse laser?
b) Se o laser emite um pulso de energia contendo 5 x 10^{17} fótons de radiação, qual é a energia total desse pulso?
c) Se o laser emite 1,3 x 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 (6,63.10^{-34} J.s) e f é a frequência da radiação emitida.

Portanto:

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

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

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

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 x 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.

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

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 x 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.

$E_t = E_f \, x \, N_f$

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

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

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 correspoonde 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 x 10^{-15} eV.s; velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vácuo: c = 3 x 10^{8} 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:

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

Equação de comprimento de onda:

$$c = \lambda.f \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\ .10^{8}\ m/s}{1{,}0.10^{15}\ s^{-1}} \quad \therefore \quad \lambda = \ 3{,}0\ x\ 10^{-7} m$$

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;
- $h = 6{,}6 \times 10^{-34}$ J·s a constante de Planck;
- f a frequência da radiação incidente.

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

Baseando-se nessas informações, calcule:

a) a função de trabalho (W) do material utilizado para revestir a placa de vidro desse visor noturno, em eV;

b) 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.

$$hf = E_c + W$$

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

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

Solução da parte (b) da questão.

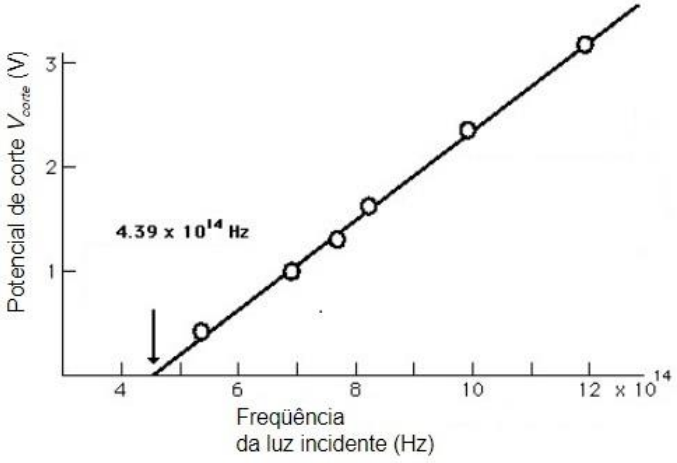
O potencial de corte (V_0) é calculado por meio da seguinte equação:

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

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 x 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

a) Os elétrons, no efeito fotoelétrico, são ejetados da superfície metálica, a partir de uma certa intensidade da luz incidente.

b) A energia cinética máxima do elétron ejetado é igual a hf, mesma energia do fóton incidente.

c) Os elétrons, no efeito fotoelétrico, são ejetados da superfície metálica, a partir de uma determinada frequência da luz incidente.

d) A energia cinética máxima do elétron ejetado é igual a Φ, 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	3.10^{17}
Y	6.10^{14}
Z	3.10^{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 x 10^{-15} eV.s. Velocidade de propagação da luz no vácuo c = 3 x 10^{8} 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 ≤ 6,0 x 10^{-7}m.

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

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

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

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

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

Resposta: $f \cong 12\ x\ 10^{14}\ Hz$. O valor 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 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.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Refletindo sobre “como auxiliar o professor a planejar suas aulas de modo a torná-las mais dinâmicas utilizando a tecnologia disponível atualmente”, este trabalho teve como proposta a apresentação de diferentes metodologias ativas de ensino, a Taxonomia de Bloom revisada, bem como diferentes recursos tecnológicos e ferramentas disponíveis na internet, que podem ser utilizados pelo professor na preparação ou mesmo durante suas aulas, criando um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e autônomo para os estudantes. Todos os exercícios apresentados no texto são baseados nos conceitos de Física Moderna, por ser esta uma área da física diretamente ligada à tecnologia, e foram classificados segundo a Taxonomia de Bloom revisada. A contextualização do trabalho inicialmente se deu pelo levantamento do perfil e necessidades dos cursos de engenharia segundo as informações colhidas nos documentos das Diretrizes Curriculares Nacionais e nas propostas da Associação Brasileira de Engenharia – ABENGE.

Para a ABENGE (2018), o engenheiro deve adquirir a competência de aprender de forma autônoma, buscando constantemente a informação por meio do desenvolvimento de novos saberes e tecnologias. Para isso é importante que o estudante adquira a competência de aprender, de estudar e compreender, e de aprender a ensinar. Neste trabalho foi discutida a necessidade do discente participar de um novo modelo de ensino, em que a aprendizagem ativa é privilegiada e o ambiente de estudos é ampliado para além da sala de aula tradicional.

A aprendizagem ativa está presente em aulas planejadas de acordo com as metodologias ativas de ensino, que envolvem atividades de interação entre alunos e equipes. Esse método ativo de ensino demanda do professor técnicas de inter-relação e flexibilidade, a fim de desenvolver um estudante com um comportamento participativo, crítico e qualificado para entender e transmitir sua compreensão. As atividades devem propiciar um ambiente de ensino colaborativo, levando em consideração o período de aprendizagem de cada aluno.

Neste trabalho foram apresentadas diferentes metodologias ativas de ensino com seus métodos de aplicação e, suas formas de analisar o desempenho dos discentes, como também a possibilidade de hibridismo entre as metodologias ativas. Diante desta possibilidade o plano de aula desenvolvido no decorrer deste trabalho utiliza o hibridismo como metodologia ativa de ensino, visando mostrar ao docente

que ele é capaz de moldar sua aula de acordo às necessidades da disciplina e os recursos disponíveis.

Também foram apresentadas duas ferramentas, o mapa conceitual e a Taxonomia de Bloom revisada, uma de organização de conceitos e outra de hierarquização de objetivos educacionais.

Com relação ao mapa conceitual foi mostrado que ele pode ser utilizado como uma ferramenta de organização de conceitos, permitindo ao docente utilizá-lo no planejamento de suas aulas de forma particular, ou mesmo para apresentar aos alunos os pontos que serão trabalhados em uma aula ou em um determinado período. Para exemplificar melhor suas aplicações, foram apresentados diversos mapas conceituais no decorrer deste trabalho, com o propósito de facilitar o entendimento e a localização do leitor.

Também foi indicado ao docente, no exemplo de plano de aula no campo de objetivos, que o aluno adquira a competência de construir seu próprio mapa conceitual. Por se tratar de uma ferramenta desenvolvida com base na aprendizagem significativa, sua utilização torna-se constante durante todo o processo de ensino e aprendizagem devido à possibilidade de alteração, sendo assim permitido que o aluno modifique o mapa sempre que um novo conceito tiver sido apresentado. Os mapas conceituais também podem representar estruturas de conhecimentos particulares de cada aluno, porque no momento que ele desenvolve um mapa conceitual com base no seu raciocínio e estudo, as informações inseridas vão indicar conhecimentos consolidados por ele no decorrer do aprendizado.

A outra ferramenta utilizada neste trabalho foi a Taxonomia de Bloom revisada. Sua aplicação ocorreu durante a classificação das questões de física moderna sobre efeito fotoelétrico propostas no exemplo de plano de aula, e na sequência das questões diversas disponíveis no Apêndice A. A Taxonomia de Bloom revisada foi utilizada com o propósito de hierarquizar as questões de acordo com os objetivos educacionais estipulados no plano de aula, e representados no mapa conceitual da Figura 24. A classificação foi feita utilizando a tabela bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada, que oferece ao docente parâmetros para analisar o desenvolvimento dos alunos de acordo com os níveis cognitivos indicados nas células da tabela bidimensional.

As DCNs (2002) descrevem mais algumas características importantes para o perfil dos egressos de engenharia, entre elas encontram-se a criatividade na solução

de problemas e a capacidade de absorver informações com base em sua formação técnica e científica, e que ele seja capaz de desenvolver novas tecnologias, levando sempre em consideração fatores que envolvem a sociedade.

Ao constatar por meio dos documentos oficiais DCNs (2002) como é importante que o profissional de engenharia se mantenha atualizado com a inovação e o desenvolvimento tecnológico atual, foi discutido neste trabalho a atenção que a disciplina de física moderna deve ter ao longo de sua formação acadêmica, por se tratar de uma disciplina base para o desenvolvimento de diferentes aparelhos tecnológicos. Por este motivo todas as questões utilizadas no decorrer do texto foram baseadas nos conceitos desta disciplina.

Outra questão analisada foi em relação a dificuldade que alguns alunos podem apresentar durante a interpretação de fenômenos físicos, por não fazer parte do seu cotidiano ou serem tratados apenas em condições teóricas; como também pode ocorrer da instituição de ensino não ter laboratórios com os recursos adequados para o estudo referente ao fenômeno analisado.

Como alternativa para a falta de recursos durante o ensino de física moderna, tem-se a opção do uso de tecnologias computacionais como simuladores de fenômenos físicos, que facilita o aprendizado, oferecendo ao estudante uma visão do fenômeno, complementando o tema abordado no momento do ensino. Esses recursos tecnológicos também se aplicam para introduzir os novos conceitos aos discentes.

Continuando no tema sobre tecnologia, também foi proposto o aproveitamento de aplicativos utilizados para disponibilização de questões e de correção instantânea. Esses aplicativos agilizam o processo de verificação das respostas, permitindo ao professor checar quase que instantaneamente o nível de compreensão dos alunos. Isto permite ao professor decidir rapidamente se o próximo momento da aula será um reforço, uma revisão ou se estão prontos para seguir com o conteúdo.

Ao considerar o perfil dos estudantes atuais, é possível constatar que o uso da tecnologia pode ser visto como algo acessível e funcional, pois praticamente todos possuem um aparelho tecnológico em mãos, e também é fácil perceber que os novos alunos apresentam características dinâmicas e práticas, e que são capazes de desenvolver muitas tarefas de maneira simultânea, apresentando facilidade no manuseio de equipamentos que fazem uso de tecnologia.

Outro recurso de fácil acesso para os alunos e que está diretamente ligado às metodologias ativas de ensino são os vídeos também disponíveis na internet. Este recurso pode ter diferentes características e todas elas estão detalhadas neste trabalho, cabe ao professor identificar qual modelo de vídeo mais se adequa à sua aula e aos seus alunos. Para o plano de aula proposto neste trabalho foram utilizados dois tipos de vídeos: as videoaulas que são mais longas e apresentam o conteúdo de forma mais detalhada; e os vídeos motivacionais com o propósito de instigar o aluno na busca por maiores informações sobre o tema. É indicado que o aluno veja todos os vídeos antes das aulas presenciais.

É importante que o docente não subestime o uso das tecnologias durante o processo de ensino e aprendizagem, visto que são ferramentas de grande importância porque estão presentes no dia a dia dos alunos, e são instrumentos que o professor não consegue mais anular o seu uso na sala de aula. Dessa forma, é interessante que sejam explorados os benefícios que essas ferramentas têm para oferecer.

Quanto ao exemplo de plano de aula, sua estrutura foi desenvolvida conciliando todos os recursos e ferramentas pontuados neste trabalho. Após definir o tema “efeito fotoelétrico” que faz parte da disciplina de física moderna, foi estabelecido o conteúdo de aprendizado e apresentado por meio do mapa conceitual da Figura 24; após determinar o tema e o conteúdo que deve ser estudado, foi efetuada a classificação das questões de acordo com a tabela bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada, conforme o Quadro 7; as leituras e os recursos tecnológicos como os vídeos foram indicados conforme as etapas de estudos prévios propostos em algumas metodologias ativas de ensino. Para a correção dessas questões foi indicado o uso do fluxograma das etapas de aprendizagem que é utilizado no método de *Peer Instruction* e apresentado na Figura 26.

Para complementar o trabalho, no final desta dissertação, no Apêndice A, encontra-se uma série de questões sobre os conteúdos abordados na disciplina “Física Moderna”, e classificadas na tabela bidimensional da Taxonomia de Bloom revisada.

REFERÊNCIAS

ABELSON, H. **The creation of OpenCourseWare at MIT.** Journal of Science Education and Technology, Springer Netherlands, 2008.

ABENGE. Associação Brasileira de Ensino de Engenharia. **Inovação na educação em engenharia-** Proposta de diretrizes para o curso de engenharia. Brasília/DF, 2018.

ALMEIDA, M. E. B. **Integração de currículo e tecnologias:** a emergência de web currículo. São Paulo: PUC/SP, 2010.

ANDERSON, O. R. **Some interrelationships between constructivist models of learning and current neurobiological theory, with implications for science education.** Journal of research in science teaching. John Wiley & Sons, 1992.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida:** uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. Florianópolis/ SC: Caderno brasileiro de ensino de física, 2013.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. **O vídeo educativo:** aspectos da organização do ensino. Química nova na escola, 2006.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos:** Uma Perspectiva Cognitiva. E.U.A: The City University of New York, 2003.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

BACICH, L.; TANZI, A. N.; TREVISANI, F. M. **Ensino híbrido:** personalização e tecnologia na educação. 1 ed. Penso Editora, 2015.

BARRETO, M. A. M. et al. **Liderança:** percepção de alunos ingressantes de um curso de Engenharia de Produção em um ambiente de aprendizagem baseada em projetos. Revista Principia, 2017.

BARROS, J. A. et al. **Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 2004.

BARROS, M. V.; MENDONÇA, J. C. **A utilização da argumentação no processo de formação de engenheiros em um contexto de física moderna e contemporânea.** In: Proceedings of International Conference on Engineering and Technology Education. COPEC, 2014.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis/ SC: UFSC, 2006.

BELCHER, J. W. **Studio physics at mit.** MIT Physics Ann, 2001.

BEICHNER, R. J. et al. **The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project.** Research-based reform of university physics. Academia.edu, 2007.

BERBEL, N. A. N. **A problematização e a aprendizagem baseada em problemas:** diferentes termos ou diferentes caminhos? Interface - Comunicação, Saúde, Educação. Londrina/ PR: UEL, 1998.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** Londrina/ PR: Semina: Ciências Sociais e Humanas, UEL, 2012.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: Reach every student in every class every day**. International Society for Technology in Education, 2012.

BISHOP, J. L. **A controlled study of the flipped classroom with numerical methods for engineers**. Utah State University, 2013.

BLOOM, B. S. **Taxonomia de objetivos educacionais:** domínio cognitivo. Porto Alegre: Editora Globo, 1973.

BLUMENFELD, P. C. et al. **Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning.** Educational psychologist, 1991.

BOLLELA, V. R. et al. **Aprendizagem baseada em equipes:** da teoria à prática. Ribeirao Preto: Medicina, 2014.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem.** 12.ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

BORGES, M. C. et al. **Aprendizado baseado em problemas.** Ribeirao Preto: Medicina, 2014.

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>. Acesso em: 15 set. 2018.

BRASIL, L. N. 10.861 de 14 de abril de 2004. **Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior–SINAES e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.861.htm>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

BRASIL. **PCN+ ensino médio:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002.

CAMPAGNOLO, R. et al. **Uso da Abordagem Peer Instruction como Metodologia Ativa de Aprendizagem:** um relato de experiência. Revista Signos, 2014.

CARDOSO, I. M. **Métodos ativos de aprendizagem:** o uso do aprendizado baseado em problemas no ensino de logística e transportes. Itajubá: Repositório UNIFEI, 2011.

CARSON, S**. The unwalled garden: growth of the OpenCourseWare Consortium, 2001–2008.** Open Learning, 2009.

CASE, S. M.; SWANSON, D. B. **Constructing written test questions for the basic and clinical sciences**. National Board of Medical Examiners Philadelphia, 1998.

CASTRO, P. A. P. P.; TUCUNDUVA, C. C.; ARNS, E. M. **A importância do planejamento das aulas para organização do trabalho do professor em sua prática docente.** ATHENA Revista Científica de Educação, 2008.

CAVALCANTI, L. S. **Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos:** uma contribuição de Vygotsky ao ensino de geografia. Cad. Cedes, Campinas, 2005.

CAVALCANTI, C. D. M.; COSTA, J. M.; BERNARDO, L. **Utilização de vídeos e/ou filmes nas aulas de química:** análise da concepção dos docentes. In: II Congresso Nacional de Educação. Editora Realize, 2015.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica:** uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, 2006.

CHRISTENSEN, C; HORN, M. B.; STAKER, H. **Ensino híbrido:** uma inovação disruptiva. Uma introdução à teoria dos híbridos. Fundação Lemann e Instituto Península, 2013.

COHEN, E. G., LOTAN, R. A. **Planejando o trabalho em grupo:** Estratégia para salas de aula heterogênea. 3. ed. Instituto Sidarta: Penso, 2017.

CONFEA. **Resolução N° 1.073, de 19 de abril de 2016.** Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/downloads/1073-16.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. **Aprendizagem baseada em problemas (ABP) na educação científica como estratégia para formação do cidadão socioambientalmente responsável.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2014.

CORREIA, P. R. M. et al. **Por Que Vale a Pena Usar Mapas Conceituais no Ensino Superior?** Revista de Graduação USP**,** 2016.

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.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. **Peer instruction:** Ten years of experience and results. American journal of physics, 2001.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. **Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde:** a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. Cadernos de Saúde Pública, 2004.

DANTAS, M.; PEREZ, S. **Gamificação e jogos no ensino de mecânica Newtoniana:** Uma proposta didática utilizando os aplicativos Bunny Shooter e Socrative. Revista do Professor de Física, 2018.

DCNCE. **Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002.** Conselho Nacional de Educação. Brasília: Diário Oficial da União, 2002.

DEMO, P. **Habilidades do século XXI.** Boletim Técnico do SENAC, 2008.

DIAS, R. F. **Team-based learning: fazendo os alunos pensarem "fora da caixa", os elementos essenciais para sua implantação.** Revista Brasileira de Educação e Saúde, 2015.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. **Os princípios das metodologias ativas de ensino:** uma abordagem teórica**.** Revista Thema, 2017.

DNCCF. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física.** Ministério da Educação Conselho Nacional de Educação. Brasília: MEC, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. **Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio público do Brasil.** In: 9ª ANPED SUL. UCS, 2012.

DORI, Y. J.; BELCHER, J. **How does technology-enabled active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts?** The journal of the learning sciences. Taylor & Francis, 2005.

DRISCOLL, M. P. **Psychology of learning.** Boston, Allyn and Bacon, 2000.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. C. **Inovando no ensino de administração:** uma experiência com a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Cadernos EBAPE. BR, 2008.

FARIAS, P. A. M. D.; MARTIN, A. L. D. A. R.; CRISTO, C. S. **Aprendizagem ativa na educação em saúde:** percurso histórico e aplicações. Rev. bras. educ. med, 2015.

FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom:** revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gestão & Produção, 2010.

FERREIRA, M. et al. **Metodologias ativas de aprendizagem aplicadas no ensino da engenharia.** CIET: EnPED, 2018.

FERREIRA JÚNIOR, P. M. et al. **Classificação dos itens de educação física relacionados à saúde do Enade 2014 via taxonomia de bloom revisada.** Ceará: VII Congresso internacional em avaliação educacional avaliação e seus espaços: desafios e reflexões, 2017.

FERRÉS, J. **Vídeo e Educação.** 2a ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

FIGUEIREDO, N. et al. **Implementação combinada de ensino sob medida e instrução pelos colegas em um contexto de aprendizagem híbrida.** XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância, Florianópolis/ SC, UNIREDE, ESUD 2014.

FORMICA, S. P.; EASLEY, J. L.; SPRAKER, M. C. **Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching.** Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 2010.

FREIRE, P. Paulo. **Educação e mudança.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FREIRE, P. Paulo. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática docente. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GOPALAN, C.; FOX, D. J.; GAEBELEIN, C. J. **Effect of an individual readiness assurance test on a team readiness assurance test in the team-based learning of physiology.** Advances in physiology education, 2013.

HARGREAVES, A. **O ensino na sociedade do conhecimento:** a educação na era da insegurança. Porto Editora Porto, 2003.

HORN, M. B.; STAKER, H. **Blended:** usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Penso Editora, 2015.

HRYNCHAK, P.; BATTY, H. **The educational theory basis of team-based learning.** Medical teacher, 2012.

HUITT, W. **Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain.** Educational Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University, 2004.

INTEL. **Criando projetos:** estrutura de raciocínio Taxonomia de Bloom: um novo olhar sobre uma velha corrente. Brasil: Intel. Disponível em: <https://www.intel.com.br/content/dam/www/program/education/lar/br/pt/documents/project-design/thinking-skills/bloom.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

JONES, R. W. **Problem-based learning:** description, advantages, disadvantages, scenarios and facilitation. Anaesthesia and intensive care, 2006.

KELLER-FRANCO, E.; MASETTO, M. T. **Currículo por projetos no ensino superior:** desdobramentos para a inovação e qualidade na docência. Rev. Triângulo (Online), Uberaba, 2012.

KIELT, E. D.; SILVA, S. C. R.; MIQUELIN, A. F. **Implementing an application for smartphones as a voting system in physics classrooms with Peer Instruction.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 2017.

KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J.; BATISTA, I. L. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio:** uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. Águas de Lindóia: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). 2013.

KRATHWOHL, D. R. **A Revision of Bloom's Taxonomy:** An Overview. Theory Into Practice, 2002.

LEAL, R. B. **Planejamento de ensino:** peculiaridades significativas. Fortaleza: Revista Ibero Americana de Educación, 2005.

LEMES, T. C.; REZENDE, M. F. A física moderna e contemporânea nos cursos de engenharia do Brasil: cenário atual e perspectivas. **Revista de Ensino de Engenharia,** 2011.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 21 ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, B. S.; SANTOS, C. A. M. **Peer-instruction Usando Ferramentas *On-line*.** Revista de Graduação USP**,** 2016.

LIMA, V.V. et. al. **Aprendizagem baseada em equipes: diretrizes, etapas e recomendações.** São Paulo: Hospital Sírio-Libanês Ensino e Pesquisa, 2016.

LORENZO, M.; CROUCH, C. H.; MAZUR, **E. Reducing the gender gap in the physics classroom.** American Journal of Physics, 2006.

LORIN, W. A.; KRATHWOHL, D. **A taxonomy for learning, teaching and assessing:** A revision of Bloom's taxonomy of Educational Objectives. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001.

MACHADO, A. C. B.; PLEITEZ, V.; TIJERO, M. C. **Usando a antimatéria na medicina moderna.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 2006.

MARCELINO JÚNIOR. C. A. C, et al. **Perfumes e essências:** A utilização de um Vídeo na Abordagem das Funções Orgânicas. Química Nova na Escola, 2004.

MARQUES, A. P. A. Z. et al. **Team Based Learning:** Aplicação e resultados. ETIC-Encontro de iniciação científica- ISSN 21- 76- 8498, 2017.

MARRS, K. A.; BLAKE, R. E.; GAVRIN, A. D. **Web-based warm up exercises in just-in-time teaching.** Journal of college science teaching, 2003.

MARRS, K. A.; NOVAK, G. **Just-in-time teaching in biology:** Creating an active learner classroom using the internet. Cell Biology Education, 2004.

MASETTO, M. T. **Competência pedagógica do professor universitário**. Summus Editorial, 2012.

MASETTO, M. T. **Docência universitária: repensando a aula. Ensinar e aprender no ensino superior:** por uma epistemologia da curiosidade na formação universitária. São Paulo: Mackenzie, 2003.

MAZUR, E. **Peer Instruction:** a revolução da aprendizagem ativa. Penso Editora, 2015.

MEDEIROS, R. A. C.; BESSA, M. A. **MiniTeste:** uma ferramenta ágil para aplicação de avaliações personalizadas. Repositório Institucional: UFRN, 2017.

METTAS, A. C.; CONSTANTINOU, C. C. **The technology fair**: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education. International Journal of Technology and Design Education, 2008.

MICHAELSEN, L. K.; KNIGHT, A. B.; FINK, L. D. **Team-based learning:** A transformative use of small groups. Greenwood publishing group, 2002.

MICHAELSEN, L. K.; SWEET, M. **The essential elements of team-based learning.** New directions for teaching and learning, 2008.

MICHAELSEN, L. K.; SWEET, M. **Team-based learning.** New directions for teaching and learning, 2011.

MICHAELSEN, L. K. et al. **Team-based learning for health professions education:** A guide to using small groups for improving learning, 2008.

MOIMAZ, S. A. S. et al. **Enade em Odontologia:** análise e reflexões à luz da Taxonomia de Bloom Revisada. Revista da ABENO, 2017.

MORAES, L. D. D. M.; NEVES, Á. J. M.; CARVALHO, R. S. **O Peer Instruction como proposta de metodologia ativa no ensino de química.** Journal of Chemical Engineering and Chemistry, 2016.

MORAIS, N. S. et al. **O consumo e a partilha de conteúdos na Internet pelos estudantes do ensino superior–contextos e práticas.** Veritati- Repositório Institucional: UCP, 2017.

MORAN, J. M. **O vídeo na sala de aula.** Comunicação & Educação, 1995.

MORÁN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas.** Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: Aproximações jovens. São Paulo, 2015.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea.** Revista do Professor de Física, 2017.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning).** Aprendizagem significativa, organizadores

prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas. Porto Alegre/ RS: Instituto de Física- UFRGS, 2012.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** (After all, what is meaningful learning ?). Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa. Espanha: La Laguna, 2012.

MORETTO, V. P. **Planejamento:** planejando a educação para o desenvolvimento de competências. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

MÜLLER, M. G. **Metodologias interativas de ensino na formação de professores de Física:** um estudo de caso com o Peer Instruction. Lume Repositório Digital: UFRGS, 2013.

NICOLINI, A. M.; ANDRADE, R. O. B. **Padrão ENADE:** análise, reflexões e proposições à luz da Taxonomia de Bloom. São Paulo: Atlas, 2015.

NOGUEIRA, R. P. **Perspectivas da qualidade em saúde.** Perspectivas da qualidade em saúde, Rio de Janeiro: Qualitymark, 1994.

NOVAK, G. M. **Just-in-time teaching.** New directions for teaching and learning, 2011.

NOVAK, G. M. et al. ***Just in time teaching***: AAPT 1999.

NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge:** Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. Journal of e-Learning and Knowledge Society, 2010.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **The theory underlying concept maps and how to construct and use them.** School Without Walls of Washington, 2008.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los.** Práxis Educativa, 2010.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender.** Lisboa: Plátano Edições. Técnicas. Tradução de Learning how to learn, 1984.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. **A twelve-year longitudinal study of science concept learning.** American Educational Research Journal, 1991.

NUNES, F. L. **Aplicação do Peer Instruction no ensino tecnológico superior com o auxílio do google forms:** um estudo de caso. Anais do XXIII SIMPEP– Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2016.

NUNES, W. N. V.; COUTO, R. R. **Uso do aplicativo plickers dentro da proposta de metodologia ativa.** Rio de Janeiro/ RJ: ABED, 2017.

OLIVEIRA, A. P. S. B.; PONTES, J. N. A.; MARQUES, M. A. **O Uso da Taxionomia de Bloom no Contexto da Avaliação por Competência.** Revista Pleiade, 2017.

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.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning):** um método ativo para o Ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2016.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. **Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio.** Florianópolis: Caderno brasileiro de ensino de física, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; RECHIA, M. **Potencializando o ensino da lógica com uso de dispositivos móveis mediado pelo método Peer Instruction.** Anais do Workshop de Informática na Escola, 2017.

OLIVEIRA, G. G. **Neurociências e os processos educativos:** um saber necessário na formação de professores. Educação Unisinos, 2014.

PARANHOS, M. C. R. et al. **Metodologias ativas no ensino de física:** uma análise comparativa. UNILUS Ensino e Pesquisa, 2017.

PARECER CNE/CES 1.362/2001. **HOMOLOGADO. Despacho do Ministro em 22/2/2002, publicado no Diário Oficial da União de 25/2/2002, Seção 1, p. 17.** 2001.

PARREIRA, J. E. **Aplicaçao e avaliaçao de uma metodologia de aprendizagem ativa (tipo ISLE) em aulas de Mecânica, em cursos de Engenharia.** Revista Brasileira de Ensino de Fısica, 2018.

PAVANELO, E.; LIMA, R. **Sala de Aula Invertida:** a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. Boletim de Educação Matemática, 2017.

PERFOLL, A. P.; REZENDE JR, M. F. **A física moderna e contemporânea e o ensino de engenharia:** contexto e perspectivas. ABENGE, 2006.

PILETTI, C. **Didática geral.** 23 ed. São Paulo: Editora Ática, 2001.

PINHEIRO, F. M. G. et al. **O perfil do contador e os níveis de habilidades cognitivas nos exames Enade e suficiência do CFC:** uma análise sob a perspectiva da taxonomia de Bloom. Contextus-Revista Contemporânea de Economia e Gestão, 2013.

PINHEIRO, A. L. B.; ALMEIDA, P. F.; SOARES, L. G. P.; **"Princípios fundamentais dos lasers e suas aplicações".** In: RESENDE, Rodrigo Ribeiro**.** Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria. São Paulo: Blucher, 2017.

PLICKERS. **Tailor instruction with instant feedback.** Disponível em: <https://plickers.com/>. Acesso em: 19 mai. 2018.

PRIOSTE, C.; RAIÇA, D. **Inclusão digital e os principais desafios educacionais brasileiros.** Revista on line de Política e Gestão Educacional, 2017.

QUINTINO, C. P.; RIBEIRO, K. D. F. **A Utilização de filmes no processo de ensino aprendizagem de Química no Ensino Médio.** Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil, 2010.

RAMALHO, F. J.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. S. Física: Os fundamentos da física 3. 10 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2009.

ROCHA, R. **O método da problematização:** Prevenção às drogas na escola e o combate a violência. Programa de Desenvolvimento Educacional da Secretaria Estadual de Educação)– Universidade Estadual de Londrina, 2008.

RODRIGUES, J. **A taxonomia de objetivos educacionais-um manual para o usuário.** Editora UNB, 1994.

RODRIGUES, L. P.; MOURA, L. S.; TESTA, E. **O tradicional e o moderno quanto a didática no ensino superior.** Araguaína: Revista científica do ITPAC, 2011.

RODRIGUES, M. D. L. V.; FIGUEIREDO, J. F.C. **Aprendizado centrado em problemas.** Ribeirao Preto. Online: Medicina, 1996.

RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; VARGAS-SOLANO, É. M.; LUNA-CORTÉS, J. **Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos".** Educación y educadores, 2010.

ROMÃO, J. E. **Educação profissional no século XXI.** Boletim Técnico do Senac, 2018.

RUDOLPH, A. L. et al. **Introduction of interactive learning into French university physics classrooms.** Physical review special topics-physics education research, 2014.

SALES, G. L. et al. **Gamificação e Ensinagem Híbrida na Sala de Aula de Física:** Metodologias Ativas Aplicadas aos Espaços de Aprendizagem e na Prática Docente. Conexões-Ciência e Tecnologia, 2017.

SCARANTTI, D. R. **Inclusão digital:** Comunicação e educação para o desenvolvimento. Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação, 2017.

SCHNEIDER, E. I. et al. **Sala de Aula Invertida em EAD:** uma proposta de Blended Learning. Revista Intersaberes, 2013.

SELMINI, M. **Física Moderna:** Introdução a física quântica. Colégio Criarte, 2017.

SILVA, R. M. **Sequência didática multimídia para o ensino do efeito fotoelétrico.** Repositório Institucional: UFF, 2015.

SILVA, D.; TAVARES, C. V.; MARQUES, A**. O uso da tecnologia como meio auxiliar para o ensino da física.** CIET: EnPED, 2018.

SILVA, L. R. **UNESCO:** Os quatro pilares da "educação pós-moderna. Revista Inter Ação: UFG, 2008.

SILVA, V. A.; MARTINS, M. I. **Análise de questões de Física do Enem pela taxonomia de Bloom revisada.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 2014.

SILVEIRA, M. A. G.; BAGINSKI, R. **Física Moderna na formação profissional contemporânea em engenharia.** Itajubá: UNIFEI, 2008.

SOUZA, A. P. G.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JR, M. F. **A física moderna e contemporânea na formação de engenheiros:** A concepção de formadores. Revista de Ensino de Engenharia. 2018.

SOUZA, S. C. D.; DOURADO, L. **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP):** um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. HOLOS, 2015.

SOUZA FILHO, G. F. **Simuladores computacionais para o ensino de Física básica:** uma discussão sobre produção e uso. Rio de Janeiro/ RJ: UFRJ/IF, 2010.

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.

TAN, O. S. **Problem-based learning innovation:** Using problems to power learning in the 21st century. Thomson Learning Asia, 2003.

TAVARES, R. **Construindo mapas conceituais.** Ciências & Cognição, 2007.

TEIXEIRA, R. L. P.; SHITSUKA, R.; SILVA, P. C. D. **Estudo de caso:** Utilização de metodologias ativas em práticas de ciência da corrosão. In: Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2016). Brasília: ABENGE. 2016.

TOLEDO, A. C. D. C. et al. **Aprendizagem baseada em problemas:** uma nova referência para a construção do currículo médico. Revista Médica de Minas Gerais, 2008.

TREVELIN, A. T. C.; PEREIRA, M. A. A.; OLIVEIRA NETO, J. D. **A utilização da "sala de aula invertida" em cursos superiores de tecnologia:** comparação entre o modelo tradicional e o modelo invertido "Flipped Classroom" adaptado aos estilos de aprendizagem. Journal of Learning Styles, 2013.

TRINDADE, J. **Promoção da interatividade na sala de aula com Socrative:** estudo de caso. Indagatio Didactica, 2014.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau:** efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 1998.

VALENTE, J. A. **Aprendizagem Ativa no Ensino Superior:** a proposta da sala de aula invertida. Notícias, Brusque, 2013.

VALENTE, J. A. **A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação.** UNIFESO-Humanas e Sociais, 2014.

VALENTE, J. A. **Blended learning e as mudanças no ensino superior:** a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista, 2014.

VIEIRA, M. N. C. M.; PANÚNCIO-PINTO, M. P. **A Metodologia da Problematização (MP) como estratégia de integração ensino-serviço em cursos de graduação na área da saúde.** Ribeirao Preto. Online: Medicina, 2015.

VILLATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e avaliação em física**. Editora Ibpex, 2008.

VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo, 2001.

WATKINS, J.; MAZUR, E. **Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) majors.** Journal of College Science Teaching, 2013.

WALL, M. L.; PRADO, ML do; CARRARO, T. E. **A experiência de realizar um Estágio Docência aplicando metodologias ativas.** Acta Paul Enferm, 2008.

WOOD, D. F. **ABC of learning and teaching in medicine:** Problem based learning. BMJ: British Medical Journal, 2003.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

ZANOTELLO, M.; FAGUNDES, M. B. **Ensino de física moderna e contemporânea:** análise de uma disciplina para ingressantes na educação superior. Revista Educação: Teoria e Prática, 2012.

ZIMPEL, C. M. M. V. et al. **Refletindo sobre a metodologia de ensino que favoreça a aprendizagem ativa.** In: Semiedu, 2017.

APÊNDICE A: Lista de questões de física moderna classificadas à luz da Taxonomia de Bloom revisada.

CONHECIMENTO EFETIVO

O conhecimento efetivo está relacionado aos conhecimentos básicos que os discentes devem saber, solucionando problemas apoiados nesses conhecimentos, reproduzindo e relacionando os fatos sem necessitar de uma compreensão mais detalhada. Requer o conhecimento de terminologia e conhecimento de detalhes e elementos específicos. “Trata-se de questões simples que mobilizem apenas conhecimentos básicos adquiridos ao longo do curso e reproduzidos de forma direta”. (COSTA; MARTINS, 2017, p. 703).

O Quadro 8 relaciona uma sequência de questões de física moderna classificadas na dimensão do conhecimento no nível efetivo/ factual.

Quadro 8 - Classificação nível Efetivo/ Factual

Dimensão do conhecimento	**Dimensão do Processo Cognitivo**					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Efetivo/ Factual	1, 2, 3, 4, 5, 6	7	7			
Conceitual						
Procedural						
Metacognitivo						

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

1) (ENADE- 2011) Analise as afirmações abaixo acerca do modelo atômico de Bohr.

I. Valendo-se dos experimentos de Geiger e Marsden, Bohr modificou o modelo de Rutherford, por meio de postulados.

II. Bohr postulou que o elétron poderia mover-se em certas órbitas (estados estacionários) e que a emissão de radiação só ocorreria quando o elétron mudasse de um estado estacionário para outro.

III. O modelo de Bohr só fornecia uma descrição qualitativa, e não quantitativa, do átomo de hidrogênio.

É correto o que se afirma em:

a) I, apenas.
b) III, apenas.
c) I e II, apenas.
d) II e III, apenas.
e) I, II e III.

Resposta: letra C.

Classificação: Efetivo/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

2) (ENADE- 2008) Sobre o Modelo Atômico de Bohr, são feitas as seguintes afirmações:

I. O átomo é composto de um núcleo e de uma eletrosfera;
II. O momento angular orbital do elétron é um múltiplo inteiro de h/2 π, onde h é a Constante de Planck;
III. A frequência da radiação eletromagnética emitida pelo átomo varia continuamente entre os dois valores correspondentes às órbitas de maior e menor energia.

Para Böhr, é verdadeiro SOMENTE o que se afirma em:

a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) II e III

Resposta: letra D. Esta questão aborda os conceitos básicos de física moderna, referentes ao modelo atômico de Bohr, solicitando apenas a reprodução dos conhecimentos, localizando-se no nível **efetivo**, exige que o aluno recorde dos postulados de Bohr e Planck, reconhecendo a estrutura do átomo junto a constante de Planck encontrando-se na categoria de **lembrar.**

Classificação: Efetivo/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

3) (ENADE- 2008) Em relação à Teoria da Relatividade Restrita, analise as afirmações a seguir.

I. O módulo da velocidade da luz no vácuo é independente das velocidades do observador ou da fonte.

II. A Teoria Eletromagnética de Maxwell é compatível com a Teoria da Relatividade Restrita.

III. As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

Está correto o que se afirma em:

a) I, apenas.

b) II, apenas.

c) III, apenas.

d) I e III, apenas.

e) I, II e III.

Resposta: letra D.

Classificação: Efetivo/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

4) (ENADE- 2008) Do ponto de vista da Física Moderna, a respeito do espectro de energias do oscilador harmônico, são feitas as seguintes afirmações:

I. O espectro de energia é contínuo;

II. O espectro de energia é discreto;

III. Em acordo com o Princípio da Correspondência de Bohr, para grandes números quânticos a separação de energias entre dois níveis consecutivos torna-se desprezível quando comparada com estas energias.

Está(ão) correta(s) **APENAS** a(s) afirmação(ões):

a) I

b) II

c) III

d) I e II

e) II e III

Reposta: letra E.

Classificação: Efetivo/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

5) (SELMINI- 2017) O Sol, cuja temperatura na superfície é de aproximadamente 5800 K, pode ser considerado, com excelente aproximação, um corpo negro. Sabendo que a energia irradiada pelo Sol não é uniforme quanto aos comprimentos de onda e que o comprimento de onda para o qual a distribuição apresenta um máximo é inversamente proporcional à temperatura absoluta, e dado pela lei de Wien:

$$\lambda max = \left(\frac{2{,}9.10^{-3}}{T}\right) m.K$$

a) Determine em qual comprimento de onda a distribuição da emissão solar tem um máximo.

b) Determine a potência total irradiada (R), por unidade de área, na superfície do Sol, usando a expressão $R = \sigma T^4$. Na expressão, σ é uma constante universal, conhecida como *constante de Stefan-Boltsmann*, cujo valor, no SI, é 5,6705 x 10^{-8} W/m².

Respostas: a) $\lambda máx = 5{,}0.10^{-7} m$, b) $R = 6{,}4.10^{7} W/m^2$.

Classificação: Efetivo/ lembrar.

6) (BORGES; NICOLAU- 2013) Qual a frequência mínima (frequência de corte) de emissão de fotoelétrons do sódio?

Dados: Função trabalho do sódio W = 2,28 eV

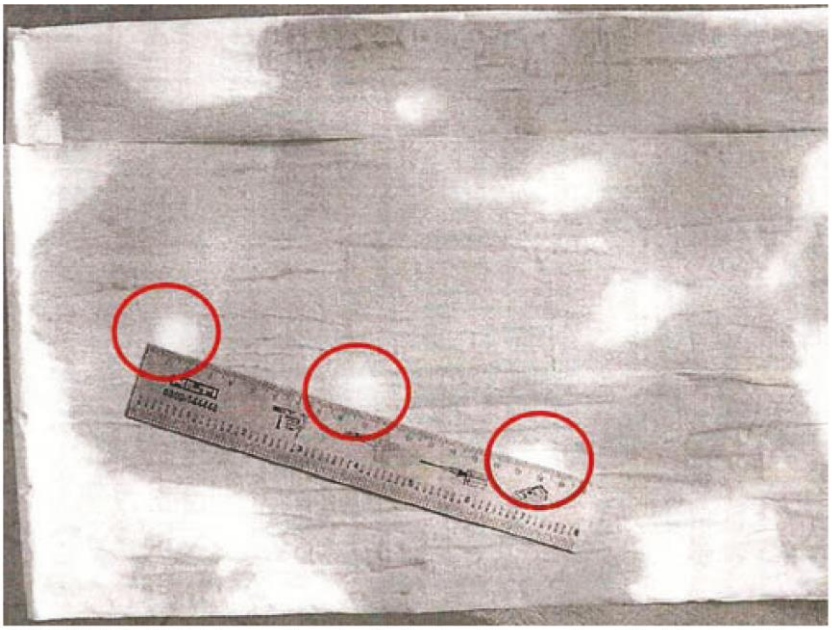
Constante de Planck h = 4,14.10^{-15} eV.s.

Resposta: f ≅ 5,5.10^{14} Hz

Classificação: Efetivo/ lembrar.

7) (ENADE- 2011) Para estimar a frequência de um forno micro-ondas, foi preparada uma placa de isopor do tamanho do forno coberta com papel toalha umedecido. Em seguida, com papel termossensível como aqueles utilizados em fax, o conjunto foi colocado no forno utilizando um suporte para não girar por alguns

segundos. A figura apresenta as regiões escuras e claras formadas no papel termossensível. A régua na figura tem o comprimento de 20 cm.



CARVALHO, R. P. **Temas Atuais de Física**: Microondas. São Paulo: Editora Livraria da Física/SBF. 1. ed. p. 58-61, 2005.

Supondo que as ondas eletromagnéticas no interior do forno sejam todas estacionárias e que a régua está colocada em uma posição onde há claros representando os vales dessas ondas, qual a frequência estimada?

a) 0,3 MHz.
b) 15,0 MHz.
c) 30,0 MHz.
d) 1,5 GHz.
e) 3,0 GHz.

Resposta: letra D. A questão solicita conhecimentos básicos de ondas estacionárias, saber que são resultantes da interposição de duas ondas, com a mesma frequência, amplitude, comprimento de onda e direção, porém sentidos opostos, localizando-se no conhecimento **efetivo**, requer que o aluno **entenda** a situação proposta que relaciona os conhecimentos que ele já deve possuir sobre o assunto, mas em uma nova situação e **aplicando** o procedimento em uma situação específica.

Classificação: Efetivo/ entender, aplicar (COSTA; MARTINS, 2017).

CONHECIMENTO CONCEITUAL

O conhecimento conceitual relaciona as inter-relações entre os elementos básicos que os alunos devem saber e os elementos mais elaborados, que eles devem descobrir. Para isso requer os conhecimentos de classificação e categorias, conhecimentos de princípios e generalização e conhecimento de teorias, modelos e estruturas. “Esse conhecimento é avaliado em questões que requerem relacionar informações apresentadas com conhecimentos adquiridos”. (COSTA; MARTINS, 2017, p. 705).

O Quadro 9 relaciona uma sequência de questões de física moderna classificadas na dimensão do conhecimento no nível conceitual.

Quadro 9 - Classificação nível Conceitual

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

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

1) (ENADE- 2011) Ao final do século XIX, alguns físicos pensavam que a Física estava praticamente completa. Lord Kelvin chegou a recomendar que os jovens não se dedicassem à Física, pois só faltavam alguns poucos detalhes de interesse, como, por exemplo, o refinamento de medidas. No entanto, ele mencionou que havia “duas pequenas nuvens no horizonte da Física.

Essas pequenas nuvens se tornariam grandes tempestades, pois a interpretação desses dois fenômenos levaria a uma reformulação da nossa visão de mundo, até então dominada pelo sucesso da mecânica newtoniana.

Essas “pequenas nuvens” mencionadas por Kelvin ao final do século XIX eram:

a) Os resultados do experimento de Compton e a assimetria nas equações de Maxwell para a Eletricidade e o Magnetismo.
b) As dificuldades em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido e o princípio da complementaridade.
c) Os resultados negativos do experimento de Michelson e Morley e a assimetria nas equações de Maxwell para a Eletricidade e o Magnetismo.
d) Os resultados negativos do experimento de Michelson e Morley e as dificuldades em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido.
e) As dificuldades em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido e a assimetria nas equações.

Resposta: letra D.
Classificação: Conceitual/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

2) (ENADE- 2005) Vários resultados recentes da cosmologia observacional indicam a existência de buracos negros no núcleo ativo de galáxias. A densidade de um buraco negro pode ser estimada, de acordo com a lei da Gravitação Universal de Newton, calculando-se a velocidade de escape de uma "partícula" deslocando-se com a velocidade da luz, no campo gravitacional do buraco negro.

Pode-se afirmar que a existência de buracos negros:

a) É inteiramente previsível a partir da Teoria da Gravitação de Newton.
b) Poderia ter sido inferida a partir das leis de Kepler para o movimento para o movimento de corpos celestes.
c) Somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, com a imposição da constância da velocidade da luz.
d) Somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, acrescentada da Teoria Quântica para emissão de corpos negros.

e) Somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Geral.

Resposta: letra E.

Classificação: Conceitual/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

3) (UFMG- 2006) A luz emitida por uma lâmpada fluorescente é produzida por átomos de mercúrio excitados, que, ao perderem energia, emitem luz. Alguns dos comprimentos de onda de luz visível emitida pelo mercúrio, nesse processo, estão mostrados nesta tabela:

Cor	Comprimento de onda ($x10^{-9}$)
Amarela	579,2
Verde	546,2
Azul	491,7
Violeta	436,0

Considere que, nesse caso, a luz emitida se propaga no ar. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que, em comparação com os de luz violeta, os fótons de luz amarela têm:

a) Menor energia e menor velocidade.
b) Maior energia e maior velocidade.
c) Menor energia e mesma velocidade.
d) Maior energia e mesma velocidade.

Resposta: letra C.

Classificação: Conceitual/ lembrar.

4) (ENADE- 2005) A introdução da constante h por Planck, para interpretar o espectro de radiação de um corpo negro em função de sua frequência e temperatura, era de início uma hipótese provisória, segundo ele próprio, mas que acabou por tornar-se definitiva e dar origem a uma nova física.

Entre as muitas razões para que o caráter provisório dessa constante se tornasse definitivo, foi a sua utilização como apoio teórico para a:

a) Obtenção da expressão empírica da posição das linhas do espectro do hidrogênio (fórmula de Balmer) e a proposta do modelo atômico do “pudim de passas”, de Thomson.
b) Obtenção da razão carga/massa do elétron e a proposta do modelo atômico de Rutherford.
c) Proposta do modelo atômico de Bohr e a dualidade onda-partícula de Broglie.
d) Postulação da constância da velocidade da luz e a proposta relativística da deformação do espaço-tempo.
e) Descoberta da radioatividade artificial e a descoberta da equivalência massa-energia.

Resposta: letra C.

Classificação: Conceitual/ lembrar (COSTA; MARTINS, 2017).

5) (GUALTER; NEWTON; HELOU- 2016) Raios cósmicos incidentes na alta atmosfera produzem partículas instáveis, denominadas mésons μ (ou múons). Sabe-se que a vida média de um méson μ, medida em um referencial em repouso em relação a ele, é de 2,2 μs, aproximadamente. Após esse curtíssimo intervalo de tempo, o méson μ desintegra-se, dando origem a outras partículas (um elétron, um antineutrino do elétron e um neutrino do múon). Muitos múons produzidos na alta atmosfera movem-se a uma velocidade igual a 0,998c, aproximadamente.

Vamos calcular a distância que poderiam percorrer antes de se desintegrarem:

$\Delta s = vt = (0{,}998 \cdot 3 \cdot 10^{8}) \cdot (2{,}2 \cdot 10^{-6}) \rightarrow \Delta s \cong 660$ m

Como a altitude da região em que são produzidas é muito maior que 660 m, essas partículas não deveriam chegar à superfície da Terra. No entanto, chegam em abundância.

Note que estamos diante de um problema concreto. Como a velocidade dos mésons é muito alta, os efeitos relativísticos não podem ser ignorados, e o problema deve ser resolvido pela Teoria da Relatividade.

Elucide a questão:

a) Considerando a dilatação do tempo;

b) Considerando a contração do comprimento.

Resposta:

a) O méson consegue percorrer uma distância de ≅ 10 500 m.

b) A distância percorrida é de ≅ 600 m.

Classificação: Conceitual/ entender.

6) (ENADE- 2008) A radiação térmica emitida por estrelas pode ser modelada como semelhante à de um corpo negro. A radiância espectral do corpo negro é máxima para uma frequência ou comprimento de onda. A Lei de Wien estabelece uma relação entre esse comprimento de onda $\lambda_{máx}$ e a temperatura absoluta T do objeto, através de uma constante determinada, experimentalmente, como igual a $2,9 \times 10^{-3}$ m.K.

Usando a Lei de Wien para a estrela Polar, com $\lambda_{máx}$= 350 nm, qual a temperatura absoluta dessa estrela, em milhares de kelvins?

a) 1,7

b) 3,9

c) 5,7

d) 8,3

e) 11,0

Resposta: letra D. Para solucionar essa questão o estudante precisa fazer a inter-relação dos conhecimentos básicos adquiridos na física quântica com relação a Lei de Wien e aplicar esse conhecimento em um contexto mais elaborado, explorando o conhecimento **conceitual,** o discente ao reconhecer a questão irá **lembrar, entender** da aplicação da Lei de Wien, reproduzindo a equação.

Classificação: Conceitual/ lembrar, entender (COSTA; MARTINS, 2017).

7) (UFG- GO) Um laser emite um pulso de luz monocromático com duração de 6,0 ns, com frequência de $4,0 \times 10^{14}$ Hz e potência de 110 mW.

O número de fótons contidos nesse pulso é:

a) $2,5 \times 10^{9}$

b) $2,5 \times 10^{12}$

c) $6,9 \times 10^{13}$

d) $2,5 \times 10^{14}$

e) $4,2 \times 10^{17}$

Dados: constante de Planck: $h = 6,6 \times 10^{-34}$ J.s

$1,0$ ns $= 1,0 \times 10^{-9}$ s

Resposta: letra A.

Classificação: Conceitual/ aplicar.

8) (ENADE- 2008) Microondas são ondas eletromagnéticas que, quando absorvidas pela água, geram calor no interior do alimento por aumentar a vibração de suas moléculas. Na porta de vidro de um forno de microondas existe uma rede metálica de proteção. A rede metálica tem orifícios de 2 mm de diâmetro. Durante a operação, é possível ver o interior do forno. No entanto, o cozinheiro está protegido da radiação micro-ondas.

A esse respeito, foram feitas as afirmativas a seguir.

I. A radiação com comprimento de onda no infravermelho próximo (~1μm) é bloqueada pela grade.

II. A largura dos orifícios é da ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível.

III. A rede metálica impede a transmissão das micro-ondas, mas não impede a transmissão da radiação visível, por causa da diferença entre as frequências.

IV. As ciências históricas têm especificidades metodológicas: seus objetos são transitórios e atravessados por interesses de classes.

V. O comprimento de onda da radiação micro-ondas é maior do que o da luz visível.

Está(ão) correta(s) APENAS a(s) afirmação(ões):

a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) III e IV

Resposta: letra E. Nesta questão é abordado o tema de ondas eletromagnéticas, em uma situação que solicita a aplicação dos conhecimentos básicos que o aluno adquiriu sobre comprimentos de ondas, explorando o conhecimento de classificação e categorização dentro da categoria **conceitual**, interpretando as alternativas utilizando a conexão dos conhecimentos, processo cognitivo **entender, analisar.**

Classificação: Conceitual/ entender, aplicar (COSTA; MARTINS, 2017).

9) (ENADE- 2014) Embora a radiação eletromagnética proveniente do Sol seja importante para a vida humana em vários aspectos, a exposição exagerada à radiação eletromagnética pode ser danosa, especialmente na faixa da radiação ultravioleta (UV), pois o bombardeamento da pele pelos fótons provenientes dessa radiação pode gerar lesões de intensidades variáveis.

Nesse contexto, conclui-se que:

a) A exposição aos raios ultravioleta (UV) vai gradativamente cedendo energia para os tecidos, gerando aquecimento, queimaduras de pele e, até mesmo, câncer.
b) O UV, absorvido pelas moléculas do tecido, gera excitação eletrônica, provocando mudanças na configuração das moléculas, causando sua quebra ou gerando novas ligações moleculares.
c) O UV tem energia para gerar vibrações moleculares, que são as responsáveis pela agitação térmica, causando queimaduras e outros danos aos tecidos, inclusive, câncer de pele.

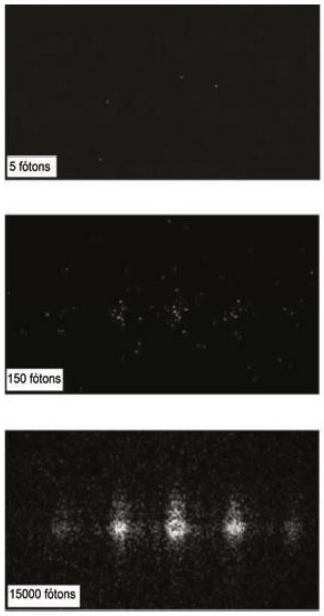
d) O bombardeamento fotônico de UV pode provocar a fissão dos núcleos atômicos nas moléculas do tecido, alterando a sua configuração e gerando o câncer de pele.

e) Os raios UV são potencialmente danosos por possuírem alto poder de polarização eletrônica (PE), gerando desde vermelhidões na pele (baixa PE) até câncer de pele (alta PE).

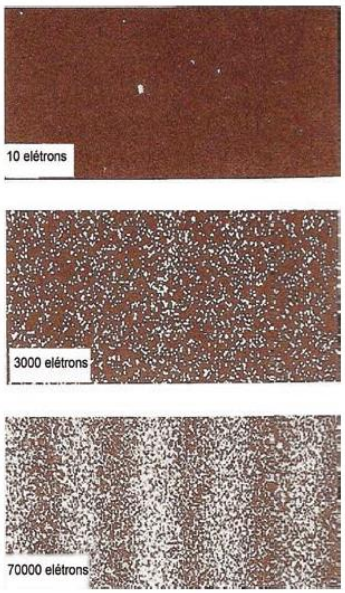
Resposta: letra B.

Classificação: Conceitual/ entender, aplicar (COSTA; MARTINS, 2017).

10) (ENADE- 2011)



Disponível em: <http://ophelia.princeton.edu/~page/single_photon.html> (com adaptações).



A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda, T. Kawasaki and, H. Ezawa, "Demonstration of Single-Electron Buildup of an Interference Pattern", Amer. J. Phys. 57, 1989 p. 117-120.

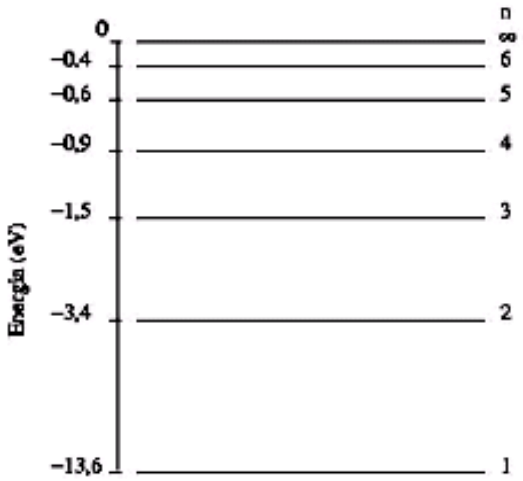
As figuras acima representam resultados de experimentos de interferência de feixes de fótons (a) e de elétrons (b) de baixíssima intensidade. Verifica-se que a incidência de poucos fótons ou de poucos elétrons resulta em marcas na tela de detecção como se fosse produzida por objetos individuais. Por outro lado, a incidência de muitos fótons ou de muitos elétrons resulta na formação de um padrão de interferência na tela de detecção, similar ao produzido no experimento de fendas duplas. A partir dessas informações, redija um texto dissertativo acerca da possibilidade de conciliação entre esses resultados experimentais e os conceitos clássicos e mutuamente excludentes de onda e partícula.

Resposta: Durante a física clássica Newton acreditava no comportamento corpuscular da luz, mas após o século XX vários experimentos apresentaram que a luz também possuía o comportamento de partícula, e em 1924 Louis de Broglie propôs o conceito de dualidade onda-partícula.

As imagens apresentadas nesta questão identificam-se com este fenômeno, neste caso o discente precisa fazer uma inter-relação dos conhecimentos históricos relacionados ao comportamento da luz com as imagens e o contexto da questão, isso dentro do conhecimento **conceitual**, precisando **entender** utilizando a conexão do conhecimento já adquirido e da nova situação proposta e demonstrando a sua compreensão ao **aplicar** as informações durante a produção do texto.

Classificação: Conceitual/ entender, aplicar (COSTA; MARTINS, 2017).

11) (UFJF- 2001) A figura abaixo mostra os níveis de energia do átomo de hidrogênio. Se inicialmente o elétron está no estado quântico fundamental (de menor energia), qual a sua energia cinética após o átomo ter sido ionizado por um fóton de energia 20 eV ?



a) 33,6 eV

b) 13,6 eV

c) 6,4 eV

d) 10,2 eV.

Resposta: letra C.

Classificação: Conceitual/ entender, aplicar.

12) (ENADE- 2014) A teoria da relatividade foi apresentada por Albert Einstein, em 1905, na sua forma restrita, aplicada apenas a movimentos não acelerados. Essa teoria propôs mudanças radicais nos conceitos de espaço e tempo e postulou que a velocidade da luz no vácuo seria o limite para todas as velocidades. Alguns anos depois, em 1915, Einstein generalizou sua teoria para incluir os movimentos acelerados. Como consequência, desenvolveu-se uma nova teoria da gravitação, que implicaria a reformulação das ideias sobre gravitação universal estabelecidas por lsaac Newton ao final do século XVII.

A partir do contexto histórico apresentado acima, avalie as afirmações a seguir sobre a Relatividade Geral de Einstein.

I. A Teoria elucidou fenômenos que a teoria da gravitação newtoniana não explicava, como, por exemplo, os desvios observados na órbita do planeta Mercúrio.

II. A Teoria previu o desvio na trajetória dos raios luminosos quando esses passassem perto de grandes massas, como o Sol, que era incompatível com a previsão da gravitação Newtoniana.

III. A Teoria afirmou que o tipo de curvatura do espaço-tempo é determinado pela distribuição de massas e que espaço e tempo eram facetas de uma única grandeza.

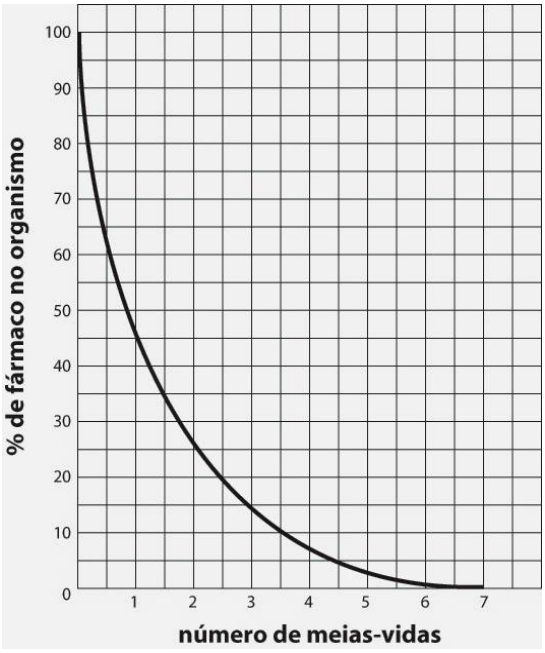
É correto o que se afirma em:

a) I, apenas.
b) II, apenas.
c) I e III apenas.
d) II e III apenas.
e) I, II e III.

Resposta: letra E. Depois de desenvolvida a teoria da relatividade restrita, alguns conceitos da teoria da gravitação de Newton passaram a não fazer mais sentido, o aluno precisa ter consciência desses fatos, utilizando o conhecimento de teorias, modelos e estruturas categoria do conhecimento **conceitual**, o aluno irá dividir as informações para **lembrar** e **analisar** as partes.

Classificação: Conceitual/ lembrar, analisar (COSTA; MARTINS, 2017).

13) (ENEM- 2007) A duração do efeito de alguns fármacos está relacionada à sua meia-vida, tempo necessário para que a quantidade original do fármaco no organismo se reduza à metade. A cada intervalo de tempo correspondente a uma meia-vida, a quantidade de fármaco existente no organismo no final do intervalo é igual a 50% da quantidade no início desse intervalo.



O gráfico anterior representa, de forma genérica, o que acontece com a quantidade de fármaco no organismo humano ao longo do tempo.

Fonte: FUCHS, F. D.; WANNMA, C. I. Farmacologia clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1992, p. 40.

A meia-vida do antibiótico amoxicilina é de 1 hora. Assim, se uma dose desse antibiótico for injetada às 12 h em um paciente, o percentual dessa dose que restará em seu organismo às 13h30 será aproximadamente de:

a) 10%
b) 15%
c) 25%
d) 35%
e) 50%

Resposta: letra D.

Classificação: Conceitual/ entender, analisar (SILVA; MARTINS, 2014).

14) (ENEM- 2006) O funcionamento de uma usina nucleoelétrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoelétricas.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

a) A disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
b) A proibição de se instalarem novas usinas nucleoelétricas não causará impacto na oferta mundial de energia.
c) A existência de usinas nucleoelétricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
d) A obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoelétricas.
e) A baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoelétricas impossibilita o desenvolvimento energético.

Resposta: letra C.
Classificação: Conceitual/ entender, avaliar (SILVA; MARTINS, 2014).

15) (ENADE- 2014) A descoberta da energia nuclear foi de crucial importância para países em que o potencial hidrelétrico ou termelétrico não acompanhou as demandas crescentes por energia, muito embora a problemática do lixo nuclear e a possibilidade de desastres ainda sejam os principais fatores para a mobilização mundial contra o uso dessa forma de energia. Por outro lado, não é de conhecimento do público geral os mecanismos que geram a alta periculosidade por trás da utilização e descarte do material radiativo usado nas usinas nucleares.

A respeito dos riscos do uso e do descarte desse material radiativo, é correto afirmar que:

a) Os riscos provenientes do uso da energia nuclear e a presença de seus dejetos decorre da incapacidade de frenar um processo de reação em cadeia.
b) A fusão nuclear proveniente de uma usina nuclear pode ser minimizada com a utilização de placas de grafite e seus dejetos podem ser controlados com o uso de reservatórios subterrâneos.
c) Os dejetos radiativos provenientes da produção de energia nuclear podem continuar a emitir raios ultravioletas com alto poder de penetração e precisa ser isolado em reservatório subterrâneo.
d) Os dejetos radiativos contaminantes são mais bem isolados quando armazenados em recipientes de chumbo e alocados em altas profundidades devido ao poder de frenagem da água.
e) Os dejetos radiativos não apresentam risco de gerar reação em cadeia, porém podem continuar a emitir alta taxa de partículas radiativas por décadas ou até mesmo séculos, razão pela qual precisam ser isolados adequadamente.

Resposta: letra E. Esta questão requer o conhecimento **conceitual**, pois o discente deve saber conceitos básicos sobre energia nuclear, e com esses conceitos descobrir quais os verdadeiros riscos e a forma correta de armazenar, com isso ele irá **avaliar** para **aplicar** os conhecimentos já existentes em uma nova situação.

Classificação: Conceitual/ aplicar, avaliar (COSTA; MARTINS, 2017).

16) (UEPB- 2006)

“Quanta do latim”
Plural de quantum
Quando quase não há
Quantidade que se medir
Qualidade que se expressar
Fragmento infinitésimo
Quase que apenas mental...”
(Gilberto Gil)

O trecho acima é da música Quanta, que faz referência ao quanta, denominação atribuída aos pequenos pacotes de energia emitidos pela radiação eletromagnética, segundo o modelo desenvolvido por Max Planck, em 1900.

Mais tarde Einstein admite que a luz e as demais radiações eletromagnéticas deveriam ser consideradas como um feixe desses pacotes de energia, aos quais chamou de fótons, que significa “partículas de luz”, cada um transportando uma quantidade de energia.

Adote, $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J.s e $1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.

Com base nas informações do texto acima, pode-se afirmar que:

a) Quando a frequência da luz incidente numa superfície metálica excede um certo valor mínimo de frequência, que depende do metal de que foi feita a superfície, esta libera elétrons.
b) As quantidades de energia emitidas por partículas oscilantes, independem da frequência da radiação emitida.
c) Saltando de um nível de energia para outro, as partículas não emitem nem absorvem energia, uma vez que mudaram de estado quântico.
d) A energia de um fóton de frequência 100 MHz é de $663 \cdot 10^{-28}$ eV.
e) O efeito fotoelétrico consiste na emissão de fótons por uma superfície metálica, quando atingida por um feixe de elétrons.

Resposta: letra A.

Classificação: Conceitual/avaliar.

CONHECIMENTO PROCEDURAL

O conhecimento procedural é relacionado em como realizar algo, explorando métodos de resolução de problemas, processos, técnicas e algoritmos. O conhecimento abstrato é requisitado, dentro de um único contexto.

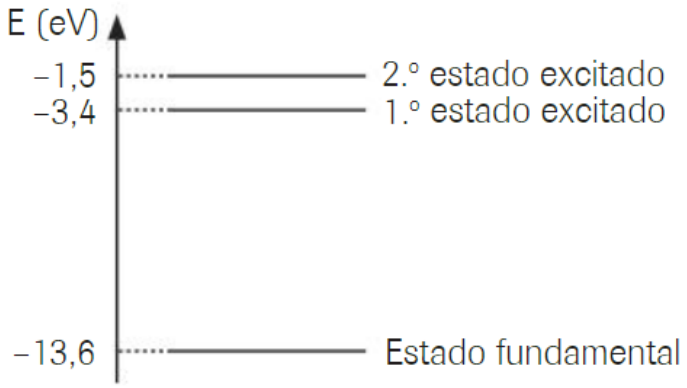
O Quadro 10 relaciona uma sequência de questões de física moderna classificadas na dimensão do conhecimento no nível procedural.

Quadro 10 - Classificação nível Procedural

Dimensão do conhecimento	**Dimensão do Processo Cognitivo**					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Efetivo/ Factual						
Conceitual						
Procedural	1, 6	2, 3, 4, 5, 6	3, 4, 7, 8, 9	1, 3, 4, 7, 9	4, 5, 6, 8, 9	
Metacognitivo						

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

1) (UFRN) Um átomo de hidrogênio, ao passar de um estado quântico para outro, emite ou absorve radiação eletromagnética de energias bem definidas. No diagrama, estão esquematicamente representados os três primeiros níveis de energia do átomo de hidrogênio.



Considere os fótons, f_1 e f_2, com energias iguais a 10,2 eV e 8,7 eV, respectivamente, e um átomo de hidrogênio no estado fundamental.

Esse átomo de hidrogênio poderá absorver:

a) Apenas o fóton f_2

b) Apenas o fóton f_1

c) Ambos os fótons

d) Nenhum dos dois fótons

Resposta: letra C.

Classificação: Procedural/ lembrar, analisar.

2) (BORGES; NICOLAU- 2013) A função trabalho do zinco é 4,31 eV. Verifique se há emissão de fótons elétrons quando sobre uma placa de zinco incide luz de comprimento de onda $4{,}5.10^{-7}$ m.

Dados: constante de Planck h = $4{,}14.10^{-15}$ eV.s.

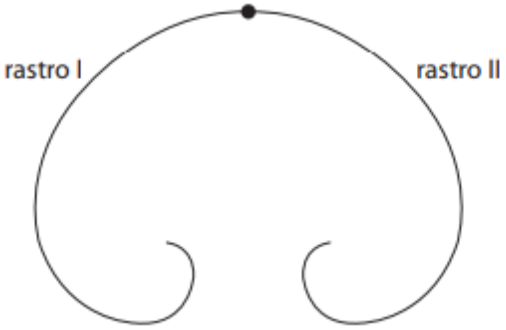
velocidade de propagação da luz no vácuo c = 3.10^{8} m/s

Resposta: Ao calcular a frequência da radiação e a frequência de corte, encontramos os seguintes resultados: frequência da radiação é f ≅ $6{,}7.10^{14}$ Hz e a frequência de corte $f_0 \cong 1{,}0.10^{15}$ Hz. Com esses valores é possível verificar que $f < f_0$, portanto não acontece emissão de fotoelétrons.

Classificação: Procedural/Entender.

3) (ENADE- 2014) Para auxiliar seus alunos a reconhecer os padrões que são encontrados na Física de Partículas, um professor lhes apresenta uma imagem que mostra as trajetórias das partículas em uma câmara de bolhas durante o decaimento de um nêutron (E0 = 939,6 MeV) livre através da produção de um próton (E_0 = 938,3 MeV), um elétron (E_0 = 0,511 MeV) e um antineutrino ($E_0 = 1x10^{-7}$ MeV), de acordo com a reação $n + p \rightarrow e^- + \overline{v}$.

Na câmara de bolhas, existe um campo magnético uniforme de intensidade $5x10^{-2}$ T, perpendicular ao plano do papel e no sentido de fora para dentro deste.



O professor comenta que a imagem revela um nêutron inicialmente em repouso e a ausência de rastros deixados pelo antineutrino na câmara de bolhas. Por fim, solicitando que seus alunos considerem, por simplificação, que o nêutron livre decai produzindo um próton e um elétron, apenas, o professor lhes pediu que fizessem inferências qualitativas e quantitativas a respeito do fenômeno. Considerando que a energia total relativística é dada por $E = \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4}$ em que p é o momento linear, c é a velocidade da luz, m é a massa, e que $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, em que v é a velocidade da partícula, conclui-se que

a) O módulo da velocidade do próton gerado no decaimento que, inicialmente, é da ordem de 1,27x10^{-3} c, diminui ao longo da sua trajetória.
b) O momento linear do elétron gerado no decaimento, cuja trajetória é representada pelo rastro II, é da ordem de 0,897 MeV/c.
c) O raio inicial da trajetória curvilínea do próton gerado no decaimento, que ocorre no sentido anti-horário, é inferior a 5 cm.
d) Ambas as partículas, elétron e próton, geradas no decaimento, têm velocidades relativísticas.
e) A energia cinética do elétron gerado no decaimento é inferior a 0,5 MeV.

Resposta: letra A.

Classificação: Procedural/ entender, aplicar, analisar (COSTA; MARTINS, 2017).

4) (ENADE- 2014) O acidente radiológico de Goiânia, amplamente conhecido como acidente com o Césio-137, foi um grave episódio de contaminação por radiatividade ocorrido no Brasil. A contaminação teve início em 13 de setembro de 1987, quando um aparelho utilizado em radioterapias foi encontrado dentro de uma clínica abandonada, no centro de Goiânia. O instrumento foi encontrado por catadores de um ferro velho do local, que entenderam tratar-se de sucata. Foi desmontado e repassado para terceiros, gerando um rastro de contaminação, o qual afetou seriamente a saúde de centenas de pessoas. O acidente com o Césio-137 foi o maior acidente radiativo do Brasil e o maior do mundo ocorrido fora das usinas nucleares.

No interior da cápsula do aparelho de radioterapia, havia Cloreto de Césio na forma de um pó. Cerca de 19,26 g desse pó se espalhou, foi manipulado e até ingerido por diversas pessoas. A população de Goiânia foi examinada e, de 112 800 pessoas, cerca de 249 foram contaminadas pelo Césio.

Por precaução, foram coletadas toneladas de material que poderiam ter sido contaminadas pelo pó de Césio. Esse material foi separado em dois contêineres, o primeiro, de baixa concentração de material radiativo, que pode ser considerado lixo comum, e o segundo, que armazena os materiais efetivamente radiativos. Este segundo contêiner é revestido de uma camada de chumbo de aproximadamente 10 cm.

Com base nessa situação, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Explique a diferença entre contaminação e irradiação.

b) Sabe-se que a lei de decaimento radiativo estabelece que $N = N_0 e^{-t/\tau}$em que τ é a vida média. Considerando que o Césio tem uma vida média de 30 anos, aproximadamente, e decai emitindo partículas *beta* e *gamma*, estime quantos gramas de Césio-137 do acidente de Goiânia seriam radiativos ainda hoje.

Resposta: a) A contaminação acontece quando há contato físico com o material radiativo, que pode ocorrer por meio do toque, da ingestão ou da inalação e, também por uma constante exposição à radiação. Já a irradiação acontece quando a pessoa está na presença de uma fonte radioativa, neste caso o sujeito está sendo irradiado ou exposto a radiação. A irradiação não contamina, porque quando a pessoa se retira desse campo, a radiação é interrompida.

b) Para solucionar este problema foi utilizado o período de quando ocorreu o acidente até a data da prova do ENADE 2014, ou seja, 27 anos.

$$\frac{N}{N_0} = e^{-t/\tau} = e^{-27/30} \cong e^{-1} = \frac{1}{2{,}7} \cong 0{,}4$$

Este resultado representa 40% do material, que é próximo de 8g.

Classificação: Procedural/ entender, aplicar, analisar, avaliar (COSTA; MARTINS, 2017).

5) (ENADE- 2011) O tratamento de assuntos de Física Moderna e Contemporânea no currículo escolar do ensino médio sugerido em diversos documentos oficiais para essa etapa da escolaridade (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCN e PCN+) induziu, nos últimos anos, o aparecimento desses assuntos em obras didáticas voltadas para a Física Escolar, com a correspondente proposição de questões para os alunos resolverem.

Alguns exemplos dessas questões, e que podem ser encontradas nessas obras didáticas, são apresentados a seguir.

a. Suponha que a massa de um pão de 50 g, em repouso, seja convertida em energia elétrica para acender uma lâmpada de 100 W. Quanto tempo essa lâmpada ficaria acesa?
b. Determine o comprimento de onda de um próton (m = 1,7 x 10-27 kg) com velocidade v = 5 x 107 m/s; faça o mesmo para um automóvel (m = 1000 kg) com velocidade v = 50 m/s.
c. Uma bola de futebol, de massa igual a 0,4 kg, atinge o gol com velocidade de 20 m/s. Qual a incerteza que se comete ao medir a posição dessa bola, supondo que a quantidade de movimento é determinada com uma incerteza de 5%?

Uma obra didática que inclua os exemplos listados acima

I. Incorre em equívoco conceitual, tratado em diversos estudos presentes na literatura específica da área de pesquisa em Ensino de Física.

II. Traz, para o tratamento de assuntos de Física Moderna, os mesmos equívocos, em termos metodológicos e curriculares, que já foram apontados em diversos estudos sobre o Ensino da Física.

III. Exige apenas a utilização imediata de fórmulas matemáticas, reduzindo as aprendizagens possíveis a aspectos simplesmente memorísticos.

IV. Não permite obter indicadores confiáveis de avaliação sobre a compreensão de aspectos conceituais próprios das elaborações teóricas da chamada Física Moderna.

É correto o que se afirma em:

a) I e II, apenas.

b) I e IV, apenas.

c) II e III, apenas.

d) III e IV, apenas.

e) I, II, III e IV.

Resposta: letra E.

Classificação: Procedural/ entender, avaliar (COSTA; MARTINS, 2017).

6) (ENADE- 2014) A equação de Schrodinger, quando resolvida para o problema quântico de uma partícula confinada em uma caixa unidimensional de tamanho α, tem como resultado para as funções de onda ψ_n dadas como:

$$\psi(x,t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) e^{-\frac{iE_n t}{\hbar}},\ para\ |x| \leq \frac{a}{2}\ e\ n\ ímpar, \\ \sqrt{\frac{2}{a}} sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) e^{-\frac{iE_n t}{\hbar}},\ para\ |x| \leq \frac{a}{2}\ e\ n\ par, \\ 0,\ para\ |x| > \frac{a}{2}, \end{cases}$$

em que $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2} n^2$ são os autovalores da energia. As funções ψ_n podem ser usadas para se calcular os valores esperados $\langle x^2 \rangle$e $\langle p^2 \rangle$, em que x e p são os operadores posição e momento linear da partícula, respectivamente. Desse modo, tem-se:

$$\langle x^2 \rangle = \frac{a^2}{\pi^2}\frac{\pi^2 - 6}{12} \quad \text{e} \quad \langle p^2 \rangle = \frac{\hbar^2 \pi^2}{a^2}$$

Com base nesses resultados e no princípio da incerteza de Heisenberg, avalie as afirmações a seguir.

I. A energia mínima da partícula na caixa, estimada por meio do princípio da incerteza, é $E_{min} = \frac{\hbar^2}{8ma^2}$.

II. A razão entre E_{min} e o menor autovalor de energia é igual a $\frac{1}{\pi^2}$.

III. Há inconsistência entre o princípio da incerteza de Heisenberg e os resultados apresentados acima, porque eles não expressam a igualdade $E_{min} = E_1$.

IV. O valor de $\Delta x \Delta p = \sqrt{\frac{\pi^2 - 6}{12}}\hbar$, calculado pelo resultado do problema, é consistente com o princípio da incerteza de Heisenberg.

É correto apenas o que se afirma em:

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

Resposta: letra C.

O estudante utiliza o conhecimento **procedural**, empregando os conceitos da equação de Schrodinger e o princípio da incerteza de Heisenberg, dentro de um mesmo contexto, ao **lembrar, entender e avaliar** as equações, o que poderá esclarecer quais alternativas corretas.

Classificação: Procedural/ lembrar, entender, avaliar (COSTA; MARTINS, 2017).

7) (ENADE- 2005) A Teoria da Relatividade de Einstein é considerada como um conhecimento físico com pequeno impacto na tecnologia. No entanto, o

GPS (*Global Position System*), um dos equipamentos mais modernos da tecnologia atual, considera os conteúdos desta teoria.

Analise os itens abaixo relacionados à Teoria da Relatividade.

I. A contração dos comprimentos e a inexistência do éter.
II. A deformação do espaço-tempo decorrente da massa da Terra.
III. A constância da velocidade da luz como seu princípio básico.

São consideradas na construção do GPS, SOMENTE:

(A) I
(B) II
(C) III
(D) I e II
(E) II e III

Resposta: letra E. Esta questão fala sobre conceitos de luz tratados desde a física clássica até a física moderna, dentro de um mesmo contexto, encontrando-se no conhecimento **procedural**. O aluno terá que **aplicar e analisar** as alternativas identificando quais correspondem a Teoria da Relatividade.

Classificação: Procedural/ aplicar, analisar (COSTA; MARTINS, 2017).

8) (ENADE- 2005) Em 1935, Yukawa postulou a existência de um novo tipo de partícula com uma vida média, em repouso, da ordem de 10^{-6} s e cuja massa de repouso seria 200 vezes maior do que a massa de repouso do elétron. Essa partícula, batizada posteriormente de múon, foi observada experimentalmente, em 1947, pela equipe de Frank Powell, da qual fazia parte o físico brasileiro César Lattes. Suponha que os múons sejam produzidos por raios cósmicos, a 21 km da superfície da Terra com velocidades próximas à velocidade da luz.

Considere as seguintes afirmações:

I. A observação dos múons foi feita em balões a grandes altitudes, pois seu tempo de viagem à superfície da Terra é muitas vezes superior à sua vida média.

II. Os múons podem ser observados na superfície da Terra, pois a distância de 21 km no referencial do múon é contraída pelo fator y de Lorentz.

III. A energia do múon, medida por um observador na Terra, é da ordem de 200 vezes a energia de repouso do elétron.

É verdadeiro SOMENTE o que se afirma em:

a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) II e III

Resposta: letra B. Para solucionar esta questão o aluno deve conhecer os métodos utilizados durante a descoberta dos múons, utilizando conhecimentos da relatividade especial, física de partículas e raios cósmicos, explorando o conhecimento de técnicas e métodos específicos dentro do conhecimento **procedural**, baseando-se nos critérios e padrões conhecidos sobre o tema **aplicar e avaliar** e julgar a resposta correta.

Classificação: Procedural/ aplicar, avaliar (COSTA; MARTINS, 2017).

9) (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO- 2009) Um elétron é acelerado a partir do repouso com uma tensão de U = 54V. A massa do elétron é m = 9,0. 10^{-31} Kg e sua carga, módulo, e = 1,602 . 10^{-19} C.

a) Mostre que a energia cinética adquirida pelo elétron pode se expressa em função da sua quantidade de movimento como $E_c = \frac{Q^2}{2m}$.
b) Explorando o resultado do item anterior e lembrando que o trabalho da força elétrica nesse processo é $\tau = E_c = {}_eU$, mostre que a quantidade de movimento adquirida pelo elétron pode ser calculada por $Q = \sqrt{2meU}$.
c) Considerando a constante de Planck h= 6,63 . 10^{-34}. J. s, qual é o comprimento de onda relativo a esse elétron ao final do processo de aceleração?

Resposta:

a) $E_c = \frac{Q^2}{2m}$;

b) $Q\sqrt{2meU}$;

c) λ = 1,68 . 10^{-10}m.

Classificação: Procedimental/ aplicar, analisar e avaliar.

CONHECIMENTO METACOGNITIVO

O conhecimento metacognitivo é relacionado ao total conhecimento na cognição e à ampliação do conhecimento adquirido. Neste nível de conhecimento, é utilizado a interdisciplinaridade.

O Quadro 11 relaciona uma sequência de questões de física moderna classificadas na dimensão do conhecimento no nível metacognitivo.

Quadro 11 – Classificação nível Metacognitivo

Dimensão do conhecimento	**Dimensão do Processo Cognitivo**					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Efetivo/ Factual						
Conceitual						
Procedural						
Metacognitivo		1, 2	1	2		

Fonte: Adaptação de Rodrigues, 1994.

1) (UNIMAR- SP) Ao determinarmos o comprimento de onda de Broglie de um elétron com uma velocidade de 5.107 m/s e uma massa de 9,1. 10^{-31} kg, obtemos aproximadamente:

Dado: h = 6,63. 10^{-34} J.

a) 1,46. 10^{-14} m

b) 1,46. 10^{-60} m

c) 1,46. 10^{-11} m

d) 0,146. 10 m

e) 1,46. 10^{-6} m

Resposta: letra C.

Classificação: Metacognitivo/ entender, aplicar.

2) (UFRN) Bárbara ficou encantada com a maneira de Natasha explicar a dualidade onda-partícula, apresentada nos textos de Física Moderna. Natasha fez uma analogia com o processo de percepção de imagens, apresentando uma explicação baseada numa figura muito utilizada pelos psicólogos da Gestalt. Seus esclarecimentos e a figura ilustrativa são reproduzidos a seguir:

Figura citada por Natasha, na qual dois perfis formam um cálice e vice-versa.

“A minha imagem preferida sobre o comportamento dual da luz é o desenho de um cálice feito por dois perfis. Qual a realidade que percebemos na figura? Podemos ver um cálice ou dois perfis, dependendo de quem consideramos como figura e qual consideraremos como fundo, mas não podemos ver ambos simultaneamente. É um exemplo perfeito de realidade criada pelo observador, em que nós decidimos o que vamos observar. A luz se comporta de forma análoga, pois, dependendo do tipo de experiência ("fundo"), revela sua natureza de onda ou sua natureza de partícula, sempre escondendo uma quando a outra é mostrada. ”

Diante das explicações acima, é correto afirmar que Natasha estava ilustrando, com o comportamento da luz, o que os físicos chamam de princípio da:

a) Incerteza de Heisenberg.
b) Complementaridade de Bohr.
c) Superposição.
d) Relatividade.

Resposta: letra B.

Classificação: Metacognitivo/ entender, analisar.

APÊNDICE B: No Quadro 12 são apresentados mais alguns verbos das categorias da dimensão do processo cognitivo.

Quadro 12 - Lista de verbos da Dimensão do Processo Cognitivo

	Categorias					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Verbos	Anunciar	Classificar	Alterar	Analisar	Apoiar	Armar
	Apontar	Comparar	Aplicar	Apontar	Argumentar	Categorizar
	Calcular	Concluir	Construir	Atribuir	Avaliar	Codificar
	Citar	Construir	Demonstrar	Calcular	Averiguar	Compor
	Combinar	Converter	Descobrir	Categorizar	Checar	Comunicar
	Definir	Decodificar	Desenvolver	Classificar	Comparar	Conceber
	Denominar	Deduzir	Dramatizar	Combinar	Compor	Conjugar
	Descrever	Definir	Empregar	Comparar	Concluir	Constituir
	Distinguir	Demonstrar	Esboçar	Concluir	Contrastar	Construir
	Dizer	Derivar	Estruturar	Contrastar	Coordenar	Coordenar
	Enumerar	Descrever	Executar	Correlacionar	Criticar	Criar
	Enunciar	Determinar	Generalizar	Criticar	Decidir	Desenvolver
	Especificar	Diferenciar	Ilustrar	Debater	Defender	Dirigir
	Estabelecer	Discutir	Implementar	Deduzir	Discriminar	Documentar
	Evocar	Esclarecer	Interpretar	Deduzir	Eliminar	Elaborar
	Exemplificar	Estimar	Localizar	Determinar	Escolher	Escrever
	Expressar	Exemplificar	Manipular	Diferenciar	Esquematizar	Especificar
	Identificar	Explicar	Modificar	Discutir	Estimar	Esquematizar
	Inscrever	Expressar	Operar	Distinguir	Explicar	Estruturar
	Listar	Exprimir	Organizar	Esquematizar	Formular	Explicar
	Marcar	Identificar	Praticar	Examinar	Interpretar	Formular
	Medir	Ilustrar	Produzir	Experimentar	Julgar	Gerenciar
	Memorizar	Interpretar	Programar	Identificar	Justificar	Inventar
	Nomear	Interpolar	Relacionar	Ilustrar	Medir	Modificar
	Ordenar	Localizar	Relatar	Inferir	Ordene	Montar
	Reconhecer	Modificar	Resolver	Investigar	Organizar	Organizar
	Recordar	Narrar	Selecionar	Organizar	Precisar	Originar
	Registrar	Reafirmar	Traçar	Provar	Preferir	Planejar
	Relacionar	Redefinir	Transferir	Questionar	Prestar	Prestar
	Relatar	Reescrever		Relacionar	Recomendar	Produzir
	Relembrar	Reformular		Relacionar	Relatar	Projetar
	Repetir	Reorganizar		Separar	Resolver	Propor
	Reproduzir	Resolver		Testar	Resumir	Resumir
	Rotular	Resumir			Reunir	Sistematizar
	Solucionar	Revisar			Selecionar	
	Sublinha	Selecionar			Taxar	
		Traduzir			Validar	
		Transformar			Valorizar	

Fonte: Adaptado de Intel (2018); Nicolini e Andrade (2015); Ferraz e Belhot (2010); Rodrigues (1994).

ANEXO A: Certificado de participação no II Congresso Internacional de educação.

Figura 27 - Certificado de participação no II Congresso Internacional de educação.

Fonte: Universidade de Sorocaba- UNISO. Disponível em: <http://uniso.br/hs/certificados/II-congresso-internacional-de-educacao/posteres/22_10/06.jpg>. Acesso em 7 jan. 2019.