



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Fábio Buffon

**O RPG COMO UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA
MODERNA E CONTEMPORÂNEA AO LONGO DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Aline Cristiane Pan

Orientador

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda

Coorientador

Tramandaí

Outubro de 2021

Fábio Buffon

**O RPG COMO UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA
MODERNA E CONTEMPORÂNEA AO LONGO DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 01 de outubro de 2021.

Prof. Dr. Aline Cristiane Pan – MNPEF/UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Nathan Willig Lima – UFRGS

Prof. Dr. Nelson Studart Filho – UFSCAR

Prof. Dr. Terrimar Ignácio Pasqualetto – UFRGS

CIP - Catalogação na Publicação

Buffon, Fábio

O RPG COMO UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O
ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA AO LONGO DO
ENSINO MÉDIO / Fábio Buffon. -- 2021.

248 f.

Orientadora: Aline Cristiane Pan.

Coorientadora: Karen Cavalcanti Tauceda.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,
2021.

1. RPG. 2. Ensino de Física Moderna e
Contemporânea. 3. Aprendizagem Significativa. I. Pan,
Aline Cristiane, orient. II. Tauceda, Karen
Cavalcanti, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

*Dedico à minha família, sempre presente e
ao Fábio do futuro que ainda há de se
orgulhar.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em especial ao campus Litoral Norte que oportunizou este curso, também à Sociedade Brasileira de Física (SBF) por todos os esforços em transformar a física e seu ensino em nosso país que vive tempos complicados.

Aos professores do curso, que mostraram diferentes visões da física e da ciência e que é possível haver conversa entre todas elas. Às minhas orientadoras, em especial a Profe. Dra. Aline Cristiane Pan pelos encaminhamentos e principalmente pelo apoio que concedeu.

À coordenação do Colégio Scalabriniano Nossa Senhora Medianeira de Bento Gonçalves, que oportunizou e incentivou a aplicação desta proposta, contribuindo com infraestrutura, apoio pedagógico e financeiro, sem os quais não seria viável tê-la realizado.

Por fim, mas não menos importante, aos meus amigos e familiares, que suportaram os momentos de crise e ausência, contribuindo excepcionalmente para a conclusão deste trabalho.

*“Educação não muda o mundo,
educação muda pessoas
e as pessoas transformam o mundo.”
(Paulo Freire)*

RESUMO

A sociedade mudou e as conexões tecnológicas revolucionaram o modo de vida das pessoas. A pós-modernidade é uma realidade e os jovens estudantes, nativos digitais, estão expostos a um universo de informações que chegam a todo tempo de todos os lados. Em um cenário de imediatismos, a escola não tem acompanhado as rápidas mudanças da sociedade, resistindo a romper com os padrões tecnicistas e positivistas modernos, voltados à transmissão de conteúdos e a centralização do papel do educador. Este panorama tem contribuído para o desinteresse dos educandos pelo conhecimento e reforçado os processos de aprendizagem mecânicos. Assim, é preciso renovar as práticas pedagógicas e buscar alternativas capazes de motivar os jovens aproximando a sala de aula de seus cotidianos. Outra problemática presente no ensino de física é a desvalorização dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea em relação aos conteúdos de Física Clássica no ensino básico e a não contextualização destes conceitos com a realidade dos educandos. Visando construir possibilidades que facilitem a caminhada rumo a superação destas dificuldades, esta proposta apropriou-se do movimento da gamificação, da abordagem por investigação, sob a luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, a fim de contribuir para a alfabetização científica de estudantes da terceira série do ensino médio regular. Os tópicos levantados por esta proposta surgiram da associação do efeito fotoelétrico e da quantização da energia aos estudos de circuitos elétricos e suas aplicações. Assim, através de uma narrativa de RPG, foi possível discutir estes conceitos e construir aprendizagens potencialmente significativas em que os educandos demonstraram engajamento com seu processo de aprendizagem e foram capazes de realizar a transposição didática do senso comum em direção aos conhecimentos científicos.

Palavras-chave: RPG, Ensino de Física Moderna e Contemporânea, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

Society has changed and technological connections have revolutionized people's way of life. Post-modernity is a reality and young students, digital natives, are exposed to a universe of information that comes all the time from all sides. In a scenario of immediacy, the school has not kept up with the rapid changes in society, resisting to break technician and positivist modern standards, aimed at the transmission of contents and centralized at the educator's role. This panorama has contributed to the students' lack of interest in knowledge as well as reinforced the mechanical learning processes. Thus, it is required to renew pedagogical practices and to seek alternatives capable of motivating young people, in a way that brings the classroom closer to their daily lives. Another problem present in the teaching of physics is the devaluation of the contents of Modern and Contemporary Physics in relation to the contents of Classical Physics in basic education, alongside to the non-contextualization of these concepts with the reality of students. Aiming to build possibilities that facilitate the journey towards overcoming these difficulties, this proposal adopted the gamification movement, the investigation approach, under the light of David Ausubel's theory of meaningful learning, in order to contribute to the scientific literacy of students of the third grade of regular high school. The topics raised by this proposal arose from the association of the photoelectric effect and the quantization of energy to the studies of electrical circuits and their applications. Therefore, through an RPG narrative, it was possible to discuss these concepts and build potentially significant learning in which students demonstrated compromise with their learning process and were able to carry out the didactic transposition of common sense towards scientific knowledge.

Keywords: RPG, Teaching of Modern and Contemporary Physics, meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Processo de construção de uma aprendizagem significativa.....	52
Figura 2.2 – Esquematisando o conceito de gamificação	57
Figura 2.3 – Modelo de três canais para determinar a região de flow conforme o nível de desafio e habilidade de uma atividade	61
Figura 2.4 – Diagrama que representa diferentes momentos de um indivíduo conforme as combinações entre os eixos desafio e habilidade.....	62
Figura 2.5 – Modelo de diagrama de flow com 8 canais	63
Figura 2.6 – Interação radiação matéria e ocorrência do efeito fotoelétrico.....	68
Figura 2.7 – Tubo de Crookes para a detecção do efeito fotoelétrico	69
Figura 3.1 – Exemplo de mapa gerado pela plataforma Mentimeter.....	79
Figura 3.2 – Cabeçalho do diário de bordo do educando.....	82
Figura 3.3 – Carta de vantagem desbloqueada pelo personagem Diana	86
Figura 3.4 – Conceitos centrais para a atividade investigativa referente ao primeiro desafio da segunda aula	88
Figura 3.5 – Questão sistematizadora no diário de bordo.....	89
Figura 3.6 – Acompanhamento da atividade investigativa no diário de bordo	92
Figura 3.7 – Trecho do vídeo tutorial oportunizado pela carta de vantagem.....	94
Figura 3.8 – Simulador virtual de efeito fotoelétrico na plataforma PhET	95
Figura 3.9 – Espaço para os registros das equipes no diário de bordo.....	96
Figura 3.10 – Questão bônus no diário de bordo	97
Figura 3.11 – Padrões do código Morse.....	99
Figura 3.12 – Modelo 1 para montagem do protótipo experimental	100
Figura 3.13 – Modelo 2 para montagem do protótipo experimental	100
Figura 3.14 – Modelo 1 construído em placa protoboard	102
Figura 3.15 – Modelo 2 construído em placa protoboard	102
Figura 3.16 – Atividade sistematizadora no diário de bordo.....	105
Figura 4.1 – Pesquisa qualitativa quanto a familiarização dos educandos com o RPG	108
Figura 4.2 – Acertos por equipe no questionário da plataforma Kahoot.....	110
Figura 4.3 – Número de acertos para cada questão e tempo médio de resposta em cada questão.....	110
Figura 4.4 – Coquetel de informações e materiais para construção dos mapas.....	114
Figura 4.5 – Cronometro digital projetado durante a atividade investigativa	115
Figura 4.6 – Painéis investigativos construídos pelas equipes.....	116

Figura 4.7 – Aparato experimental para demonstração das tensões aplicadas em LED's coloridos	126
Figura 4.8 – Respostas dos educandos ao questionamento.....	127
Figura 4.9 – Educandos, em equipes, realizando a atividade investigativa no laboratório de informática do colégio.....	131
Figura 4.10 – Caixa de seleção mostre os fótons no simulador	132
Figura 4.11 – Códigos construídos pelas equipes a partir do enigma.....	138
Figura 4.12 – Quantidade total de atribuições em cada nota para as afirmações da primeira seção da pesquisa.....	148
Figura 4.13 – Quantidade total de atribuições em cada nota para as afirmações da segunda seção da pesquisa.....	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Grau de liberdade de professores (P), alunos (A) e classe (C) em atividades experimentais	47
Quadro 2.2 – Aspectos da motivação intrínseca e extrínseca.....	57
Quadro 2.3 – Classificação dos elementos dos jogos em categorias	59
Quadro 3.1 – Aulas, objetivos e atividades previstas a esta sequência didática.....	75
Quadro 3.2 – Questionário investigativo na plataforma Kahoot	83
Quadro 3.3 – Questionário investigativo no diário de bordo.....	84
Quadro 3.4 – Questões norteadoras para a investigação no simulador virtual	93
Quadro 3.5 – Questões disparadoras para o debate	105
Quadro 4.1 – Personagens escolhidos por cada equipe	108
Quadro 4.2 – Respostas dos educandos para o questionário discursivo no diário de bordo	112
Quadro 4.3 – Respostas à questão sistematizadora no diário de bordo	124
Quadro 4.4 – Respostas à questão sistematizadora no diário de bordo	129
Quadro 4.5 – Questão 1 do formulário investigativo	131
Quadro 4.6 – Questão 2 do formulário investigativo	132
Quadro 4.7 – Questão 3 do formulário investigativo	133
Quadro 4.8 – Questão 4 do formulário investigativo	134
Quadro 4.9 – Questão 5 do formulário investigativo	135
Quadro 4.10 – Questão 6 do formulário investigativo	136
Quadro 4.11 – Questão bônus no diário de bordo	139
Quadro 4.12 – Questão sistematizadora no diário de bordo	142
Quadro 4.13 – Resposta à questão sistematizadora no diário de bordo	144
Quadro 4.14 – Afirmções da primeira seção da pesquisa.....	148
Quadro 4.15 – Afirmções da segunda seção da pesquisa	149

SUMÁRIO

Capítulo 1

1. INTRODUÇÃO	14
----------------------------	----

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
------------------------------------	----

2.1 Breve contextualização histórica da educação no Brasil: dos Jesuítas à sociedade pós-moderna	18
--	----

2.2 A crise na escola e no ensino de ciências	28
---	----

2.3 A situação da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.....	37
---	----

2.4 O Ensino por Investigação e a Aprendizagem Significativa: Uma proposta pedagógica centrada no educando	42
--	----

2.5 A gameficação como metodologia ativa e potencializadora de aprendizagens.....	53
---	----

2.6 O Efeito Fotoelétrico	66
---------------------------------	----

Capítulo 3

METODOLOGIA	72
--------------------------	----

3.1 Contexto escolar	72
----------------------------	----

3.2 Descrição da sequência de ensino investigativo	74
--	----

3.2.1 Aula 1 – Introduzindo a sistemática da sequência e Prólogo: A seleção dos candidatos.....	78
---	----

3.2.2 Aula 2 – Capítulo I: O despertar para o futuro	84
--	----

3.2.2 Aula 3 – Capítulo II: O código	90
--	----

3.2.2 Aula 4 – Capítulo III: O resgate.....	98
---	----

3.2.2 Aula 5 – Sistematização e avaliação das aprendizagens	104
---	-----

Capítulo 4

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	107
---	-----

4.1 Aula 1.....	107
-----------------	-----

4.2 Aula 2.....	114
-----------------	-----

4.3 Aula 3.....	123
-----------------	-----

4.4 Aula 4.....	130
-----------------	-----

4.5 Aula 5.....	140
-----------------	-----

4.6 Aula 6.....	144
-----------------	-----

Capítulo 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS	152
REFERÊNCIAS	156
APÊNDICES	
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	164
APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DE SLIDES COM NARRATIVA DO RPG	207
APÊNDICE C – DIÁRIO DE BORDO DO EDUCANDO	223
APÊNDICE D – DESCRIÇÃO E TUTORIAIS PARA ACESSO E USO DAS PLATAFORMAS DIGITAIS	229
APÊNDICE E – MATERIAIS PARA ATIVIDADE INVESTIGATIVA DA AULA 2 – COQUETEL DE INFORMAÇÕES	231
APÊNDICE F – MATERIAIS PARA ATIVIDADE INVESTIGATIVA DA AULA 4 – CONSTRUINDO CIRCUITOS COM LDR.....	241
APÊNDICE G – RESPOSTAS DOS EDUCANDOS À PESQUISA DE OPINIÃO DE FECHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	245

1 INTRODUÇÃO

A física moderna e contemporânea (FMC) é uma área de estudos da física bastante recente quando comparada à conceitos discutidos pela física clássica, que apresenta constatações desde a época dos gregos antigos. Para efeito de datas, estima-se um marco inicial a partir do final do século XIX e início do século XX, contudo estes marcos são meramente organizacionais, visto que a FMC é resultado de um conjunto de construções, contribuições e ressignificações que datam e se apoiam em tempos anteriores a ela. De tomo modo, esta perspectiva de uma física mais recente e em evolução, mais próxima da realidade histórica e social dos indivíduos que convivem com suas aplicações, principalmente tecnológicas, bem como de uma ciência em construção, não fixa e nem socialmente neutra, é um caminho que idealmente traduz o fazer científico sem rótulos ou estereótipos (GIL-PÉREZ, MONTORO, ALÍS, CACHAPUZ e PRAIA, 2001). Apesar desta visão idealizada, os marcos estabelecidos para os primórdios da FMC também coincidem com o momento histórico marcado pela valorização da racionalidade científica (pré segunda guerra mundial) que atribuiu às ciências características de neutralidade e linearidade (LIMA, VAZATA, OSTERMANN, CAVALCANTI e GUERRA, 2019; DECONTO, 2014). Além disso, o período pós-guerra a partir dos anos cinquenta, embebeu a população de um sentimento de descrença e desmotivação em relação ao campo científico (LOPES, 2013), contribuindo para o retorno de ideais não cientificistas, que geraram movimentos de relativização do conhecimento e afastamento entre o povo e as ciências.

Estas heranças do século XX são carregadas pela sociedade contemporânea, e o ideal do científico distante da população e distorcido da realidade em geral permeia a opinião das massas (REZNIK, MASSARANI, RAMALHO e AMORIN, 2014; KOSMINSKY e GIORDANI, 2002; GIL-PÉREZ et al., 2001). Em tempos que a informação nos é arremessada de todas as direções (ROCHA, 2017), é perigoso não compreender os processos de construção da ciência e não saber analisar criticamente a qualidade ou veracidade científica do que nos chega, visto que há temas de significativa relevância intelectual, social e ambiental que precisam estar esclarecidos e ser discutidos, no sentido de que

impactam concretamente no futuro de nossa sociedade (LIMA et al., 2019). Neste sentido, a escola deve assumir seu papel como formadora de cidadãos e assim contribuir significativamente para o enfrentamento de argumentos baseados em perspectivas, negacionismo ou opiniões pessoais e evitar que, conforme Morin, “o mito e a ideologia destruam e devorem os fatos” (2004, p.30).

Ao levar parte desta responsabilidade a instituição escolar é preciso voltar as atenções aos maiores interessados nesta construção: os educandos. As fundamentações que mantêm as bases da escola e do ensino de ciências devem ser consolidadas sempre estando atentas às necessidades de seus educandos perante a sociedade e o contexto ao qual estão inseridos (JABUR, VIEIRA, FRANÇA, FARIAS e CLARO, 2020). Concentrando-se em relacionar quais são estas necessidades, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) elenca que é preciso prepará-los para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias (BNCC, 2018).

Se a BNCC propõe que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito das tecnologias (BNCC, 2018), não tratar dos conceitos relacionados a ela seria negligenciar um ponto essencial para o desenvolvimento do senso crítico e consciente destes educandos perante o mundo em que vivem. Apercebe-se que parte significativa desta evolução tecnológica está atrelada a tópicos da FMC e sua discussão é de fundamental importância para superar a visão linear do desenvolvimento científico (OSTERMANN e MOREIRA, 2000). Ainda assim, sua presença no currículo do ensino básico é fragmentada e sujeita a disponibilidade de tempo, visto a prioridade dada ao ensino da física clássica (BUSATTO, SILVA, JÚNIOR e PÉREZ, 2018).

Com o intuito de buscar uma alternativa para superar esta realidade, a proposta que alicerça este trabalho sugere a inserção da FMC ao longo do currículo de física no ensino básico, atrelando-o ao conteúdo da física clássica e não relegando esta etapa a um momento especial, por vezes descontextualizado e sujeito a disponibilidade de tempo, deixado para o final da terceira série do ensino médio.

Outra realidade que tem se perpetuado e trazido dificuldades para a dentro dos muros da escola é a desmotivação dos jovens pelas aulas e pelo conhecimento abordado no ensino regular (PAIVA *et al.*, 2018). Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), em 2019, das 50 milhões de pessoas de 14 a 29 anos do país, 20,2% não completaram alguma das etapas da educação básica e entre os principais motivos para esta evasão está a falta de interesse (29,2%), ficando atrás da evasão por necessidade de trabalhar que corresponde a 39,1% destes jovens (IBGE, 2019).

A geração que frequenta o ambiente escolar está imersa em um mundo pós-moderno regido por urgências e imediatismos. Diferente da geração para qual o modelo tradicional de ensino foi amplamente difundido, os nativos digitais já nasceram cercados de tecnologias (PRENSKY, 2001). Neste cenário tecnológico e dinâmico, onde as informações surgem de todo o lado, a todo momento, os jovens não se sentem confortáveis em uma posição passiva de aprendizagem, gerando desmotivação e frustração em relação a sala de aula (LEWIS *et al.*, 2013; SCHROEDER, 2007). Assim, cada vez mais, é preciso revisar as práticas docentes em busca de um espaço de ensino-aprendizagem prazeroso, motivador e ao mesmo tempo desafiador (SALES *et al.*, 2017) que envolva o conhecimento com a vida do educando e desperte seu interesse pelo aprender.

Visando atender estas expectativas, as metodologias ativas têm ganhado destaque nos últimos anos, no intuito de aumentar o engajamento dos estudantes delegando a eles o papel de protagonistas de sua aprendizagem (SANTOS e SASAKI, 2018; PEREIRA, 2018; SILVA e SALES, 2017; COSTA e VERDEAUX, 2016).

De acordo com a pesquisa *Game Brasil* de 2021, 72% dos brasileiros são adeptos aos jogos eletrônicos e que 75,8% dos *gamers* brasileiros afirmaram ter jogado mais durante o período de isolamento social causado pela pandemia do COVID-19 que assolou o mundo nos anos de 2020 e 2021 (PGB, 2021). Um levantamento realizado pelo *WePC*, portal especializado em tecnologia, afirma que mais de 2,5 bilhões de pessoas consomem jogos eletrônicos no mundo atualmente (WEPC, 2019). Este é o universo em que os estudantes estão

inseridos. Diante disso, a gamificação surge como aliada ao processo de ensino-aprendizagem, pois ela contempla o uso de elementos dos *games* em um contexto fora dos games (DETERDING *et al.*, 2011), neste caso, o contexto educacional, proporcionando um ambiente que auxilie na superação do desinteresse, na maior interação social, no desenvolvimento da criatividade, da autonomia e da colaboração, no engajamento e no desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais.

Assim, este trabalho tem por objetivo abordar o efeito fotoelétrico e as noções de quantização da energia ao longo de cinco aulas, aliando estes conceitos da FMC ao estudo de circuitos elétricos na terceira série do ensino médio, visando contemplar as habilidades nucleares EM13CNT101¹ e EM13CNT106² conforme prevê a BNCC para a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BNCC, 2018). Para isso, estruturou-se uma sequência de ensino investigativo que será conduzida através da narrativa de um *RPG (Role-Playing Game)* e fundamentada pela teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, sob uma abordagem de ensino por investigação voltada às metodologias ativas e aos elementos da *gamificação* como potencializadores dos processos de ensino-aprendizagem.

¹ (EM13CNT101) – Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais. (BNCC, 2018, p.541).

² (EM13CNT106) – Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais. (BNCC, 2018, p.541).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Breve contextualização histórica da educação no Brasil: dos Jesuítas à sociedade pós-moderna

A necessidade de dar sentido ao que se leva para dentro de uma sala de aula é uma urgência (MOREIRA, 2017), tornar os objetos do conhecimento significativos para o público que se pretende atingir. Referir-se a tornar os conhecimentos significativos, remete-se a ideia de torná-los importantes e parte integrante da estrutura cognitiva do indivíduo. Porém, atingir este patamar no cotidiano do fazer pedagógico não tem se mostrado tarefa trivial, pelo contrário é preciso aprofundar cada vez mais os estudos em teorias da aprendizagem, metodologias, ferramentas, concepções psicológicas do desenvolvimento cognitivo e socioemocional entre outras áreas que cercam o vasto campo da arte de ensinar, para que ela possa assumir seu papel na construção e na formação de cidadãos críticos, participativos e incorporados na sociedade pós-moderna buscando avanços conscientes e humanizados.

Para tornar esta realidade possível é preciso preconizar uma mudança de concepções no fazer pedagógico, voltando-se, principalmente, a significar o papel essencial de cada indivíduo do contexto escolar no desenvolvimento da aprendizagem. Em vista do caráter prático deste trabalho, este capítulo pretende buscar nas raízes históricas da educação brasileira fundamentos que justifiquem a necessidade desta mudança de concepção quanto a quem deve caber o protagonismo nas aprendizagens e na construção dos saberes sob a luz da atual sociedade pós-moderna.

Pretende-se trazer uma breve reflexão sobre os encaminhamentos que a educação brasileira tomou ao longo de seus períodos históricos e como a escola se consolidou diante dos reflexos do contexto social a qual estava inserida. Paralelamente a isso, propõe-se discutir o papel do educador e dos educandos inseridos nestes momentos históricos, com o intuito de conceber a educação atual, seus preceitos e propósitos, aliado a necessidade de ressignificação do

papel da escola na sociedade pós-moderna, pois acredita-se que os caminhos percorridos no passado sejam de fundamental importância quando se tenciona fundamentar o presente e, então, olhar para o futuro. Sem grandes detalhes ou com a ingênua concepção de findar as discussões levantadas ao tratar do processo da evolução histórica da educação brasileira, objetiva-se salientar que já não é concebível reconhecer o aluno como agente passivo em sua aprendizagem, apenas como receptor de informações transmitidas pelo professor, indivíduo que detém o conhecimento.

Nos primórdios do Brasil Colônia, a educação foi responsabilidade de um específico grupo de religiosos da Igreja Católica, os Jesuítas. Chegaram às novas terras nas primeiras décadas que seguiram o descobrimento e trouxeram em suas bagagens a convicção pela busca da perfeição humana conforme os dogmas do catolicismo e a expansão de sua cultura religiosa em busca de novos adeptos, buscando não só responder aos avanços do protestantismo, como preparar o povo para o capitalismo mercantil da época (LEDESMA, 2010; PAIVA, 1982). Através da palavra, Padre Anchieta se faz presente nas comunidades nativas e organiza a gramática da língua falada na nova terra, o *Tupi*. Sendo capaz de compreender e comunicar-se com o povo indígena, fez da linguagem sua principal ferramenta para levar os preceitos de civilização adotados pelas tradições dos povos ibéricos (FERREIRA e BITTAR, 2004) aos nativos da nova terra com o intuito de legitimar a implantação hegemônica dos colonizadores (NOLASCO, 2008).

Os fundamentos pedagógicos utilizados estavam embasados na tradicional transmissão oral, através de discursos lúdicos e alegóricos que aproximavam os jesuítas dos índios, rituais, músicas, procissões e teatros traduziram a pregação jesuítica do catolicismo nesta época da colônia (LEDESMA, 2010). Utilizando autos, Anchieta buscou catequizar o povo indígena, angariando a disputa entre o bem, o Deus Católico, seus anjos e santos, contra o mal, correlato aos demônios que se manifestavam através dos gestos e cultos presentes nas cerimônias tupis (SAVIANI, 2005). Através destes episódios percebeu-se a inserção das tradições, da cultura e dos costumes dos colonizadores, materializados pela figura dos Jesuítas, ao povo nativo que integrava as crenças externas a sua sociedade. Segundo Saviani, este período

configurou uma verdadeira pedagogia brasílica, ou seja, “uma pedagogia formulada e praticada sob medida para as condições encontradas pelos jesuítas nas ocidentais terras descobertas pelos portugueses” (2005, p.6).

Percebe-se, analisando este episódio, que os primórdios da educação brasileira assumem uma concepção pedagógica sob os parâmetros tradicionais religiosos, em que o papel do professor, neste caso os Jesuítas, é central no processo e dotado da verdade segundo os dogmas da Igreja Católica (LEDESMA, 2010). Os alunos, por sua vez, nativos brasileiros, cabia a responsabilidade de receber os dogmas e adotar os ensinamentos trazidos pelos colonizadores. Contudo, é de se destacar que a ordem responsável pela educação na colônia preocupava-se em partir da realidade a qual os nativos se encontravam, tanto que, uma das poesias criadas por Anchieta, tratava dos anjos como as estrelas e constelações e nomeava de Tupã o Deus católico, conforme a linguagem tupi (BOSI, 1992). Assim, tornava-se viável atrair e catequizar os meninos índios e, através deles, agir sobre os adultos nas aldeias, em especial os caciques que garantiriam abertura para que toda a tribo pudesse ser convertida a fé católica (SAVIANI, 2007).

Além de cuidar do processo de catequização e socialização dos povos nativos brasileiros, as companhias jesuíticas assumiram a responsabilidade de educar os filhos dos colonos que chegavam ao Brasil para explorar, trabalhar e cultivar as novas terras. Deste modo, como estratégia para atrair os “gentios”, nome dado pelos Jesuítas aos índios, fundaram o Colégio dos Meninos de Jesus da Bahia, em que, aos garotos portugueses e indígenas, eram transmitidos os costumes e as tradições católicas (Saviani, 2005).

A questão é que a influência dos Jesuítas perante a coroa portuguesa incomodava determinados grupos políticos, principalmente ao que se refere o Marquês de Pombal que, em 1759, implanta uma série de medidas que afeta diretamente o ensino das Companhias de Jesus. Inspirado nas ideias Iluministas e com o intuito de fortalecer a coroa portuguesa, o Marquês determina a desestruturação completa da organização do ensino jesuítico e suas metodologias, além de solicitar a extradição dos Jesuítas do Brasil (LEDESMA, 2010; AZEVEDO, 1976). Deposita a responsabilidade da educação nas mãos do Estado, retirando o domínio eclesiástico sobre esta área que perdurou por quase

dois séculos (VEIGA, 2007). Buscou estruturar o ensino a partir da abertura de escolas públicas e laicas, mantidas pela coroa portuguesa e pela criação do sistema de aulas régias, aulas isoladas que tratavam do ensino de primeiras letras e humanidades, com o intuito de completar a lacuna emergente pela extinção da classe jesuítica (LEDESMA, 2010).

As reformas pombalinas sofreram severa resistência em sua implantação, visto a homogeneidade do sistema jesuítico ao longo do litoral latifundiário brasileiro, desorganização criada pela chegada da corte portuguesa ao Brasil (1808), a falta de corpo docente conquanto que os Jesuítas haviam sido expulsos do país, a insuficiência de investimentos por parte da coroa na construção de novas escolas, dentre outros fatores (SAVIANI, 2007). Apesar das dificuldades encontradas, as mudanças baseadas nos ideais Iluministas, geraram o início de uma nova visão para o papel da educação, reduzindo a influência da tradicional transmissão da visão e pensamentos através do ensino católico e da catequese, para a tentativa de implantar um programa pedagógico preocupado com os problemas sociais e com o desenvolvimento de uma atitude crítica (QUEIROZ, 2007), visto a preocupação em combater a ignorância na sociedade (SANTOS, 1982).

É importante salientar que esta mudança de visão não se refere aos métodos utilizados em sala de aula, que continuam rígidos e centrados no professor, ela trata da mudança de paradigma quanto ao papel da escola na sociedade e quanto a quem pertence a responsabilidade de criar e manter esta instituição. Conforme Saviani, o método aplicado em sala de aula era rigoroso e disciplinado, os alunos eram dispostos em bancos enfileirados e hierarquizados (2005, p.8), lembrando a organização e os processos de produção em massa das fábricas à vapor, alavancados pela revolução industrial. Reforça Vilela que “o mestre, da extremidade da sala, sentado numa cadeira alta, supervisionava toda a escola” (1999, p.147). Ainda sobre o rígido sistema aplicado neste período, Manacorda destaca, “Com exceção da voz baixinha, nada mudou. Igualmente mecânico é o ensino da aritmética e, naturalmente, toda a orientação para o comportamento das crianças” (1989, p.259).

É neste mesmo período (1808) que o método mútuo ou método Lancaster é proposto e difundido pelos ingleses Andrew Bell e Joseph Lancaster. Nesta

proposta os alunos mais avançados da classe assumiam o papel de monitores e atuavam como auxiliares do professor em classes muito numerosas. Deste modo, minimizavam-se os impactos da carência de docentes. Na segunda metade do XIX o método Lancaster foi sendo progressivamente abandonado (SAVIANI, 2005; SCHELBAUER, 2003 e 2005). Verificava-se, nesta altura do século, que o ensino se apresentava ineficaz incapaz de atender as exigências emergidas da revolução industrial. Para tentar solucionar este problema surge o método intuitivo, que prevê a utilização de suportes físicos em sala de aula. Destaca-se que, assim como nos outros momentos históricos, a escola assume a responsabilidade de solucionar os problemas e as necessidades geradas pelas mudanças na sociedade, além de formar ou capacitar os indivíduos conforme os desafios exigidos pelo contexto histórico ao qual estão inseridos.

Há ainda a forte tendência de utilizar a escola como local de homogeneização cultural das populações menos favorecidas (VEIGA, 2008). Em 1835, se estabelece a normalização da instrução para toda a província e o ato de frequentar a escola assume caráter obrigatório. Porém, os filhos das elites não são encaminhados às escolas públicas, estudavam em casa, através de orientadores particulares, pois, segundo Almeida, “seus pais têm, mais ou menos, o preconceito de cor ou porque temem e, com razão, pela moralidade de seus filhos” (1989, p.90). Em termos gerais, a escola deste período também assume o papel de transformar os indivíduos considerados “rudes” em um povo homogêneo capaz de conviver em uma sociedade civilizada conforme os padrões da elite branca (VEIGA, 2008).

Na década de 1920, o movimento da Escola Nova começa a se consolidar e ganhar espaço de influência no que diz respeito as reformas da instrução pública que seguirão neste período do Brasil República (SAVIANI, 2005), evidentemente incentivado pelas transformações econômicas, políticas, sociais, culturais e educacionais no mundo que surgem com o fim da Primeira Guerra (LEDESMA, 2010). Ao longo das décadas que seguiram, o movimento escolanovista assume o ideal de uma escola socializadora e que centra o indivíduo no processo de sua aprendizagem. A este respeito, Anísio Teixeira destaca que a educação deve estar “traduzida no objetivo de preparar o indivíduo para se dirigir a si mesmo numa sociedade mutável” (1968, p.36), delineando os

ideais humanistas modernos que influenciaram o movimento. Adota o discurso de *educar para a vida* e busca inserir a ciência como base do progresso, confronta os fundamentos que norteiam a escola tradicional que se perpetuava, principalmente, no âmbito das escolas confessionais (KULESZA, 2002).

É importante ressaltar que em meio a esta tendência de reformular o ideário da educação, havia, no Brasil, a necessidade de consolidar uma identidade nacional, visto a recente ruptura do vínculo com Portugal. Quanto a isto, Nagle destaca, no âmbito da reforma educacional do estado de São Paulo em 1920, “ideário de republicanização da República de sua democratização, de elevação intelectual e moral das amplas camadas da população, de formação da consciência cívico-patriótica” (1974, p.192).

Neste cenário, a aprendizagem é tratada como a obtenção biológica de novos conhecimentos, integrados aos anteriores, que modificam as formas de agir e interagir com o ambiente ao seu redor, construindo uma reforma do fazer pedagógico que se preocupa com a evolução do conceito de aprender e com a preparação integral do indivíduo, de modo que ele possa acompanhar os avanços da sociedade (TEIXEIRA, 1968; SAVIANI, 2005). É neste contexto que a pedagogia renovadora ganha força na luta contra o analfabetismo e a miséria, além de destacar a importância de valorizar a diversidade cultural e a conscientização social e política no processo educacional (TEIXEIRA, 2015).

As reformas estaduais da década de 1920, visaram a reestruturação da educação brasileira, reivindicavam a educação popular, a melhoria do nível primário e a formação docente (LEDESMA, 2010). Evoluíram diferentemente em cada estado, fundamentadas pelos ideais escolanovistas, não se preocupam com a homogeneização dos currículos nacionais, mas demonstram preocupações em “alterar a tendência enciclopedista em vigor desde a reforma de Caetano Campos, além de propor a substituição do sistema intuitivo da ‘lição das coisas’ pelo método indutivo-analítico” (VEIGA, 2007, p.255), e também reforçam a atenção “com o aspecto micro pedagógico (o que acontecia na sala de aula, na relação professor-criança)” (HILSDORF, 2006, p.81). Segundo Ledesma, tais preocupações demonstram “a valorização da capacidade de pensar e de conhecer” (2010, p.61).

As mudanças educacionais trazidas pela Escola Nova, influenciada pelas marcantes características da sociedade iluminista moderna, apesar de encontrarem certa resistência por parte das escolas confessionais, ganharam destaque e espaço educacional e político, visto que os dois não poderiam ser dissociados. Na passagem da década de 50 para a década de 60 “intensifica-se o processo de mobilização popular, agitando-se, em consequência, a questão da cultura e educação populares” (SAVIANI, 2005, p.17), é sob este cenário, em sincronia com os fundamentos da pedagogia nova, que movimentos como o Movimento de Educação de Base (MEB) e o Movimento Paulo Freire de Educação de Adultos surgem.

Todavia, voltando-se ao cenário global, o mundo transitava entre o período pós Segunda Guerra e a iminência da Guerra Fria que incentivou a corrida militar e tecnológica. Neste sentido, o ensino de ciências na escola básica recebe significativos investimentos e estímulos para seu desenvolvimento (NASCIMENTO, 2010; SOUZA, 2019). As propostas educativas que surgiram nesse período possuíam caráter formativo rigorosamente centrado no método científico e o objetivo de formar pequenos cientistas que, além de suprir a carência de profissionais na área, pudessem acelerar o passo desta corrida tecnológica. Assumiram o lema “aprender fazendo” e atentaram-se a atividades embasadas puramente na racionalidade científica (STRIEDER, 2018). Esta perspectiva, por sua vez, transformou o ensino de ciências em uma exaustiva repetição de procedimentos experimentais que serviam apenas para confirmar conceitos e resultados previamente obtidos, sem levar em conta o processo de construção dos alunos que envolve o levantamento de hipóteses, a experimentação/investigação, a argumentação perante suas observações e resultados e quanto as conclusões, condizentes ou não, com suas perspectivas iniciais, ou sequer considerarem o contexto social e cultural dos quais aqueles conceitos estavam impregnados (FOUREZ, 2005).

A década de 1960 também é marcada pela radical mudança nos fundamentos que fomentavam os movimentos e a reestruturação da educação no país. Com o golpe de 1964, o governo passa a ser orientado sob ordens do grupo militar que, segundo Saviani, articula a educação sob uma perspectiva tecnicista e de base produtivista, inspirada na “teoria do capital humano” (2005,

p.18; SCHULTZ, 1973). Com o pressuposto de preparar indivíduos para atuar em um mercado em expansão e de acordo com os movimentos econômicos progressistas que buscavam a expansão da economia e o incremento da riqueza social e individual (GENTILI, 2002), a educação torna-se subjacente aos desígnios do mercado de trabalho e assume, por meio da pedagogia tecnicista, concepções puramente produtivistas (LEDESMA, 2010).

Outras consequências trazidas pelo posicionamento nacionalista ditatorial deste período da história do Brasil se fizeram marcantes, como o acaloramento da oposição entre escola pública e escola privada, a interrupção de movimentos de educação popular e do plano nacional de alfabetização baseados nas ideias de Paulo Freire, a retirada da vinculação constitucional de recursos para a educação em 1967, bem como o desrespeito ao direito de cátedra, em que educadores deveriam alinhar seus posicionamentos ideológicos conforme os ideais do regime, sob condição de serem perseguidos, exilados ou até calados para sempre (TEIXEIRA, 2015, LEDESMA, 2010).

Amarilio Ferreira Júnior e Marisa Bittar, refletem quanto a estas consequências e quanto aos direcionamentos tomados pela educação brasileira no período da ditadura militar que vão para além da ideologia tecnicista e que repercutem até hoje no sistema educacional,

Há de se considerar ainda que a herança deixada pela ditadura militar repercute até hoje no sistema educacional brasileiro. Vários elementos que estrangulam, por exemplo, a qualidade de ensino da escola pública é remanescente das reformas educacionais executadas pelos governos dos generais-presidentes. Destacamos, a título de ilustração, dois aspectos significativos da condição de ser professor do ensino básico, na atual realidade brasileira, que deitam liames profundos na política educacional legada pelo regime militar: o processo aligeirado de formação científico-pedagógico e a política de arrocho salarial a que são submetidos. (FERREIRA, 2008, p.351).

A educação brasileira é o resultado de inúmeras medidas que, ao longo de sua história, foram a ela direcionadas. Para além dos pontos destacados por Ferreira (2008, p. 351) no parágrafo anterior, outros reflexos do período militar, em que o ensino foi utilizado como ferramenta ideológica estatal e foi

exclusivamente voltado para o desenvolvimento econômico sob perspectivas capitalistas e tecnicistas, são encontrados atualmente nas concepções do fazer pedagógico. Através de aulas expositivas, centradas na transmissão de conhecimentos e que objetivam a preparação dos alunos por um ensino profissionalizante voltado ao mercado de trabalho ou através de métodos e macetes, que enfatizam a despreocupação com a formação integral e que buscam a mera aprovação nos vestibulares, as nossas escolas continuam a exercer um papel que não mais condiz com as necessidades profundas da sociedade atual, dita pós-moderna.

Conforme Oliveira, o modelo pós-moderno indica a superação do racionalismo moderno e coloca-se como crítica radical dos argumentos apresentados pela modernidade a fim de justificar a fundamentação do conhecimento (2016, p. 176). Segundo Lopes, este movimento de afastamento da racionalidade científica atrelada às características do homem moderno com origem nos ideais Iluministas, é marcado a partir das barbáries do século XX – duas grandes guerras, holocausto, bomba atômica, genocídios de toda a espécie (2013, p. 15). Este sentimento de descrença nas ciências e na humanidade desacelerou o clima eufórico em relação aos avanços científicos (LIMA et. al., 2019), pondo em xeque a segurança e linearidade do mundo moderno baseado na razão iluminista (SENNET, 2004; GIDDENS, 2002; BAUMAN, 1998; HALL, 1998).

Novais define a pós-modernidade como a época, ou estilo de vida, em que há um questionamento e/ou rompimento com as noções clássicas de razão e identidade com as verdades absolutas (2016, p.117). Em um mundo globalizado onde a informação teve seu acesso ampliado e espaços de questionamento foram criados e incentivados, os locais hegemônicos ora ocupados pelo fazer científico puderem ser postos à prova (LIMA et. al., 2019). Contudo essa ampla rede de informações, fluída, mutável, de fácil e rápido acesso, por vezes sem crivos ou avaliações, contribui para o embaralhamento do conhecimento e das possibilidades que o indivíduo tem para trilhar seus caminhos, destacando uma vida social pós-moderna caracterizada por profundos processos de reorganização do tempo e do espaço (NOVAIS, 2016).

Lopes destaca algumas características gerais do pós-modernismo que vão de encontro às contribuições destes autores,

a incredulidade perante as metanarrativas de legitimação da ciência e da ação humana, com as suas pretensões atemporais, a-históricas, totalizantes e universalizantes: dialética do espírito (Hegel), emancipação do sujeito racional ou do trabalhador. Igualmente são colocados em crise conceitos como razão e, portanto, verdade e totalidade, bem como os conceitos de sujeito, progresso, espaço e tempo linear. (LOPES, 2013, p.16).

São estes indivíduos que sentam nos bancos escolares, enfileirados com seus uniformes, cadernos e canetas em mãos, aguardando o despejar de conteúdos pelo professor através do giz, da voz, do quadro. É contraditório esperar engajamento destes educandos ao dispô-los na contramão das tendências em que nasceram e cresceram, angustiados em uma sociedade de incertezas, imediatista e fluída, que está sempre em um eterno recomeço (NOVAIS, 2016).

Portanto, esta breve contextualização histórica da educação no Brasil não teve por objetivo findar as discussões acerca do assunto ou atentar-se aos pormenores do mesmo, mas sim evidenciar o panorama geral do posicionamento da escola ao longo de sua construção histórica como um reflexo da situação social, política e econômica a qual estava inserida.

A outra razão pela qual se realizou esta discussão, em consonância com a anterior, permeia a ideia de que a educação, a escola e os métodos adotados em sala de aula, não são neutros ou atemporais e, por isso, é preciso levar em conta a realidade daqueles em que os principais objetivos da instituição escolar deveriam estar centrados – os educandos.

Por outro lado, a situação atual da escola apresenta certa resistência a esta concepção. Verifica-se este cenário ao constatar-se que a racionalidade técnica, herdada do positivismo, as metodologias tradicionais, focadas na transmissão de conteúdos e no papel protagonista do professor, além do ensino tecnicista, que não se detém em estabelecer vínculos com o contexto social e busca formar indivíduos conforme os padrões capitalistas de produção, ainda

predominam na maioria das escolas (GOMES, 2002). Esta perspectiva de educação, baseada na visão moderna metafísica do mundo do século passado, contraria o que se espera da escola diante dos desafios trazidos pela pós-modernidade que, por sua vez, afasta-se do racionalismo ocidental moderno e constrói suas bases sobre os questionamentos, as incertezas e as indeterminações (OLIVEIRA, 2016). Uma sociedade que exige de seus estudantes, habilidades para ocuparem os espaços, cada vez mais escassos e exigentes, de modo que sejam capazes de encontrar e discutir soluções para problemas complexos, que possuem visões e posições distintas, até controversas, que se modificam e se adaptam constantemente e, por isso, necessitam de cidadãos perspicazes e resilientes.

Esta breve descrição do percurso tomado pela educação brasileira nos leva a refletir sobre estas problemáticas que gestores, educadores e educandos enfrentam atualmente e levanta dificuldades que estão enraizadas nos fundamentos da instituição escolar, reflexos de períodos históricos marcados pelo apoderamento do ensino como ferramenta de manipulação política e não como espaço de formação integral de cidadãos, conscientes e aptos a tomar posição frente ao mundo e seus desafios (FREIRE, 2005).

2.2 A crise na escola e no ensino de ciências

A escola enfrenta uma crise (MOREIRA, 2017; ARENDT, 2000) e os alunos, imersos a tantas possibilidades concebidas por um mundo fluído e globalizado, em que as informações são arremessadas aos montes, sem filtros ou análises muito criteriosas, estão cada vez mais dispersos e desinteressados, frequentam a escola apenas para “passar de ano”, não sendo capazes de reconhecer o real significado deste processo (CHARLOT, 2016).

Quando se remonta esta discussão a luz do ensino de física, a falta de interesse acentua-se ainda mais. Não que os jovens não reconheçam a importância da física ou das ciências. Ao contrário disso, enquetes mostram que eles a reconhecem como fundamental para os avanços da sociedade (FOUREZ,

2016), mas ainda assim a evitam. Ora por considera-la muito complexa, onde apenas os mais “geniais” obtém sucesso, ora por não encontrarem nas ciências um ensino que os ajude a compreender seu próprio meio.

O entorno perpassa pelo convencimento, mas não o convencimento em seu caráter de cedência, aceitação exaustiva ou pelo ato de ser convencido, mas sim com o sentido de estar convicto de algo. Ser capaz de transmitir a convicção de uma física contextualizada, que lhes permita sentir o prazer de compreender o funcionamento do mundo ao seu redor e que os motive a utilizá-la como ferramenta para criar e desenvolver criticamente novas tecnologias, deveria ser o objetivo de cada educador e instituição escolar. Deste modo, será possível deixar os estereótipos arraigados a tantos anos de um ensino de ciências tecnicista e formador de pequenos cientistas e, enfim, possibilitar o fazer científico crítico, fundamentado e acessível a todos.

Não são recentes os estudos que comprovam a situação emergencial a qual nosso planeta se encontra. Não somente a termos de aquecimento global, mas todo o viés exploratório e não sustentável a qual a sociedade tem se condicionado, em busca de maior custo-benefício segundo os princípios do capital. Esse cenário é um entre muitos que precisam ser discutidos com seriedade em sala de aula, não somente nas aulas de física ou ciências, mas em todas as componentes curriculares. Traz-se esta discussão, pois cada vez mais percebe-se o ensino de ciências desconectado da realidade em um momento histórico em que ele deveria estar o mais próximo possível do que se diz respeito a análise crítica dos próximos passos da humanidade, tal como apela a própria Organização das Nações Unidas (ONU) (Rio de Janeiro, 1992; Johannesburgo, 2002). A escola é a instituição onde os saberes podem ser discutidos e aprendidos com confiança em sua veracidade, um local que leve a refletir com seriedade e cientificidade os fundamentos das informações que chegam sob a forma de pós-verdades. Se faz necessário, para formar cidadãos conscientes, assumir o compromisso de levar estes saberes com a finalidade de desenvolver uma percepção correta dos problemas e de fomentar atitudes e comportamentos favoráveis para construir um desenvolvimento sustentável (CACHAPUZ *et. al.*, 2005).

Conectar os objetos de conhecimento propostos segundo os currículos escolares aos fatos que ocorrem no mundo, analisando de forma crítica e fundamentando os fenômenos observados, remete a uma alfabetização científica e tecnológica. Para que a alfabetização científica não seja confundida com a habitual transmissão de conceitos, sob a condição de que os alunos sejam capazes de calcular ou reconhecer os processos intrínsecos aos fenômenos estudados e exigidos em exercícios de fixação, é preciso aprofundar o que se espera para a consolidação deste processo em sala de aula.

Segundo o *National Science Curriculum Standards*, falar de alfabetização científica, supõe pensar num mesmo currículo para todos os estudantes (National Research Council, 1996), porém verifica-se a necessidade de levar em conta o meio ao qual determinado grupo de estudantes está imerso, implicando na flexibilização deste currículo e na preparação dos educadores ao aplicá-lo em sala de aula.

Conforme prevê Marco (2000, p.13) e é explicitado por Cachapuz (2005, p.22), este currículo científico precisa assinalar certos elementos comuns:

- Alfabetização científica prática, que permita utilizar os conhecimentos na vida diária com o fim de melhorar as condições de vida, o conhecimento de nós mesmos, etc;
- Alfabetização científica cívica, para que todas as pessoas possam intervir socialmente, com critério científico, em decisões políticas;
- Alfabetização científica cultural, relacionada com os níveis da natureza da ciência, com o significado da ciência e da tecnologia e a sua incidência na configuração social.

Ainda sobre isto, Cachapuz traz a perspectiva de Reid e Hodson (1993) quanto ao que se espera conter em uma educação voltada a alfabetização científica e ao currículo básico trabalhado por ela.

- Conhecimentos de ciência — certos fatos, conceitos e teorias;
- Aplicações do conhecimento científico — a utilização de tal conhecimento em situações reais e simuladas;

- Saberes e técnicas da ciência — familiarização com os procedimentos da ciência e a utilização de aparelhos e instrumentos;
- Resolução de problemas — aplicação de saberes, técnicas e conhecimentos científicos a investigações reais;
- Interação com a tecnologia — resolução de problemas práticos, ênfase científica, econômica e social e aspectos utilitários das soluções possíveis;
- Questões sócio-econômico-políticas e ético-morais na ciência e na tecnologia;
- História e desenvolvimento de ciência e tecnologia;
- Estudo da natureza da ciência e a prática científica — considerações filosóficas e sociológicas centradas nos métodos científicos, o papel e estatuto da teoria científica e as atividades da comunidade científica.

Os tópicos elencados como fundamentais para os dois autores, indicam, dentre outras necessidades, o enfoque em preparar os indivíduos para que possam exercer sua cidadania participando criticamente de decisões acerca de problemas sociais, científicos e tecnológicos que, segundo a tese democrática de Fensham (2002b) a respeito desta temática, tendem a se tornar cada vez mais complexos.

Enfim, iluminar a alfabetização científica sob holofotes na elaboração e planejamento das aulas de ciências, é um viés necessário a se levar em conta o enfrentamento da transmissão descontextualizada de conteúdos que gera repulsa e afasta os estudantes desta área do conhecimento humano.

Discutir e buscar alternativas que contribuam para a quebra de paradigmas que vem se perpetuando e transformando o ensino de ciências em uma mera transmissão de saberes científicos é imprescindível. Porém, é de se perceber que esta situação no ensino de ciências é decorrente também do crítico cenário em que a instituição escolar e o papel que ela desempenha na sociedade contemporânea se encontra atualmente.

Segundo Novais (2016, p.116), a escola não pode mais ser a mesma criada no século XIX, e acrescenta que ela ainda não consegue se reconstruir como uma instituição que representa e reproduz a sociedade atual, este cenário

em que a instituição escolar se encontra demonstra a crise em que ela está vivenciando e precisa ser encarada, uma vez que ainda é delegado a ela um espaço fundamental na sociedade, o de agente formador de cidadãos.

Se entende por formar cidadãos o processo que prioriza o humano como centro de suas aprendizagens e que, por sua vez, estas aprendizagens abranjam os conhecimentos técnicos, sociais, artísticos, científicos, literários, éticos, entre outras áreas desenvolvendo por meio destes uma visão crítica, construída na diversidade da comunidade escolar.

Em concordância com Novais, Saviani (2011, p.8) reforça que a educação é inerente ao processo de desenvolvimento humano. A escola, por sua vez, surge no contexto das sociedades de classes, como privilégio das elites. No século XIX houve, devido ao cenário econômico trazido pela revolução industrial, a necessidade de formar um grande número de trabalhadores. Esta urgência em difundir conhecimentos básicos a fim de preparar a mão de obra industrial conforme a visão conservadora da burguesia, gera a necessidade de construir uma escola normalizada que fosse centrada em conhecimentos técnicos, organizada em níveis hierárquicos, regras claras e sob controle do Estado. Porém, este sistema não poderia ser único, visto que um deveria ter o caráter técnico e básico, ao proletariado, enquanto o outro possuiria um caráter formativo, à elite da época. Um, para formar o dirigente, outro, nos limites da formação de mão de obra para suficientemente ser capaz de compreender as regras estabelecidas pelos dirigentes (Saviani, 2011).

Em consonância com esta discussão, Saviani (2011, p.10) traz em destaque que a crise atual da escola passa pelo acirramento dessa divisão e que ao trabalhar o conceito de uma escola unitária, estará a se trabalhar o cerne da crise atual da escola (Machado, 2003). Ao que se refere o significado da escola única, trazido por Saviani (2011, p.11) e fundamentado nas ideias de Marx e Engels, deve ser aquela que busca trabalhar aquilo que é o legado da humanidade, possibilitar a apropriação desse legado por todos, com a consciência de que, numa sociedade de classes, essa é uma luta constante.

Um reflexo da escola do século XIX, que se perpetua ao analisar o cenário desta instituição na contemporaneidade é, obviamente, a bifurcação dual que ela

assume quanto a sua missão. Segundo Libâneo (2012, p.16), num extremo, está a escola assentada nos conhecimentos, na aprendizagem e nas tecnologias, voltada aos filhos dos ricos e, em outro, a escola do acolhimento social, da integração social, voltada aos pobres e dedicada, primordialmente, a missões sociais. A visão do autor, não deixa de corroborar a perspectiva anterior, porém nesta concepção, a escola voltada às classes marginalizadas, assume uma roupagem mais humana que visa apenas o assistencialismo enquanto a escola para as elites busca formar para o conhecimento e para a cidadania. António Nóvoa (2009, p.69), a este respeito, aponta esta polarização.

Um dos grandes perigos dos tempos atuais é uma escola a “duas velocidades”: por um lado, uma escola concebida essencialmente como um centro de acolhimento social, para os pobres, com uma forte retórica da cidadania e da participação. Por outro lado, uma escola claramente centrada na aprendizagem e nas tecnologias, destinada a formar os filhos dos ricos. (Nóvoa, 2009, p. 64).

Ressalta-se que o papel socializador da instituição escolar faz parte do processo de construção e formação integral do indivíduo e que esta deve assumir certo grau de responsabilidade perante esta necessidade. Porém, conforme Ana Maria Cavaliere (2007, p.1022), a situação da escola pública brasileira não permite que ela seja realmente eficiente ao desempenhar este papel, como, por exemplo, são as escolas de elite. A autora ressalta também, que a escola pública vive uma grande confusão em relação à sua própria identidade, retratando a perspectiva da crise em que se encontra. A escola está sendo obrigada a abarcar e fazer muito mais do que o ensino de conteúdos escolares, sem ao menos ter os recursos mais essenciais, sejam eles físicos, de pessoais ou emocionais, para desempenhar este papel.

Os problemas que antes eram exteriores à escola, agora passam a ser absorvidos por ela. Com o declínio de outras instituições que pressupunham assumir responsabilidades como: regras de convivência social, as “boas maneiras”, o respeito ao próximo, a supervisão de lição de casa, etc. (Donatelli, 2007; Justo, 2006), a escola se encontra em uma situação paradigmática, em que é obrigada, no espaço de tempo que possui, conciliar as exigências que se

espera para indivíduos formados e preparados a conviver em uma sociedade em permanente mudança, que foge dos parâmetros institucionalizados do século passado, com cidadãos amparados emocionalmente que apresentam inteligência emocional consolidada e ainda embasados de conhecimentos matemáticos, sociais, científicos e humanos que os projete para o competitivo futuro que os aguarda (Novais, 2016; Justo, 2006; Outeiral e Cerezer, 2005).

É nesta sobrecarga de exigências que a escola busca desenvolver aprendizagens, concebendo uma preocupante situação de encurtamento dos currículos escolares e da superficialidade dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital, contrariando o que pressupõe a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – documento federal que prevê a padronização das aprendizagens essenciais dos alunos em todas as escolas do país – em sua primeira competência geral, o conhecimento (Brasil, 2015). Conforme alerta Torres, as necessidades básicas de aprendizagem transformaram-se num pacote restrito e elementar de destrezas úteis para a sobrevivência e para as necessidades imediatas e mais elementares das pessoas (2001, p.40).

Em termos mais gerais, a escola, ao assumir todas estas responsabilidades, é posta em uma situação de xeque em seu foco de atuação, pois é ansiado que ela seja capaz de fornecer à sociedade atual suporte emocional, cognitivo, assistencial e outros ainda não tão explícitos, corroborando a ideia de que nem mesmo a escola, nem mesmo a sociedade compreendem, exatamente, qual deva ser o papel desta instituição nos tempos em que se encontra inserida. Esta crise gera defasagem na eficácia e na profundidade do que é proposto pela escola pública, resumindo o conhecimento a um kit de informações básicas, normalmente descontextualizadas, com o intuito de preparar o educando minimamente para o mercado de trabalho. Para Jonh Dewey (1959), esta postura da escola discorda do posicionamento de uma educação realmente democrática, segundo ele,

Uma sociedade é democrática na proporção em que prepara todos os seus membros para com igualdade aquinhoarem de seus benefícios e em que assegura o maleável reajustamento de suas instituições por

meio da interação das diversas formas de vida associada (Dewey, 1959, p.106).

A situação dual que a escola foi colocada, em que de um lado está a escola assistencialista, de outro a escola focada nos conhecimentos, é justificada em razão da fragmentação da sociedade em classes sociais e de seus interesses pessoais, conforme Dewey, enquanto esta situação persistir continuaremos a conviver com dois tipos de educação: uma que serve mais para o ensino de atividades mecânicas ou treinamento para o trabalho mecanizado e desumanizador, e outra, destinada ao exercício da inteligência e da razão, reflexos do processo de construção histórica da educação brasileira. A saída para a ressignificação do papel da escola dentro da sociedade pós-moderna, deve consolidar-se no objetivo de contribuir significativamente para o desenvolvimento democrático em todas as áreas do conhecimento e que para Dewey, isto só será possível quando em uma sociedade todos tomem parte em serviços de utilidade prática e todos desfrutem nobres ócios (1959, p.282). Sobre isto, Schmidt acrescenta que entende pois, como imoral um sistema de educação que visa unicamente habilitar o indivíduo para o trabalho, fazendo que suas ações façam parte apenas dos objetivos de outrem (2009, p.143).

O processo educacional deve ser transformador, deve ser igualmente preparador de pessoas através de pessoas para um mundo feito de pessoas. Deve atender às necessidades e trabalhar em busca de uma sociedade democrática, que só pode ser construída, verdadeiramente, através de uma educação humanizadora, inclusive, sobre isso, Dewey ratifica a ideia de que a revolução que ele propõe para a sociedade é, justamente, uma revolução educacional que assume a escola como local de reconstrução constante de experiências e que prepara para uma civilização em perpétua mudança, somando as duas grandes vertentes que, segundo ele, moldam o mundo – democracia e ciência (Teixeira, 1978).

De acordo com esta visão de escola como espaço de preparação para uma sociedade não linear e não permanente estão as características do momento social, cultural e histórico da pós-modernidade ou modernidade reflexiva que, segundo Novais, é a expressão crítica do esgotamento do modelo

de pensamento baseado na racionalidade ocidental e na razão iluminista (2016, p.117). Este momento sócio histórico no qual estamos situados já se faz presente no cotidiano e na vida em sociedade, apresentando-se através de características que traduzem a fluidez como consequência de um mundo globalizado e conectado, onde informações e bens são constantemente atualizados, aprimorados e substituídos e a mobilidade torna-se palavra-chave, permitindo que as pessoas possam mudar quando for necessário, seja por razões intrínsecas ou extrínsecas a elas (Bauman, 1998).

Em contrapartida a escola atual ainda não se encaixou no que se espera de uma instituição pós-moderna, ela, em essência, ainda se apresenta sob os parâmetros modernos e positivistas, desde a sua organização espacial até a pedagógica (Outeiral e Cerezer, 2005; Arroyo, 2014). O mundo pós-moderno avança constantemente a grandes velocidades, enquanto a escola ainda se debate a compreender seu papel neste mesmo mundo, isto a torna lenta e segmentada. Segundo Novais, quando as influências da pós-modernidade entram em contato com as visões ideológicas modernas ainda defendidas pela escola em muitos momentos, há um choque de visões que se apresenta como a crise de paradigmas na qual a instituição escolar se encontra (2016, p.122). Os resultados e as mudanças geradas por este momento parecem obscuros aos profissionais envolvidos com o fazer pedagógico, apesar de reconhecerem a sua existência e se depararem com situações que indicam esta nova visão de mundo.

É preciso reorientar e ressignificar o fazer pedagógico em profundidade, abrir vãos que possibilitem a entrada dos choques e das dúvidas trazidas pelo encontro de dois momentos históricos, pela mudança de postura social e pelas rupturas de equilíbrio, de modo a perceber a escola como ambiente propício também ao caos e às discussões críticas, pois não somente na ordem e na estabilidade que surge a aprendizagem (Outeiral e Cerezer, 2005).

Ressalta-se com devida importância que a sociedade atual está em um período de transição (moderno ao pós-moderno) e muitos pilares que sustentavam a fase anterior ainda se perpetuam e fundamentam valores imprescindíveis que prezam pela proximidade dos relacionamentos, destoando da excessiva dispersão e solidão do homem pós-moderno. Portanto, conforme

Novais, não se trata de abolir ou eliminar todas as características da modernidade existentes nesta instituição, mas abrir espaços para o novo (2016, p.130).

A escola não é um ambiente inerte ao que ocorre na sociedade e, por isso, deve reconhecer as necessidades do momento histórico e posicionar-se perante elas, sendo um espaço criador de condições que formam e fortalecem educandos cientificamente, tecnologicamente, humanamente e politicamente. Para tal, não basta criar apenas ferramentas que mascaram a crise de paradigmas a qual ela se encontra, mas sim buscar coletivamente um novo sentido para esta instituição. É perante este cenário que a discussão acerca da crise no ensino de ciências e na escola foi trazida, pois acredita-se que o produto educacional, precisa ser aplicável para a imediata situação em que a escola se encontra, porém, não deve negligenciar a necessidade de ressignificar o papel da escola em uma sociedade onde a informação é cada vez mais veloz e fluída e os valores e interações sociais cada vez mais rasos. Assim, ainda quanto aos nortes problematizadores deste trabalho, pretende-se discutir a seguir os reflexos da crise no ensino de ciências e da escola na situação da física moderna e contemporânea no ensino básico regular, visto ser a área a que cabe esta proposta.

2.3 A situação da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

É marcante a frase de William Thomson (1824-1907), ao final do século XIX, que retrata a física como “um céu azul, com algumas nuvens no horizonte”, corroborando uma visão ingênua de que esta ciência estava completa e que não haveria novos grandes avanços em seu âmbito. Contrariando estas expectativas e sem prender-se a uma data específica que possa representar um marco inicial, a FMC surge com grande impacto e produção de conhecimento ao longo do século XX. O físico alemão, Max Planck (1858-1947) apresenta uma hipótese ao problema da radiação do corpo negro. Albert Einstein (1879-1955), outro notável físico da época, inspirado pelas ideias levantadas por Planck e motivado a solucionar problemas experimentais, traz uma nova interpretação à relatividade

proposta por Galileu Galilei (1564-1642) e para a ideia de espaço-tempo como uma entidade unificada de Isaac Newton (1643-1727), bem como retoma a característica corpuscular da luz, como explicação ao efeito fotoelétrico, alicerçado pela hipótese de quantização da energia (EINSTEIN, 1905).

Ao tomar alguns, dentre os vários exemplos onde a FMC está inserida, evidencia-se a sua aplicabilidade em diversas áreas e contextos, informática, medicina, astronomia, etc. o que expõe a sociedade a cenários onde estes efeitos ocorrem cotidianamente. Perante este momento histórico, onde as tecnologias se apresentam com tanta relevância na sociedade contemporânea, é de fundamental importância retomar as discussões que incentivem uma consciência crítica e consciente a respeito de seu uso (MARTINS, 2011). Diante disso, reconhecer os fenômenos que as compõem e compreender os conceitos que sustentam seus funcionamentos é essencial para a formação integral da cidadania.

Porém, o que se percebe ao analisar os currículos escolares de física ao longo do ensino básico é que muito pouco é abordado sobre as temáticas compreendidas da FMC (TERRAZAN, 1992; OSTERMANN, 2016). Não há um único fator que resuma as razões para a escassez destes conceitos dentro do ensino básico, bem como não é um problema que tenha uma solução trivial, pois é um contexto que envolve diversos elementos interiores e exteriores ao espaço escolar. Algumas razões perpassam pela defasagem destes conteúdos na formação docente, a quantidade limitada de materiais de apoio de qualidade voltados a FMC para o ensino médio, a quantidade restrita de períodos de aula semanais para se abordar um currículo denso, o ensino voltado aos exames de vestibular, bem como a impactante crise no ensino de ciências que engessa os educadores em uma metodologia tradicional os fazendo esquecer que a FMC deriva de uma construção científica e, portanto, comunica-se constantemente com diversos tópicos da física clássica, por exemplo (TERRAZAN, 1992; OSTERMANN e MOREIRA, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2007; PEREIRA e OSTERMANN, 2009; SIQUEIRA 2012).

Ao tomar os currículos de física usualmente aplicados no ensino básico, percebe-se que o enfoque está em tratar dos tópicos compreendidos entre os anos de 1600 a 1850 (TERRAZAN, 1992), período marcado por significativos

avanços na mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo, temas centrais do que denominamos por física clássica. Não que estes assuntos não sejam de fundamental relevância para o desenvolvimento do pensamento e da alfabetização científica dos educandos. Porém, é preciso reconhecer, que determinados fenômenos descritos segundo esta perspectiva, estão incompletos ou assumem caráter condicional, sendo que só podem ser, sob tal perspectiva, explicados quando se assumem determinadas condições especiais. Para Fischler e Lichtfeldt (1993), não abordar os tópicos de FMC em busca de sanar estas incompletudes deixadas pela física clássica, podem criar obstáculos à aprendizagem de conceitos que explicam determinados fenômenos.

A FMC pode ser abordada com diversos viés, desde os mais superficiais até os mais elaborados e sustentados por uma matemática bastante complexa. Traduzir ao ensino médio exige domínio e preparo dos educadores perante estes assuntos, visto que é preciso discuti-los sem assingelar demais seus conceitos, mas também os tornando acessíveis aos jovens. Assim, recaímos sobre os cursos de formação de professores, que apresentam dificuldades em preparar os educadores para lidar com estes temas, seja por falta de embasamento teórico, seja por falta de orientação pedagógica, deixando-os desamparados de ferramentas e argumentos didáticos capazes de contextualizar e de simbolizar conceitos que são significativamente abstratos (MACHADO e NARDI, 2003).

Esta dificuldade é atenuada pela defasagem encontrada nos materiais de apoio ao professor, como os livros didáticos que, por horas, trazem a FMC como tópicos simplificados ou descontextualizados, gerando insegurança para abordar estes assuntos. Quanto a estas dificuldades, Ostermann e Moreira (2000, p.11) salientam que,

É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis. (Ostermann e Moreira, 2000, p.11).

Atualmente as escolas do país, em sua maioria, contam com dois a três períodos de física por semana no ensino médio. Com um currículo bastante denso e baseado em modelos estrangeiros, que excluem a física desenvolvida no último século (TERRAZZAN, 1992), atesta-se que não há tempo para discutir a FMC com as turmas privando os educandos de a compreender como um empreendimento humano (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge como a proposta de padronizar o currículo da educação básica nacional e contribuir para maior dinamismo e independências das escolas quanto as abordagens em cada área do conhecimento, sob a justificativa de atender as necessidades de cada região do país. Voltando-se à etapa do Ensino Médio, está organizada em quatro grandes áreas do conhecimento – matemática e suas tecnologias, linguagens e suas tecnologias, ciências humanas e sociais aplicadas, ciências da natureza e suas tecnologias e formação técnica e profissional – e define como finalidade para esta etapa,

Garantir a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental é essencial nessa etapa final da Educação Básica. Além de possibilitar o prosseguimento dos estudos a todos aqueles que assim o desejarem, o Ensino Médio deve atender às necessidades de formação geral indispensáveis ao exercício da cidadania e construir “aprendizagens sintonizadas com as necessidades, as possibilidades e os interesses dos estudantes e, também, com os desafios da sociedade contemporânea”. (BNCC, 2017, p.464).

Para atingir estes objetivos, as áreas do conhecimento foram dispostas conforme competências e habilidades específicas. Ao analisar estas diretrizes em busca de elementos da FMC dentro da ciência da natureza e suas tecnologias, pouco foi encontrado, apenas duas habilidades fazem menções diretas sobre radioatividade e o princípio da incerteza, e duas referem-se à matriz energética do país, onde, energia solar e nuclear, poderiam ser abordadas.

Apesar do discurso de incentivo a autonomia das escolas e municípios na construção e adaptação de seus currículos, percebe-se que é pobre o que se

remete à FMC para o ensino médio, delegando ainda mais responsabilidade aos educadores em tentar abordar esta área tão atual e significativa para a formação geral ao exercício da cidadania dos jovens.

Mesmo diante das dificuldades enfrentadas no intento de inserir uma física atual e correlata ao dia-a-dia dos jovens, a introdução destes conceitos no ensino médio contribuiria para preencher a lacuna provocada por um currículo de física desatualizado e descontextualizado (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Ainda, neste sentido, Ostermann e Moreira (2000, p.391) argumentam que:

- A FMC é capaz de despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano;
- Os estudantes ouvem falar em temas como buracos negros e *big bang* na televisão ou em filmes de ficção científica, mas nunca nas aulas de física.
- O ensino de temas atuais da física pode contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, superando a visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de física.

Propor metodologias que supram a carência de tempo e permitam inserir integralmente estes conceitos torna-se imprescindível. Percebe-se que os conceitos de FMC podem, ao invés de serem estudados separadamente ao final do ensino regular, ser inseridos ao longo dos três anos do ensino médio, visto que muitos podem ser trabalhados concomitantemente ou sequencialmente a determinados assuntos da própria Física Clássica.

Os conceitos usualmente discutidos na primeira série do ensino médio sobre cinemática são casos especiais da relatividade, em que a velocidade dos corpos é muito menor que a velocidade da luz. Na segunda série, ao introduzir os conceitos de óptica, constrói-se um cenário interessante para discutir a natureza dual da luz. Na terceira série, é possível aliar a prática de circuitos com componentes elétricos que tem seu funcionamento atrelado ao efeito fotoelétrico. Enfim, são diversos momentos do currículo regular em que a FMC pode ser introduzida de modo contextualizado e exigindo menor demanda de tempo.

Assim, é possível abarcar estes fenômenos de modo conceitual e acessível aos educandos, levando-os a compreender o funcionamento de mecanismos e equipamentos que eles convivem em seu cotidiano, contribuindo para a alfabetização científica e possibilitando aos educadores uma alternativa à inserção da FMC no trabalho com as habilidades e competências sugeridas pela BNCC.

É diante deste cenário, consequente de uma conjuntura política, social, cultural e histórica a que nos cabe, que se pretende na próxima seção, discutir a abordagem e as teorias da aprendizagem que fundamentam o ensino de ciências por investigação e a gamificação, que traz elementos característicos capazes de preparar os estudantes segundo as exigências da pós-modernidade e os colocam no centro de sua aprendizagem. Além de possibilitar o caminho de uma aprendizagem ativa que facilite a abordagem da FMC em conjunto com determinados conceitos da física clássica.

2.4 O Ensino de Ciências por Investigação e a Aprendizagem Significativa: Uma roposta pedagógica centrada no educando

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) constitui uma abordagem de ensino que já assumiu diversos caracteres e funções nos espaços escolares ao longo da história da educação (ZOMPERO, 2011). Fazendo memória, o EnCI começou a afirmar-se logo quando as disciplinas de ciências passaram a integrar os currículos, no século XIX (DEBOER, 2006). No início do século XX, dentre as diversas discussões em pauta sobre como ensinar ciências, viu-se o EnCI enraizar-se sob a perspectiva da corrente filosófica de Jonh Dewey, que defendia o ensino de ciências nas escolas como oportunidade de formar cidadãos, observadores e questionadores, pertencentes a uma sociedade democrática (BYBEE e DEBOER, 1994), condizendo com as bases para esta abordagem sob o contexto deste período histórico. Não obstante, o EnCI também já se representou sob um viés tecnicista, onde o intuito para as ciências nas escolas era formar cientistas, centrados na produção de respostas às necessidades da sociedade (industrialização e desenvolvimento tecnológico), o ensino dos

processos científicos mostrava-se mais significativo que o ensino dos próprios conceitos (LEITE, 2001).

Em determinados momentos, a utilização ingênua do ensino por investigação, reforçou a visão da ciência como um produto finalizado e inerte ao meio social e período histórico. Consequência recorrente da reprodução dogmática do método científico como método pedagógico para se ensinar ciências nas escolas, sob a justificativa de que estava a se perder o rigor acadêmico científico (DEBOER, 2006). Porém, é no advento da sociedade pós-moderna, que os fundamentos para a abordagem por investigação são retomados e, em um mundo de respostas prontas, uma postura que visa desenvolver a capacidade de questionar e buscar soluções conscientes e cidadãs para estas questões torna-se um caminho viável e necessário para o ensino de ciências (ANDERSON, 2007; GALVÃO *et. al.*, 2006; BYBEE, 1997).

Diante disso, é preciso discutir quais as perspectivas que estruturam a abordagem por investigação e que consolidarão a visão arraigada a este trabalho, visto que estas já perpassaram por diversos significados no decorrer de seu percurso histórico e que, mesmo em tempos atuais, apresentam uma grande diversidade de definições, na tentativa de fundamentá-lo e de estabelecer seus procedimentos e objetivos na formação cidadã (ABD-EL-KHALICK *et al.*, 2004; ANDERSON, 2002; BARROW, 2006; COUSO, 2014; DEBOER, 2006; HODSON, 1994; MUNFORD e LIMA, 2007; REYES-CÁRDENAS e PADILLA, 2012; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Conforme Baptista, o conceito de ensino por investigação é tratado pelos pesquisadores do tema sob diferentes pontos de vista que, por vezes se relacionam com o ato da atividade científica, ou o associando à resolução de problemas ou o caracterizando através dos processos científicos, destaca também que há autores que englobam mais do que uma destas perspectivas (BAPTISTA, 2010). As diferentes ênfases dadas ao EnCI são justamente heranças herdadas da caminhada histórica que esta abordagem traçou ao longo de sua construção.

O constructo histórico, pedagógico e epistemológico que as diversas definições para o EnCI formaram, devem-se pela contribuição de diversos autores em diferentes momentos (BAPTISTA, 2010). Ao analisar estes contributos e a argumentação trazida por estes autores, percebe-se que seria

inviável escolher uma única visão em detrimento das outras, ora por que, em muitos casos, elas são complementares, pois todo o conhecimento surge de uma construção, ora por acreditar que as práticas pedagógicas precisam ser flexíveis, permitindo que os educadores sejam capazes de adaptá-las conforme o contexto que pretendem inseri-la, visto que cada escola, cada turma, cada indivíduo em uma sala de aula, possui seus próprios cernes e que, diante disso, adotar uma única linha de visão seria limitar o alcance do EnCI e deste produto educacional.

Reuniu-se as características marcantes dos trabalhos realizados por autores que escreveram sobre esta abordagem, bem como as que interpolam entre si e com a justificativa que se busca a este produto educacional – buscar uma abordagem pedagógica que respeite o momento histórico em que vivemos e que centre no educando o papel e a responsabilidade pela sua construção intelectual, integral e cidadã através da educação. A partir dos aspectos mencionados pelos autores percebe-se que é comum a ideia de que o EnCI tem seu enraizamento nos questionamentos, na busca de soluções para um problema em aberto na realidade do aluno e no grau de liberdade intelectual dos jovens (CARVALHO, 2018).

É possível e provável, em uma abordagem por investigação, que o problema proposto já tenha uma resposta, porém para os alunos ao qual se está apresentando tal proposta, os resultados podem ainda estar no campo do desconhecido. Além de que, é imprescindível criar questionamentos mesmo quando os alunos obtêm uma conclusão perante a problemática, visto que a ciência não possui caráter de produto pronto ou finalizado e que, obter a resposta para uma situação, apenas abre campo para outras novas situações.

Outro aspecto relevante a se destacar é que o ensino de ciências não deve estar voltado exclusivamente para a busca de uma resposta satisfatória, que resume, organiza e conclui um problema, mas sim interessado no processo que o educando realizou para alcançar tal conhecimento. Ao utilizar a abordagem por investigação, o educador deve estar atento a este processo, ao caminhar dos educandos e às conexões que estão desenvolvendo entre o que já conhecem e aquilo que tem potencial para conhecer. Isto nos revela que, apesar do educando ser o protagonista de sua aprendizagem e a prática deva incentivar sua autonomia, o educador é peça fundamental neste processo, pois

é ele que introduz, instiga, ouve, questiona e media todo o caminhar do aluno. É sob esta perspectiva do papel do educador que se evita cair na concepção do educador como motivador e estimulador da curiosidade, o papel pedagógico deste profissional vai muito além de animar uma torcida para determinada ação, assim como será discutido ao longo deste capítulo, o EnCI e as teorias da aprendizagem que o sustentam, centraliza o educador como o agente mediador do processo com funções promotoras e potencializadoras da aprendizagem.

Ao elaborar uma prática sob a abordagem do Ensino por Investigação, é preciso oportunizar aos alunos momentos de negociação. Esta, por sua vez, envolve a capacidade de argumentar, expor e discutir ideias, ouvir e refletir sobre as colocações trazidas por seus pares e pelo educador, além de levá-los a compreender que a ciência é construída em comunidade e que a comunicação é um processo essencial para esta construção (SCHWARTZ e CRAWFORD, 2006). Nesse contexto, ressalta-se que durante as práticas, o educador tome atenção aos diversos meios de comunicação que podem ser utilizados no fazer científico, desde o oral até o escrito, para que os alunos tenham acesso e conhecimento acerca dos processos de construção das ciências (LONGINO, 2002) e percebam que, apesar de estarem sob regras e condicionamentos, a comunidade científica é acessível a todos que estiverem dispostos a colaborar. Segundo Abell e McDonald (2006) em consonância com a definição de Carvalho (2018), um ensino por investigação envolve os alunos no fazer, pensar, falar, ler e escrever sobre ciência. É assim que se pode verificar a preocupação em alcançar a construção conceitual através de procedimentos e dos métodos científicos através da argumentação e da análise crítica, que se entende por aquela que considera em suas ponderações o contexto científico, tecnológico, social e ambiental (SASSERON, 2018; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e CRUJEIRAS, 2017; OSBORNE, 2016).

Após apresentar algumas premissas assumidas pelas diversas concepções arraigadas ao ensino por investigação, acredita-se que este se apresenta como uma abordagem didática que pretende, assim como defende Carvalho, levar os alunos a pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento, falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos, ler, entendendo criticamente o conteúdo lido e escrever, mostrando

autoria e clareza nas ideias expostas (2018, p.766). Além de desenvolver a alfabetização científica que, segundo Sasseron, é entendida como a possibilidade de os indivíduos construírem entendimento sobre situações de sua vida, que envolvam conhecimentos de ciências (2018, p.1066) (BYBEE e DEBOER, 1994).

Entende-se que o Ensino por Investigação seja um caminho potencialmente significativo para alcançar os objetivos da alfabetização científica. Através de um problema devidamente elaborado e contextualizado, os alunos podem refletir, manipular, discutir e reconhecer que a construção do conhecimento científico, atrelado aos métodos e a investigação, podem trazer respostas a situações de seu cotidiano (SASSERON, 2013). Além disso, despertar o espírito investigativo nos alunos permitirá a eles desenvolver a criticidade das ciências, tornando-os cidadãos conscientes e capazes de questionar as informações as quais são constantemente bombardeados perante as urgências da pós-modernidade.

Segundo Ana Maria Pessoa de Carvalho, as sequências de ensino investigativas podem ser o conjugado de diferentes atividades investigativas que utilizem de distintos recursos e ambientes pedagógicos e que tenham por finalidade desenvolver saberes científicos. A autora destaca também que “a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema” (2018, p.767). Estes dois cuidados levantados por Carvalho podem ser tomados como alicerces para o planejamento de uma atividade investigativa. Visto que, é através de um problema devidamente elaborado que os educandos serão estimulados a desenvolver suas próprias linhas de raciocínio em busca de hipóteses e possíveis soluções. Porém, ele só estará confortável para desenvolver seu raciocínio, caso o conjunto atividade-educador-ambiente oferecer um grau de liberdade favorável para que este processo de construção ocorra.

A fim de caracterizar os modelos metodológicos passíveis de serem postos em execução em atividades investigativas, Carvalho (2018, p.768) aponta quadros que organizam os diferentes graus de liberdade intelectual proporcionados pelo educador aos seus educandos. A seguir (quadro 2.1)

aponta-se os distintos graus que podem ser proporcionados em uma atividade experimental, baseado em um dos quadros organizados pela autora.

Quadro 2.1 – Grau de liberdade de professor (P), alunos (A) e classe (C) em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/C	A/P/C	A/P/C	A/P/C

Fonte: CARVALHO, RICARDO, SASSERON, ABIB e PIETROCOLA, 2010, p.55.

O quadro 2.1 serve de modelo para exemplificar os distintos graus de liberdade que uma atividade experimental pode assumir. A primeira coluna, grau 1, remete-se ao ensino tradicional, centrado no educador, pois é este que assume o papel de orador na maior parte dos momentos pedagógicos da atividade. Neste modelo de ensino, costuma-se disponibilizar ao educando um roteiro experimental que apresenta o problema científico e os objetivos do experimento, um referencial teórico (que normalmente já foi explanado pelo educador em aulas anteriores), a sequência de passos experimentais que devem ser seguidos para que se possa confirmar as hipóteses previamente levantadas pelo educador e algumas questões de extração e análise de dados. As atividades de grau 1 de liberdade não criam um ambiente que valorize o erro e a discussão de hipóteses, bem como afasta a atividade científica da realidade do aluno, contribuindo para que os educandos desenvolvam uma concepção elitista, atemporal, descontextualizada e meramente confirmativa da ciência.

O grau 2 de liberdade intelectual dos educandos ainda se refere, segundo Carvalho, “a um ensino diretivo, mas com um professor mais aberto e participativo. Nesta situação, apesar das hipóteses e o plano de trabalho serem apresentados pelo professor, eles são discutidos com os alunos” (2018, p.768).

Neste modelo os educandos contribuem na construção do processo de experimentação, mas ao final da discussão, quem define as diretrizes ainda é o educador.

A autora considera que, a partir do grau 3, a atividade poderá ser enquadrada como investigativa, pois delega ao educando maior responsabilidade de construção, experimentação e análise de hipóteses. Na terceira coluna as hipóteses são sugeridas pelo educador, porém discutidas com os educandos e, como consequência desta discussão, o plano de trabalho é apontado pelo educando sob supervisão do educador.

A quarta coluna, representa uma atividade investigativa de elevado grau de liberdade e conforme destaca Carvalho, “é destinada a classes que já estão acostumadas com o ensino por investigação, pois exige um nível de maturidade maior” (2018, p.768). Assim, o educador propõe o problema e os educandos devem levantar hipóteses e buscar as devidas validações ou refutações. Ao contrário dos graus 1 e 2, os educandos são estimulados a desenvolver seus próprios raciocínios e não apenas seguir ou reproduzir o caminho indicado pelo educador. Por fim, as conclusões são discutidas no grande grupo e há espaço para a inexatidão de resultados e para discutir o contexto teórico que serviu de gatilho para o problema disparador, levando assim a transcendência do senso comum para o saber científico. Conforme Carvalho, “o problema deve estar relacionado ao contexto teórico estudado e as conclusões devem levar a uma visão mais profunda da teoria” (2018, p.768).

A autora dirige-se ao grau 5 de liberdade intelectual como uma atividade investigativa rara de ser encontrada no ensino básico, destacando que eventualmente pode ser encontrada em feiras de ciências (CARVALHO, 2018). Este grau, parte de um problema proposto pelo próprio educando e o estudo de hipóteses e procedimentos são dirigidos por ele, o educador, por sua vez, tem o papel de mediar este processo e orientar o educando durante suas construções e análise de resultados em busca de soluções.

O segundo alicerce do EnCI está na elaboração de um bom problema disparador. Por vezes, um bom problema é mais valioso do que uma boa resposta, pois é ele que contextualiza, estimula, relaciona, questiona,

potencializa e induz a novos problemas. Assim, construir um problema adequado para introduzir uma atividade investigativa não é tarefa trivial, segundo Carvalho (2018, p.771), um bom problema é aquele que:

Dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo; dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo; dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem; dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar; quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (DRIVER *et al.*, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmo. (CARVALHO, 2018, p.771).

E ainda acrescenta que, para aulas experimentais, um bom problema disparador é aquele que os educandos:

Passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica); construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis). (CARVALHO, 2018, p.772).

Acredita-se que, ao tratar da aprendizagem dos alunos, o fazer pedagógico e a gestão de sala de aula deva ser flexível, sendo capaz de adaptar-se às individualidades de cada turma e indivíduo que fazem parte do ambiente escolar. Deste modo, apegar-se a apenas uma metodologia de ensino ou a apenas uma teoria da aprendizagem é, de certo modo, rejeitar todas as outras, demonstrando uma incoerência com a realidade escolar, diversa e plural. Para tanto, o EnCI assume o caráter de abordagem pedagógica, permitindo que se adapte conforme as necessidades das turmas, que devem ser identificadas pelos educadores e usufrua de aspectos de teorias da aprendizagem diversas.

É sob a concepção de um fazer pedagógico não engessado em uma única realidade, que se destaca a seguir alguns aspectos de teorias da aprendizagem que fundamentam as práticas que serão construídas à luz do ensino por investigação neste trabalho. Evidencia-se teóricos como Lev Vygotsky, Jonh

Dewey e Paulo Freire como grandes influenciadores presentes nesta proposta, porém destaca-se a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel como a principal via norteadora desta sequência.

O título da teoria de David Ausubel parece, à primeira vista, ser bastante intuitivo – aprendizagem significativa – algo que passa a ter significado para um indivíduo. Um novo conhecimento que incorre o aprendiz quando este atribui um sentido ao aprendido, seja para resolver problemas de seu cotidiano, seja quando se torna capaz de argumentar com suas próprias palavras ou explicar situações que se apresentam a ele (MOREIRA, 2003). Porém, o processo de aprender significativamente estrutura-se de modo muito mais complexo que isso, para Novak, “aprendizagens significativas sustentam a integração construtiva de pensamento, sentimento e ação, levando ao empoderamento para o compromisso e a responsabilidade” (2011, p.1, tradução nossa).

Partindo da interação entre a tríade cognitivo/emocional/motor, a aprendizagem significativa se dá através de um processo por meio do qual novos conceitos se confrontam com conhecimentos já consolidados na estrutura cognitiva do aprendiz e, através dos conhecimentos prévios, passam a se ancorar na organização hierárquica da psique do sujeito que será capaz de atribuir significado a esta nova informação (MOREIRA, 2006; 2012; 2013). Com base em Moreira (2006; 2012; 2013), Benedito destaca que:

Para que haja a interação entre o novo e os conceitos já existentes é necessário a presença de conhecimento prévio, também chamados de “conceito subsunçor”, na estrutura cognitiva de quem aprende. O subsunçor pode ser um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de âncora para a nova informação, novas ideias, novos conceitos ou novas proposições de modo que o aprendiz tenha condição de atribuir significados a essa informação. (Benedito, 2015, p.31).

Joseph D. Novak é coautor da segunda edição do livro da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e teve grande colaboração no desenvolvimento dela. Assim, Novak (2011) propõe que qualquer fenômeno educativo envolve cinco elementos básicos: o educador, o educando, o contexto, o conhecimento e a avaliação e que a interação entre eles constrói o significado

da experiência em que esta, por sua vez, pode evoluir para uma aprendizagem significativa. Para que seja efetivada a troca de significados e sentimentos entre educador e educando e uma aprendizagem não se torne mecânica, é necessário que o educando apresente uma predisposição para aprender aquele conhecimento e que as ferramentas utilizadas para a interação entre educando e informação seja potencialmente significativa (MOREIRA, 2003).

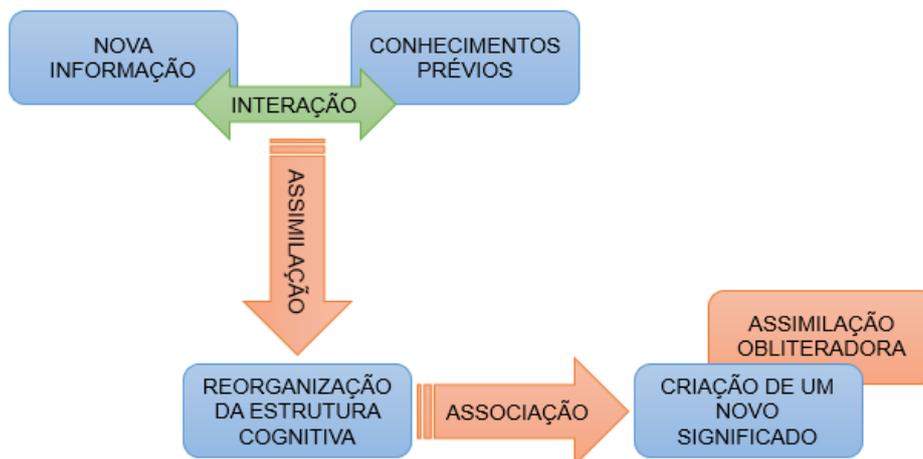
Ainda sobre a aprendizagem significativa, Novak elenca que para que ela se estruture é necessário que as novas informações se organizem de modo relevante na estrutura cognitiva do indivíduo, incorporando-se aos conhecimentos prévios e/ou os reestruturando em vista de sua adequação social e científica. Além disso, destaca que o educando deve apresentar clareza conceitual ao discorrer sobre o assunto e que isso se dá quando há engajamento emocional para integrar a nova informação com os conhecimentos já existentes (NOVAK e CAÑAS, 2010).

Assim, é preciso criar o ambiente propício em sala de aula que permita a interação entre as novas informações e os conhecimentos prévios dos educandos, ou seja, construir pontes que permitam que o novo conceito encontre relações com os outros já consolidados. Além disso, as novas informações devem ser relevantes às realidades dos indivíduos, de modo a proporcionar a criação de significado daquele novo conceito para o educando.

A figura 2.1 esquematiza o processo de construção de uma aprendizagem significativa partindo da interação entre a nova informação e os conhecimentos prévios do educando. Assim, se este apresentar predisposição a aprender e as ferramentas pedagógicas forem potencialmente significativas, ocorrerá uma reorganização da estrutura cognitiva, em que o educando deverá relacionar os conceitos novos com os já adquiridos. Caso o resultado desta reestruturação for um significado mais completo em que os conhecimentos, novo e prévio, pouco se dissociam um do outro, pode-se afirmar que houve uma assimilação obliteradora, ou seja, verificou-se a transcendência dos significados. Portanto, uma aprendizagem significativa foi consolidada. Por outro lado, se o novo conhecimento não se integrou efetivamente com os conhecimentos prévios, a aprendizagem construída foi mecânica, em que o nível de dissociação dos dois conceitos ainda é elevado e não houve uma transformação da estrutura cognitiva

do sujeito. Neste caso, a tendência é que o educando esqueça com facilidade ou não consiga estruturar uma argumentação coerente perante os conceitos propostos.

Figura 2.1 – Processo de construção de uma aprendizagem significativa.



Fonte: Autoria própria.

A partir desta perspectiva, o EnCI apresenta-se como uma abordagem que facilita o processo de aprendizagem à luz da teoria de David Ausubel e Joseph Novak, incentivando a interação entre educador, educando, contexto, conhecimentos e avaliação, proporcionando um ensino contextualizado que aproxima os conceitos da realidade do educando e considera seus conhecimentos prévios na construção dos processos investigativos. Assim, comutam de um mesmo ideal de que a educação deve “levar a uma mudança construtiva na capacidade de uma pessoa em lidar com suas próprias experiências” (NOVAK, 2010, p.38, tradução nossa).

2.5 A gamificação como metodologia ativa e potencializadora de aprendizagens

Os tempos mudaram, as noções clássicas de razão, identidade, verdades absolutas, bem como estrutura de espaço-tempo racional, rija, sólida e linear tem

abandonado os palcos na sociedade pós-moderna (NOVAIS, 2016), sob a luz de um “mundo em disparada” (GIDDENS, 2002). A escola e seus integrantes não estão inertes aos dilemas da pós-modernidade, “como buscar objetivos de longo prazo numa sociedade de curto prazo? Como pode o ser humano desenvolver uma narrativa de identidade e história de vida numa sociedade de episódios e fragmentos?” (SENNET, 2004, p.27). Estas indagações nos levam a refletir quanto ao atual sistema educacional e aos métodos tradicionais, voltados para a transmissão de conteúdo, que ainda são referência para a prática docente.

Os jovens que frequentam as escolas estão adentrando as salas de aula sob um mundo fluído e imediato, pois tudo que ocorre ao seu redor segue esta tendência. O modelo educacional do século passado, voltado à indústria do capital, à produção em série e à formação de pequenos cientistas, já não desperta o educando pós-moderno para o conhecimento, já não atende às necessidades deles frente ao mundo (Outeiral e Cerezer, 2005). Devido a isso é necessário buscar novas práticas que possam ir de encontro ao jovem, despertando sua motivação e contribuindo para o engajamento e o papel protagonista em sua aprendizagem.

No Brasil, a chegada do Atari 2600, na década de 80, constituiu um marco no cenário dos jogos. Carol Shaw, fez história ao ser a primeira mulher a desenvolver um jogo de vídeo game, em 1978, para este mesmo console. Com o seu exemplo é possível mostrar a participação feminina neste mundo que historicamente tem sido um passatempo predominantemente masculino (LAPLANTE, 2006). Desde então, a sociedade, não só brasileira, se mostra cada vez mais envolvida e interessada por jogos (BUSARELLO, ULBRICHT e FADEL, 2014). A pesquisa realizada pela *Game Brasil* em 2021 aponta que 72% dos brasileiros são adeptos aos jogos eletrônicos e que 75,8% dos *gamers* brasileiros afirmaram ter jogado mais durante o período de isolamento social causado pela pandemia do COVID-19 (PGB, 2021). Um levantamento realizado pelo *WePC*, portal especializado em tecnologia, afirma que mais de 2,5 bilhões de pessoas consomem jogos eletrônicos no mundo (WEPC, 2019). Estes dados indicam que o mundo dos *games* se consolida, segundo Alves, Minho e Diniz (2014) como um fenômeno cultural presente em diversas áreas da sociedade e, principalmente, no cotidiano dos estudantes.

Os jogos proporcionam prazer ao indivíduo, pois permitem que ele se conecte com um universo novo e lúdico, cheio de possibilidades e tomada de decisões que estimulam o desenvolvimento de habilidades e de pensamentos, além de incitar a atenção e a memória (FURIÓ et al., 2013; COLLANTES, 2013). A identificação entre jogador e personagem, sistemas de recompensa, interação social, reforços e feedbacks imediatos, são alguns dos elementos presentes nos jogos que atendem aos anseios e funcionam como um motor motivacional do indivíduo (ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011).

É diante deste cenário cada vez mais tecnológico que os games vem ganhando destaque em busca de maior nível de engajamento e motivação dos indivíduos envolvidos em diversas áreas, em especial, na área da educação (DIANA et. al, 2014). Porém, utilizar dos jogos como ferramenta pedagógica não é o mesmo que simplesmente reproduzir um *game* de computador, console ou tabuleiro com a finalidade de exemplificar algum conceito, fazer isso seria reduzir o potencial e a amplitude desta metodologia ativa. A chave para implementar e potencializar esta ferramenta em sala de aula não é, em si, o *game*, mas sim a gamificação.

O termo gamificação, do inglês *gamification*, foi inicialmente introduzido por Nick Pelling ao reconhecer a existência de interfaces semelhantes à de jogos em aplicações voltadas às transações eletrônicas (PEELING, 2011; ÁVILA, 2019). Porém, é a partir de 2011 que este termo volta a surgir com maior relevância e em diversas áreas. Para Deterding *et. al.*, gamificação é o uso de elementos de design de jogos em contextos de não-jogo (2011, p.10). Indo ao encontro deste significado, Kapp define a gamificação como “o uso de mecânicas baseadas em jogos, estéticas e pensamento de jogos para engajar pessoas, motivar ações, promover o aprendizado e resolver problemas” (2012, p.10). Ainda neste sentido, Hamari, Koivisto e Sarsa apontam como “um processo de melhoria de serviços, objetos ou ambientes com base em experiências de elementos de jogos e comportamento dos indivíduos” (2014, p.3026). Voltando-se ao campo da educação, Lorenzoni destaca que “o potencial da gamificação é imenso: ela funciona para despertar interesse, aumentar a participação, desenvolver criatividade e autonomia, promover diálogo e resolver situações-problema” (2016).

Utilizar das mecânicas e elementos dos jogos em um contexto pedagógico é uma estratégia inovadora que apresenta potencial para promover um cenário desafiador e estimulante aos educandos, contribuindo para o despertar da curiosidade e do anseio por desenvolver habilidade e competências que são requisitadas para o progresso em um ambiente gamificado. Um ambiente gamificado é capaz de potencializar as aprendizagens e ir além, conforme relaciona Borges et al.,

(1) aprimorar determinadas habilidades; (2) propor desafios que dão propósito/contexto a aprendizagem; (3) engajar os alunos em atividades mais participativas, interativas e interessantes; (4) maximizar o aprendizado de um determinado conteúdo; (5) promover a mudança de comportamento premiando ações adequadas e penalizando as inadequadas; (6) oferecer mecanismos de socialização e aprendizagem em grupo; e, finalmente, (7) discutir os benefícios da gamificação na motivação dos alunos para propor soluções aos diversos problemas de aprendizagem. (Borges *et al.*, 2013, p.237).

Os jogos são capazes de estimular diretamente as emoções. Conforme Almeida e Alvarenga (2007), quanto a teoria de desenvolvimento de Henri Wallon, as emoções são o conjunto de atitudes reveladas através de oscilações viscerais e musculares e que contribuem para o desenvolvimento cognitivo, pois a cognição passa a atuar no sentido de propiciar mudanças posturais e intelectuais que tendem a minimizar os padrões de medo, alegria, raiva, ciúme, etc. Zichermann e Cunningham (2011) destacam as emoções como fator relevante para o nível de engajamento dos indivíduos e ressaltam que os mecanismos da gamificação abrem caminhos através das emoções e estimulam as motivações, intrínsecas e extrínsecas, em busca de tornar as aprendizagens mais significativas para os jovens.

O quadro 2.2 organiza sucintamente os aspectos relacionados às motivações intrínsecas e extrínsecas ao indivíduo, conforme as perspectivas de Muntean (2011), Zichermann e Cunningham (2011), Vianna *et al.* (2013) e Busarello *et. al.* (2014). A partir dele, é possível perceber que as motivações intrínsecas e extrínsecas podem ser despertadas através de propostas gamificadas (Busarello *et. al.*, 2014) e colaboram para maior envolvimento do

educando com os conhecimentos. Porém, as motivações intrínsecas e extrínsecas podem ser ativadas em ambientes que não são necessariamente o escolar através de jogos sérios que, para Ritterfeld *et. al.*, são “qualquer forma de *software* de jogo baseado em computador interativo para um ou vários jogadores para ser usado em qualquer plataforma e que tenha sido desenvolvido com a intenção de ser mais do que entretenimento” (2009, p.6). Portanto, a gamificação em sala de aula deve se preocupar em despertar as motivações com o objetivo de engajar e protagonizar o papel do educando em sua aprendizagem utilizando os elementos e designs dos jogos, o que não significa, segundo Sales *et al.*, “criar um *game*, ou colocar a turma para jogar na sala de aula, mas consiste em usar as mesmas estratégias, métodos e pensamentos e alguns elementos do design de *games* no ambiente de aprendizagem” (2017, p.47).

Quadro 2.2 – Aspectos da motivação intrínseca e extrínseca.

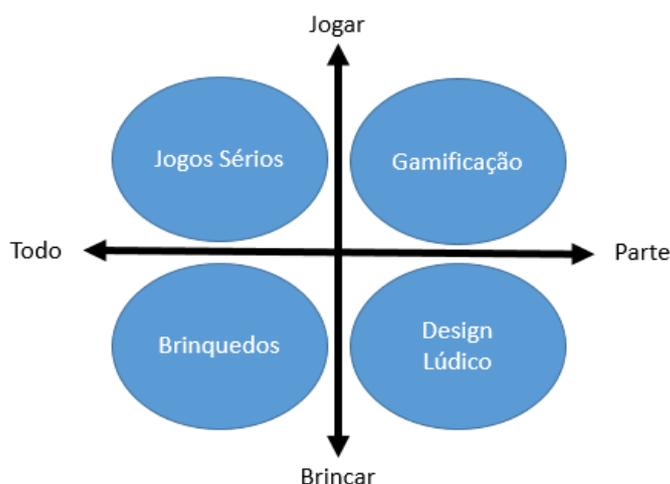
Intrínseca	Extrínseca
São originadas no interior do próprio indivíduo, a partir de seu próprio envolvimento com o objeto. Despertam interesse, curiosidade, desafio e emoções. Podem provir da vontade ou necessidade de desenvolver novas habilidades, pela sensação de pertencimento e de contato social, pelo altruísmo ou pela cooperação/competição.	Construídas a partir dos reflexos do mundo que envolve o indivíduo. Tem como ponto de partida o desejo do sujeito em obter uma recompensa externa, por exemplo, reconhecimento social ou bens materiais. São as marcas alcançáveis e que podem ser visualizadas como os pontos, prêmios, missões, classificações, concluir os objetivos.

Fonte: Adaptado de Busarello, Ulbricht e Fadel (2014).

Neste sentido, Deterding *et al.* (2011), elabora um esquema a fim de diferenciar o processo de gamificação de conceitos semelhantes como os jogos sérios, designs lúdicos e os brinquedos (Figura 2.2). A diferenciação proposta pelo autor é construída sob dois eixos principais que variam entre Todo/Parte e Brincar/Jogar. O eixo horizontal aponta na extrema esquerda a direção tomada

pelos jogos sérios, aqueles que utilizam todos os elementos de um jogo, pois foram elaborados com esta finalidade, jogar. Enquanto na extrema direita há a existência de elementos dos jogos, parte da dinâmica do universo dos *games* sendo utilizada em cenários que não pertencem exclusivamente a eles. O eixo vertical trata do contexto que é tomado pela proposta, no extremo inferior há um *design* lúdico e de exploração, pouco voltada aos desafios e conquistas, já no extremo superior, a proposta é regida por desafios, progressões e regras mais bem definidas. A gamificação se encontra no ponto entre os extremos Parte e Jogar, visto que adota elementos dos *games* em um contexto, nesse caso, pedagógico e constrói uma série de regras e desafios que estimulam o engajamento progressivo dos educandos (ÁVILA, 2019).

Figura 2.2 – Esquematisando o conceito de gamificação.



Fonte: Adaptado de Deterding *et al.* (2011).

Alguns autores sugerem elementos e mecânicas dos jogos que podem ser utilizados ao construir uma sequência didática gamificada como: narrativa, suporte gráfico, sistema de recompensas, competitividade, feedback instantâneo, avatares e elementos de identificação, objetivos e regras, progressão de nível e habilidade, tempo, interação social, etc. (VIANNA *et al.*, 2013; COLLANTES, 2013; SIMÕES *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2012; DETERDING, 2011). Werbach e Hunter (2012) organizaram os principais elementos da gamificação em três categorias: dinâmica, mecânica e componentes, conforme adaptou Ávilla (2019) no quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Classificação dos elementos dos jogos em categorias.

Categoria	Descrição	Exemplo
Dinâmica	São os elementos mais abstratos e implícitos, responsáveis por atribuir coerência à experiência.	Limitações, emoções, narrativa, noção de progressão, interações sociais e justiça, auto expressão, curiosidade, <i>status</i> .
Mecânica	Promovem o engajamento e movimentam o sistema gamificado.	Desafios, competição, cooperação, recompensas, feedback, recursos, turnos, vitórias, regras, dados.
Componentes	Colocam em prática as dinâmicas e as mecânicas.	Conquistas, avatares, pontos, insígnias, níveis, missões, equipes, representação social.

Fonte: Adaptado de Ávilla (2019) *apud* Werbach e Hunter (2012).

Vianna *et al.* (2013), destacam que uma proposta gamificada não necessita abarcar todos os elementos de uma vez, mas precisa considerar os essenciais, de modo a não prejudicar a dinâmica própria dos jogos. Para ele, as quatro características fundamentais devem ser: as metas e objetivos do jogo, regras claras, sistema de feedbacks e a participação voluntária do sujeito. Outra característica bastante marcante da gamificação é a interação social, esta, por sua vez, pode ser direcionada a diferentes horizontes, ora voltada à competitividade, ora a colaboração entre os indivíduos, ora para ambos. Esta flexibilidade depende dos objetivos estabelecidos por quem estiver conduzindo a dinâmica.

De todo modo, as categorias e os elementos da gamificação buscam levar o indivíduo à sensação de satisfação e envolvimento. Paralelo a isso há a Teoria do *Flow*, desenvolvida pelo Húngaro Mihaly Csikszentmihalyi em 1991, ao tentar explicar o que ocorre com uma pessoa quando esta se encontra em um estado de felicidade durante a realização de uma atividade (DIANA *et al.*, 2014; CSIKSZENTMIHALYI, 1990). Atualmente localiza-se o *Flow*, segundo Kamei, como um “termo técnico no campo da motivação intrínseca” (2010, p.48).

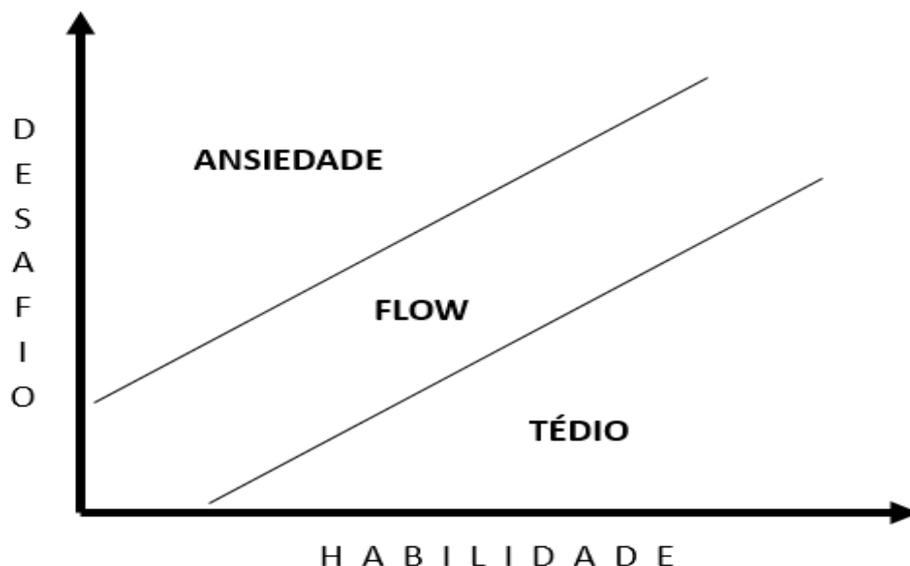
Ao realizar pesquisas em diversos países, em que pessoas de diferentes idades, gêneros, etnias e religiões passaram a registrar como sentiam-se ao realizar determinadas tarefas ao longo de seu dia-a-dia, o autor da teoria do *Flow*, localizou um padrão de comportamento e descrição dos indivíduos quando dedicados a tarefas extremamente satisfatórias, também descritas como aquelas que trazem felicidade (CSIKSZENTMIHALYI, 1990). Estas constatações levaram Mihaly a descrever que estas pessoas se encontravam em um estado de imersão e autossuficiência, onde o que estava a ser feito não dependia de uma recompensa futura, mas sim do prazer em realiza-la no presente (CSIKSZENTMIHALYI, 1990). Assim, Mihaly Csikszentmihalyi define *Flow* como “a forma em que as pessoas descrevem seu estado de espírito quando a consciência está harmoniosamente ordenada e elas querem seguir o que estão fazendo” (1990, p.6). Ainda a respeito da definição do autor acerca do termo *Flow*, Diana et al. (2014) destaca dois pontos fundamentais,

1. O conceito de *Flow* foi criado a partir da definição do estado em que as pessoas se envolvem em determinadas atividades a ponto de nada mais ao seu redor apresentar importância, pois a própria experiência proporciona prazer e uma sensação agradável de felicidade;
2. A Teoria do *Flow* aborda de forma geral a satisfação e os princípios daquilo que faz a vida valer a pena. (DIANA et al., 2014, p.46).

Apesar de conceituar e identificar quando um sujeito se encontra em um estado de *Flow*, Csikszentmihalyi ainda buscava uma maneira rigorosamente científica e suscetível à falseabilidade de mensurar este estado através dos resultados de sua pesquisa (KAMEI, 2010; CSIKSZENTMIHALYI, 1988). Para isso, ele partiu do modelo teórico original que predizia, conforme destaca Kamei, “que a experiência de *flow* ocorre toda vez que os desafios de uma atividade estão em equilíbrio com as habilidades percebidas pelo indivíduo” (2010, p.93), ou seja, o *flow* é estabelecido quando o desafio proporcionado por uma situação está coerente com o nível de habilidade que o sujeito acredita possuir para atuar sobre ela. Portanto, quanto mais próximo de 1 estiver a razão entre desafio e habilidade, mais imerso em um estado de *flow* o indivíduo estará. A este respeito o autor estrutura o gráfico sob dois eixos – *desafio vs habilidade*, a fim de ilustrar

a área que compreende um estado de *flow* (Figura 2.3) (CSIKSZENTMIHALYI, 1988).

Figura 2.3 – Modelo de três canais para determinar a região de *flow* conforme o nível de desafio e habilidade de uma atividade.

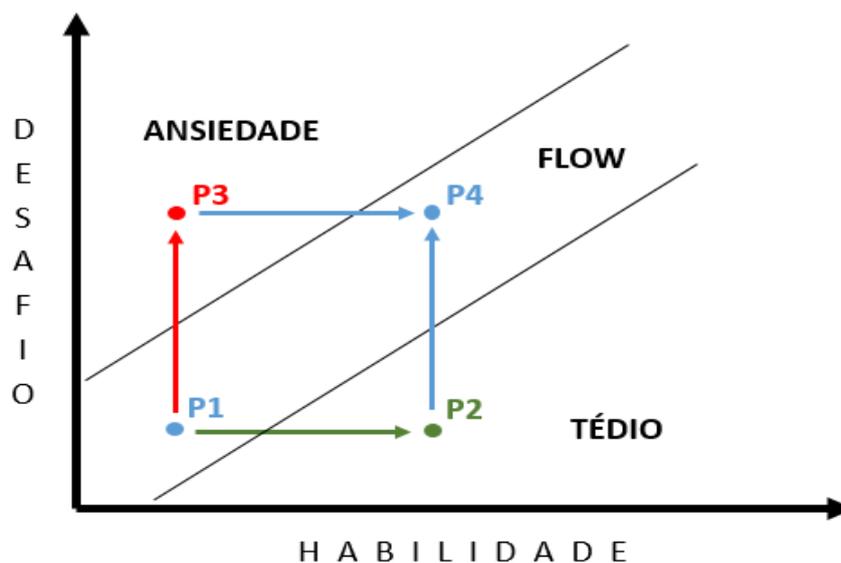


Fonte: Adaptado de Csikszentmihalyi, 1988.

Apesar deste gráfico (figura 2.3) não ter respondido a todas observações realizadas pelo autor em sua pesquisa, ele ressalta que o modelo de três canais ilustra com clareza como o nível de desafio se relaciona com as habilidades percebidas pelo indivíduo ao longo de uma única tarefa, sendo que a faixa central demarcada corresponde ao momento de harmonia entre as duas variáveis em que a experiência deverá fluir com leveza e motivação (CSIKSZENTMIHALYI, 1988).

Ao longo da realização de uma tarefa é possível caminhar por diferentes níveis de desafio e aprimoramento de habilidades, assim, em vista de explicar as sensações que um indivíduo apresenta ao interpolar estes distintos valores entre as variáveis desafio e habilidade, bem como alcançar o momento de satisfação ao se realizar uma atividade, o autor apresenta o seguinte diagrama (figura 2.4).

Figura 2.4 – Diagrama que representa diferentes momentos de um indivíduo conforme as combinações entre os eixos desafio e habilidade.



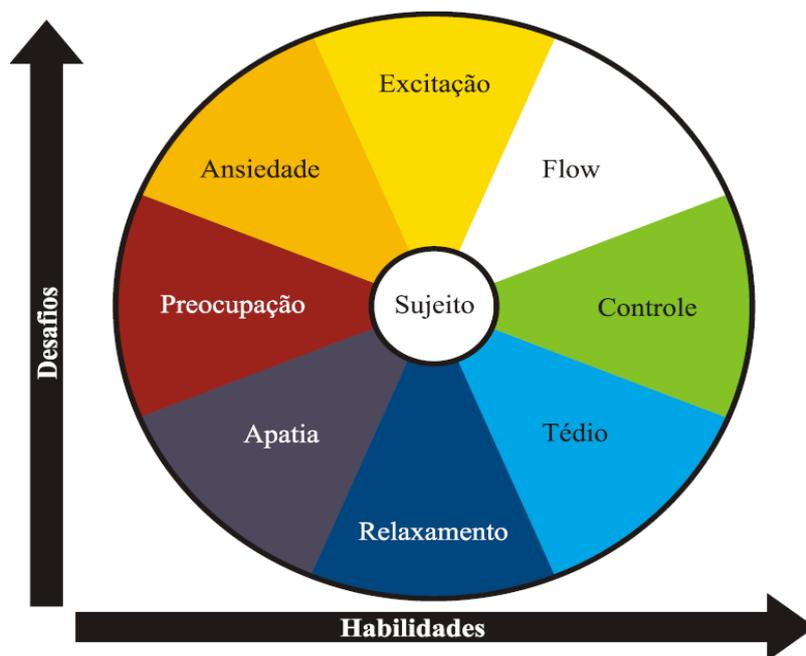
Fonte: Adaptado de Csikszentmihalyi, 1988.

Analogamente ao exemplo de um jogador de tênis utilizado pelo autor para construir este diagrama (CSIKSZENTMIHALYI, 1988), podemos explicar cada um dos momentos (P1, P2, P3 e P4) a partir de um jogador prestes a iniciar uma campanha em um jogo de RPG. Inicialmente (P1) o jogo começará com o personagem no nível 1 e os desafios deverão estar de acordo com as habilidades deste jogador, por exemplo, o surgir de alguns góblins que tentam saquear sua casa durante a noite, neste momento o indivíduo estará em um estado de *flow*. Contudo, conforme há o desenrolar da história e o jogador avançar em níveis e poder dentro do jogo, se os desafios continuarem a ser góblins franzinos e desengonçados, haverá uma progressão a um estado de tédio (P2), em que o indivíduo, provavelmente, perderá a motivação e não continuará o jogo. Por outro lado, se logo nos primeiros níveis, o jogador se deparar com um gigante da tempestade em que suas habilidades não condizem com o tamanho do desafio apresentado (P3), haverá a sensação de preocupação e ansiedade, seguida de frustração, por não ser capaz de acompanhar o fluxo do RPG. Enfim, se o nível de desafio aumentar e as condições para o aprimoramento das habilidades do jogador estiverem ao seu alcance (P4), o estado de *flow* se perpetuará e assim

a sensação de que nada mais ou seu redor importa além da ansiedade em superar o seu novo desafio será estabelecida.

Ao analisar sob um ponto de vista mais amplo, a quantidade de atividades que um indivíduo desempenha ao longo do dia é vasta. Por isso os resultados obtidos por Csikszentmihalyi em suas pesquisas, nem sempre corroboravam com o modelo teórico originalmente elaborado (CSIKSZENTMIHALYI, 1988). Contudo, o professor da Universidade de Milão Fausto Massimini, propõe que o estado de *flow* ocorre sob a faixa estipulada por Csikszentmihalyi, porém a partir de um determinado nível da interpolação entre desafios e habilidades. Caso o nível de desafio e habilidade de uma atividade para um indivíduo fosse abaixo de sua média potencial percebida, o mesmo desenvolveria uma sensação de apatia e, conforme corroboraram as pesquisas dos autores, não haveria estado de *flow* (MASSIMINI e CARLI, 1988; KAMEI, 2010). Para além deste estado de apatia acrescentado ao modelo original de três canais, Massimini (1988) buscou detalhar ainda mais a relação entre desafio e habilidade, construindo um novo modelo que subdivide o quadrante em 8 canais (figura 2.5).

Figura 2.5 – Modelo de diagrama de *flow* com 8 canais.



Fonte: Diana *et al.* (2014) apud Csikszentmihalyi (2004).

Acerca das considerações de Csikszentmihalyi (2004) sobre o modelo de *flow* com 8 canais, Kamei destaca que “quanto maior for o nível de habilidades, maior será o controle e o humor, e quanto maiores os desafios, maior será a concentração na atividade” (2010, p.99), contudo é no canal do *flow* onde se encontra o equilíbrio ideal entre, desafios e habilidades, que a sensação de fluidez, envolvimento e prazer com a atividade são elevados.

Diana *et al.* (2014) ressalta que um bom canal para situar o indivíduo a fim de promover movimentos cognitivos que possam resultar em aprendizados significativos é o da excitação, pois,

[...] as melhores regiões para situar o sujeito em uma dinâmica que envolve o cumprimento de uma tarefa são as de excitação, *Flow* e controle, pois é quando a pessoa se sentirá mais confortável e motivada para seu cumprimento. A excitação é um ponto bastante interessante, pois para atingir o *Flow* o sujeito precisa aprender algo para cumprir a tarefa, ou seja, terá de melhorar suas habilidades para realizar o desafio. Quando isso se processa, ocorre o aprendizado. (Diana *et al.*, 2014, p.55).

Muitos jogos utilizam da teoria do *Flow* para entregar ao público cenas imersivas, que gerem engajamento e satisfação ao serem jogadas. Assim como os jogos, a gamificação que utiliza de seus elementos em contextos exteriores ao universo *gamer*, pode ser um meio de levar um indivíduo a alcançar o estado de *flow* (DIANA *et al.*, 2014). Csikszentmihalyi (2004) elenca algumas características que são apresentadas por alguém que se encontra em *flow*, entre elas estão: foco/concentração, êxtase, clareza/feedback, habilidades, crescimento, perda de sensação de tempo e motivação intrínseca (CSIKSZENTMIHALYI, 2004). Ao compararmos estas características com a categorização dos elementos dos jogos realizada por Ávilla (2019) (quadro 2.3), é possível estabelecer diversas associações. Acerca destas relações, Diana *et al.* corrobora que “a gamificação pode ser uma maneira de fazer com que alguém atinja o estado de *flow*” (2014, p.66).

Assim, ao estabelecer sequências didáticas pautadas a partir de elementos dos jogos, é possível beber da teoria do *Flow* em vista de dosar o

nível de desafio para as habilidades que os educandos já possuem buscando construir novos conhecimentos e então despertar o sentimento de satisfação e bem-estar dentro da sala de aula. É de conhecimento que outros alicerces teóricos são complementares a este estudo, como exemplo há a teoria da autodeterminação (DECI e RYAN, 2004), que busca discutir os processos de motivação que incorrem um indivíduo ao ou para realizar determinadas tarefas, estando também intimamente relacionado com a aprendizagem e com a gamificação. Contudo, para a proposta que será desenvolvida neste trabalho, optou-se por aprofundar-se apenas na teoria do *Flow*, justamente por ela se fazer muito presente nos cenários e campanhas de RPG.

O RPG é uma sigla derivada do inglês, *Role Playing Game*, e significa jogo de rolagem e interpretação de papéis. Surgiu na década de 70 nos Estados Unidos e popularizou-se com o lançamento de coleções como a *Dungeons e Dragons (DeD)* (SANTOS e FARRA, 2013). Este jogo que estimula a criação e a interação social entre mestre e jogadores, já influenciou grandes nomes da literatura e do cinema, onde histórias construídas em mesas de RPG fazem parte de cenários como *o senhor dos anéis*, *as crônicas de Nárnia* e *Strangers Things*.

De modo breve, este jogo essencialmente colaborativo, é configurado a partir de uma narrativa contada por um dos jogadores, intitulado de mestre, enquanto os outros, interpretando personagens diversos, tomam decisões e ações, individuais e coletivas, que definem os rumos da narrativa e o destino do grupo.

É evidente que, em contexto de sala de aula, o educador deve direcionar estas decisões para que o foco na aprendizagem não se perca. Assim, esta proposta sugere que o educador se encarregue do papel de mestre do jogo e guie as equipes de educandos através dos eventos da narrativa criada, tendo em mente que gamificar uma aula não se trata de jogar em aula, mas utilizar das estratégias e elementos dos *games* para engajar os educandos no processo de aprendizagem (SALES *et al.*, 2017).

A gamificação é um processo social capaz de envolver emocionalmente o indivíduo e de considerar suas experiências inter e intrapessoais, que são fundamentais para a construção de aprendizagens significativas (BUSARELLO

et al., 2014). Além disso, o ato de gamificar uma atividade estimula a ação de pensar sistematicamente em busca da solução de problemas com foco e engajamento, direções também veladas no ensino por investigação em busca da alfabetização científica, do desenvolvimento de habilidades, competências e valores.

2.6 O efeito fotoelétrico

Em 1887, Heinrich Hertz investigava a natureza eletromagnética da luz. Durante os experimentos que realizou pôde evoluir sua ideia e levantar a hipótese da luz como um fenômeno elétrico. O artigo *The Forces of Electric Oscillations, treated according to Maxwell's Theory* (LODGE, 1889), apresenta a tentativa de aproximar os efeitos detectados por Hertz em seus experimentos com características próprias das ondas eletromagnéticas.

Intrigado com suas observações, Hertz, seguiu suas investigações e, utilizando da experimentação, buscou desenvolver analogias entre a força elétrica e a propagação da luz. Os experimentos por ele realizados permitiram desenvolver e responder algumas das questões propostas pela academia de ciências da época.

Porém, foi durante estas experimentações que Hertz deparou-se com um fenômeno estranho, e que ainda não poderia ser explicado, mas também não fora ignorado. Quanto a este efeito, ele se manifesta da seguinte maneira:

Logo que comecei os experimentos, eu fui afetado por uma notável e recíproca ação entre duas sparks³ simultâneas. Eu não tive a intenção de permitir que esse fenômeno distraísse minha atenção do objetivo principal que eu tinha em mente; mas isso ocorreu de um modo tão definido e perplexo que eu não poderia completamente negligenciá-lo. (Hertz, 1893, p.4).

³ Fenômeno gerado através de descargas elétricas produzidas e controladas por Hertz em seu laboratório. A corrente elétrica que surgia com este efeito apresentava uma aproximação do que futuramente seria encarado como o efeito fotoelétrico.

As indagações de Hertz eram apenas o começo, as dúvidas levantadas por suas observações criaram lacunas que se entrepuseram no meio acadêmico. Também havia o problema da radiação do corpo negro e a catástrofe do ultravioleta, desafios ainda não explicados, que conturbavam uma física aparentemente completa no século XIX pelas leis de Maxwell no eletromagnetismo e a estatística termodinâmica de Boltzmann, fazendo emergir um cenário emaranhado de dúvidas que disparou as atenções a um céu que não era tão azul quanto William Thomson pensava ser.

Em 1905 que Einstein publica um artigo referente aos seus estudos quanto à quantização do campo de radiação, também conhecido por efeito fotoelétrico. Os estudos realizados por Planck, principalmente divulgados nos últimos anos do século XIX, sobre a quantização dos elétrons em suas camadas de valências, acabaram por ser corroborados por Einstein que partiu de problemas e hipóteses anteriores a Planck, e propôs um novo modo de descrever o comportamento de elétrons ejetados de superfícies metálicas quando expostas a determinadas frequências de radiação.

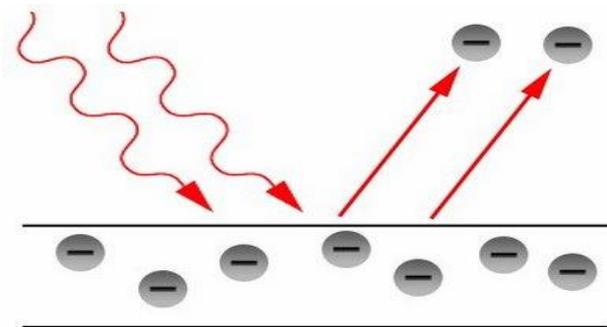
Planck, ao desenvolver a teoria da quantização da energia, afirmou que, ao contrário do que se esperava para a época, a energia não era contínua, mas sim quantizada, ou seja, determinada por múltiplos inteiros de determinadas quantidades de energia. Este específico múltiplo de energia foi denominado de *quantum*. Analogamente, é possível comparar os *quantuns* a pacotes de energia, que carregam consigo uma quantidade bem determinada da mesma, discreta, múltipla de um valor específico – a constante de Planck.

Em seus estudos, Einstein notou que ao fornecer para um elétron uma específica quantidade de energia, ele seria disparado de sua órbita com uma energia cinética que se mostrava proporcional ao produto da frequência da onda incidente com a constante de Planck⁴. Assim como se evidencia na figura 2.6, os raios curvos vermelhos representam a radiação incidente com energia proporcional ao valor da frequência da mesma, enquanto os raios retilíneos

⁴ Constante de Planck utilizada originalmente para explicar a radiação de corpo negro. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

representam a trajetória dos elétrons ejetados da placa metálica com energia cinética proporcional a esta frequência da radiação incidente.

Figura 2.6 – Interação radiação matéria e ocorrência do efeito fotoelétrico.



Fonte: s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAATRkAB-2.jpg

Considerando que é necessário superar a força de ligação deste elétron em órbita do átomo, chegou-se à conclusão que a energia cinética final do elétron ejetado é derivada da diferença entre a energia de cada fóton incidente e a energia de ligação deste elétron ao átomo. Esta energia de ligação chamamos de função trabalho.

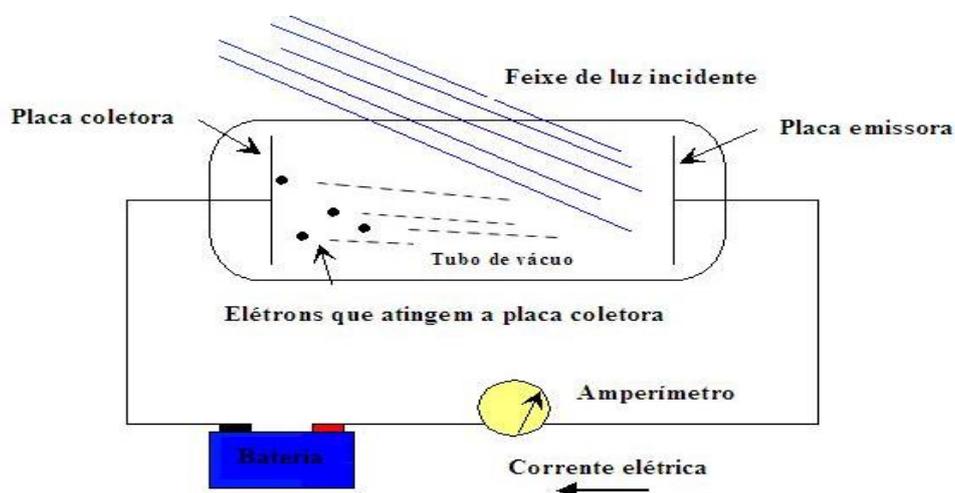
$$E_c = (h \cdot f) - \phi \quad (2.1)$$

Analisando esta equação nota-se que a variação da intensidade da radiação incidente não interfere na energia cinética dos elétrons ejetados. A influência desta é apenas na quantidade total de elétrons que serão emitidos do material e não em sua velocidade ou energia cinética total. Um modo de explicar esta afirmação é a contestação do não atraso na emissão dos elétrons quando uma determinada radiação atinge a placa, não havendo a necessidade de acumular energia para que o efeito ocorra.

Um arranjo experimental desenvolvido por Thomson, dois anos após as considerações de Hertz acerca do efeito fotoelétrico, pôde demonstrar que a relação carga/massa dos elétrons emitidos após a incidência de radiação em uma placa metálica é aproximadamente igual à que ele havia obtido com os raios

catódicos, a figura 2.7 apresenta um modelo do experimento desenvolvido por ele para detectar o fenômeno.

Figura 2.7 – Tubo de Crookes para a detecção do efeito fotoelétrico.



Fonte: if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/images/photoelectric_virginia.jpg

Os raios azuis representam a incidência de radiação eletromagnética em uma placa emissora metálica no interior de um tubo de vácuo. Na outra extremidade existe a placa coletora, ambas estão conectadas a uma bateria que pode ser utilizada em dois diferentes modos que serão posteriormente discutidos. Quando a radiação de frequência definida 'f' atinge a placa coletora, imediatamente os elétrons são ejetados com uma energia cinética característica e atravessam o tubo atingindo a placa coletora. A movimentação de carga em um intervalo de tempo gera uma corrente elétrica que pode ser medida pelo amperímetro conectado em série ao circuito.

Quanto às duas possíveis posições da bateria, é possível observar que quando a mesma se encontra com o polo negativo conectado à placa coletora, a corrente elétrica apresentada no visor do amperímetro é reduzida. Não obstante, o caso oposto (polo positivo da bateria conectado à placa coletora) apresentava um aumento significativo da corrente elétrica no visor do amperímetro. Este fenômeno permitiu concluir que as partículas emitidas se

tratavam de cargas elétricas negativas que possuíam uma energia cinética total passível de variações conforme o campo elétrico aplicado sobre elas.

A fim de atestar a proporcionalidade da energia cinética dos fotoelétrons emitidos com a frequência da radiação incidente, modificou-se a fonte emissora de radiação para outras com diferentes comprimentos de onda, então se verificou que para pequenos comprimentos de onda a corrente elétrica no amperímetro aumentava, enquanto para grandes comprimentos de onda ela diminuía. A partir de determinados valores de comprimentos de onda (superiores aos citados anteriormente), a intensidade da corrente elétrica apresentada pelo amperímetro tendia a zero.

Estes dados obtidos ao variar a fonte emissora, não somente puderam demonstrar a proporcionalidade da energia cinética com a frequência da radiação incidente como também a dependência da mesma com a função trabalho do material. Para o último caso, onde a corrente elétrica era zero, pôde-se constatar que o valor da frequência da onda incidente era tão baixo que se tornava incapaz de superar o valor da função trabalho referente a energia de ligação dos elétrons à estrutura cristalina que compunha a placa. De modo análogo, a energia que atingia os elétrons em órbita dos átomos não fora suficiente para arrancá-los de sua posição estacionária e, por isso, não houve a variação de corrente elétrica.

O conhecimento do efeito fotoelétrico contribuiu significativamente para os avanços quanto aos estudos e às concepções do meio científico sobre a natureza da luz. Não somente isto, mas os avanços da ciência motivados pelo contexto no qual ela se encontra inserida são de grande valia quando o intuito é fornecer meios para facilitar, potencializar ou aperfeiçoar as práticas cotidianas da sociedade.

Quanto a isto, o efeito fotoelétrico propiciou o surgimento de diversos avanços tecnológicos que beneficiam a sociedade em geral. A televisão “de tubo” surge como consequência deste estudo, assim como os aparelhos fotoelétricos e os maquinários que realizam uma série de trabalhos sem a necessidade do controle permanente de um trabalhador e, por sua vez, estes podem ser

vislumbrados em empresas e indústrias que atendem os mais variados ramos dos bens de consumo.

Atualmente umas das aplicações mais difundidas para o efeito fotoelétrico são os módulos fotovoltaicos, também conhecidos por painéis solares. Constituídos, normalmente, por semicondutores, materiais que possuem características intermédias entre os condutores e os isolantes. Os módulos fotovoltaicos são capazes de captar a energia luminosa do sol e, através do efeito fotovoltaico, transformá-la em energia elétrica. Os avanços quanto à utilização da energia solar ainda estão em andamento, visto que o foco dos envolvidos está em aumentar a eficiência e reduzir os custos destas placas. Quando tratamos das estruturas produzidas em escala industrial temos uma eficiência média que oscila entre 9% e 12% (DAZCAL, 2008).

3 METODOLOGIA

3.1 Contexto escolar

Esta sequência didática foi inicialmente concebida para ser aplicada em um contexto de ensino presencial. Porém, assim como a ciência e outras áreas do conhecimento, não há como separar-se do contexto histórico e social em que se vive. Diante da crise sanitária do COVID-19, as aulas assumiram caráter remoto e esta proposta teve de se adaptar. Ao longo das descrições, serão apresentadas duas versões da sequência, uma para o ensino presencial e a outra para o ensino remoto, ambas muito semelhantes, visto que grande parte das atividades sugeridas ao presencial puderam ser adaptadas ao contexto remoto.

A construção desta proposta buscou conciliar dois objetivos fundamentais: verificar se é possível discutir tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) de forma vinculada a outros conceitos de física que já estão enraizados no currículo padrão do ensino básico e investigar se a utilização da *gamificação* aliada a abordagem por investigação através de um jogo de RPG se consolidam como ferramentas potencialmente significativas na construção de conhecimentos e na alfabetização científica dos educandos. A descrição desta proposta para aplicação no ensino médio e material complementar de apoio a professores que desejem utilizá-la está apresentada como o Produto Educacional desta dissertação (apêndice A).

Assim, os tópicos da FMC escolhidos para serem trabalhados nesta sequência foram o efeito fotoelétrico e a quantização da energia que serão aplicados junto ao estudo de circuitos elétricos que, usualmente, são objetos do conhecimento abordados pela física na terceira série do ensino médio. Esta temática está prevista pela BNCC na seção correspondente às habilidades previstas pela área das Ciências da Natureza e suas tecnologias para o ensino

médio e podem ser identificadas por seus respectivos códigos EM13CNT101⁵ e EM13CNT106⁶ (BNCC, 2018).

Para esta sequência serão reservadas cinco aulas de 60 minutos cada e espera-se que os educandos já tenham discutido os conceitos fundamentais atrelados aos circuitos elétricos como: tensão e corrente elétrica, resistência e associação de resistores e relação de Ohm.

Referente ao local de aplicação, esta proposta será desenvolvida em uma escola da rede privada ensino da cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, o Colégio Scalabriniano Nossa Senhora Medianeira que conta com uma tradição de mais de 100 anos. A turma escolhida se encontra na terceira série do ensino médio e é composta por 23 educandos entre 16 e 18 anos de idade. Destaca-se que desde a primeira série do ensino médio, estes educandos estão habituados ao trabalho em equipe, visto a disposição de suas mesas em sala de aula ser no formato redondo e coletivo, além dos trabalhos desenvolvidos pela coordenação e pelos educadores a fim de desenvolver habilidades e competências relacionadas a empatia e cooperação, ao autoconhecimento e ao autocuidado, à comunicação e argumentação e a responsabilidade e cidadania, conforme prevê a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018).

A escola oferece infraestrutura de apoio ao educador para aplicação desta sequência, contando com projetor e computador na sala de aula, laboratório de física com bancadas para trabalhos experimentais, laboratório de informática com 25 computadores e mesas redondas para os trabalhos em equipe. É importante destacar que, apesar desta infraestrutura estar disponível, é possível aplicar esta proposta em contextos menos privilegiados, para isso ao longo da descrição das aulas serão sugeridas alternativas aos educadores que lecionam em colégios que não possuem estes materiais disponíveis, bem como as

⁵ (EM13CNT101) – Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais. (BNCC, 2018, p.541).

⁶ (EM13CNT106) – Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais. (BNCC, 2018, p.541).

adaptações destas atividades para o ensino remoto. Aponta-se também que as atividades investigativas que serão propostas foram pensadas de modo a reduzir qualquer custo que venha ser necessário para sua aplicação, seja para a escola, seja para os educadores, seja para os educandos.

Como mencionado, a crise sanitária do COVID-19 obrigou educadores, educandos e instituições a revisar e reestruturar seu fazer pedagógico. Diante disso, o Colégio Medianeira tem ministrado as aulas em horário comum conforme previsto no calendário escolar, respeitando as cargas horárias exigidas ao ensino básico e através do formato híbrido, em que os educandos que sentirem-se confortáveis a frequentar presencialmente poderão ir à escola, enquanto aqueles que, devidos suas individualidades, não puderem estar presentes poderão acompanhar as aulas remotamente. Os educandos remotos acessam as aulas nos horários estabelecidos sincronamente com o educador, possibilitando a aplicação síncrona e remota das atividades através de plataformas de comunicação como o *Google Meets* e o *discord* e do portal educacional *Positivo ON*.

3.2 Descrição da sequência de ensino investigativo

Diante da problemática levantada quanto a necessidade de inserir a FMC como parte integrante do currículo de física no ensino básico e tendo em vista a proposta de construir sequências de ensino potencialmente significativas aliadas a uma abordagem investigativa que sejam aplicadas coerentemente aos conceitos da física clássica já previstos, elaborou-se uma proposta gamificada que será descrita nos tópicos a seguir com o intuito de verificar se este levante é viável ou não como possível solução para o contexto problematizado.

Tal como já fora destacado em capítulos anteriores deste trabalho, a *gamificação* é uma metodologia ativa em que os educandos são motivados a engajarem-se em um caminho de conquistas que os leve a um resultado (ÁVILA, 2019). Deste modo, é possível utilizar do caminho para leva-los a construir aprendizagens potencialmente significativas. A construção de uma história

envolvente que apresente desafios motivadores em seu desentrelaçar, bem como incentive os processos de colaboração entre os educandos em busca de soluções, é viabilizado através de um jogo de RPG.

Foi pensando nestas prerrogativas que uma narrativa de RPG foi desenvolvida e a estória será detalhada nos tópicos a seguir. Este jogo foi subdividido em quatro sessões: prólogo, capítulo I, capítulo II e capítulo III, sendo que cada etapa corresponde a uma aula de 60 minutos e possui uma ou mais atividades investigativas atreladas aos conceitos da FMC e de circuitos elétricos. Além disso, haverá uma quinta aula de 60 minutos para realizar o fechamento, a sistematização e a avaliação da sequência e das aprendizagens.

De modo a esquematizar a proposta, o quadro 3.1 resume, os objetivos da aprendizagem que se pretende desenvolver com a turma em cada aula e as atividades a serem desenvolvidas ou de forma presencial ou de forma remota.

Todas estas aulas serão conduzidas por uma apresentação de slides que apresenta de forma ilustrativa cada capítulo da narrativa do RPG (apêndice B), assim o educador contará com um guia para o auxiliar ao longo das nuances do início, meio e fim da narrativa. Além disso, estas lâminas estão imbuídas de conteúdos digitais como, imagens, áudios, hologramas e animações, e tem o intuito de contribuir para a apresentação e sistematização dos problemas disparadores (SOLINO e SASSERON, 2018), de auxiliar no processo de imersão das equipes diante de um cenário de jogo, bem como de incorporar alguns elementos próprios da gamificação capazes de motivar e potencializar as aprendizagens dos educandos.

Segundo Fardo (2013), alguns destes elementos são: regras claras, objetivos, níveis e recompensas, conflitos, feedback imediato, abstração da realidade, competição e cooperação, inclusão do erro no processo, diversão e narrativa. Ressalta-se que a referida apresentação é apenas um guia que orienta e aborda alguns destes elementos, mas que ambientação e articulação desta proposta deverá ser proporcionada pelas falas e ações do educador ao conduzir e mediar cada momento pedagógico.

Quadro 3.1 – Aulas, objetivos e atividades previstas a esta sequência didática.

	OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	ATIVIDADES PROPOSTAS	
		APLICAÇÃO PRESENCIAL	APLICAÇÃO REMOTA
Aula 1	- Familiarizar os educandos com a proposta do RPG;	- Contextualização da metodologia e questão disparadora através da plataforma <i>Mentimeter</i> ;	- Contextualização da metodologia e questão disparadora através da plataforma <i>Mentimeter</i> ;
		- Formação das equipes e escolha dos personagens;	- Formação das equipes e escolha dos personagens;
	- Mapear os conhecimentos prévios.	- Narrativa – <i>Prólogo: A seleção dos candidatos</i> ;	- Narrativa – <i>Prólogo: A seleção dos candidatos</i> ;
		- Investigando conhecimentos prévios na plataforma <i>Kahoot</i> e no diário de bordo.	- Investigando conhecimentos prévios na plataforma <i>Kahoot</i> e no diário de bordo.
Aula 2	- Incentivar a argumentação, a investigação e a busca por soluções de forma colaborativa;	- Narrativa – <i>Capítulo I: O despertar para o futuro</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo I: O despertar para o futuro</i> ;
		- Atividade 1: Coquetel de informações;	- Atividade 1: Coquetel de informações;
	- Introduzir os conceitos de FMC através da investigação e da problematização.	- Atividade 2: Construção de painéis investigativos com isopor, fios de lã e alfinetes.	- Atividade 2: Construção de painéis investigativos utilizando a plataforma <i>Jamboard</i> .
Aula 3	- Relacionar o efeito fotoelétrico ao funcionamento de LED's coloridos;	- Narrativa – <i>Capítulo II: O código</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo II: O código</i> ;
		- Atividade 1: Organizando LED's coloridos através de suas tensões de corte;	- Atividade 1: Organizando LED's coloridos através de suas tensões de corte;
	- Investigar o efeito fotoelétrico e a hipótese da quantização através da problematização de simulações;	- Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico e o comportamento de variáveis físicas no simulador da plataforma <i>PhET</i> .	- Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico e o comportamento de variáveis físicas no simulador da plataforma <i>PhET</i> .
Aula 4	- Construir circuitos elétricos experimentalmente utilizando componentes que são aplicações do efeito fotoelétrico;	- Narrativa – <i>Capítulo III: O resgate</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo III: O resgate</i> ;
	- Contextualizar situações do cotidiano a partir dos conceitos de circuitos elétricos e da FMC.	- Atividade 1: Construindo circuitos elétricos com LDR's em uma placa <i>protoboard</i> .	- Atividade 1: Construindo circuitos elétricos com LDR's utilizando a plataforma <i>Jamboard</i> .
Aula 5	- Retomar e promover discussões e atividades a fim de consolidar o processo de alfabetização científica.	- Desfecho da narrativa e socialização das experiências e construções das equipes;	- Desfecho da narrativa e socialização das experiências e construções das equipes;
		- Atividade sistematizadora no diário de bordo;	- Atividade sistematizadora no diário de bordo;
	- Avaliar os resultados conforme os objetivos pré-estabelecidos.	- Avaliação oral das aulas e entrega de condecorações.	- Avaliação oral das aulas e entrega de condecorações.

Fonte: Autoria Própria.

Com o objetivo de acompanhar a construção das aprendizagens, de facilitar um ambiente de registro para as elaborações dos educandos e de estimular o pensamento e a alfabetização científica através de questionamentos instigantes, será proposto, em consonância com cada aula, atividade e desafio, um diário de bordo (Apêndice C) que os acompanhará ao longo de toda esta sequência. Este diário, por sua vez, trará problemas e espaços onde o educando poderá registrar suas percepções quanto à narrativa do RPG e quanto aos conceitos que estarão sendo discutidos em cada aula. Ao final das aulas, os diários de bordo serão recolhidos pelo educador, a fim de se tornar um dos instrumentos de avaliação das aprendizagens e assumindo o caráter de portfólio do educando.

O diário estará subdividido conforme as aulas que foram previstas para esta sequência e conforme os capítulos atrelados a sistemática do jogo de RPG. As atividades e questionamentos que serão propostos por este recurso pedagógico serão discutidas e apresentadas cuidadosamente nas descrições das aulas que seguem na próxima seção deste trabalho.

Este produto educacional munuiu-se de diversas ferramentas tecnológicas disponíveis através de plataformas digitais a fim de potencializar as aprendizagens, de tornar as aulas mais dinâmicas e motivadoras, bem como de reforçar elementos próprios da gamificação. Dentre elas estão: *Mentimeter*, *Kahoot*, *Google* formulários e o simulador de efeito fotoelétrico do *PhET*. Tutoriais de acesso e utilização destas plataformas voltados a sua aplicação nesta proposta foram gravados e postados no *YouTube*, os *links* e as instruções de acesso aos vídeos podem ser encontradas nos apêndices deste trabalho (apêndice D).

Para o caso de aplicação remota, optou-se pela utilização da plataforma de comunicação *Discord* que permite a criação de diversas salas de texto, voz e vídeo dentro de um servidor geral que pode ser adaptado e organizado conforme o educador julgar melhor. Além disso, a plataforma permite a distribuição de cargos e restrições de uso que facilitam o controle remoto do educador e auxiliam no processo de direcionamento dos educandos para as atividades pedagógicas. Tutoriais de uso e gerenciamento desta plataforma podem ser encontrados no apêndice D deste trabalho.

Nas seções que seguem será discutido detalhadamente cada aula desta sequência, apresentando a descrição da narrativa do RPG em cada capítulo e como os desafios surgirão de modo entrelaçados a estória criando um cenário instigante e permitindo que os educandos investiguem os conceitos da FMC e dos circuitos elétricos motivados com a construção de seus conhecimentos científicos.

3.2.1 Aula 1 – Introduzindo a sistemática da sequência e Prólogo: A seleção dos candidatos

A primeira aula desta sequência pretende investigar os conhecimentos prévios dos educandos quanto aos conceitos da FMC, bem como às aplicações dos circuitos elétricos e noções de ondulatória, visto que algumas características como frequência, comprimento de onda e intensidade de uma radiação serão termos recorrentes nestas aulas. Além disso, eles serão introduzidos a sistemática do RPG, onde lhes será explicado a proposta do jogo e como ele está organizado, formar as equipes que deverão ser mantidas até o final das aulas desta sequência e dar início a estória do jogo através do prólogo. A seguir serão descritos os passos a serem seguidos para atingir os objetivos propostos.

Os primeiros 10 minutos deverão ser reservados para os questionamentos que farão ponte entre os conteúdos de circuitos elétricos e os conceitos da FMC que serão trabalhados nesta sequência, quantização da energia e o efeito fotoelétrico. Será lançado aos educandos uma questão disparadora⁷ e eles deverão, através da plataforma *mentimeter*, enviar as respostas que julgarem cabíveis.

Será feito o seguinte questionamento: “Onde encontramos circuitos elétricos em nosso dia-a-dia?”. O objetivo desta questão é fazê-los pensar que circuitos elétricos são quaisquer conexões e componentes que formem um caminho fechado que possibilite um fluxo de elétrons, bem como fazê-los perceber que estes circuitos se fazem constantemente presentes em nosso

⁷ Link para a questão disparadora na plataforma Mentimeter: <https://www.menti.com/xir7fzrsm9>.

cotidiano, desde os circuitos integrados em placas e processadores de aparelhos eletrônicos até os painéis fotovoltaicos e os postes de iluminação pública.

Utilizar o *mentimeter* é uma forma interativa e dinâmica de incentivar todos a participar, tendo em vista que cada educando acessa a plataforma com seu próprio dispositivo móvel e o lançar de respostas pode ser anônimo, permitindo que os mais inibidos também expressem suas ideias. Através das respostas fornecidas pelos educandos, um mapa de palavras será formado, em que o tamanho das palavras com maior número de envios ficará em destaque em relação ao tamanho das outras menos frequentes. Caso esta sequência esteja sendo aplicada de forma remota, esta plataforma auxilia na interação e na comunicação de educandos e educador, incentivando o processo de trocas e colaborando com o mapeamento dos conhecimentos prévios. A figura 3.1 traz um exemplo de um mapa criado pela plataforma em uma atividade proposta a partir de uma questão disparadora.

Figura 3.1 – Exemplo de mapa gerado pela plataforma *Mentimeter*.

Como você se define como professor? Descreva em três palavras (autoimagem).



Fonte: Ronaldo Barbosa: Educação e Tecnologia e Cultura Digital, 2020⁸.

Analisar este mapa com os educandos e fazê-los refletir sobre o que foi sugerido, aumentará o repertório científico da turma, visto o compartilhamento

⁸ Disponível em: <<https://ronaldobarbosa.pro.br/2020/02/01/como-criar-interacoes-em-tempo-real-do-tipo-nuvem-de-palavras-e-dar-vida-a-uma-aula-apresentacao>>. Acesso em: 07 out. 2020.

de conhecimentos entre os educandos. Para o educador, este mapa permite verificar parte dos conhecimentos prévios dos educandos quanto a temática proposta pela questão disparadora.

Além disso, pretende-se fazê-los refletir quanto às diversas aplicações dos circuitos elétricos, bem como leva-los a pensar acerca das tecnologias que comutam o efeito fotoelétrico e os circuitos elétricos. É possível que termos como os módulos fotovoltaicos, sistemas de iluminação ou segurança, LED's, entre outras aplicações surjam ou não neste mapa, porém refletir sobre estas aplicações e questioná-los quanto ao funcionamento das mesmas é fundamental neste momento, para instigar a curiosidade dos educandos, assim como mediar as conexões entre os dois assuntos que serão trabalhadas nas aulas seguintes. Destaca-se que este momento não é para entregar à turma respostas prontas ou despende uma aula expositiva, mas sim lançar questões que os façam refletir sobre o tema.

Caso a escola não tenha acesso a rede de internet ou projetores, bem como os educandos não tenham acesso a aparelhos de celular, e está aula estiver sob o formato presencial, sugere-se que o educador solicite as respostas para a questão disparadora em pedaços de papel e posteriormente as elenque em uma lista no quadro, possibilitando a realização das outras etapas deste momento pedagógico.

A seguir o educador apresentará a sistemática do RPG, explicando que o jogo pode ter diversas variações, mas que seu objetivo central é levar um grupo de personagens a solucionar problemas que possam surgir ao longo de uma narrativa.

É preciso levar os educandos a perceber que eles serão os personagens desta história e que as decisões tomadas por eles definirão o desenrolar de seus caminhos. Explicar que eles deverão escolher qual personagem cada um representará perante uma lista previamente fornecida e que estes personagens possuem características e ambições que devem ser levadas em conta ao longo das decisões tomadas pelos jogadores. Além disso, é importante ressaltar, que o RPG é um jogo colaborativo, ou seja, a equipe deverá encontrar, em meio a sua diversidade, um modo de trabalhar em conjunto na busca de soluções para

os desafios que surgirão, visto que os objetivos serão comuns a todos. Para este momento, reserve de 10 a 15 minutos, conforme as dúvidas dos educandos.

Os próximos 15 minutos deverão ser reservados para a formação das equipes e para a apresentação do prólogo do RPG conforme os slides disponíveis (apêndice B). Para o caso da turma em que este produto será aplicado, a formação das equipes não precisará ser feita, visto que os educandos já trabalham em mesas redondas de 4 a 5 integrantes no dia-a-dia escolar. Estas equipes são reorganizadas a cada 45 dias e se baseiam em um sociograma construído pela turma, educador conselheiro e coordenação pedagógica do colégio, prezando a diversidade de competências e habilidades de seus integrantes.

Quanto à apresentação de slides (apêndice B), ela traz um breve contexto do RPG, que pode ser utilizado como guia para explicar a sistemática do jogo e, nos slides que seguem, é apresentado aos educandos a lista de personagens que estarão disponíveis para escolha dos integrantes de cada equipe. Ressalta-se que esta escolha é individual, mas que eles estão formando um time, portanto os personagens optados devem favorecer o grupo como um todo.

Neste momento será entregue para cada educando o diário de bordo (apêndice C) que será utilizado como local de registro de questionamentos e informações pertinentes à sequência ao longo das aulas. Os educandos serão instruídos a preencher o cabeçalho do diário com seus nomes, turma, data e personagens escolhidos para cada integrante da equipe (figura 3.2).

Figura 3.2 – Cabeçalho do diário de bordo do educando.

DIÁRIO DE BORDO		
Nome:	Turma:	Data de início:
Personagem:		
FORMAÇÃO DA EQUIPE		
NOMES	PERSONAGENS	CARACTERÍSTICAS

Fonte: Autoria própria.

Após a escolha dos personagens, avançaremos ao prólogo da narrativa dando início a estória do RPG. Será sugerido aos educandos que, a partir deste momento, eles passem a representar os personagens que escolheram, bem como os objetivos e características de cada um. Para esta etapa reserve os 25 minutos finais da aula.

A narrativa deverá ser apresentada às equipes conforme sugere a apresentação de slides (apêndice B). Ela se passa em uma sala de entrevistas, onde cada personagem se encontra. Todos estão ali, pois querem participar do projeto *Future*, arquitetado por uma grande empresa que domina o mercado de inovações biotecnológicas e farmacêuticas, a *Quantum Labs*. Esta, por sua vez, tem selecionado candidatos saudáveis para testar um possível soro capaz de combater o avanço das células cancerígenas nos seres humanos.

A primeira atividade será a realização de uma entrevista. Cada candidato deverá responder a dois questionários, um online pela plataforma *Kahoot*, com 6 questões e outro descritivo, no diário de bordo, com 3 questões. Os questionamentos lançados pelo *Kahoot* (quadro 3.2) serão no formato de múltipla escolha e têm por objetivo investigar o domínio dos educandos quanto a conhecimentos já trabalhados em física no ensino médio e que serão importantes para o desenrolar das próximas aulas. Entre estes conhecimentos busca-se investigar sobre – diferença entre onda e partícula, frequência e intensidade de radiações eletromagnéticas, relações entre frequência e comprimento de onda. As alternativas consideradas corretas para cada questão estarão apresentadas no quadro 3.2 em destaque através das opções **Negrito** e *Itálico* simultaneamente.

Enquanto o questionário descritivo (quadro 3.3) que será resolvido no diário de bordo, busca verificar os conhecimentos prévios dos educandos quanto ao que ainda não foi discutido em sala, mas que pode já fazer parte de suas bagagens cognitivas. Pretende-se questioná-los quanto aos módulos fotovoltaicos, aplicações dos LED's e ao funcionamento dos postes de iluminação pública. Estes temas foram escolhidos, pois serão os contextos investigativos dos três desafios atrelados aos próximos capítulos do RPG, bem como aos conceitos de FMC que serão abordados neste produto educacional.

Quadro 3.2 – Questionário investigativo na plataforma *Kahoot*.

Questão 1	Como podemos definir uma ONDA?	
Alternativas	Perturbações no espaço sem transporte de matéria e energia.	Perturbações no espaço com transporte de matéria e energia.
	<i>Perturbações no espaço com transporte de energia e não de matéria.</i>	Perturbações no espaço com transporte de matéria e não de energia.
Questão 2	São variáveis relacionadas aos conceitos já discutidos sobre ondas...	
Alternativas	<i>Frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação.</i>	Energia, massa e velocidade.
	Tempo, distância e comprimento.	Intensidade, volume e frequência.
Questão 3	Complete: "A luz é..."	
Alternativas	<i>uma onda eletromagnética.</i>	<i>um conjunto de partículas.</i>
	<i>uma onda e um conjunto de partículas.</i>	<i>um trecho do espectro eletromagnético.</i>
Questão 4	O que são fótons?	
Alternativas	Unidade que mede a energia de uma onda.	<i>Partícula elementar quantizada que compõe a luz.</i>
	Nome dado aos elétrons da camada de valência.	Pacote que pode assumir qualquer valor de energia.
Questão 5	Por que existem diferentes cores?	
Alternativas	Por que nosso olho define e interpreta elas.	<i>Por que a luz pode ser emitida em diversas frequências.</i>
	Por causa do fenômeno da difração.	Devido a reflexão em diferentes materiais.
Questão 6	A luz visível corresponde a uma faixa de frequências do espectro eletromagnético, junto com os raios UV, Gama, IF...	
	<i>Verdadeiro</i>	Falso

Fonte: Autoria Própria.

As respostas fornecidas pelos educandos a estes questionários deverão servir de alicerce ao longo de todo o processo de construção da sequência, pois

é a partir deles que as mediações nas próximas atividades deverão ser baseadas.

Quadro 3.3 – Questionário investigativo no diário de bordo.

Questão 1	O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?
Questão 2	As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?
Questão 3	Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?

Fonte: Autoria Própria.

Será reservado de 2 a 5 minutos antes do término desta aula para uma breve discussão do que foi proposto através de uma conversa informal com os educandos acerca de suas expectativas em relação aos próximos capítulos da narrativa e suas motivações em participar desta sequência.

3.2.2 Aula 2 – Capítulo I: O despertar para o futuro

A segunda aula desta sequência visa ambientar a narrativa do RPG de modo a criar os cenários ideais para o desenrolar dos desafios. Estes desafios correspondem a atividades investigativas que serão propostas em cada aula e tem por objetivo mediar as construções da aprendizagem dos educandos, colocando-os como protagonistas deste processo. Remetendo-se ao desafio a ser proposto neste encontro, objetiva-se possibilitar às equipes o contato com os objetos do conhecimento centrais desta proposta – a hipótese da quantização de Planck e o efeito fotoelétrico. Além de possibilitar o aumento do repertório cultural e científico dos educandos, visto o propósito de relacionar estes fenômenos com situações práticas presentes em seus cotidianos.

Os 15 primeiros minutos da aula serão reservados para revisar os eventos ocorridos no último encontro e introduzir a narrativa que dará sentido ao

capítulo I do RPG. Será retomado com as equipes qual a proposta do jogo e o papel de cada personagem no desenrolar dos fatos e dado início aos eventos deste episódio utilizando a apresentação de slides, possibilitando a ambientação e imersão dos educandos na narrativa do RPG. Ao passar dos slides, espera-se que as imagens, os trechos escritos e as montagens construídas auxiliem neste processo.

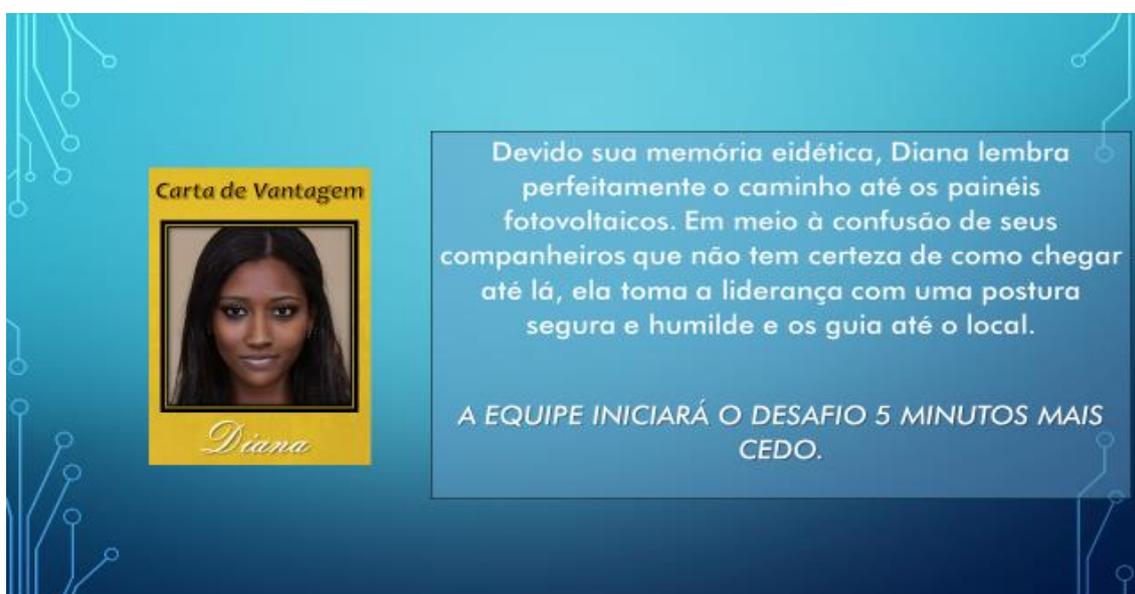
Voltando-se a estória, será relatado às equipes que seus integrantes foram selecionados para participar do projeto e que ficarão em estado de hibernação por alguns dias em função do início das testagens do referido soro. Semanas depois, os personagens acordam deste estado e encontram o laboratório abandonado, sugerindo que houve uma retirada às pressas, em que tudo foi deixado para trás, inclusive eles. Ao caminhar pelos corredores vazios, encontram a planta baixa do laboratório e alguns recortes de jornais sobre uma bancada eletrônica. Ali, é possível entender um pouco do que está acontecendo. Uma toxina, transmitida pelo ar, parece estar afetando seriamente o sistema nervoso dos seres humanos, levando os infectados a óbito. Aparentemente, os poucos sobreviventes, utilizam de sistemas de ventilação modernos capazes de filtrar a toxina do ar, visto que qualquer contato com ela seria letal. Será reservado 5 minutos, ao final desta introdução, para que os educandos socializem suas ideias quanto ao que leram e ouviram. Ressalva-se que os recortes de jornal construídos e dispostos na apresentação de slides serão impressos e entregues aos educandos para que possam manusear este material.

Enquanto a equipe se apodera dos ocorridos, será narrado que as luzes do laboratório começam a falhar, remetendo a um possível defeito no sistema de captação de energia solar que mantém o local funcionando. Neste momento é inserido mais um elemento do RPG, a *carta de vantagem* (figura 3.3).

A carta de vantagem irá surgir ao longo da narrativa em situações específicas. Ela estará relacionada com as características individuais dos personagens que poderão se sobressair em alguns casos, fornecendo determinada vantagem para a equipe que optou por integrar aquele personagem em sua composição. Neste momento, a carta de vantagem estará atrelada a personagem Diana. As equipes que tiverem algum de seus membros

interpretando a ativista política de memória eidética e elevado espírito de liderança, chegarão ao local dos módulos fotovoltaicos mais rapidamente e terão acesso à mesa de informações antes das outras equipes. É imprescindível ressaltar que o intuito desta pequena vantagem é dar sentido às escolhas de personagens realizadas pelas equipes e inserir elementos próprios dos processos de gamificação que motivam e instigam os jogadores a envolverem-se com a proposta e buscarem o seu melhor.

Figura 3.3 – Carta de vantagem desbloqueada pelo personagem Diana.



Fonte: Autoria própria.

Diana lembra perfeitamente o caminho até os painéis fotovoltaicos, pois tem em sua memória o registro do mapa do laboratório visto anteriormente. Em meio à confusão de seus companheiros que não tem certeza de como chegar até lá, ela toma a liderança com uma postura segura e os guia até o local exato. Ao chegar, percebem que há algo de errado e os painéis precisarão de reparos, caso contrário o sistema de ventilação e os filtros de ar irão parar de funcionar.

Com a narrativa construída como elemento de motivação e envolvimento dos educandos, a atividade investigativa deverá ser introduzida. A partir da questão disparadora – *Como se dá o funcionamento do sistema de energia elétrica solar?* – Os educandos serão instigados por uma questão que desperta

a curiosidade e incentivados a buscar informações sobre o funcionamento dos satélites, bem como sobre o efeito fotoelétrico e fotovoltaico, responsáveis por captar e transformar a energia solar em energia elétrica. Para isso, será organizado previamente pelo educador, uma mesa no centro da sala de aula com materiais de apoio, textos, vídeos, *podcasts*, exercícios resolvidos, reportagens e o livro didático adotado pelo colégio (apêndice E), este local pedagógico será chamado de *coquetel de informações*. Estas fontes de pesquisa estarão adequadas aos objetivos de aprendizagem atrelados à FMC, bem como deverão atender às necessidades que forem identificadas através do pré-teste realizado na aula anterior. Devido a este último fator, salienta-se que os materiais já elaborados poderão sofrer variações conforme o que for apresentado pelos educandos.

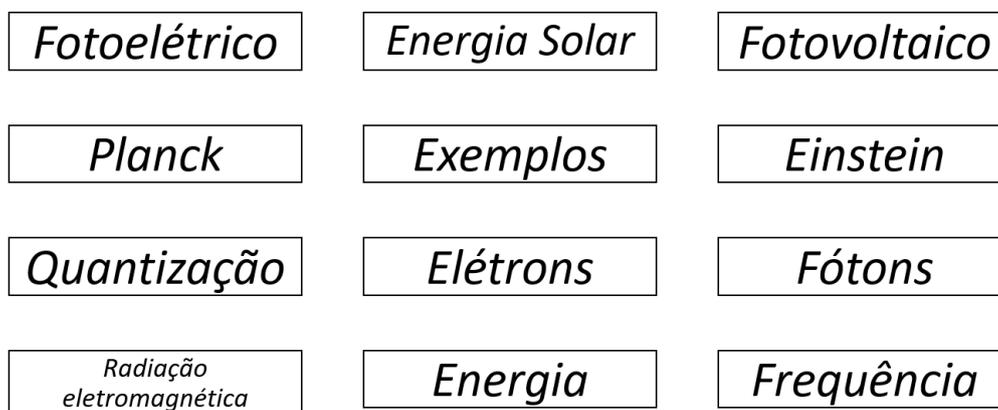
Destaca-se que entre estes materiais estão: um texto revisional sobre os conceitos fundamentais de uma onda, trechos traduzidos do artigo original de Einstein referente ao efeito fotoelétrico, texto abordando a evolução histórica e as relações de variáveis contempladas pelo efeito fotoelétrico e dois exercícios resolvidos e comentados. Todos eles podem ser encontrados no Apêndice D deste trabalho. Além dos materiais construídos, os educandos terão acesso a computadores conectados à internet, para que possam ampliar suas pesquisas em busca de outros materiais – artigos, reportagens, vídeos, *podcasts*, etc.

Para responder à questão disparadora proposta, as equipes deverão construir um mapa conceitual utilizando alguns conceitos centrais que serão fornecidos, um painel de isopor revestido de tecido TNT, alfinetes de cabeça colorida e fios de lã colorida. O objetivo será conseguir apresentar, por meio das conexões realizadas, uma resposta condizente que explique como os painéis fotovoltaicos funcionam e quais são os fenômenos que possibilitaram a construção desta tecnologia. Ressalta-se que os educandos poderão acrescentar outros conceitos além dos fornecidos, assim como adicionar frases de ligação e recortes dos materiais de apoio.

Caso esta sequência esteja sendo aplicada remotamente, sugere-se utilizar a plataforma *Jamboard* que permitirá as equipes construírem seus painéis investigativos utilizando os conceitos centrais sugeridos.

Quanto a estes conceitos centrais disparadores que serão entregues pelo educador, optou-se por termos que norteie os educandos ao longo da investigação. Como os educandos estarão iniciando as interações com estes conhecimentos, é conveniente fornecer a eles alguns conceitos chave, que os auxiliará no processo de construção de seus mapas e conexões entre o conhecimento científico e o senso comum, bem como tornará a atividade mais desafiadora, visto que terão de investigar elementos específicos. A figura 3.4, apresenta os referidos conceitos centrais.

Figura 3.4 – Conceitos centrais para a atividade investigativa referente ao primeiro desafio da segunda aula.



Fonte: Autoria própria.

Ao elaborar esta proposta sob a luz da abordagem por investigação, atentou-se em construir um problema contextualizado com o cenário do RPG e próximo da realidade dos educandos. Além disso, conforme o quadro 2.1 da fundamentação teórica que organiza os diferentes graus de liberdade que uma atividade investigativa pode assumir, é possível classificar esta proposta como de grau 4, pois o problema é lançado pelo educador, enquanto as hipóteses, o plano de trabalho e a obtenção de dados é construída pelos educandos.

Para esta atividade as equipes disponibilizarão de 40 minutos, sendo que o educador estará mediando a atividade e interagindo com os educandos ao longo de toda a construção. Desta forma, é possível avaliar as necessidades e conduzi-los pelos caminhos que visam a alfabetização científica.

Neste momento, outra carta de vantagem será ativada e está relacionada a personagem de Ana. Observadora e sempre atenta aos fatos, a personagem percebe um problema nos módulos fotovoltaicos que havia passado despercebido. Assim, o grupo amplia a sua visão do problema e acelera o conserto dos equipamentos. A equipe recebe uma dica do educador na construção de seus mapas investigativos.

Assim que as equipes concluírem a construção de seus esquemas, será solicitado que voltem suas atenções ao diário de bordo que retoma a questão disparadora que introduziu esta aula (figura 3.5). Espera-se que os educandos sejam capazes de construir uma resposta descritiva satisfatória a esta problemática, explicando de que forma a energia solar é convertida em energia elétrica associando este fenômeno aos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico.

Figura 3.5 – Questão sistematizadora no diário de bordo.

- ❖ Descreva como se dá o funcionamento dos módulos fotovoltaicos e quais são os efeitos físicos que possibilitaram a existência desta tecnologia.

Fonte: Autoria própria.

Os últimos minutos da aula serão reservados para organizar o ambiente e fazer os ajustes finais nos painéis investigativos que permanecerão expostos na sala de aula até o último encontro desta sequência, este, por sua vez, prevê a socialização das construções realizadas ao longo de todas as aulas desta sequência pelas equipes.

3.2.3 Aula 3 – Capítulo II: O código

A terceira aula desta sequência pretende levar as equipes a investigar o efeito fotoelétrico a partir de duas situações disparadoras. A primeira será uma

demonstração utilizando LED's com diferentes frequências de emissão (azul, verde, amarelo, vermelho e infravermelho) e uma fonte de tensão variável, enquanto a segunda será através da utilização de um simulador virtual do efeito fotoelétrico disponibilizado pela plataforma *PhET*. Estas duas propostas investigativas estarão entrelaçadas com narrativa do RPG que desafiará os educandos a desvendar o código de acesso do computador da doutora responsável pelo projeto encontrado no laboratório.

Os primeiros 10 minutos da aula serão reservados para retomar os eventos do encontro anterior e introduzir a narrativa que levará as equipes aos desafios desta aula. Para isso, será relatado que os personagens conseguiram cumprir os objetivos do desafio anterior e foram capazes de restaurar a energia do laboratório. Ao retornar para o centro principal, encontram um computador portátil, ao abri-lo um holograma emerge emitindo uma mensagem programada explicando que aquele computador pertenceu a doutora responsável pelo projeto e que, para desbloqueá-lo, será necessário passar por um teste criado por ela. Este será o gatilho para dar início às propostas investigativas.

O primeiro teste lançado pelo holograma estará relacionado a demonstração utilizando uma fonte de tensão variável e LED's de diferentes cores e deverá ter duração aproximada de 10 a 15 minutos. Neste momento, os educandos serão introduzidos ao aparato e a montagem experimental do circuito. Antes de iniciar a demonstração, eles serão questionados quanto ao funcionamento dos LED's – Cada LED possui uma cor diferente e um a um ligaremos à fonte de tensão. A tensão necessária para ligar um LED deverá ser alta ou baixa? O que significa uma tensão alta para vocês? E baixa? A tensão para acender o primeiro LED colorido será a mesma para acender os outros de outras cores?

Estes questionamentos serão realizados oralmente e os educandos incentivados a contribuir com suas perspectivas, possibilitando o levantar de um breve debate. Para este trabalho escolhemos os LED's que emitem radiações na faixa de frequências do azul, do verde, do amarelo, do vermelho e do infravermelho e a ordem de testagem que será demonstrada se inicia pelo vermelho, passa pelo amarelo, verde e azul, deixando o infravermelho para o final.

O educador segue com a demonstração, de modo a apresentar na prática as discussões levantadas, conectando cada LED ao aparato experimental e variando a tensão elétrica em seus terminais até que o mesmo acenda. Durante o processo o educador retomará as questões que foram inicialmente lançadas aos educandos relacionando com o que se está vendo na prática.

O último LED deverá ser o infravermelho, a frequência de sua radiação emitida é menor do que a dos outros, porém sua emissão não sensibiliza o olho humano, portanto não somos capazes de visualizar nenhuma cor sendo emitida do componente, mesmo quando aumentarmos muito a tensão elétrica em seus terminais. Espera-se que esta problemática levante dúvidas e instigue os a investigar o que está ocorrendo. Neste momento o educador deverá aplicar uma baixa tensão elétrica nos terminais do LED e indicar aos educandos que é inferior a própria tensão aplicada no de coloração vermelha. Será solicitado que os educandos peguem seus aparelhos de celular e apontem a câmera para o LED infravermelho. Caso os aparelhos não possuam filtro de radiação infravermelho (a maioria dos aparelhos não possui), será possível ver uma emissão de cor vermelha surgindo do LED.

Isto ocorre, pois, as câmeras dos aparelhos de celular são sensíveis a radiação infravermelha e, quando captam a partir de uma fonte pontual com determinada intensidade, convertem esta frequência para a faixa da luz visível próxima ao vermelho.

Acredita-se que o levantamento desta problemática, além de instigar curiosidade nos educandos, se tornará palco para retomar o espectro de radiação eletromagnético e referenciá-los quanto às implicações práticas do aumento da frequência de uma radiação.

Este momento não deverá ser de respostas prontas, mas sim de incentivar as dúvidas e as investigações. Ressalta-se que o educador não deverá explicar metodicamente a razão de LED's diferentes exigirem tensões diferentes ou de responder diretamente alguma das questões disparadoras anteriores, mas permitir que os educandos construam suas próprias concepções a partir das orientações e observações realizadas.

Durante a demonstração, os educandos deverão estar munidos de seus diários de bordo (figura 3.6), pois há uma tabela a ser preenchida com as respectivas tensões de corte de cada LED colorido. Também há um questionamento que pretende levar os educandos a indagarem-se quanto a razão de diferentes LED's exigirem diferentes tensões elétricas para ligar.

Figura 3.6 – Acompanhamento da atividade investigativa no diário de bordo.

FASE 1 – INVESTIGANDO O FUNCIONAMENTO DE LED's COLORIDOS.

COR DO LED	TENSÃO DE CORTE	❖ Que tipo de relação podemos estabelecer entre as cores dos LED's e as diferentes tensões mínimas aplicadas?

Fonte: Autoria própria.

Sob esta proposta, os educandos serão levados ao laboratório de informática do colégio e introduzidos ao simulador virtual do efeito fotoelétrico, disponibilizado pela plataforma *PhET* através da Universidade do Colorado. Cada equipe terá acesso a um questionário construído utilizando a plataforma *Google formulários*, nele será possível encontrar desafios e problemas relacionados a simulação e que guiarão os educandos no processo investigativo.

As questões sugeridas pelo formulário buscam levar as equipes a perceber quais são as variáveis significativas para a ocorrência do efeito fotoelétrico, bem como pretendem auxiliar no processo de construção do conhecimento levando-os a formular suas próprias conclusões acerca de suas percepções. O quadro 3.4 apresenta os questionamentos que serão propostos.

Para responder estas questões, será incentivado que as equipes manipulem o simulador buscando visualizar o que ocorre em cada situação e então formular suas próprias respostas.

Quadro 3.4 – Questões norteadoras para a investigação no simulador virtual.

QUESTÕES
Existem dois controladores associados à fonte de radiação no simulador, um refere-se à intensidade e o outro ao comprimento de onda do feixe incidente. De que forma cada uma destas variáveis impactam o fenômeno simulado?
É possível relacionar comprimento de onda e frequência da radiação incidente? De que forma isso pode ser feito?
O que se espera que ocorra ao deixar um material exposto por um longo período de tempo a um feixe de radiação de baixa frequência que, de imediato, não provoca ejeção de elétrons? É possível que, com o passar do tempo, o material absorva a energia necessária para ejetar elétrons?
Para determinadas frequências o efeito fotoelétrico é visualizado, enquanto em outros materiais expostos a esta mesma frequência o efeito não ocorre. Como isso é possível, visto que a energia dos fótons incidentes será a mesma nos dois casos?
Por que o Amperímetro do circuito elétrico apenas passa a registrar valores de corrente elétrica quando há ocorrência do efeito fotoelétrico, independente da tensão que seja aplicada na fonte?

Fonte: Autoria Própria.

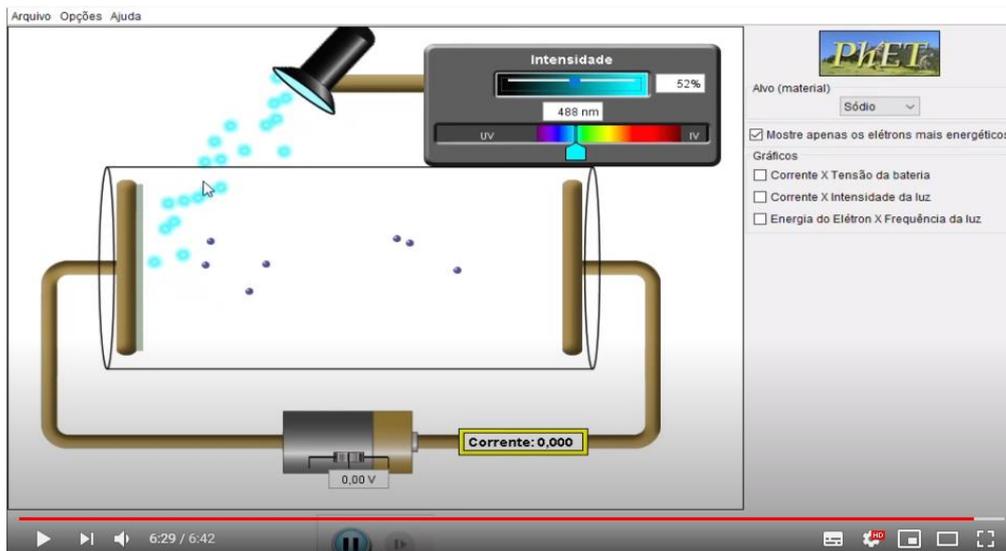
Este momento permite a ocorrência de uma carta de vantagem, relacionada ao personagem de Lorena. Doutora na área das ciências da natureza, Lorena apresenta facilidade em compreender o funcionamento do simulador e manipulá-lo. Assim, a equipe que a tiver como uma de suas integrantes, terá acesso a um vídeo⁹ (figura 3.7) tutorial com orientações básicas referente ao funcionamento e a manipulação do simulador virtual.

É importante ressaltar que esta proposta investigativa pretende situar o educando como protagonista de sua aprendizagem, mas não de o abandonar ao longo do processo. O educador estará alternando entre as equipes, auxiliando

⁹ Link do vídeo tutorial no YouTube – <https://www.youtube.com/watch?v=D--TTdUMmJgfeature=youtu.be>.

na manipulação do simulador e mediando os conflitos entre objetos do conhecimento e investigadores.

Figura 3.7 – Trecho do vídeo tutorial oportunizado pela carta de vantagem.



Fonte: Autoria própria.

Após manipular e responder aos questionamentos, as equipes avançarão em direção a última etapa desta atividade investigativa, que pretende desafiá-los a obter o código que desbloqueia o computador e libera os arquivos para o próximo desafio. Para isso, os educandos deverão desvendar a seguinte charada:

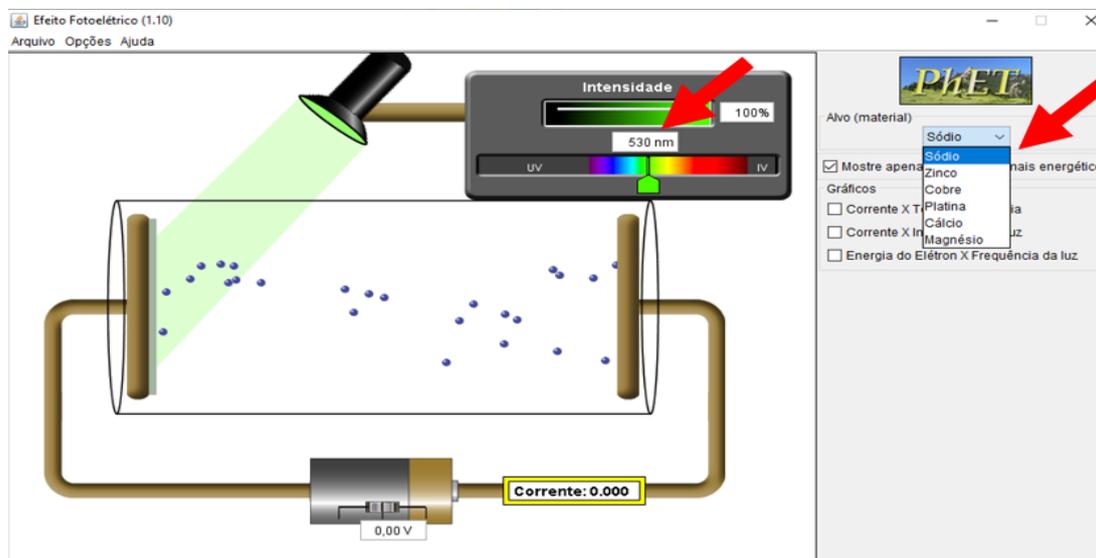
"Se frequências diferentes você deve aplicar. Em ordem crescente elas precisam estar. Apenas o primeiro algarismo utilizar. Para, então, o código desvendar."

(Autoria própria)

Para solucionar este enigma as equipes precisarão reconhecer que o poema se refere às frequências de corte necessárias para a ocorrência do efeito fotoelétrico em diferentes materiais. Conforme eles já terão manuseado anteriormente no simulador, é possível alterar o material de que a placa coletora

é constituída, bem como o comprimento de onda da radiação incidente (figura 3.8).

Figura 3.8 – Simulador virtual de efeito fotoelétrico da plataforma *PhET*.



Fonte: PhET – Interactive Simulations, Universidade do Colorado, 2020¹⁰.

Assim como questionado na atividade anterior, nesta etapa será necessário partir do comprimento de onda fornecido pelo simulador e calcular a frequência correspondente. Para isso, podemos utilizar a equação que relaciona velocidade de propagação da radiação eletromagnética (c) com a frequência (ν) e comprimento de onda (λ) correspondentes, tal como demonstra a equação 3.1.

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (3.1)$$

Ressalta-se que os educandos já estudaram os conceitos de ondulatória e já trabalharam com a respectiva equação, bem como com suas aplicações. Porém, pensando em possíveis dificuldades, um dos materiais do desafio anterior traz uma revisão destes objetos do conhecimento.

Diante disso, com o valor da frequência de corte para cada material calculado, eles deverão organizar uma sequência crescente de números utilizando apenas o primeiro algarismo de cada valor registrado, obtendo assim

¹⁰ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 07 out. 2020.

o código de desbloqueio. Há um espaço no diário de bordo onde as equipes deverão informar qual a solução encontrada para o enigma, além de utilizá-lo para resolver os cálculos e informar o código (figura 3.9).

Figura 3.9 – Espaço para os registros das equipes no diário de bordo.

<p>FASE 2 – INVESTIGANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO.</p> <p>❖ A partir da solução do enigma, como a equipe obterá o código de acesso ao computador encontrado? (Utilize este espaço para eventuais cálculos relacionados ao problema).</p> <p style="text-align: right;"><i>INSIRA AQUI O CÓDIGO DE ACESSO:</i> _____</p>
--

Fonte: Autoria própria.

Para este desafio uma carta de vantagem será ativada e a equipe que contar com Natan em sua formação receberá o primeiro número da sequência que compõe o código. O personagem possui vasta experiência na área das tecnologias da informação, portanto demonstra familiaridade com a situação e facilita o trabalho para a equipe.

Esta proposta se enquadra, segundo o quadro 2.1 quanto ao grau de liberdade em uma atividade investigativa, como grau 4, visto que as questões e o enigma são lançados pelo educador e os educandos são responsáveis por levantar as hipóteses, organizar o plano de trabalho e obter os resultados para cada questionamento.

A finalização desta aula será realizada com uma discussão a partir das respostas ao questionamento bônus trazido pelo diário de bordo dos educandos (figura 3.10), que está relacionado ao efeito fotoelétrico orquestrado pelo simulador e as observações da demonstração com os LED's coloridos. Espera-se que os educandos desenvolvam seus raciocínios em torno da quantização da

energia como múltiplos inteiros da constante de Planck e dependente das frequências relacionadas.

Figura 3.10 – Questão bônus no diário de bordo.

QUESTÃO BÔNUS	
❖	LED's de diferentes cores exigiram tensões específicas para poder funcionar. Diferentes materiais exigiram frequências de radiação específicas para emitir elétrons. Os dois experimentos realizados parecem estar, de alguma forma, relacionados ao espectro da radiação eletromagnética, de que maneira isso pode estar ocorrendo?

Fonte: Autoria Própria.

Este momento é importante e deve ser conduzido pelo educador, de modo a ouvir e orientar os educandos na direção da alfabetização científica e da sistematização de todas os conhecimentos levantados ao longo destas atividades.

3.2.4 Aula 4 – Capítulo III: O resgate

O objetivo desta aula será trabalhar outra aplicação relacionada ao efeito fotoelétrico, o *Light Dependent Resistor* (LDR), bem como proporcionar um desafio experimental sobre circuitos elétricos mobilizando conhecimentos teóricos e práticos das duas áreas da física de modo contextualizado.

Mantendo a sistemática criada pela ferramenta do RPG, os primeiros 10 minutos de aula serão estabelecidos pela retomada do capítulo anterior, bem como a descrição da narrativa que levará ao respectivo desafio. Portanto, será retomado com as equipes que na última aula eles foram capazes de debloquear o computador da doutora e, por isso, acessaram os arquivos do projeto, descobrindo que o medicamento que estava sendo testado apresentava potencial risco a vida humana caso algo saísse do controle. Assim, os

personagens percebem que a toxina responsável pelo colapso da humanidade foi um erro de laboratório relacionado ao projeto que eles fizeram parte.

Nestes arquivos também havia uma pasta com uma série de protocolos de emergência em caso de vazamento da toxina e menção a construção de um bunker nas montanhas. Ao vasculhar estes documentos, os personagens descobrem que há um protocolo de socorro que pode ser enviado a fim de solicitar resgate, porém o dispositivo parece estar avariado. O que as equipes sabem é que este dispositivo é capaz de enviar sinais em código binário, em que 1 corresponde a um LED ligado e 0 a um LED desligado. O controle do estado ligado ou desligado do sistema é baseado na exposição à luz de um dos componentes eletrônicos (LDR).

Diante desta problemática os educandos serão desafiados a construir um circuito elétrico que utiliza um LDR como controlador liga/desliga de um LED em uma placa *protoboard*. Assim, utilizar o aparato construído para enviar um sinal de SOS para a equipe de resgate, permitindo que os educandos criem ou pesquisem uma forma de comunicação através de código binário. Em função do código binário SOS, uma carta de vantagem é ativada para as equipes que contarem com André em sua composição. Devido a sua carreira militar, o personagem possui familiaridade com este tipo de comunicação e conhece o padrão denominado Código Morse. As equipes receberão uma ficha com o padrão de comunicação binário Morse (figura 3.11) e, se assim desejarem, poderão utilizá-lo para o pedido de resgate SOS.

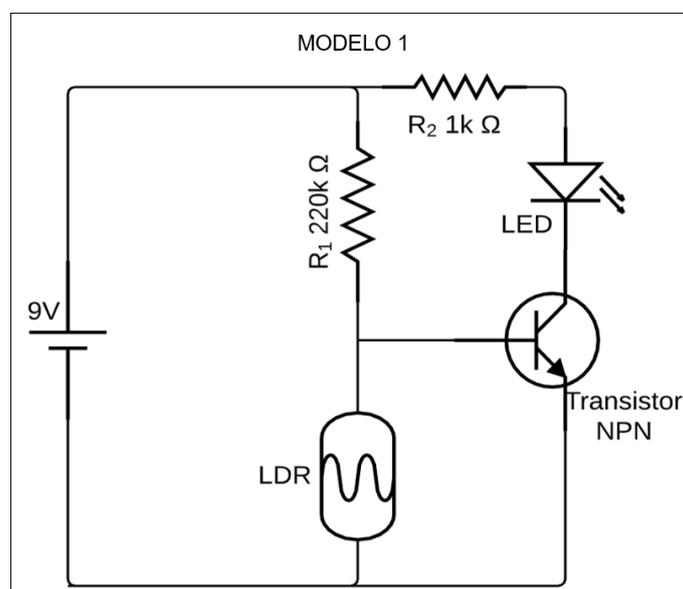
Figura 3.11 – Padrões do código Morse.

A	· -	J	· - - - -	S	· · ·	2	· · - - - -
B	- · · ·	K	- - -	T	-	3	· · · - - -
C	- · · · ·	L	· - · · ·	U	· · -	4	· · · · -
D	- · · ·	M	- -	V	· · · -	5	· · · · ·
E	·	N	- ·	W	· - -	6	- · · · ·
F	· · · ·	O	- - -	X	- · · ·	7	- · · · ·
G	- · ·	P	· - · · ·	Y	- · - - -	8	- · - - ·
H	· · · ·	Q	- - - - -	Z	- · - · ·	9	- · - - - ·
I	· ·	R	· · ·	1	· - - - - -	0	- - - - -

Para tornar esta atividade possível, será organizada uma mesa central que conterà dois esquemas de circuitos que as equipes poderão utilizar como referência (figura 3.12 e figura 3.13), uma legenda descritiva dos componentes eletrônicos (apêndice F), bem como os referidos componentes. Em ensino remoto, estes esquemas serão encaminhados para os educandos e eles deverão construir os protótipos utilizando figura na plataforma *Jamboard*.

Caso os educandos optem pelo primeiro modelo de circuito (figura 3.12), eles deverão utilizar um maior número de componentes eletrônicos, incluindo um transistor. Ressalta-se que os educandos desta turma já tiveram contato com montagens experimentais de circuitos elétricos anteriormente, portanto já estão familiarizados com alguns elementos. Caso este produto venha a ser aplicado em turmas que nunca tenham trabalhado com este tipo de proposta, aconselha-se a reservar duas aulas para esta atividade em que, na primeira, se introduza, através de experimentos mais simples, a construção experimental de circuitos elétricos, bem como a utilização da placa *protoboard*.

Figura 3.12 – Modelo 1 para montagem do protótipo experimental.

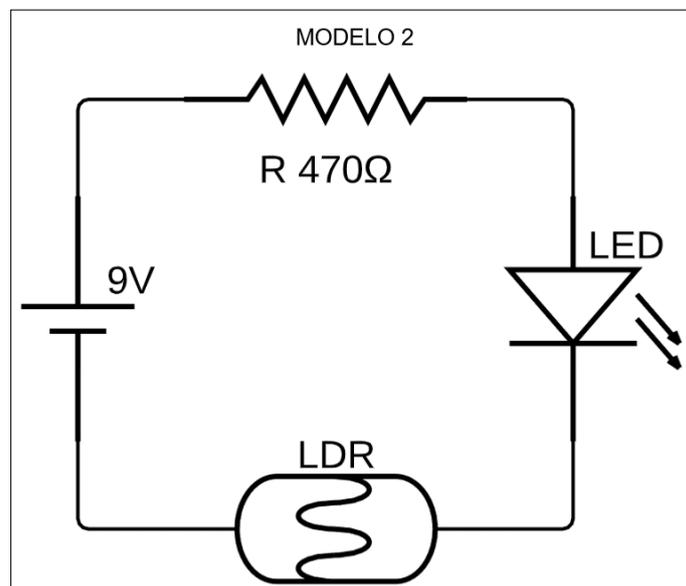


Fonte: Autoria própria.

O segundo modelo (figura 3.13) sugerido é mais simples e utiliza menor quantidade de componentes eletrônicos. Recomenda-se a utilização de apenas

este modelo caso a turma nunca tenha tido contato com montagens experimentais de circuito elétricos.

Figura 3.13 – Modelo 2 para montagem do protótipo experimental.



Fonte: Autoria própria.

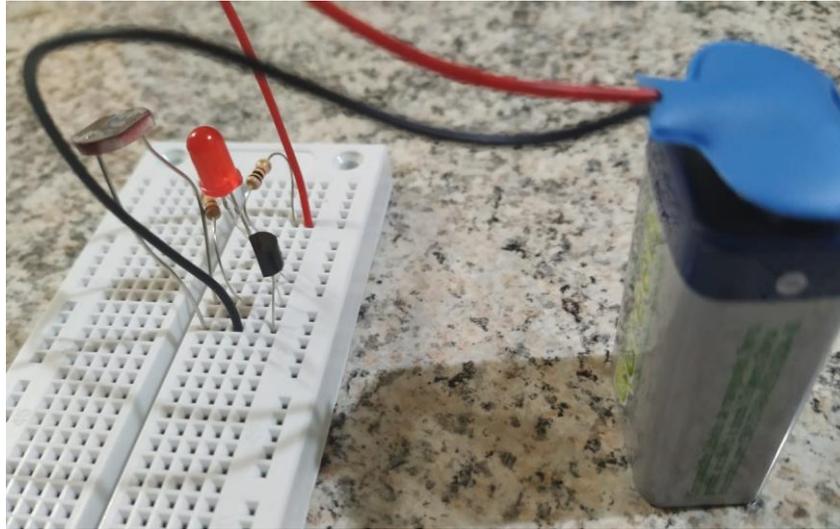
Para o contexto cuja esta aplicação está prevista, optou-se por disponibilizar os dois modelos, assim é possível desafiar os educandos que tem maior facilidade com esta área do conhecimento, bem como viabilizar outros caminhos àqueles que necessitam de maior cautela em desenvolver sua aprendizagem perante estes temas.

Além de respeitar o ritmo dos diferentes educandos dentro da classe, os dois modelos apresentarão resultados experimentais diferentes no final de cada construção, possibilitando um momento de discussão potencialmente significativo. O primeiro caso, terá seu LED aceso quando o LDR não estiver exposto à luz, por outro lado, no segundo caso, o LED irá acender quando o LDR estiver exposto à luz, assim como demonstra a figura 3.14 e a figura 3.15.

Isto se deve ao modo como os dois modelos foram construídos, no modelo 1, o LDR está conectado em paralelo com o LED e o transistor, deste modo, quando ele estiver exposto à luz, sua resistência será muito baixa e funcionará como um curto circuito então, a diferença de potencial no resistor de 220kΩ será

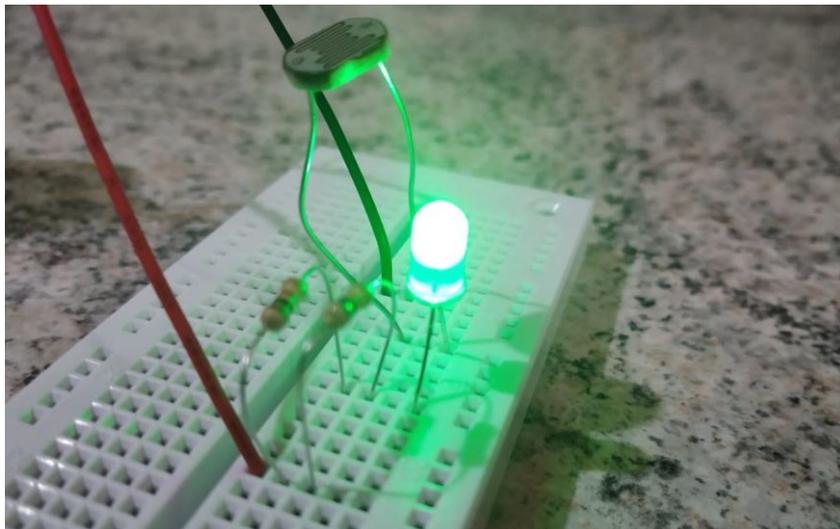
total e a tendência da corrente elétrica será seguir direto ao polo negativo da bateria, portanto a base do transistor terá uma circulação de corrente quase nula o que não permitirá o funcionamento do LED no outro ramo do circuito.

Figura 3.14 – Modelo 1 construído em placa protoboard.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3.15 – Modelo 2 construído em placa protoboard.



Fonte: Autoria própria.

No segundo caso, o LDR está ligado em série com o LED, portanto se ele estiver exposto à luz, sua resistência interna irá diminuir significativamente e permitirá a existência de uma corrente elétrica mínima para acender o LED.

Esta discussão será levantada ao final desta atividade e, caso os educandos tenham apresentado dificuldades na montagem experimental de algum dos dois modelos, o educador os construirá a partir das contribuições da turma.

Outra discussão a ser levantada, partindo dos dois modelos de construção é de que, no segundo caso, o LED varia gradualmente seu brilho conforme se varia a exposição do LDR à luz, sendo que, mesmo quando o LDR fica quase totalmente coberto, ainda assim se percebe uma pequena emissão de radiação luminosa pelo LED. Já, no primeiro caso, o LED acende ou apagar completamente conforme o LDR estiver ou não exposto à luz. Isso ocorre devido a presença do transistor que, no primeiro modelo, irá impedir completamente a passagem da corrente caso o LED esteja exposto a uma determinada quantidade de radiação. Para o segundo modelo, em que o transistor não se faz presente, o brilho do LED irá varia conforme variar a resistência do LDR, esta, por sua vez, varia conforme sua exposição à radiação luminosa.

Como anteriormente foi referido, na mesa central, haverá uma legenda dos componentes eletrônicos, de como identificar o valor das resistências associadas aos resistores através do código de cores e também um esquema de funcionamento da placa *protoboard*, onde os circuitos deverão ser montados (apêndice F).

Diante desta sistemática de sala de sala de aula previamente organizada, o educador deverá introduzir algumas informações iniciais e o tempo, que será de 45 minutos. Para este caso, será apresentado cada componente elétrico disponível na mesa central, retomando, principalmente, o funcionamento da placa *protoboard* e do transistor NPN. Será sugerido às equipes que podem construir seus próprios protótipos tendo em vista a solução deste problema, porém, se preferirem, haverá os dois modelos que poderão ser utilizados como referência para seus trabalhos.

Durante a construção dos trabalhos mais uma carta de vantagem será ativada e estará relacionada ao personagem Victor. Engenheiro que se candidatou ao projeto na esperança de obter uma vaga na *Quantum Labs*, apresenta facilidade com componentes eletrônicos. A equipe terá direito a uma ajuda do educador na construção dos protótipos.

Ao final do processo de construção e de pesquisa quando à comunicação em código binário, será solicitado que cada equipe faça uma animação ou um pequeno vídeo do funcionamento de seus protótipos enviando o código SOS.

Durante as montagens, o educador estará em movimento dentro da sala de aula, alternando entre as equipes a fim de auxiliar nas construções e mediar os processos que estão sendo desenvolvidos pelos educandos, bem como indicar que os protótipos elétricos e o código de comunicação binário escolhido pela equipe devem ser apresentados nos respectivos espaços disponíveis do diário de bordo.

Segundo a classificação do grau de liberdade em uma atividade investigativa (quadro 2.1), esta proposta pode ser classificada como grau 3, pois o problema inicial é lançado pelo educador e as hipóteses e plano de trabalho são sugeridos aos educandos que podem optar ou não em segui-los, abrindo espaço para discussão entre os pares. A obtenção dos dados é protagonizada pelos educandos e as conclusões são realizadas no coletivo.

Ao concluir o desafio, o educador irá narrar, apoiado nos slides (apêndice B), o desfecho desta narrativa, em que os personagens conseguem estabelecer contato com o *bunker* da *Quantum Labs* e, em seguida, são encontrados e levados até lá por uma equipe de resgate.

Os últimos 5 minutos da aula deverão ser reservados para discutir e responder ao questionamento sobre o diferente funcionamento dos dois protótipos, bem como acerca do LDR, como é trazido pela questão final do diário de bordo. Ressalta-se que, caso não haja tempo disponível para realizar esta discussão, ela deverá ser retomada na última aula desta sequência, pois é de fundamental importância proporcionar momentos de verbalização e troca de conhecimentos entre os pares e entre educando/educador, facilitando o processo de alfabetização científica.

3.2.5 Aula 5 – Sistematização e avaliações das aprendizagens

A última aula desta sequência prevê um momento de discussão referente a todo caminho percorrido pela turma até aqui. Este momento será de retomada, portanto é importante que os educandos tenham em mãos seus diários de bordo devidamente respondidos e que o educador já tenha analisado os retornos que as equipes foram apresentando ao longo dos registros das atividades.

A proposta para este momento é socializar as ideias e possibilitar trocas entre os pares, educando/educando e educando/educador, viabilizando a alfabetização científica, pois a verbalização dos conceitos são parte fundamental no processo de aprendizagem e refinamento dos conceitos científicos (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Pretende-se retomar as três questões disparadoras propostas na aula inaugural desta sequência (quadro 3.5) e assim conduzir as discussões conforme os direcionamentos dados através dos levantamentos realizados pelos educandos. Para este momento será reservado 35 minutos da aula.

Quadro 3.5 – Questões disparadoras para o debate.

O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?
As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?
Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?

Fonte: Autoria Própria

É importante ressaltar que se deve conduzir os educandos à transcendência dos conhecimentos, ou seja, partir das respostas construídas por eles durante a primeira aula e fazê-los refletir ao que se pensa sobre estas mesmas questões após o percurso pedagógico desenvolvido por eles.

Além disso, será papel do educado mediar o debate de modo a fazê-los alcançar a compreensão científica dos conceitos trabalhados, para isso é necessário um ambiente confortável para os educandos que propicie o diálogo. Assim, a sala de aula deverá estar organizada em formato de semicírculo em que todos possam se enxergar e interagir.

Para os 25 minutos finais da aula, os educandos serão convidados a retornar para seus lugares e responder à última questão de seus diários de bordo (figura 3.16).

Figura 3.16 – Atividade sistematizadora no diário de bordo.

<p style="text-align: center;">AULA 5 – SISTEMATIZANDO AS IDEIAS</p> <p>NAS AULAS ANTERIORES INVESTIGAMOS E DISCUTIMOS CONCEITOS RELACIONADOS À PRÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS E TÓPICOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO A QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA E O EFEITO FOTOELÉTRICO. UTILIZANDO ESTES TEMAS CENTRAIS E O QUE VOCÊ INVESTIGOU, REDIJA UM PARÁGRAFO DESCREVENDO O EFEITO FOTOELÉTRICO E SUAS APLICAÇÕES NO COTIDIANO. (VOCÊ PODE TAMBÉM CONSTRUIR ESQUEMAS E/OU DESENHOS ALIADOS AO TEXTO PARA REPRESENTAR MELHOR SUAS IDEIAS).</p>

Fonte: Autoria própria.

Espera-se que, ao final desta sequência, os educandos sejam capazes de sintetizar o que é o efeito fotoelétrico e sua relação com a hipótese da quantização da energia, saibam quais são as variáveis físicas que influenciam e não influenciam nestes fenômenos, bem como consigam identificar em seus cotidianos as inúmeras aplicações que estes efeitos possuem e as contribuições deles para o desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, que tenham abarcado estes conhecimentos em seus repertórios cognitivos de forma significativa e que possam vir aplica-los na vida em sociedade de forma crítica e consciente, exercendo integralmente seus papéis como cidadãos. Além disso, será entregue a cada educando um bóton com o avatar dos personagens que eles representaram ao longo desta narrativa de RPG, de modo a reconhecer seus feitos dentro do jogo e eternizar estas aulas e discussões na vida dos educandos.

Os diários de bordo serão recolhidos, assim como todos os materiais produzidos pelos educandos ao longo das aulas. Este portfólio de atividades e

as discussões orais serão utilizados para analisar a construção das aprendizagens dos educandos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo pretende apresentar e discutir os resultados construídos com a sequência didática proposta por este produto educacional em uma turma de 23 educandos da terceira série do ensino médio sob o formato de ensino híbrido. Seguindo os protocolos de distanciamento previstos pelo decreto municipal, a escola passou a disponibilizar todas as aulas virtualmente concomitante ao modelo presencial, assim, nesta turma, dois educandos acompanhavam as aulas de suas residências, enquanto os outros se encontravam na sala. Os jovens foram organizados em três equipes de 5 integrantes e duas equipes de 4 integrantes cada.

Os materiais utilizados para sustentar as discussões a seguir foram coletados durante os diversos momentos pedagógicos proporcionados pelos encontros desta sequência e perpassam pelos três suportes da aprendizagem, físico, oral e escrito. Entre eles serão analisados: os *quizzes* de levantamento de conhecimentos prévios, o diário de bordo, os questionários digitais, os painéis investigativos, a construção de protótipos elétricos, as contribuições orais elaboradas durante as discussões e as anotações realizadas pelo educador a partir de suas observações ao longo das aulas. Estas discussões serão apresentadas aula a aula e corroboradas com tabelas, gráficos, fotografias e trechos destas construções, bem como a partir das observações do educador.

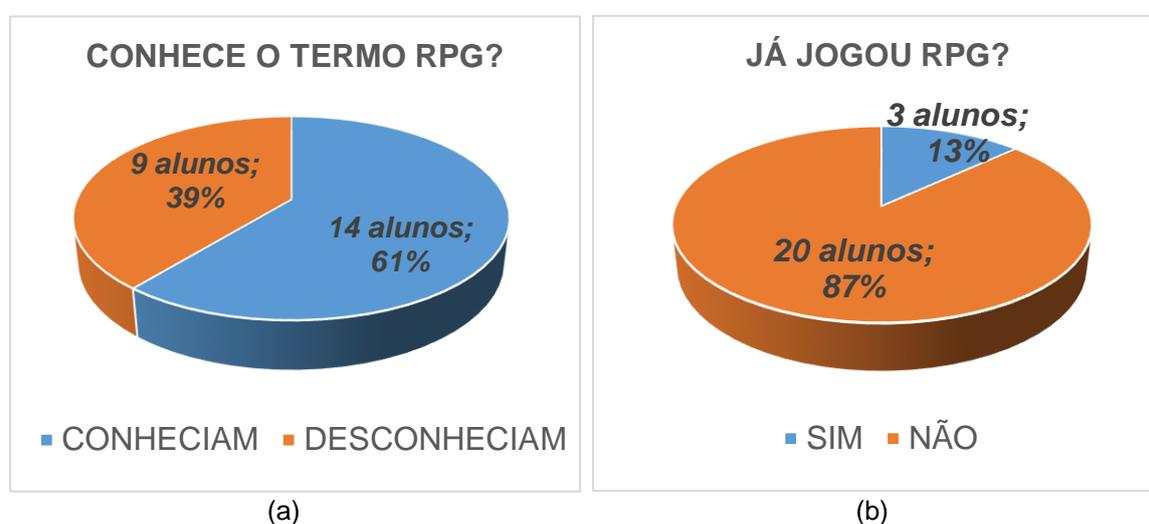
4.1 Aula 1

O primeiro encontro abarcou três objetivos específicos em diferentes momentos da aula – apresentar a sistemática de um RPG e ambientar os educandos com uma metodologia destoante do modelo tradicional de ensino; construir as equipes, escolher os personagens e introduzir a narrativa; e levantar os conhecimentos prévios da turma perante os conceitos centrais desta sequência.

Efetivou-se o início da aula a partir de alguns questionamentos quanto ao conhecimento dos educandos acerca do que se trata um RPG e se, em algum

momento, eles jogaram ou participaram de um. Dos 23 educandos, 14 ergueram a mão indicando que, ao menos, já ouviram falar, mas que não necessariamente saberiam explicar do que se tratava, cerca de 61% da turma (figura 4.1a), porém apenas 3 educandos sinalizaram que já haviam jogado RPG em algum momento (figura 4.1b), dados que conduziram uma explicação mais cautelosa do que se trata a sistemática do jogo de interpretação de papéis.

Figura 4.1 – Pesquisa qualitativa quanto a familiarização dos educandos com o RPG (a) e (b).



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, as equipes foram formadas e os educandos passaram a escolher os personagens que iriam fazer parte da composição de seus times. O quadro 4.1 informa quais foram os personagens escolhidos em cada equipe.

Quadro 4.1 – Personagens escolhidos por cada equipe.

Equipe A	Equipe B	Equipe C	Equipe D	Equipe E
Diana	Natan	André	Diana	Ana
Lorena	André	Natan	André	Victor
Natan	Lorena	Ana	Lorena	Diana
Ana	Diana	Victor	Natan	André
		Lorena	Victor	Natan

Fonte: Autoria própria.

Chama-se a atenção para o envolvimento e para as discussões que os educandos elaboraram durante a escolha dos avatares. Relatos como: “temos que montar um time equilibrado, que tenha um pouco de cada coisa”, “mas este personagem não tem nada a ver comigo”, “calma, temos que pensar em equipe senão todo mundo vai perder”, expressaram a preocupação das equipes em analisar o conjunto de habilidades que constituiria o time, indicando a busca pelo trabalho colaborativo, como também a busca de reconhecimento individual e identificação do educando com o personagem que irá interpretar. Tais relatos demonstram que, através dos elementos da gamificação como: expressão de desafios, antecipações, interações sociais, engajamento, escolhas, identificação com avatares e narrativas, os educandos estabeleceram neste momento um estado de *Flow*, pois conforme Diana et al. (2014) estes elementos estão associados às características próprias do *Flow* como foco/concentração, êxtase, clareza/feedback, habilidades, crescimento, perda da sensação de tempo e motivação intrínseca (DIANA et al., 2014, p.67).

Em seguida as equipes foram apresentadas ao prólogo da narrativa do RPG, conforme conduz a apresentação de slides do apêndice B e levam ao levantamento dos conhecimentos prévios a partir de dois questionários, o primeiro no formato objetivo, na plataforma *Kahoot*, enquanto o segundo no formato discursivo, foi respondido no diário de bordo.

A figura 4.2 apresenta os resultados de cada equipe em número de acertos, já as figuras 4.3a e 4.3b mostram o número de acertos e respectivos tempos médios que as equipes levaram para responder as questões do quadro 3.3 apresentado na seção anterior e realizado na plataforma *Kahoot*.

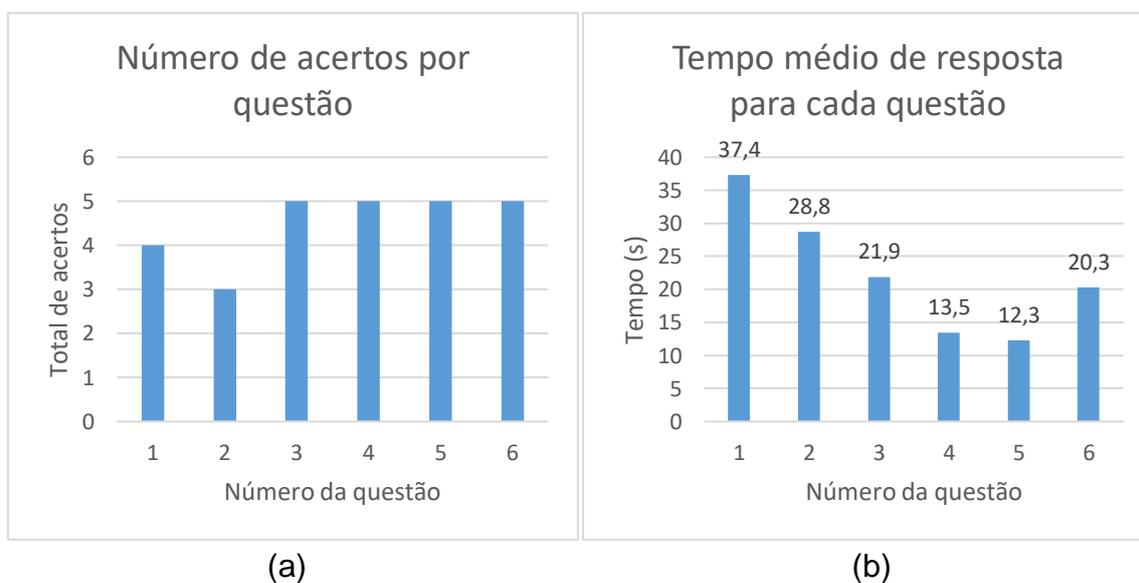
Para analisar estes resultados é necessário retomar o objetivo deste *quizz*, que pretendeu investigar os conhecimentos prévios dos educandos quanto a assuntos já abordados na física escolar em outros momentos. Noções construídas acerca das radiações eletromagnéticas e, principalmente, acerca da luz, foram os temas centrais para esta investigação inicial, considerando que são conceitos fundamentais para a compreensão do efeito fotoelétrico.

Figura 4.2 – Acertos por equipe no questionário da plataforma *Kahoot*.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.3 – Número de acertos para cada questão em (a) e tempo médio de resposta para cada questão em (b).



Fonte: Autoria própria.

Assim, é possível perceber a partir da figura 4.2 que a maior parte das equipes demonstrou conhecer ou lembrar dos termos e principais conceitos a respeito desta temática, sendo que todas responderam corretamente ao menos 5 das 6 questões propostas. É evidente que neste momento os educandos se encontravam e resolviam as questões em grupos, o que pode ter desvirtuado o valor deste teste que não apresenta resultados individuais, por outro lado

ressalta-se o caráter colaborativo destas dinâmicas que geraram discussões potencialmente significativas, mesmo que rápidas, e que podem ter contribuído para mobilizar conhecimentos funcionando como um organizador prévio. Como mostra o trecho extraído da fala de um educando da equipe B neste momento pedagógico acerca da quinta questão e da percepção das diferentes cores do espectro eletromagnético: *“Eu não lembrava disso, mas agora que tu falou eu lembrei, o professor falou que nosso olho é bem limitado, por isso não vê todas as frequências.”*

Ao analisar as figuras 4.3 (a) e (b) é possível mapear as questões que trouxeram maiores dificuldades para os educandos, sendo a segunda com menor taxa de acerto e a primeira com o maior tempo médio de resposta. Este resultado indicou a necessidade de fornecer materiais de apoio que tratassem de conceitos fundamentais a respeito das ondas e suas principais variáveis, bem como a relação entre velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência de oscilação. Estes textos podem ser encontrados no apêndice E deste trabalho e foram disponibilizados aos educandos na aula seguinte, durante a atividade que envolveu o coquetel de informações e a construção de painéis investigativos.

O segundo questionário para levantamento dos conhecimentos prévios foi construído nos diários de bordo de cada educando, individualmente e a partir de questões discursivas. O objetivo deste foi de investigar se os jovens já apresentavam algum conhecimento acerca de sistemas que utilizam do efeito fotoelétrico para seus funcionamentos. As respostas apresentadas pelo quadro 4.2 foram escolhidas em pares, sendo que as duas primeiras correspondem a elaborações que traduzem, de modo geral, o conhecimento médio da turma em relação ao tema e as duas respostas seguintes foram selecionadas por destoarem do todo, representando a parcela de educandos que apresenta pouco ou nenhum conhecimento prévio a respeito do tema ou ainda que apresenta definições muito distantes do campo científico.

Quadro 4.2 – Respostas dos educandos para o questionário discursivo no diário de bordo.

Questão 1 – O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?	
Educando A	<i>Painéis solares captam a luz solar e transformam a energia do sol em energia elétrica, eles não necessariamente funcionam melhor em dias muito quentes, pois tem um limite de aquecimento que diminui sua produtividade.</i>
Educando B	<i>Eles recebem a luz solar e convertem em energia e é um meio sustentável de energia.</i>
Educando C	<i>São sistema colocados nos telhados para gerar energia elétrica a partir do calor do sol.</i>
Educando D	<i>Os painéis solares são utilizados como alternativa para energia elétrica, recebendo e guardando a luz solar para depois utilizar como energia para as casas.</i>
Questão 2 – As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?	
Educando E	<i>As lâmpadas de LED por serem mais econômicas que as antigas, ocupam menor energia e tem maior durabilidade.</i>
Educando F	<i>O LED funciona de maneira inversa aos painéis solares, visto que recebe corrente e libera luz, servindo para a iluminação de locais e substituindo as lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais sustentáveis.</i>
Educando G	<i>Sei que os LED's servem para indicar se eletrodomésticos estão ligados ou desligados. Não conheço outra aplicação sem ser relacionado a aparelhos domésticos.</i>
Educando H	<i>As lâmpadas de LED são brancas e economizam muito mais energia elétrica do que as lâmpadas amarelas, funcionam por causa de um gás que tem no seu interior.</i>
Questão 3 – Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?	

Educando I	<i>Isso é possível, pois os postes possuem um sensor em seu interior que capta luz e suas alterações, quando não recebe luz acende automaticamente.</i>
Educando J	<i>Isso é possível porque tem um sistema interno que capta a quantidade de energia solar que chega no poste, quando a incidência diminui ou para de conduzir certa quantidade, o poste se acende. Pela manhã, quando volta a ter energia solar, o poste se apaga.</i>
Educando K	<i>É um sensor que quando anoitece está programado para ser ligado.</i>
Educando L	<i>Pois há um controle de horário programado para liga-los ao anoitecer e desliga-los ao amanhecer.</i>

Fonte: Autoria própria.

Estes relatos apontam que os aparatos tecnológicos mencionados nas questões não são desconhecidos pelos jovens e que, em sua maioria, há um entendimento de suas funcionalidades e aplicabilidades no mundo contemporâneo. Esta constatação corrobora o quanto a FMC está presente no cotidiano tecnológico dos estudantes (LINO *et al.*, 2011) e isso é fundamental para despertar o interesse e a curiosidades deles, visto que os leva a reconhecer a Física como um empreendimento humano e próximo a suas realidades (OSTERMANN e CAVALCANTI, 1999). Assim, esta identificação com os objetos de conhecimento contribui para o engajamento na resolução dos problemas que serão propostos (SOLINO e SASSERON, 2018), a respeito disso, Raboni (2013) identifica que os jovens buscam esta identificação e sentido aos fenômenos que são investigados a partir de um problema.

Retornando às contribuições dos educandos no quadro 4.2, percebeu-se determinada discrepância entre elas, sendo que certas respostas são mais elaboradas e munidas de argumentos científicos (educandos A, B, E, F, I e J), enquanto outras utilizam do senso comum para explicar os fenômenos relacionados aos aparatos (educandos C, D, H e L). Ainda há aqueles que não foram capazes de responder ao que foi questionado, mesmo assim buscaram

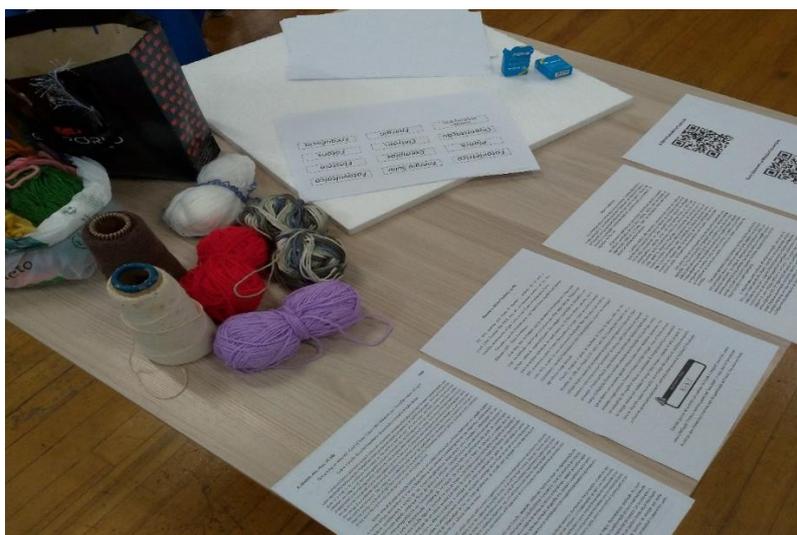
apresentar as informações que conheciam na busca de uma resposta adequada (educando G e K).

Estes conhecimentos prévios levantados foram utilizados como alicerces para decidir quais materiais seriam entregues aos educandos, bem como auxiliaram no processo de condução das outras atividades e problemas propostos nesta sequência, em vista de oferecer condições para a transcendência do senso comum ao conhecimento científico, a fim de viabilizar a alfabetização científica e, portanto, a tomada de decisões conscientes sobre problemas presentes em suas vidas e na sociedade (SASSERON, 2013).

4.2 Aula 2

Esta aula buscou subsidiar os educandos com conhecimentos científicos a respeito do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico a partir de suas aplicações na produção de energia solar. Os educandos foram confrontados com uma mesa repleta de fontes de informações, cuidadosamente selecionadas a partir do levantamento dos conhecimentos prévios da aula anterior e, com elas, foram desafiados a construir mapas mentais (painéis investigativos) utilizando materiais concretos e alguns conceitos centrais norteadores (figura 4.4).

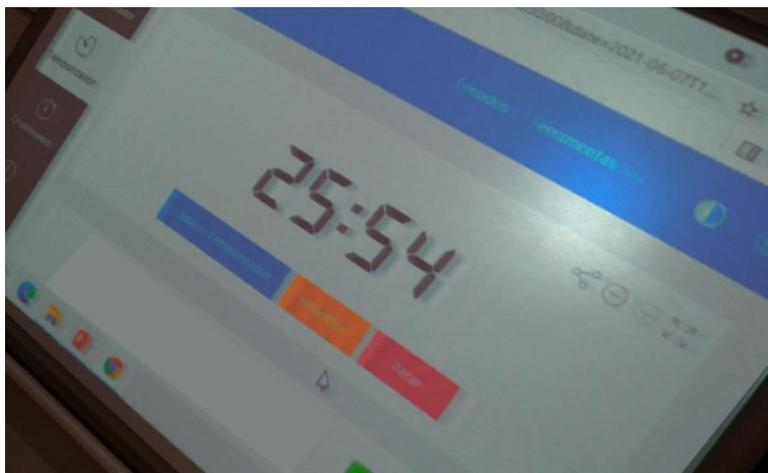
Figura 4.4 – Coquetel de informações e materiais para construção dos mapas.



Fonte: Autoria própria.

Ao contextualizar a atividade dentro da narrativa do RPG observou-se um grande engajamento dos educandos em buscar informações e resolver o problema. Um cronômetro foi projetado na lousa (figura 4.5) enquanto eles investigavam e, conforme o tempo diminuía, para aumentar a imersão no jogo, o educador simulava a falha dos painéis apagando algumas luzes da sala de aula, gerando certa ansiedade e sensação de pertencimento à narrativa. Comentários como: “*Vamos, vamos, tem que terminar de ler o outro texto e ver o vídeo, é importante, senão a energia vai cair*”, ou ainda, “*professor, podemos pesquisar na internet também? Acho que precisamos de mais informações*”, evidenciam o envolvimento das equipes com a atividade em vista de solucionar o problema proposto e corroboram que os mecanismos utilizados pelos jogos funcionam como um motor motivacional, contribuindo para o engajamento dos indivíduos envolvidos (Zichermann e Cunningham, 2011).

Figura 4.5 – Cronometro digital projetado durante a atividade investigativa.



Fonte: Autoria própria.

Durante as construções notou-se que as equipes utilizaram todas as opções de materiais que estavam disponíveis na mesa central, porém, ao transitar pela sala, foi possível perceber que o material menos explorado foi o que trazia recortes do artigo original de Einstein acerca do efeito fotoelétrico. Quando questionados pelo educador, os educandos ponderaram acerca do texto que “*é muito complexo professor, não é pro nosso nível*”. Cabe aqui questionar-se acerca das razões que levaram a estes pensamentos, a ausência de textos

históricos ao longo da formação básica, a linguagem que destoa da usualmente encontrada por estes jovens em suas principais fontes de pesquisas, a densidade do texto, os trechos em língua inglesa que, mesmo seguidos da tradução para o português, podem ter causado certo sobressalto, o acesso dos educandos a outras fontes de pesquisa mais próximas dos textos comumente utilizados em sala de aula, contudo não é viável aprofundar esta discussão neste trabalho, visto que o foco desta atividade não estava em trabalhar o texto histórico, mas sim apresentá-lo como forma de iniciar o processo de introdução dos mesmos no ensino básico, além disso a metodologia adotada neste desafio não permite analisar todas as variáveis que interpolam o comportamento destes educandos quando em contato com estes materiais, todavia registra-se aqui o anseio em aprofundar-se nesta temática em trabalhos futuros.

A sequência de figuras a seguir (figura 4.6 (a) à (e)) apresenta os painéis investigativos entregues pelas equipes ao final da atividade.

Figura 4.6 – Painéis investigativos construídos pelas equipes.



(a)

Existe uma profunda distinção formal entre os conceitos teóricos que os físicos formaram em relação a gases e outros corpos ponderáveis e a teoria Maxwelliana dos processos eletromagnéticos nos chamados vácuos espaço. Embora consideremos o estado de um corpo completamente determinado pelas posições e velocidades de um número muito grande, ainda que finito, de átomos e elétrons, usamos funções espaciais contínuas para descrever o estado eletromagnético de um determinado volume e um número finito de parâmetros não pode ser considerado suficiente para a determinação completa de tal estado. De acordo com a teoria de Maxwell, a energia deve ser considerada uma função espacial contínua no caso de todos os fenômenos puramente eletromagnéticos incluindo a luz, enquanto a energia de um objeto ponderável deve, de acordo as concepções atuais dos físicos, ser representada como uma soma sobre os átomos e elétrons. A energia de um corpo ponderável não pode ser subdividida em partes arbitrariamente grandes ou arbitrariamente pequenas, enquanto a energia de um feixe de luz de uma fonte pontual de acordo com a teoria de Maxwellian de luz ou, mais geralmente, de acordo com qualquer teoria das ondas é continuamente espalhada em um volume cada vez maior.

Parce-me que as observações associadas à radiação do corpo negro, fluorescência, produção de raios catódicos pela luz ultravioleta e outros fenômenos relacionados à emissão ou transformação da luz é mais facilmente compreendida se algum assumir que a energia da luz é distribuída descontínuamente no espaço. De acordo com o pressuposto a ser considerado aqui, a energia de um raio de luz se espalha de um ponto a fonte não é distribuída continuamente em um espaço crescente, mas consiste de um número finito de quantas de energia que estão localizadas em pontos no espaço, que se movem sem se dividir e que so podem ser produzidos e absorvidos como unidades completas.

Energia

Einstein

Energia Solar

Fotovoltaico

PROPOE

Fótons

Elétrons

Quantização

Planck

Radiação eletromagnética

Frequência

de onda

GERA

Fotoelétrico

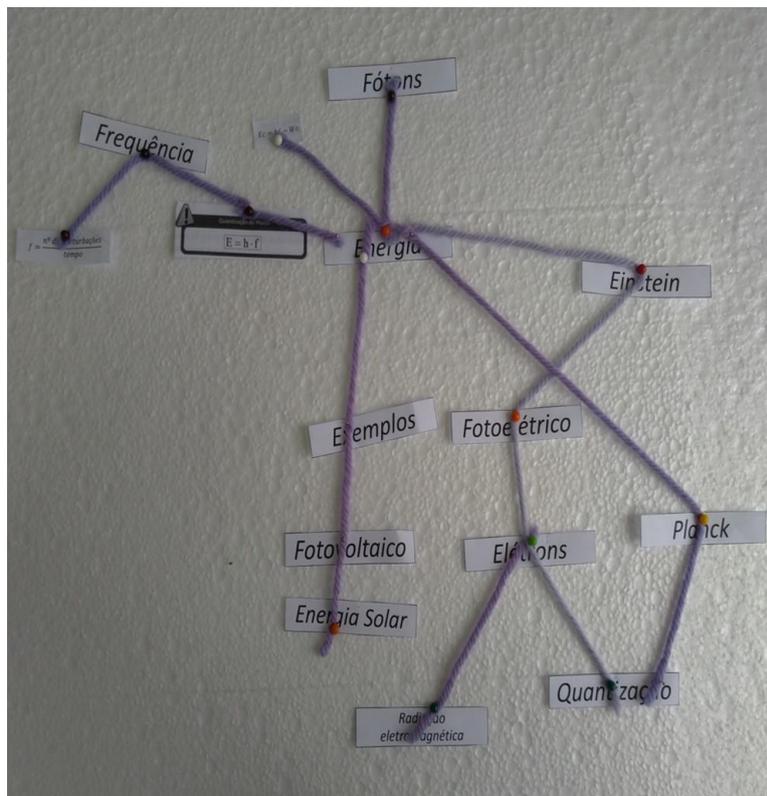
Exemplos

PR) Um modo tecnologicamente interessante de produzir corrente elétrica envolve o uso do efeito fotoelétrico. Ao expor um dado material, normalmente metálico, a radiação eletromagnética, é possível arrancar alguns de seus elétrons, por meio da absorção de fótons dessa radiação. Esses fotoelétrons podem ser coletados e podem gerar, então, uma corrente fotoelétrica. Considere que um determinado material, cuja função trabalho vale 8,25 eV (elétron volt), é exposto a uma radiação eletromagnética. Sabendo que $E_e = hf - W_0$ e que a constante de Planck é $6,6 \times 10^{-34}$ Js, determine a frequência mínima da radiação incidente necessária para produzir efeito fotoelétrico.

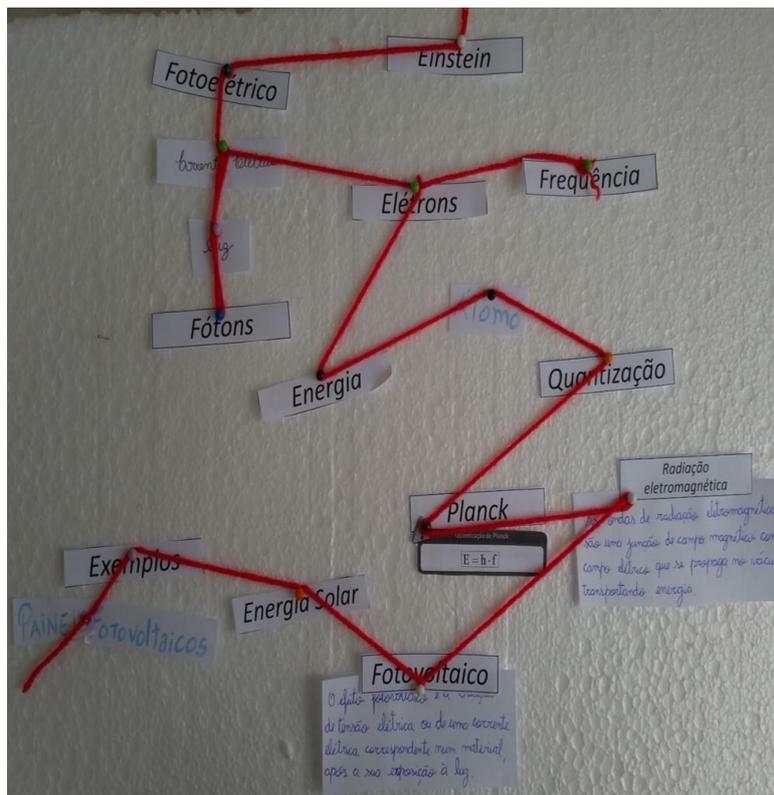
O efeito fotoelétrico indica que apenas uma onda composta por fótons de energia discreta mínima será capaz de arrancar elétrons de um determinado material. A energia individual dos fótons é proporcional à frequência da onda incidente. Sabendo que a função trabalho (W_0), citada no problema, representa esta quantidade mínima de energia para haver ejeção de elétrons, é preciso obter o valor da frequência da onda incidente de modo a ocorrer o fenômeno. Considerando que $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, temos que a função trabalho é:

$$W_0 = 8,25\text{eV} \rightarrow W_0 = 8,25\text{eV} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \rightarrow W_0 = 1,32 \cdot 10^{-18}\text{J}$$

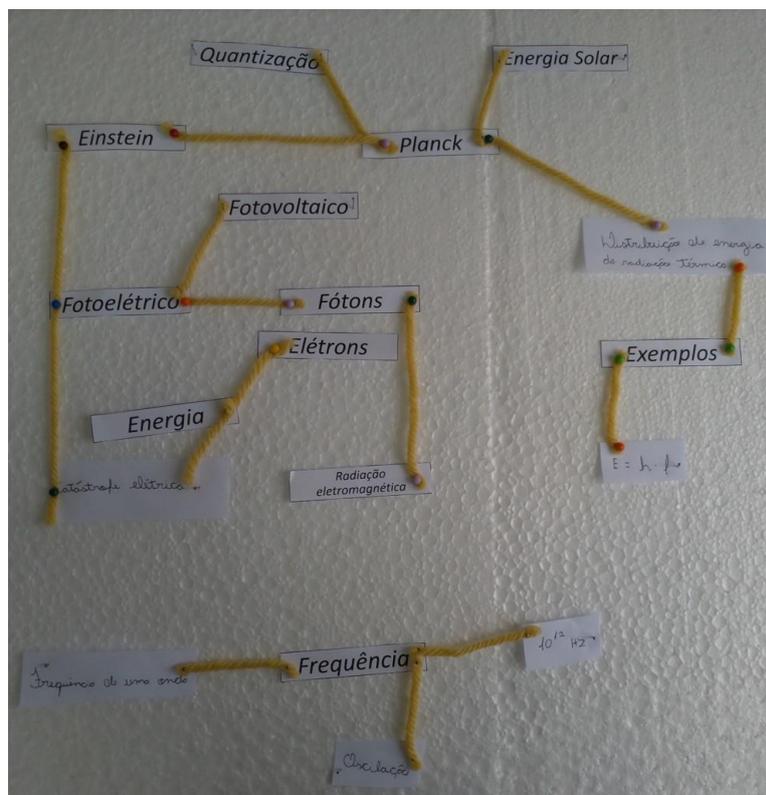
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Autoria própria.

Todas as equipes foram capazes de entregar a tarefa no tempo estipulado, com exceção da equipe A (figura 4.6a), as outras tiveram de concluir as últimas ligações às pressas. De fato, o tempo de 35 minutos para investigar conceitos abstratos a partir de diversas fontes de informações e construir um mapa mental acerca deles mostrou-se curto diante das observações realizadas após esta atividade.

Durante as construções, observou-se que diferentes estratégias foram adotadas pelas equipes, ora dividiram os materiais de apoio e cada educando inteirou-se de um deles, ora fizeram a leitura em voz alta para que a equipe se envolvesse integralmente com os materiais, além disso todos optaram por iniciar as investigações a partir dos textos de apoio, depois buscaram interpretar os exercícios resolvidos e só então acessaram os vídeos através dos códigos QR. Não obstante, nenhuma equipe optou por analisar os conceitos centrais que estavam sobre a mesa antes dos materiais de apoio ou buscaram compreender a energia solar antes do conceito que a fundamenta. Estas observações chamam a atenção para indícios de que os educandos se acostumaram com a estrutura da aprendizagem a partir de uma visão linear muito semelhante a dinâmica dos métodos expositivos-dialogado, onde o professor fala e o aluno escuta (HAUSCHILD e VIVIAN, 2018). Não é de se impressionar visto que a escola ainda se pavimenta sob parâmetros modernos e positivistas em muitos momentos (NOVAIS, 2016; ARROYO, 2014; OUTEIRAL e CEREZER, 2005), contudo é preciso criar momentos que levem ao choque destas visões ideológicas com as influências de uma sociedade pós-moderna, contribuindo não para abolir todas estas características de uma vez, mas para abrir espaços para o novo (NOVAIS, 2016).

O que se esperava com esta atividade é que os educandos pudessem construir relações que estabelecessem o efeito fotoelétrico como uma consequência possível da interação entre radiação e matéria e percebessem que este fenômeno pode ser explicado pela hipótese de quantização da energia. Estas relações deveriam surgir do diálogo entre os pares e com os materiais de apoio que foram disponibilizados conforme o levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos. Não havia pretensão de que eles transcendessem integralmente do senso comum ao conhecimento científico nesta aula, pois ela

representa a segunda de uma sequência de cinco e foi a primeira em que os educandos entraram em contato direto com os conceitos centrais desta proposta. Contudo, esperava-se que, a partir dela, os jovens pudessem iniciar seu processo de estruturação cognitiva diante destes tópicos e a inserção de novos termos rumo a alfabetização científica.

O maior valor de um mapa conceitual reside na externalização dos significados pelo indivíduo ou, neste caso, indivíduos que o construiu, os mapas devem ser explicados por quem os faz, pois eles não são autoexplicativos (MOREIRA, 2012). Assim, após as construções cada equipe teve a oportunidade de apresentar seus painéis investigativos, apesar de que a limitação de tempo imposta pelo período de 60 minutos, dificultou este processo restringindo os questionamentos e a troca entre os pares e com o educador.

Destarte, a primeira equipe a apresentar (figura 4.6a) evidenciou que o efeito fotoelétrico foi “*descoberto*” por Einstein e surge da interação entre a luz e a matéria. Destacaram que a energia solar é um exemplo de aplicação deste fenômeno e que “*tem a ver com o efeito fotovoltaico*”. Estes educandos relacionaram o conceito de fóton com energia, radiação eletromagnética e frequência, em suas explicações colocaram que “*os fótons são a energia da radiação que podem ter vários tipos de frequências e são quantizados*”. Quando questionados quanto ao conceito de quantização mencionado, a equipe não foi capaz de formular uma resposta com base nos termos científicos, apenas enfatizaram que “*foi descoberto por Planck*”.

O painel produzido pela equipe B (figura 4.6b) começa sua estrutura buscando uma definição para o termo Energia, pois, conforme relatou a equipe durante sua apresentação, “*o efeito fotoelétrico partiu de uma nova definição da energia da luz*”. Esta afirmação, mostra que houve uma compreensão mais sofisticada do fenômeno, indo além da explicação conclusiva que o trata simplesmente como a interação entre radiação e matéria, mas verificando que a ciência se faz a partir de reformulações e ressignificações e não a partir de um momento de genialidade de algum cientista brilhante. Ressalta-se que esta foi a única equipe que utilizou os recortes do artigo original de Einstein como fonte essencial em suas construções, seria ingênuo dizer que esta foi a única razão para o desenrolar deste pensamento mais complexo da equipe, porém pode ser

um indício de que a utilização destes textos de forma mais madura pode contribuir significativamente para a formação de uma visão menos limitada do fazer científico.

A equipe C (figura 4.6c) apresentou certa dificuldade em construir o painel investigativo, foram os últimos a concluir o trabalho no limite do tempo e, quando questionados, relataram que sentiam-se frustrados, pois “*não está bonito, olha isso professor, está todo desorganizado, não dá pra entender nada*”. Apesar destas colocações, durante a apresentação eles foram capazes de estruturar sua fala com argumentos científico e conceituar algumas ligações importante entre conceitos, como “*a energia depende da frequência da radiação, que são os fótons, e aí, com os elétrons, fazem o efeito fotoelétrico. Tudo isso foi descoberto por Planck e depois por Einstein.*”. Percebe-se a partir deste trecho que os educandos começaram a formular algumas relações significativas que devem levar a compreensão do fenômeno, mas que ainda não são capazes de explicar o porquê ele ocorre, ou mesmo, a razão de não haver efeito fotoelétrico em determinados matérias expostos a determinadas frequências.

A equipe D (figura 4.6d) postou o termo Einstein no topo da hierarquia que contemplou seu painel. Durante a apresentação, partiram dele e foram capazes de definir o efeito fotoelétrico como uma descoberta que solucionou problemas do passado a partir da interação entre a luz e os elétrons dos átomos que constituem a matéria. Foram capazes de relacionar Planck com a quantização da energia, porém não souberam explicar como estes dois conceitos estavam vinculados (quantização e efeito fotoelétrico). Conectaram o efeito fotovoltaico, os painéis solares e a radiação eletromagnética como exemplos práticos destas teorias, segundo a equipe “*a energia solar só foi possível por causa de todas estas descobertas*”.

A última equipe (figura 4.6e) apresentou grandes dificuldades em apresentar as ideias expressas em seu painel investigativo, demonstrando confusão ao tentar explicar os conceitos e não sendo capaz de formular um argumento para justificar o fenômeno. Mesmo com os pensamentos desorganizados, relacionaram o efeito fotoelétrico a Einstein e os fótons como partículas que compõem a luz. Quando questionados, relataram que houve tribulação ao lidar com todos os materiais disponíveis e que, as diversas fontes

de pesquisa, desorganizaram a equipe levando-os para longe do objetivo desta atividade.

Em geral, as equipes estabeleceram conexões fundamentais nesta atividade investigativa, relacionando o efeito fotoelétrico com a interação entre radiação e matéria, bem como com a hipótese de quantização. Todavia, nas elaborações orais dos educandos notou-se determinada carência ao utilizar termos e definições científicas para explicar os fenômenos, além de que, em alguns casos, percebeu-se certas dificuldades em organizar o pensamento de maneira lógica, critérios que, segundo Sasseron, são fundamentais para se verificar a alfabetização científica (2011, p.11).

Além disso, é preciso retomar que a construção dos mapas emergiu a partir de uma situação problema lançada através da narrativa do RPG – investigar o funcionamento do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico em vista de restaurar o sistema de energia solar do laboratório. Analisando os discursos orais e escritos elaborados pelas equipes, em nenhum momento foi mencionado a situação problema disparadora, demonstrando que os educandos não relacionaram a investigação do fenômeno com o problema que introduziu a atividade.

Esta atividade investigativa elucidou o desconforto gerado nos educandos ao afastá-los do método expositivo-dialogado comumente utilizado em suas vidas escolares. Relatos como: “*professor, é muita coisa, como que eu vou saber qual é o texto certo pra ler?*”, e também “*profe, tu vai mostrar o gabarito depois? Por que acho que não fizemos certo*”, além do comentário anteriormente citado “*não está bonito, olha isso professor, está todo desorganizado, não dá pra entender nada*”, são algumas evidências que corroboram a ideia de que os educandos não estão familiarizados com metodologias que os colocam como protagonistas de suas aprendizagens, visto que ainda prevalecem aulas no modelo tradicional baseado na transmissão e recepção de conhecimentos (PRADO, SADOYAMA, SANTOS e TEODORO, 2020). Esta análise não pretende se opor a todos os estudos que indicam a postura fluída e dinâmica desta geração que necessita de uma ressignificação das práticas escolares para efetivar suas aprendizagens de forma significativa e contextualizada a sua época (ÁVILA, 2019; MOREIRA, 2017; ALMEIDA e SASSERON, 2013; FARDO, 2013;

FREIRE, 2005; ARENDT, 2000), pelo contrário, pretende incentivar o alargamento das metodologias ativas no espaço escolar, a fim de ambientar os educandos com este caminho alternativo e adaptado ao mundo pós-moderno rumo a um aprender transformador.

Além disso, esta atividade investigativa é classificada, segundo o quadro 2.1 do capítulo da fundamentação teórica acerca do ensino de ciências por investigação, como uma atividade de grau de liberdade 4, que segundo Carvalho, “é destinada a classes que já estão acostumadas com o ensino por investigação, pois exige um nível de maturidade maior” (2018, p.768). Destaca-se que em outros momentos da componente curricular de física esta turma já foi exposta a atividades investigativas, ainda assim apresentou dificuldades com esta proposta.

Conforme Carvalho acerca de propostas investigativas, “o problema deve estar relacionado ao contexto teórico estudado e as conclusões devem levar a uma visão mais profunda da teoria” (2018, p.768), corroborando que esta atividade cumpriu seu papel dentro da sequência, pois iniciou o processo de ressignificação de conhecimentos prévios, introduziu novos termos e significados e contribuiu para o processo de transcendência na cognição dos jovens a partir do aprofundamento dos termos e conceitos científicos.

4.3 Aula 3

Devido a situações extraclasse de física, a terceira aula desta sequência teve de sofrer uma adaptação, visto que a coordenação pedagógica do colégio utilizou de, aproximadamente, 30 minutos do período destinado a esta aplicação para discutir questões socioemocionais com os jovens. Assim, aproveitou-se o restante do tempo para discutir a questão do diário de bordo que foi realizada como tarefa de casa e deu-se início a demonstração utilizando os LED's coloridos e a fonte variável de tensão.

O quadro 4.3 mostra a questão e as respostas elaboradas pelos educandos para no diário de bordo.

Quadro 4.3 – Respostas à questão sistematizadora no diário de bordo.

<i>Descreva como se dá o funcionamento dos módulos fotovoltaicos e quais são os efeitos físicos que possibilitaram a existência desta tecnologia.</i>	
Equipe A	O funcionamento ocorre a partir da coleta da luz solar e a geração de energia elétrica produzida pelo inversor solar, chegando até sua residência, estabelecimento comercial e indústria.
Equipe B	As partículas de luz do sol, os fótons, ao entrar em contato com a célula fotovoltaica, fazem com que os elétrons dos átomos de silício se energizem e desprendam-se, sendo transportados do lado negativo para o lado positivo, dessa forma criando-se uma corrente elétrica.
Equipe C	O que faz uma célula fotovoltaica gerar eletricidade é o efeito fotovoltaico (diferença de potencial) em seu interior, causado pela ação dos fótons que interagem com os elétrons dos átomos do material utilizado para a produção da célula fotovoltaica.
Equipe D	O esquema de funcionamento do sistema de geração de energia elétrica baseia-se na utilização de painéis solares que captam a luz e por meio do efeito fotovoltaico geram energia elétrica, que é convertida pelo inversor solar de corrente contínua, então a eletricidade é distribuída. Existem três tipos: <i>on-grid</i> , <i>off-grid</i> e híbrido.
Equipe E	O uso de placas solares fotovoltaicas tem como função coletar fótons da luz solar que, ao se colidirem com os átomos de silício do painel solar, geram um deslocamento de elétrons, criando uma corrente elétrica.

Fonte: Autoria própria.

Conforme o planejamento da sequência, esta atividade foi sugerida como tarefa de casa e instruído aos educandos que buscassem responde-la por chamada de vídeo ou de voz com a equipe. Além disso, foi lhes dito que o passaporte para desbloquear o próximo capítulo da história só seria garantido caso todos os educandos realizassem esta tarefa. No dia da aula, a turma inteira estava com a questão respondida, cena incomum ao se comparar com outras

tarefas de casa em contextos tradicionais que eventualmente foram solicitadas a estes mesmos educandos. Atrela-se este comprometimento com a atividade ao envolvimento e à sensação de pertencimento que são provocados pela gamificação (BUSARELLO *et al.*, 2014).

Entretanto, é preciso ressaltar que as respostas encontradas na maior parte das equipes apresentaram elevado nível de entendimento conceitual, sendo que apareceram termos sequer mencionados durante as aulas. Assim, ao lançar trechos das respostas em um sistema de buscas online, foi possível encontrar os endereços eletrônicos em que os educandos se embasaram para construir suas respostas e até frases exatamente iguais. De todo o modo, a pesquisa pode ser um agente potencializador da aprendizagem (MATTOS e CASTANHA, 2008), segundo Freire (2001), não existe pesquisa sem ensino e nem ensino sem pesquisa. Quando foram desafiados a explicar suas respostas, as equipes foram capazes de elaborar oralmente parte dos argumentos científicos escritos, demonstrando que a pesquisa contribuiu para o processo de aprendizagem da turma.

A partir da leitura destas respostas, constatou-se que a questão sistematizadora poderia ser reestruturada, partindo de uma situação problema contextualizada com o cotidiano dos educandos e que os levasse a refletir como os conceitos discutidos em aula poderiam solucionar este problema, ao invés de apenas questioná-los quanto a conceituação crua dele. Dessa forma, as equipes não encontrariam respostas prontas, mas os levariam a relacionar os conceitos que sustentam o efeito fotoelétrico em busca da solução a um problema próximo de suas realidades, contribuindo para a passagem de ações manipulativas para ações intelectuais e tornando as aprendizagens mais significativas (CARVALHO, 2018).

Após este momento de retomada e fechamento da aula anterior, foi dada continuidade a narrativa e introduziu-se o desafio referente ao capítulo II. Os educandos foram conduzidos ao laboratório de física da escola, onde a demonstração utilizando os LED's coloridos e a fonte de tensão variável já estavam organizados (figura 4.7).

Figura 4.7 – Aparato experimental para demonstração das tensões aplicadas em LED's coloridos.



Fonte: Autoria própria.

Iniciou-se a atividade explicando o aparato experimental às equipes e questionando-os quanto a tensão necessária para ligar os LED's. *“Vocês acreditam que para ligar um destes LED's é necessária uma tensão alta ou baixa? Quanto vocês acham que deveríamos iniciar aqui na fonte?”* questionou o educador. Prontamente eles responderam que o ideal é começar com uma tensão pequena, conforme o educando A, *“coloca uma bem pequena, por que senão o LED pode queimar, não tem resistência aí”*. Aproveitou-se este momento para seguir com os questionamentos, *“em um circuito, cuja resistência é muito baixa e a tensão será fixa, o que deve acontecer?”*, os educandos ficaram um pouco confusos com a pergunta até que o educando B responde *“sem resistência a corrente vai ser muito alta, por isso queima”*. Este momento introdutório foi de suma importância para retomar alguns conceitos já trabalhados sobre circuitos elétricos e os elementos principais que o constituem.

Conectou-se o LED à fonte de tensão variável e, partindo de 0 Volts, o educador seguiu aumentando a diferença de potencial até o brilho vermelho do primeiro LED começar a aparecer em, aproximadamente, 1,7V. Neste momento questionou-se aos educandos *“O LED de cor vermelha parece começar a brilhar*

a partir dos 1,7 V, os outros LED's coloridos que temos aqui também podem ser conectados a esta fonte, será que eles também começarão a brilhar a partir de 1,7V ou as cores de seus brilhos influenciarão na tensão mínima?”, o gráfico a seguir (figura 4.8) apresenta as respostas dos educandos a este questionamento.

Figura 4.8 – Respostas dos educandos ao questionamento.



Fonte: Autoria própria.

Conforme apresenta a figura 4.8, a maior parte dos educandos (61% da turma) não acreditou ser necessário aplicar diferentes tensões para ligar LED's de diferentes de cores, conforme justifica um educando C, “o LED é o mesmo professor, o negócio (componente eletrônico) é o mesmo, não vai ser por que a cor muda que a tensão vai ter que mudar também”. Quanto aos educandos que responderam que sim, acreditam que a tensão mínima depende da cor, quando questionados, não foram capazes de formular uma hipótese para justificar sua opinião. Dois educandos estavam ausentes neste dia e não puderam participar da atividade.

Dando continuidade, o educador conduziu a demonstração testando as tensões mínimas para cada cor de LED seguindo a sequência, vermelho, amarelo, verde e azul e levando os educandos a perceber que as cores influenciam na tensão. Lançou-se aos educandos o desafio de explicar o porquê isso ocorre e se há alguma lógica no vermelho e amarelo acenderem com valores mais baixos quando comparados ao verde e o azul. O educando D

respondeu, após um tempo de conversa entre os pares, *“me parece que a sequência de cores segue a mesma das frequências da luz, mas não sei dizer por que isso acontece”*. Os outros educandos levantaram algumas hipóteses, mas nenhum foi capaz de relacionar o fenômeno com os conceitos discutidos nas aulas anteriores, então o educador mediou a discussão.

Por fim, testou-se o LED misterioso, modo como ele foi apresentado a turma. Se tratava de um emissor de infravermelho, radiação cuja frequência não é visível a olho nu e inferior à cor vermelha. *“Qual cor vocês acham que esse LED vai emitir? Que tensão devemos começar a aplicar para testá-lo?”*, questionou o educador. Após alguns minutos de discussões, ponderamos que, por ser um LED desconhecido não seria prudente começar com uma tensão alta, pois poderia queimá-lo. Iniciando com 0V e aumentando progressivamente, o LED parecia não acender nunca, segundo o educando D, *“acho que está queimado professor”*. Então lançou-se o questionamento *“será que o nosso olho é capaz de ver todas as frequências de radiação existentes?”*, imediatamente alguns jovens responderam que não, *“lembro daquela imagem que tu mostrou na lousa que ia das onda de rádio, luz, raio-X”* indagou o educando E.

A partir deste comentário o educador solicitou que os educandos apontassem a câmera de seus celulares para o LED que se estava a testar e, para a surpresa deles, foi possível vê-lo a brilhar. Utilizando um controle remoto de televisão, o educador solicitou que os educandos apontassem suas câmeras para a parte frontal dele e, ao pressionar alguns botões, os educandos viram a ponta do controle também a brilhar, porém apenas através da câmera, então o educando E disse, *“aaah professor, esse LED é infravermelho, que nem nos controles remotos, agora faz sentido”*.

Após este momento de troca entre os educandos e o educador a partir desta demonstração simples, foi realizada uma breve retomada dos conceitos através de discurso oral e as equipes responderam à questão do diário de bordo com a finalidade de sistematizar as observações feitas conforme é mostrado no quadro 4.4. Esta questão buscou provoca-los a estabelecer uma relação entre a frequência de radiação emitida pelo LED e a tensão mínima necessária para fazê-lo acender (tensão de corte), analogamente ao que ocorre com a frequência de corte da radiação necessária para causar o efeito fotoelétrico em

determinados materiais. A partir das respostas dos educandos, foi possível perceber que quatro equipes (B, C, D e E) foram capazes de estabelecer a relação entre a cor do LED com a tensão mínima.

Quadro 4.4 – Respostas à questão sistematizadora no diário de bordo.

<i>Que tipo de relação podemos estabelecer entre as cores dos LED's e as diferentes tensões mínimas aplicadas na fonte?</i>	
Equipe A	As cores com menor intensidade, elas recebem mais tensão e as cores com mais intensidade recebem menos tensão.
Equipe B	Quanto mais próximo do infravermelho, menor é a tensão que precisa ser aplicada.
Equipe C	Dependendo da frequência emitida por cada LED, sua tensão de corte irá variar. Quanto mais fria for a luz, maior é a tensão e vice-versa.
Equipe D	A relação estabelecida é que dependendo da cor, precisa de uma maior tensão elétrica para acender o LED.
Equipe E	Que dependendo da cor do LED a tensão mínima varia.

Fonte: Autoria própria.

Contudo foi a resposta da equipe A que chamou a atenção, pois a partir do relato é possível perceber que eles atrelarem a tensão aplicada à intensidade da luz emitida. Para compreender a percepção destes educandos, o educador iniciou um diálogo com a equipe solicitando que explicassem o que pretenderam dizer com a resposta e o educando X tomou a frente, “*quanto mais tensão tu aplicava na fonte mais o LED brilhava, por isso pensamos que a relação fosse essa*”. A concepção elaborada pela equipe não está equivocada, visto que ao aumentar a tensão aplicada na fonte gera-se um aumento na corrente elétrica que percorre o LED e, conseqüentemente há aumento de intensidade na luz emitida pelo componente até certo limite, porém a questão tratava especificamente da tensão mínima necessária para ligar cada LED colorido, deste modo mediu-se a situação explicando aos educandos novamente a questão e o que ela buscou tencioná-los a pensar, todavia se deixou claro que a

resposta ali colocada não deveria ser apagada, pois tratava-se de uma constatação importante que emergiu da interação deles com a demonstração.

O tempo da aula findou e a próxima etapa do desafio teve de ser deixada para o próximo encontro.

4.4 Aula 4

Esta aula foi realizada no laboratório de informática do colégio e cada equipe manipulou um computador com acesso à internet, ao formulário do *google* com as questões investigativas e ao simulador de efeito fotoelétrico na plataforma do *PhET – Colorado* (figura 4.9).

Figura 4.9 – Educandos, em equipes, realizando a atividade investigativa no laboratório de informática do colégio.



Fonte: Autoria própria.

No primeiro momento o educador fez memória a narrativa do RPG e ao desafio de desvendar o código de acesso a um computador portátil encontrado no laboratório. Foi lhes situado que as questões iniciais do formulário os auxiliaria a compreender o simulador e o efeito por ele simulado e que, por fim, eles o utilizariam para solucionar um enigma. Foi perceptível o entusiasmo dos

educandos com a atividade, desafiados em descobrir o código. Uma narrativa essencialmente simples que foi capaz de movimentar emoções e gerar motivação. Neste sentido Zichermann e Cunningham (2011) destacam que os mecanismos da gamificação tem o poder de abrir caminhos através das emoções e que elas são um fator relevante para determinar o nível de engajamento, contribuindo para maior imersão na proposta e disposição em aprender.

A seguir será discutido as respostas construídas pelas equipes a partir das questões do formulário e da manipulação do simulador de efeito fotoelétrico (quadros 4.5 a 4.10).

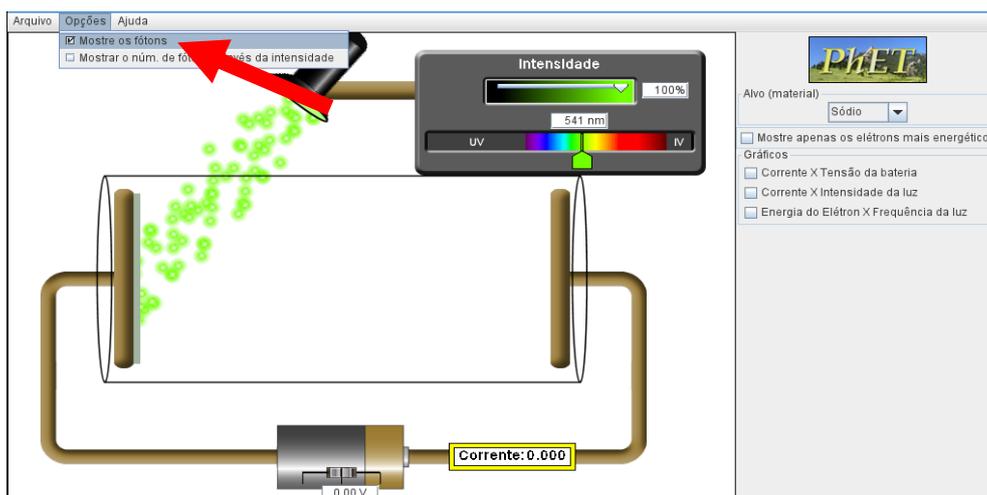
Quadro 4.5 – Questão 1 do formulário investigativo.

<i>O que ocorre quando você varia o controlador de intensidade de onda?</i>	
Equipe A	Quanto maior for a intensidade, mais forte será o brilho da luz.
Equipe B	Quanto maior a intensidade, maior o brilho da cor.
Equipe C	A intensidade da luz varia, ou seja, seu brilho altera interferindo na quantidade de fótons emitidos.
Equipe D	O brilho da luz se modifica.
Equipe E	Muda a intensidade da cor, a claridade.

Fonte: Autoria própria.

A partir das respostas indicadas pelas equipes é visível que todos foram capazes de associar a grandeza intensidade luminosa com o nível de brilho emitido pela fonte de radiação. Quatro equipes (A, B, D e E) fizeram análises mais objetivas e visuais do fenômeno, visto que, ao variar o controlador de intensidade, imediatamente percebia-se variação no brilho da fonte emissora. Contudo, chama-se a atenção para a equipe C que se aprofundou na manipulação do simulador e selecionou a opção que permite visualizar os fótons sendo emitidos (figura 4.10), construindo uma resposta mais conceitualmente complexa.

Figura 4.10 – Caixa de seleção *mostre os fótons* no simulador.



Fonte: PhET – Interactive Simulations, Universidade do Colorado, 2020¹¹.

Quadro 4.6 – Questão 2 do formulário investigativo.

O que ocorre quando você varia o controlador de comprimento de onda?	
Equipe A	Quanto mais próximo do UV maior a probabilidade de emitir elétrons.
Equipe B	Ao variar as cores mudam.
Equipe C	Ao alterar o comprimento de onda, as cores do espectro variam e a velocidade de emissão dos elétrons também.
Equipe D	A cor e frequência da luz variam.
Equipe E	Muda a tonalidade da cor.

Fonte: Autoria própria.

As equipes B, D e E, elaboraram respostas objetivas, mas que se enquadram no esperado para o questionamento que foi lançado, indicando que foram capazes de relacionar a variação do comprimento de onda da radiação incidente com a alteração da cor emitida. A equipe D, ainda mencionou a frequência de onda, quando questionados, explicaram corretamente que “quando o comprimento de onda aumenta a frequência diminui e vice-versa”, é preciso ressaltar que o simulador da plataforma não faz menção à frequência de

¹¹ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 03 jul. 2021.

radiação em nenhum momento, creditando mérito a observação construída pela equipe.

A equipe A apresentou uma resposta parcialmente desconexa com a questão, não foi possível questioná-los quanto a isso, pois não foi visto antes de enviarem a resposta avançando para a próxima etapa, porém acredita-se que esta constatação tenha sido feita a partir da observação do fenômeno, sendo assim não está desalinhada com as consequências emplacadas ao se variar o comprimento de onda. Ao lançar o controlador de comprimento de onda para a esquerda, tem-se um aumento na frequência de onda, visto que são inversamente proporcionais, o que gera aumento da energia individual de cada fóton emitido e, conseqüentemente, tende a gerar o efeito fotoelétrico.

Por outro lado, a equipe C assim como na questão anterior, foi um pouco além em suas constatações, percebendo que ao variar o comprimento de onda, após o início do fenômeno, a velocidade de emissão dos elétrons aumentava proporcionalmente. Esta observação demonstra que os educandos desta equipe estabeleceram relações mais complexas quanto ao efeito fotoelétrico.

Quadro 4.7 – Questão 3 do formulário investigativo.

<i>Ocorre ejeção de elétrons para qualquer feixe de luz que placa é exposta? O que é necessário para que o efeito fotoelétrico passe a acontecer?</i>	
Equipe A	Não ocorre em todas as cores. Para que o efeito fotoelétrico aconteça depende do tipo de material e da cor da luz.
Equipe B	Não ocorre a ejeção de elétrons para qualquer feixe a que é exposto. É necessário que haja uma frequência mínima de fótons.
Equipe C	Não ocorre para qualquer feixe de luz, porque é preciso atingir uma frequência de corte relacionada com cada cor.
Equipe D	Não, é necessária uma quantidade específica de energia e cada cor possui uma.
Equipe E	Não, quanto mais o controlador estiver próximo do UV maior é a probabilidade e a intensidade tem que estar no mínimo em 1%.

Fonte: Autoria própria.

Todas equipes atingiram o que se esperava alcançar com esta questão investigativa e constataram que o efeito fotoelétrico passa a ocorrer apenas quando certas frequências de radiação são emitidas sobre um material, pois isso está atrelado a energia mínima carregada por cada fóton. Ressalta-se que a construção das respostas neste questionamento também reforça que os educandos compreenderam o que é o efeito fotoelétrico, para então justificar quando ele ocorre ou não. A esta altura das aulas, as equipes demonstraram já ter estabelecido a definição do fenômeno.

Quadro 4.8 – Questão 4 do formulário investigativo.

<i>O que se espera que ocorra ao deixar um material exposto por um longo período de tempo a um feixe de radiação de baixa frequência que, de imediato, não provoca ejeção de elétrons? É possível que, com o passar do tempo, o material absorva a energia necessária para ejetar elétrons?</i>	
Equipe A	Não é possível, já que independente do tempo não vai ser possível absorver energia necessária.
Equipe B	Não depende do tempo, uma vez que a frequência recebida de cada fóton sempre será a mesma. Depende da energia mínima necessária que cada fóton carrega.
Equipe C	Não ocorre nenhuma mudança. Não é possível, porque o tempo de exposição do material não interfere na ejeção de elétrons se a radiação for sempre a mesma.
Equipe D	Se espera que não ocorra ejeção de elétrons pois não depende do tempo e sim da energia mínima de cada fóton.
Equipe E	Na UV ainda aparecerá mesmo que a intensidade seja baixa.

Fonte: Autoria própria.

Para esta questão esperava-se que os educandos percebessem que a interação entre fóton e elétron ocorre em pares e que, se cada fóton não possuir a energia mínima necessária para superar a função trabalho do material o fenômeno não irá ocorrer. Em vista deste conceito, quatro equipes responderam satisfatoriamente (A, B, C e D) justificando sempre que é necessária uma energia

mínima individual de cada fóton para ejetar cada elétron e que esta energia mínima está atrelada a frequência da radiação.

A equipe E, teve dificuldade em resolver os desafios a partir deste momento, pois perderam-se no tempo da atividade e tiveram de resolver as últimas questões às pressas. Por esta razão acredita-se que não foram capazes de explorar todas as possibilidades do simulador e pensar profundamente a respeito de cada questionamento.

Quadro 4.9 – Questão 5 do formulário investigativo.

<p><i>Para determinadas frequências o efeito fotoelétrico é visualizado, enquanto em outros materiais expostos a esta mesma frequência o efeito não ocorre.</i></p> <p><i>Faça o teste no simulador, alterando os materiais na caixa de seleção à direita. Por que isso ocorre, mesmo que a energia dos fótons incidentes seja a mesma nos dois casos?</i></p>	
Equipe A	Depende da resistência do material.
Equipe B	Cada material necessita de uma frequência mínima para realizar o efeito fotoelétrico.
Equipe C	Isso é possível devido as diferentes resistências de cada material. Como por exemplo os LED's, em que cada cor necessita de uma tensão para acender.
Equipe D	Cada material possui uma frequência mínima de corte para emitir, assim como os LED's uma tensão para ligar.
Equipe E	Cada material exige uma energia mínima para ocorrer o efeito fotoelétrico.

Fonte: Autoria própria.

Nesta questão esperava-se que os educandos percebessem que cada material irá exigir uma frequência de radiação diferente para ejetar seus elétrons e que isso deve-se a energia de ligação deles com a estrutura cristalina, determinada pela função trabalho do material. Apesar de o termo função trabalho não ter aparecido em nenhuma das respostas, todas as equipes elaboraram que cada material possui “resistências” diferentes e que a forma de as superar é

variando a frequência. Destaca-se a equipe C e D que relacionaram esta variação com a demonstração dos LED's coloridos da aula anterior, demonstrando uma compreensão mais elaborada dos fenômenos e dos conceitos que estão a ser investigados.

Quadro 4.10 – Questão 6 do formulário investigativo.

<i>Por que o Amperímetro do circuito elétrico apenas passa a registrar valores de corrente elétrica quando há ocorrência do efeito fotoelétrico, independente da tensão que seja aplicada na fonte do menu inferior?</i>	
Equipe A	Só há corrente quando há circulação de elétrons.
Equipe B	Porque há a circulação de elétrons.
Equipe C	Porque se não houver elétrons sendo ejetados no circuito elétrico ele será um circuito aberto e não haverá corrente.
Equipe D	Pois a frequência muda e ejeta elétrons, sendo assim para que ocorra a corrente elétrica é necessário que haja elétrons se movimentando, pois sem elétrons não há corrente.
Equipe E	Por ter elétrons sendo ejetados.

Fonte: Autoria própria.

Esta questão buscou retomar alguns conceitos de circuitos elétricos e relacioná-los com o efeito fotoelétrico. A partir das respostas constatou-se que houve compreensão do funcionamento do aparato experimental apresentado pela simulação e que foi construída a conexão entre o efeito fotoelétrico como a radiação eletromagnética interagindo e modificando a matéria.

Acerca destes conceitos seria possível aprofundar os questionamentos levando os educandos a pensar sobre a relação da corrente elétrica com a intensidade e o com o comprimento de onda da radiação, questões instigantes que poderiam gerar bastante discussão. Contudo é preciso adaptar a atividade para o tempo disponível dentro das condições impostas pela realidade do ensino básico pautado em duas horas semanais de física que, segundo Moreira, é uma das razões que justificam a crise do ensino de física na educação básica (2017, p.2). Além disso, ressalta-se que a referida atividade investigativa era prevista

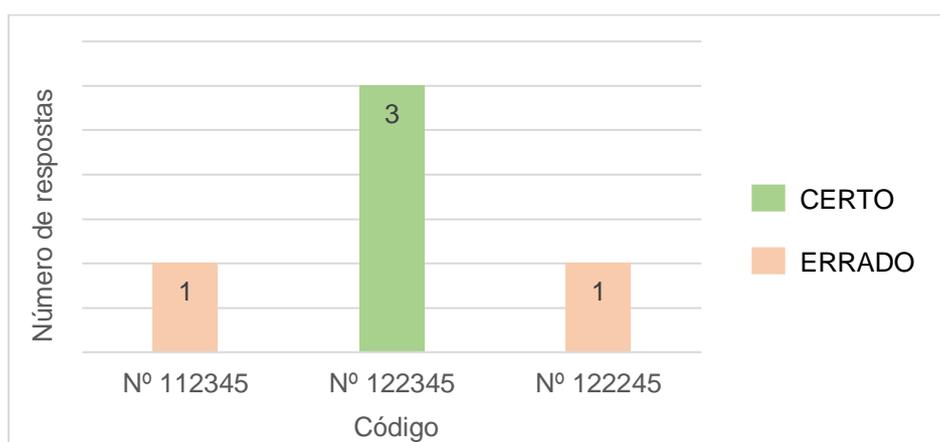
para ser aplicada juntamente com a demonstração dos LED's coloridos, realizados na aula anterior e que abrangeu 20 minutos do período. Assim, este encontro necessitou de mais tempo do que o previsto pelos planejamentos previamente construídos.

O tempo excedente para aplicação destas atividades pode ser explicado pelo envolvimento que os educandos criaram com as dinâmicas, destacando para a investigação no simulador virtual que instigou a curiosidade e os motivou a testar e alterar todos os controladores possíveis antes de responder a um ou outro questionamento. O educando X evidencia isto quando o educador auxilia a equipe em uma das questões e ele responde, "*professor, mas não tem como ter certeza, primeiro tem que testar se estes outros aqui não influenciam no resultado também*", ele referia-se à terceira questão e buscava investigar as causas do efeito fotoelétrico. Evidenciando que a falta de tempo para aprofundar estes e outros questionamentos é um limitador na busca pelo desenvolvimento de competências científicas, de se criar no ambiente escolar espaços para de experimentação e solução de problemas reais (MOREIRA, 2017).

Quanto a última etapa do questionário, os educandos deveriam utilizar os valores de comprimento de onda necessários para causar efeito fotoelétrico em cada material disponível e então desvendar o código de desbloqueio do computador fictício criado pela narrativa do RPG, isso tudo a partir de um enigma. A figura 4.11 apresenta o código construído pelas equipes que consistia em retirar o primeiro algarismo do comprimento de onda a gerar o efeito fotoelétrico em cada material e organizá-los em ordem crescente.

Três equipes foram capazes de coletar o código correto (equipes B, C e D). As outras equipes (A e E) registraram um algarismo errado em seus códigos. Ao analisar o simulador é compreensível o erro deles, pois ao trocar de material há um atraso até cessar completamente a emissão de elétrons ejetados da placa anterior, o que pode ter induzido as equipes a confundirem-se na hora de registrar o comprimento de onda correto. Apesar disso, esta atividade evidenciou que todos compreenderam que para o efeito fotoelétrico ocorrer é necessário variar o comprimento de onda da radiação incidente, como o intuito de aumentar a energia individual de cada fóton incidente sobre cada material.

Figura 4.11 – Códigos construídos pelas equipes a partir do enigma.



Fonte: Autoria própria.

Como tarefa de casa e ingresso para desbloquear o próximo capítulo do RPG, as equipes teriam de responder à questão bônus do diário de bordo. A questão e as repostas estão expostas no quadro 4.11. As respostas construídas pelas equipes para a questão bônus do diário de bordo demonstram que houve compreensão dos conceitos centrais atrelados aos objetivos desta aula, mesmo que em níveis diferentes. Ao comparar os discursos da equipe C e E em vista do processo de alfabetização científica, evidencia-se que, pela utilização e domínio de termos científicos, os educandos do grupo C atingiram um nível mais complexo de compreensão (SASSERON, 2011).

De modo geral, os objetivos desta atividade foram atingidos e foi possível constatar grande engajamento dos educandos motivados em buscar a solução para o desafio trazido no RPG, corroborando que a interação dos educandos com os elementos dos jogos em um contexto educacional funciona como motor motivacional para a aprendizagem do indivíduo (ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011). Este envolvimento contribuiu de modo significativo para a aprendizagem dos educandos que apresentaram interesse em conhecer, fator que, segundo Moreira acerca da teoria de Ausubel, é determinante para que a aprendizagem significativa ocorra (MOREIRA, 2012).

Quadro 4.11 – Questão bônus no diário de bordo.

<i>LED's de diferentes cores exigiram tensões específicas para poder funcionar. Diferentes materiais exigiram frequências de radiação específicas para emitir elétrons. Os dois experimentos realizados parecem estar, de alguma forma, relacionados ao espectro da radiação eletromagnética, de que maneira isso pode estar ocorrendo?</i>	
Equipe A	Eles estão relacionados pois há interação entre a matéria e a radiação. Precisa-se de uma tensão mínima para que os LED's liguem e uma frequência mínima para que o efeito fotoelétrico ocorra.
Equipe B	Cada material necessita de uma frequência mínima diferente para começar a ejetar elétrons e cada luz também tem uma frequência mínima para emitir fótons quando atinge um material. Um é o inverso do outro.
Equipe C	O espectro de radiação eletromagnética indica as diferentes frequências emitidas por cada cor. E isto está relacionado ao efeito fotoelétrico, sendo o LED que recebe tensão e gera luz e os materiais que recebem luz e geram corrente elétrica.
Equipe D	A relação é que os LED's utilizam tensão (elétrons) para emitir luz e os materiais recebem luz para emitir elétrons, além de que ambos apresentam um valor mínimo para funcionar.
Equipe E	Cada material necessita de uma luz mínima para começar a expelir elétrons e cada LED uma tensão para ligar.

Fonte: Autoria própria.

4.5 Aula 5

O quinto encontro desafiou os educandos com uma atividade investigativa experimental que aliou a montagem de circuitos elétricos com componentes eletrônicos oriundos de aplicações do efeito fotoelétrico, os LED's e os LDR's. Assim, pretendeu-se oportunizar aos educandos acesso aos conhecimentos atrelados ao funcionamento e aplicação dos resistores dependentes de luz e

como é possível utilizá-los para manipular os efeitos de outros componentes em um circuito.

Após a contextualização da narrativa do RPG, as equipes elegeram um integrante para ir até a mesa central retirar os materiais necessários para a montagem. Estes materiais não estavam identificados o que exigiu das equipes discussão e atenção neste momento. Sobre a mesa haviam os dois modelos de circuitos impressos em folhas A4 e os educandos foram instruídos a escolher o que julgassem melhor e ainda teriam liberdade para construir seu próprio protótipo desde que atendesse aos critérios do desafio, montar um circuito elétrico, utilizando um LDR, para controlar o ligar/desligar de um LED com o intuito de enviar um sinal de SOS solicitando resgate à equipe.

No primeiro momento, todos optaram pelo modelo mais simples de circuito elétrico, quando questionados a equipe D respondeu, “*precisamos cumprir o desafio né professor, vamos pelo mais seguro*”. Este posicionamento das equipes chamou a atenção, pois acreditava-se que o modelo mais complexo despertaria a curiosidade dos educandos e seria escolhido por algumas equipes, o que não ocorreu. De todo o modo, eles foram capazes de finalizar seus protótipos sem muito auxílio do educador, o que demonstrou domínio da turma com a montagem experimental de circuitos elétricos em placas *protoboards*.

Assim que as equipes concluíam esta etapa do desafio, chamavam o educador para conferir. Aproveitou-se este momento para questioná-los quanto ao funcionamento do LDR, “*vocês repararam que ao tapar a luz do LDR com o dedo a intensidade do brilho do LED reduz significativamente?*”, com exceção da equipe A, todas verificaram o fenômeno. Prosseguiu-se com os questionamentos, “*o que muda no circuito quando tapamos o LDR que causa este fenômeno?*”, duas equipes (A e E) responderam que o brilho do LED diminui, mas não souberam explicar a razão disso ocorrer, duas equipes (B e D) disseram que o brilho diminui, pois o LDR funciona como um sensor de luz e, por não estar mais exposto a ela, ele interrompe o funcionamento do circuito, uma equipe (C) constatou que o brilho diminui, pois a corrente elétrica que passa pelo LED também diminui e isso se deve ao LDR que aumenta sua resistência quando não está exposto a luz.

Ao longo destes questionamentos, outras discussões foram surgindo com as equipes o que demonstrou grande interesse dos educandos pela atividade e por entender qual fenômeno estava por trás do protótipo construído por eles. O educando X da equipe D questionou, “*professor, se o LDR funciona como uma resistência elétrica, por que tem que ter outro resistor no circuito?*”, e antes que fosse possível responde-lo, ele mesmo indagou, “*ah, por que quando está muito claro a resistência do LDR é zero, aí sem o outro resistor o LED queimaria*”. É evidente que com a luminosidade da sala de aula e uma bateria de 9V alimentando o circuito o LED não estragaria caso não houvesse o outro resistor, contudo, a presença desta segunda resistência elétrica era justamente para fazê-los pensar a respeito e, pela indagação do aluno X, este objetivo foi alcançado, visto que um novo conhecimento é significativo quando se atribui um sentido ao aprendizado, seja para resolver problemas de seu cotidiano, seja quando se torna capaz de argumentar com suas próprias palavras ou explicar situações que se apresentam a ele (MOREIRA, 2003).

Outro questionamento que os educandos levantaram foi quanto a aplicação deste componente eletrônico em situações do cotidiano, alguns exemplos trazidos por eles foram os postes de iluminação pública, as portas elétricas e os sensores de segurança em máquinas industriais.

Após este momento de troca com os educandos, eles concluíram o desafio pesquisando acerca de códigos binários para enviar o pedido de SOS utilizando os protótipos construídos. Todas as equipes optaram por utilizar o código *Morse* e demonstraram satisfação em aprender como ele é utilizado, a educanda Y da equipe C falou, “*nossa eu não fazia ideia de como funcionava, é super fácil, adorei*”, o educando Z da equipe A, “*nossa é tipo aquele filme que a família ficava presa e piscava a luz do quintal pra pedir socorro, era bem essa a sequência*”, contribuições que corroboram a importância de levar assuntos do cotidiano dos educandos para dentro da sala de aula, de modo a contextualizar e significar os conhecimentos abordados (BYBEE e DEBOER, 1994).

O último momento da aula foi reservado para os educandos responderem à questão do diário de bordo. O quadro 4.12 traz a questão e as respostas das equipes.

Quadro 4.12 – Questão sistematizadora no diário de bordo.

<i>O LDR é um componente eletrônico que reage a exposição à luz e é o responsável pelo acendimento automático dos postes de iluminação pública. Descreva o comportamento deste componente como uma aplicação do efeito fotoelétrico.</i>	
Equipe A	O LDR responde a um sensor de claridade que muda sua resistência interna, na ausência de luz solar o poste de iluminação liga, pois este é este sensor que o controla.
Equipe B	O LDR tem menos resistência conforme recebe mais luz, ou seja, sua resistência interna é inversamente proporcional a intensidade da luz.
Equipe C	Ao incidir fótons no LDR os elétrons são liberados em maior intensidade, semelhante ao efeito fotoelétrico. Assim a condutividade aumenta e a resistência interna diminui. Portanto, conforme a quantidade de luz que ele recebe muda a resistência interna varia.
Equipe D	Conforme a intensidade da luz que atua sobre o LDR faz variar a sua resistência interna, alterando a corrente elétrica e o brilho do LED.
Equipe E	Na exposição à luz o LED do circuito brilha mais e quando mudamos a quantidade de luz ele passa a brilhar menos. Nos postes de luz deve haver um inversor, pois quando a luz diminui o poste liga, porém o LDR é o que controla seu funcionamento.

Fonte: Autoria própria.

A questão sistematizadora respondida no diário de bordo elucidou novamente diferentes níveis de compreensão entre os educandos. As equipes A, B, D e E sustentarem suas respostas com base na observação do experimento, ao variar a intensidade luminosa, varia-se a resistência do LDR e conseqüentemente o brilho do LED. A equipe E, também buscou explicar o funcionamento dos postes de iluminação pública que apresentam o processo inverso ao que foi visto no experimento, quando a intensidade luminosa diminui a luz do poste acende, as outras equipes ativeram-se apenas ao fenômeno

visualizado no circuito elétrico. Apenas a equipe C, relacionou o LDR com o efeito fotoelétrico, destacando que a redução da resistência interna deste componente está relacionada com o aumento na condutividade elétrica devido a ejeção de elétrons dada através da interação entre radiação e matéria, evidenciando um nível mais profundo de compreensão da equipe a respeito do fenômeno.

Em seguida, reservou-se um tempo para cada equipe apresentar suas construções e as discussões levantadas no parágrafo anterior foram mediadas oralmente pelo educador com a turma, a fim de elucidar o fenômeno de modo significativo a todas as equipes.

4.6 Aula 6

O último encontro desta sequência orientou-se a fim de apresentar o desfecho do RPG, sistematizar os conceitos abordados a partir da construção de um parágrafo ou mapa mental e discussão entre as equipes e posteriormente com o educador e, por fim, responder a um formulário referente a proposta e a metodologia aplicada, bem como às aprendizagens desenvolvidas.

Realizado o desfecho da narrativa, o educador iniciou a aula retomando um pouco do que foi visto e discutido em cada desafio a fim de introduzir a questão sistematizadora no diário de bordo. Orientou-se as equipes para que cada educando a respondesse individualmente, na forma de parágrafo ou mapa conceitual e que, em seguida, haveria um momento de socialização com a equipe e, se necessário, poderiam modificar seus textos ou mapas a partir das discussões. O quadro 4.13 esquematiza as respostas construídas pelas equipes após o momento de socialização de ideias.

Quadro 4.13 – Respostas à questão sistematizadora no diário de bordo.

Nas aulas anteriores investigamos e discutimos conceitos relacionados à prática de circuitos elétricos e tópicos da física moderna e contemporânea como a quantização da energia e o efeito fotoelétrico. Utilizando estes temas

centrais e o que você investigou, redija um parágrafo descrevendo o efeito fotoelétrico e suas aplicações no cotidiano.

Equipe A



Equipe B

O efeito fotoelétrico é um fenômeno quântico no qual a luz comporta-se como partícula, os fótons no caso. O efeito consiste na ejeção de elétrons da superfície de algum material iluminado quando exposta a uma fonte luminosa de certa frequência. Já o efeito fotovoltaico ocorre quando após o fotoelétrico os elétrons se dirigem a um circuito que gera energia. É possível citar como exemplo do cotidiano as placas solares, o uso de LED's para indicar se um eletrodoméstico está ligado ou não, as lâmpadas das casas e dos postes de energia que funcionam com os LDR's, este último é um resistor que conforme a incidência de luz sobre ele sua resistência interna varia controlando o funcionamento do circuito elétrico.

Equipe C

O efeito fotoelétrico é a interação dos fótons com a matéria. Para que isso aconteça é necessário emitir certa frequência com a finalidade destes fótons arrancarem elétrons da matéria. Esse efeito é aplicado em diversas situações do cotidiano, como por exemplo: os painéis solares, que recebem luz e a transformar em corrente elétrica; os LED's, que recebem corrente elétrica e emitem luz, os quais, muitas vezes, são utilizados junto com os LDR's (componente eletrônico que ao receber fótons libera elétrons, aumentando a condutividade e diminuindo a resistência); os postes de iluminação pública que

possuem um sensor semelhante aos LDR's em seu interior que captam as alterações da luz e controlam a corrente do circuito.

Equipe D

Podemos relacionar o efeito fotoelétrico com diversas atividades do nosso dia a dia, como os painéis solares, que são utilizados para converter energia da luz solar em energia elétrica. Outros exemplos são os LED's e os LDR's, o primeiro é um semicondutor que emite luz visível e o segundo possui sensores como as fotocélulas, que detectam o momento em que a luz solar não é suficiente para iluminar o local e variam sua resistência interna, pois não emitem elétrons sem receber os fótons. Outro fator existente é que o LED dependendo de sua cor necessita de uma maior tensão para acender, assim como para o efeito fotoelétrico ocorrer precisa que a luz tenha a frequência mínima para arrancar os elétrons dos materiais.

Equipe E

O efeito fotoelétrico é usado em painéis solares, lâmpadas de LED e LDR's. Os painéis solares coletam fótons de luz e convertem em energia. Os LED's geram a luz através de um meio sólido maciço, a parte mais importante é o chip semicondutor. O LDR é um resistor dependente de luz, componente eletrônico cuja resistência interna é inversamente proporcional a intensidade da luz que incide sobre ele e é utilizado nos postes de iluminação pública. Tudo isso é possível devido ao efeito fotoelétrico que é a interação dos fótons da luz com os elétrons da matéria.

Fonte: Autoria própria.

A única equipe que optou por responder à questão sistematizadora através de um mapa conceitual foi a A. O mapa apresentado no quadro 4.13 foi computadorizado pelo educador a fim de melhorar a qualidade facilitando a leitura do trabalho, contudo foram respeitadas as cores, as ligações e as posições dos conceitos estabelecidos pelos educandos no original manuscrito de modo a não comprometer a análise de suas respostas.

De modo geral, todas as equipes foram capazes de relacionar em suas respostas escritas e orais os principais elementos conceituais relacionados ao efeito fotoelétrico, além de visualizá-lo e explicá-lo em situações do cotidiano.

Em todos os grupos ouviu-se ou leu-se o discurso contemplando a relação entre frequência da radiação incidente com a ocorrência do fenômeno, assim como a definição do efeito como a interação entre a radiação e a matéria. Também se verificou a construção de relações mais significativas entre o movimento dos elétrons com o conceito de corrente elétrica, contribuindo para conectar o campo conceitual trabalhado nesta sequência com o já introduzido acerca dos circuitos elétricos.

Elencam-se algumas dificuldades que permaneceram ao final desta proposta didática, entre elas a noção matemática de proporcionalidade entre a frequência de radiação e a energia cinética média dos elétrons ejetados. Dentre as respostas e colocações trazidas pelos educados, em poucos momentos foram citadas a relação entre estas variáveis através de raciocínios ou formalismos matemáticos abstratos. Ressalva-se que as aulas elaboradas deram pouco enfoque ao campo matemático formal do fenômeno, não evidenciando equações e problemas puramente algébricos. Acredita-se que, dentro da realidade de ensino médio, o fundamental é abordar os fenômenos físicos de modo contextualizado ao mundo em que os educandos vivem, levando-os a utilizar estes conhecimentos de maneira crítica para julgar situações, resolver problemas e contribuir conscientemente para a transformação pessoal, social, econômica e ambiental do meio em que estão inseridos.

Assim, acredita-se que a carência de abstração matemática apresentada pelas equipes não é preocupante, visto que os objetivos em desenvolver os conceitos de modo contextualizado e significativo foram atingidos e que, se fossem dispostas mais aulas para trabalhar esta temática, seria possível construir estas relações matemáticas partindo de problemas semelhantes aos que foram discutidos no campo conceitual dos desafios desta sequência.

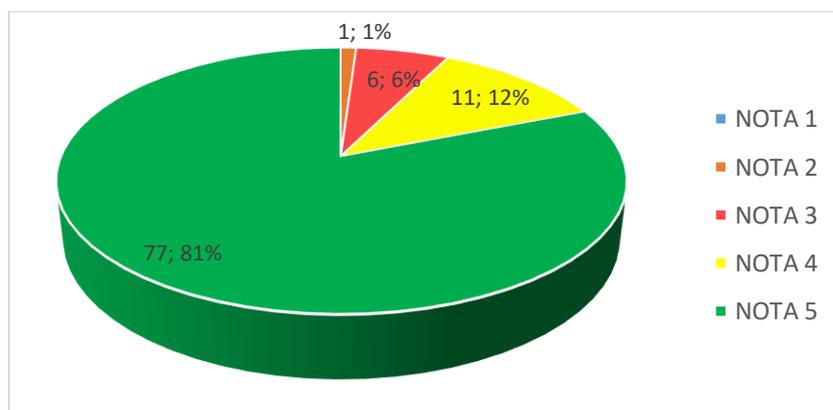
Outra dificuldade que pôde ser percebida nos discursos orais dos educandos ao explicar suas respostas é referente aos conceitos ondulatórios da radiação eletromagnética, frequência e comprimento de onda. Estes conceitos já haviam sido trabalhados com os educandos no ano anterior, sob formato de ensino remoto em decorrência da crise sanitária do COVID-19 e, apesar de não serem os termos centrais para a compreensão do efeito fotoelétrico, eles são essenciais para a significação completa do campo conceitual que não atua como

um recorte dos outros. Por isso, apesar destes conceitos terem sido retomados durante os desafios, mesmo que de modo não aprofundado, esta sequência evidenciou a necessidade de trazer novas discussões acerca dos fenômenos ondulatórios com esta turma.

Visando verificar o envolvimento e ambientação dos educandos com a metodologia aplicada, bem como as suas percepções quanto a cada atividade desenvolvida, foi aplicado, ao final desta aula, um formulário com questões que buscaram responder estas indagações. Todos os educandos da turma estavam presentes e responderam à pesquisa. O resultado completo pode ser encontrado nos apêndices desta dissertação (Apêndice G), contudo as figuras 4.12 e 4.13 buscaram resumir as opiniões dos educandos.

A figura 4.12 organizou as avaliações dos educandos para as cinco afirmações da primeira seção do formulário. Nesta buscou-se avaliar o quanto a metodologia por investigação utilizando elementos da gamificação foi envolvente e instigante para os educandos, sendo que atribuir uma nota 1 referia-se a discordar completamente enquanto uma nota 5 referia-se a concordar completamente com cada afirmação. As afirmações podem ser analisadas no quadro 4.14.

Figura 4.12 – Quantidade total de atribuições em cada nota para as afirmações da primeira seção da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 4.14 – Afirmações da primeira seção da pesquisa.

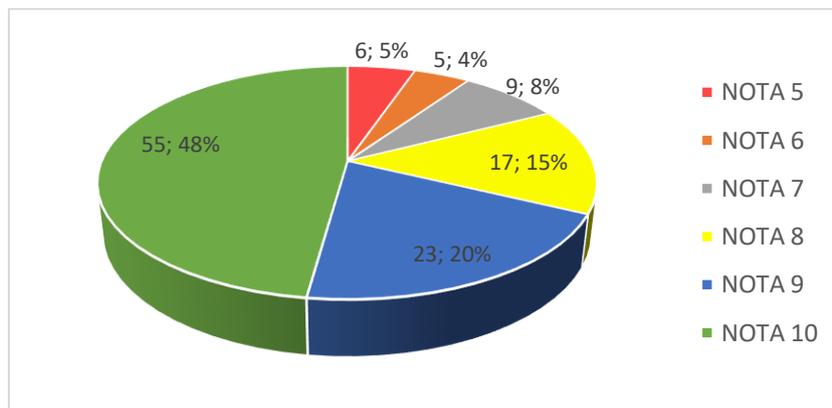
A utilização do RPG e de elementos dos jogos contribuiu para seu envolvimento com a aula e motivação ao desenvolver as atividades propostas.
As atividades foram desafiadoras e lhe estimularam a investigar os problemas em busca de soluções.
A metodologia foi acessível e lhe permitiu questionar, investigar e discutir os conceitos científicos com seus colegas.
Acredito que todas as aulas deveriam seguir este modelo mais dinâmico e investigativo.
Esta sequência de aulas contribuiu para minha aprendizagem diante dos conteúdos propostos.

Fonte: Autoria própria.

A partir destes resultados percebe-se uma grande aceitação e envolvimento dos educandos com a metodologia aplicada, visto que nenhum educando discordou completamente de alguma afirmação, enquanto 81% das avaliações foram de que os educandos concordam completamente com o que foi referido, ou seja, dentre cinco afirmações avaliadas 77 vezes elas foram marcadas pelos educandos com nota 5 (concordo completamente com a afirmação).

A figura 4.13 resume as avaliações à segunda seção que buscou entender quais foram as percepções dos educandos quanto a contribuição de cada atividade ou recurso pedagógico aplicado para suas aprendizagens. Esta seção também foi composta por 5 afirmações e os educandos deveriam avaliá-las em uma escala de 1 a 10, sendo 1 nenhuma contribuição à aprendizagem e 10 fundamental contribuição à aprendizagem. Como não houveram avaliações abaixo de 5 para nenhuma atividade, a figura 4.13 apresenta apenas os resultados para as avaliações iguais ou superiores a 5. As afirmações da segunda seção podem ser analisadas no quadro 4.15.

Figura 4.13 – Quantidade total de atribuições em cada nota para as afirmações da primeira seção da pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 4.15 – Afirmações da segunda seção da pesquisa.

A construção dos painéis investigativos com isopor, linha e alfinetes para investigar o funcionamento da energia solar (efeito fotovoltaico e fotoelétrico).
A demonstração das diferentes tensões necessárias para acender cada cor de LED.
A simulação e as questões investigativas no laboratório de informática sobre o efeito fotoelétrico.
A construção experimental dos circuitos elétricos nas placas protoboards utilizando o LDR e outros componentes elétricos.
O acompanhamento e as questões do diário de bordo.

Fonte: Autoria própria.

Como é evidenciado pela figura 4.13, 83% dos educandos avaliaram as dinâmicas com notas iguais ou superiores a 8, demonstrando que, em suas percepções, todas contribuíram positivamente para a construção das aprendizagens. A primeira dinâmica da sequência (elaboração de painéis investigativos a partir de pesquisas em materiais diversos) foi a que apresentou maior achatamento na curva de respostas, demonstrando que, para os educandos, foi a atividade que menos contribuiu para a aprendizagem. Este retorno, pode estar associado ao fato que construção de mapas mentais a partir

de pesquisas sobre conceitos novos para os educandos não é uma tarefa fácil, além disso, é preciso lembrar que a turma não estava acostumada com metodologias que se afastassem do modelo tradicional de transmissão de conhecimentos, fatores que podem ter influenciado para esta percepção dos educandos quanto a proposta no primeiro desafio.

Ao final dos questionários objetivos foi deixado um campo para os educandos registrarem sua opinião quanto a esta sequência e o que poderia ser melhorado para os anos seguintes, o quadro completo com as respostas pode ser encontrado no apêndice G. Em geral os educandos registraram que se sentiram envolvidos e encantados pela forma como as aulas foram propostas e que gostariam de uma continuação da narrativa. Além disso, deixaram algumas sugestões, principalmente relacionadas a complexidade da história do RPG, demonstrando que o elemento da narrativa é um poderoso meio de envolver os educandos.

Pretende-se aprofundar a análise dos resultados desta pesquisa em trabalhos futuros, porém para esta seção atentou-se as questões da aprendizagem, ainda assim buscou-se aqui mapear o panorama geral das opiniões dos educandos quanto a esta sequência. De todo modo, foi possível verificar que houve motivação e engajamento dos educandos com as propostas perante os elementos da gamificação (ZICHERMANN e CUNNINGHAM, 2011), que acreditam que as metodologias ativas são um caminho mais prazeroso e significativo para a aprendizagem (BACICH e MORAN, 2018) e que a sequência pautada na abordagem por investigação contribuiu com o processo de alfabetização científica (CARVALHO, 2018; BYBEE e DEBOER, 1994).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É diante de um cenário em que a instituição escolar busca renovar-se na tentativa de compreender seu verdadeiro papel na formação de jovens em um momento histórico cuja ciência nunca esteve tão próxima, através das mídias e internet, mas ao mesmo tempo tão longe, perante uma sociedade cercada de pós-verdades, que este trabalho se consolida. Se consolida também, na busca de encontrar um meio de significar a física como parte dos conhecimentos necessários para a formação cidadã dos estudantes e de criar alternativas que motivem e engajem os educandos na construção de suas aprendizagens e que estas, por sua vez, sejam significativas e contribuam para sua formação cidadã.

Esta proposta foi pautada em três pilares, a teoria da aprendizagem significativa, a abordagem por investigação e a gamificação. Apoiado neles, esta sequência didática foi conduzida pela narrativa de um RPG pretendendo abordar o efeito fotoelétrico a partir de suas aplicações em circuitos elétricos em uma turma de terceira série do ensino médio. Quanto a isso pondera-se que é viável a discussão deste tópico da FMC aliado ao referido tema da física clássica que é comumente aplicado como parte do currículo da componente curricular no ensino básico. Espera-se, a partir daqui, expandir os estudos desta pesquisa a fim de verificar quais outras conexões podem ser realizadas entre a FMC e os objetos do conhecimento já sacramentados no ensino regular, buscando dar mais relevância a esta área da física. Ainda neste sentido, percebe-se que a abrangência das habilidades previstas pela BNCC para os conceitos a serem discutidos pelas ciências da natureza, permite uma fluibilidade maior dos educadores e das escolas na ênfase a ser dada em seus currículos, o que se pretende analisar cuidadosamente nos referidos futuros trabalhos.

Voltando-se aos resultados desta aplicação, foi possível verificar que a gamificação e os elementos dos jogos funcionam como um motor motivacional para os educandos em sala de aula. Em diversos momentos, assim como relatado no capítulo anterior, foi possível verificar grande engajamento da turma na tentativa de solucionar os desafios, ora para superá-los, ora para progredir dentro da narrativa, ora pela curiosidade em conhecer os resultados dos

fenômenos estudados. Verificou-se que este envolvimento por parte dos educandos foi de exímia relevância para a construção das aprendizagens, pois houve interesse em conhecer o que se estava propondo, para Moreira (2012) este é um dos elementos essenciais para que se consolide uma aprendizagem significativa.

Quanto a abordagem por investigação, constata-se que foi possível estabelecer vínculo com a gamificação, contribuindo para práticas pedagógicas mais envolventes e profundas em vista de estabelecer os conhecimentos científicos. Acerca do EnCI, o grau de liberdade intelectual do educando e a elaboração de um bom problema são dois fatores fundamentais ao se desenvolver uma boa atividade investigativa. Neste sentido, a partir das análises de resultados, verificou-se que os problemas sistematizadores trazidos pelo diário de bordo no final das aulas, poderiam ser reformulados, buscando questionar os educandos acerca de situações reais e próximas de seus cotidianos. Desse modo, as equipes seriam levadas a levantar e testar hipóteses em busca de soluções para problemas abertos, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico também nestes momentos de fechamento de atividades.

Conforme previstas na BNCC, buscou-se desenvolver nesta sequência didática parte de duas habilidades – EM13CNT101¹² e EM13CNT106¹³. Ressalta-se que não se pretendia abordar integralmente, ou mesmo findar todas as discussões que podem ser elaboradas a luz destas duas habilidades, contudo buscou-se discutir as aplicações e os conceitos atrelados ao efeito fotoelétrico na produção de energia elétrica como uma alternativa sustentável, os resultados da interação entre radiação e matéria e a avaliação de tecnologias presentes no

¹² (EM13CNT101) – Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais. (BNCC, 2018, p.541).

¹³ (EM13CNT106) – Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais. (BNCC, 2018, p.541).

cotidiano. Diante dos resultados, verificou-se que estas aulas atenderam a estes objetivos e levaram os educandos a refletir acerca deles.

Analisando os discursos dos educandos na primeira aula acerca do funcionamento de tecnologias derivadas do efeito fotoelétrico e seus discursos ao final desta sequência, foi possível constatar um aumento significativo na presença de termos científicos ao explicar o fenômeno. Além disso, os parágrafos construídos tornaram-se mais robustos no âmbito da argumentação em relação aos relatos escritos nas primeiras aulas. Ainda neste sentido, a avaliação contínua desempenhada ao longo de cada aula a partir do acompanhamento do educador, foi verificada a evolução na aprendizagem dos educandos quanto a compreensão do fenômeno abordado. Constatações que demonstram a contribuição desta sequência na construção de aprendizagens significativas para os educandos e o desenvolvimento das habilidades previstas.

Contudo, assinalam-se algumas faltas desta sequência, dentre elas a carência de desenvolvimento matemático do fenômeno e o pouco espaço para diálogo entre as equipes. Acredita-se que o formalismo matemático atrelado ao efeito fotoelétrico é importante para a compreensão completa do fenômeno, visto que a matemática é uma das linguagens utilizadas pela física, contudo se os educandos forem capazes de reconhecer, descrever e aplicar o efeito fotoelétrico, este aprofundamento matemático pode ser realizado com maior facilidade, pois eles não estarão apenas replicando fórmulas, mas sim construindo soluções para problemas através da descrição matemática. Assim, na disponibilidade de mais aulas seria possível trabalhar com esta turma alguns problemas e desenvolver este formalismo.

Em relação ao espaço para diálogo entre os educandos é preciso relembrar que a sequência foi construída de modo que cada equipe caminhava individualmente pela narrativa do RPG. Esta estrutura foi pensada de modo a facilitar a aplicação destes elementos da gamificação em âmbito escolar, pois de outra maneira, seria necessário criar muitos personagens, dar liberdade para cada indivíduo tomar suas decisões deliberadamente, apresentar inúmeras possibilidades de caminho, enfim, possivelmente, devido ao grande número de jogadores interferindo na história simultaneamente, não seria viável aplicá-la em sala de aula. Assim, para viabilizar o RPG como metodologia, algumas

adaptações tiveram de ser feitas, fator que acarretou na redução de momentos de troca entre as equipes. É evidente que houveram momentos de socialização, contudo, na maior parte do tempo os diálogos ficaram restritos entre os educandos em cada grupo. A este respeito, elabora-se que seja possível adaptar as atividades para que, ao longo da narrativa, os educandos possam transitar entre as equipes, em uma espécie de ensino por estações, contribuindo para aumentar as discussões e trocas entre os pares.

Ao final deste trabalho, constata-se que é possível criar movimentos pedagógicos que criem alternativas ao método expositivo-dialogado no âmbito do ensino de física, buscando torna-lo mais envolvente e significativo para os educandos. A gamificação e a abordagem por investigação mostraram-se como caminhos efetivos neste sentido. Outra hipótese que pôde ser verificada é que há possibilidade de conciliar o ensino de tópicos da FMC aliados aos conceitos da física clássica, partindo de situações contextualizadas e próximas do dia-a-dia dos jovens. Sobretudo, apesar do discorrer deste trabalho ter respondido a alguns anseios que o motivaram, ele também levantou outros, afinal um bom problema também é aquele que leva a novos problemas.

REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F. *et al.* Inquiry in Science Education: International Perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397-419, 2004.
- ABELL, S. K.; MCDONALD, J. T. Envisioning a curriculum of inquiry in the elementary school. In: **Scientific inquiry and nature of science**. Springer: Dordrecht, 2006. p. 249-261.
- ALMEIDA, A.; SASSERON, L. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. extra, p. 1188-1192, 2013.
- AMARAL, V. L. **A vida afetiva: emoções e sentimentos**. Natal: EDUFRN, 2007.
- ANDERSON, C. Perspectives on science learning. In: ABELL, S.; LEDERMAN, N. (Eds.). **Handbook of research on science education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum associates, 2007.
- ARENDT, H. *et al.* A crise na educação. **Entre o passado e o futuro**, v. 5, p. 221-247, 2000.
- ARROYO, M. **Imagens quebradas: trajetórias e tempos de alunos e mestres**. Petrópolis: Vozes, 2004.
- ÁVILA, F. H. **Análise da motivação de estudantes e sua relação com elementos de jogos**. UFRGS. p.1-109, 2019.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.
- BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**, 2010. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de Lisboa, Lisboa.
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.
- BAUMAN, Z. **O mal estar da pós-modernidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 1998.
- BENDITO, D. V. Considerações acerca da aprendizagem significativa e dos mapas conceituais. **Aprendizagem significativa em revista**, v. 5, n. 3, p. 29-41, 2015.
- BORGES, S. D. S. *et al.* Gamificação aplicada à educação: um mapeamento sistemático. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. v. 24, n. 1, p. 234-243. 2013.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_11_0518.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza e matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.
- BUSARELLO, R. I. *et al.* A gamificação e a sistemática de jogo: conceitos sobre a gamificação como recurso motivacional. Gamificação na educação. **São Paulo: Pimenta Cultural**, p. 11-37, 2014.
- BUSATTO, C. Z. *et al.* O ensino de física moderna e contemporânea na educação básica: conteúdos trabalhados pelos docentes. **Revista CIATEC – UPF**, v.10, n. 1, p. 104-115, 2018.

- BYBEE, R. **Achieving scientific literacy. From purposes to practices**. Portsmouth: Teachers College Press, 1997.
- BYBEE, R.; DEBOER, G. Research on goal for the science curriculum. In: GABEL, D. (Ed.). **Handbook of research on science teaching and learning**. New York: Macmillan, 1994.
- CAVALIERE, A. M. Tempo de escola e qualidade na educação pública. **Educação e Sociedade**, v. 28, n. 100, p. 1015-1035, 2007.
- CSIKSZENTMIHALYI, M., CSIKSZENTMIHALYI, I. S. (org.). **Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness**. Nova York: Cambridge University Press. 1988.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow: the psychology of optimal experience**. New York, NY, USA: Harper e Row, 1990.
- CHARLOT, Bernard. Educação e globalização: uma tentativa de colocar ordem no debate. **Sísifo**, v. 4, p. 129-136, 2016.
- COLLANTES, X. R. Juegos y videojuegos - Formas de vivencias narrativas. In: SCOLARI, CARLOS, A. Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la gamification. **Colleccio Transmedia XXI. Laboratori de Mitjans Interactius**. Universitat de Barcelona. Barcelona. 2013.
- COSTA, T.M.; VERDEAUX, M.F.S. Gamificação de materiais didáticos: uma proposta para a aprendizagem significativa da modelagem de problemas físicos. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 11, n. 2, 60-105, 2016.
- COUSO, D. De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. In: **Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales**, XXVI. 2014, atas, Huelva.
- de ALMEIDA, L. R.; MAHONEY, A. A. Afetividade e aprendizagem – Contribuições de Henri Wallon. **Edições Loyola**. 2007.
- de CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- de OLIVEIRA, C. A.; de ABREU, W. F.; OLIVEIRA, D. B. Conhecimento e educação na pós-modernidade. **Revista Margens Interdisciplinar**, v. 7, n. 8, p. 175-188, 2016.
- DEBOER, G. Historical perspectives on inquiry teaching in school. In FLICK, L.; LEDERMAN, N. (Eds.). **Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education**. Dordrecht: Springer, 2006.
- DECI, E. L.; RYAN, R. M. (Ed.). **Handbook of self-determination research**. University Rochester Press, 2004.
- DECONTO, D. C. S. A perspectiva ciência, tecnologia e sociedade na disciplina de metodologia do ensino de física: um estudo na formação de professores à luz do referencial sociocultural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.
- DETERDING, S. *et al.* From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In: **Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments**. 2011. p. 9-15.
- DEWEY, John. **Democracia e educação: introdução à filosofia da educação**. 3. ed. Trad.
- DRIVER, R., GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. **Children's ideas in science**. Milton Keynes: Open University Press. Tradução de P. Manzano, 1989 **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**. Madrid: Morata/MEC, 1985.
- DIANA, J. B. *et al.* Gamification e teoria do flow. Gamificação na educação. **São Paulo: Pimenta Cultural**, p. 39-73, 2014.

DONATELLI, D. A perda de autoridade dos pais e os reflexos dentro da escola. Entrevista concedida a Andréa Antunes. Rio de Janeiro: Folha Dirigida – **Suplemento do Professor**, p. 39, 2007.

EINSTEIN, A. Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. In: LORENTZ, H. A.; EINSTEIN, A.; MINKOWSKI, H. (Org). **O princípio da relatividade**. Lisboa: Calouste Gulbekian, 1983.

FARDO, M. L. **A gamificação como estratégia pedagógica: estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem**, 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

FENSHAM, P. J. Time to change Drivers for Scientific Literacy. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 2, p. 9-24, 2010.

FERREIRA J. R.; BITTAR, M. Educação e ideologia tecnocrática na ditadura militar. **Cadernos Cedes**, v. 28, n. 76, p. 333-355, 2008.

FERREIRA, J. A.; BITTAR, M. Pluralidade Linguística: escola de be-a-bá e teatro jesuítico no Brasil do século XVI. **Educação e Sociedade**, Campinas, v.25, nº 86, 2004.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Tradução: Elsa Gómez de Sarría. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 2005.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em ensino de ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2016.

FREIRE, A. M. Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação. In: **Encontro Nacional de Educação em Ciências**, XIII. 2009, Instituto Politécnico Castelo Branco, atas, Castelo Branco, p. 1-1598.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FURIÓ, D. *et al.* The effects of the size and weight of a mobile device on an educational game. **Journal Computers e Education**. Virginia. v. 64, p. 24–41, 2013.

GALVÃO, C. R. P.; FREIRE, A. M.; OLIVEIRA, T. **Avaliação de competências em ciências**. Lisboa: Edições ASA, 2006.

GENTILI, P. Três teses sobre a relação trabalho e educação em tempos neoliberais. In: LOMBARDI, J.C.; SAVIANI, D.; SANFELICE, J.L. (Org.). **Capitalismo, trabalho e educação**. Campinas: Autores Associados, 2002. p. 45-59.

GIDDENS, A.. Modernidade e Identidade. **Jorge Zahar Editora**. Rio de Janeiro. 2002.

GIL-PÉREZ, D. *et al.* Por uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GOMES, J. B.; CASAGRANDE, L. D. R. La educación reflexiva en la pós-modernidad: una revisión bibliográfica. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 10, n. 5, p. 696-703, 2002.

GOMES DOS SANTOS, I. *et al.* O uso de metodologias ativas no ensino de ciências: um estudo de revisão sistemática. **Revista de Psicologia, Educação e Cultura**, v. 24, n. 3, p. 69-91, 2020.

HALL, S. A identidade cultural na pós-modernidade. São Paulo: **DPeA**, 1998.

HAMARI, J. *et al.* Does Gamification work? A literature review of empirical studies on Gamification. In: **Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences**, 47, 2014. Anais. Hawaii: HICSS, 2014.

HAUSCHILD, L. P. As metodologias ativas e o seu impacto na área do ensino. 2018.

HILSDORF, M. L. S. **História da educação brasileira: leituras**. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2006.

- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- ISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. Modern physics and students conceptions. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 14, n. 2, p. 181-190, 1993.
- JABUR, S. S. *et al.* Educação, ciência e sociedade sob o olhar da complexidade humana. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58327-58334, 2020.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: TABER, K. S.; AKPAN, B. (Eds.). **Science Education: An International Course Companion**, 2017. p. 69-80.
- JUSTO, J.S. Escola no epicentro da crise social. In: DE LA TAILLE, Y; PEDRO-SILVA,
- KULESZA, W. A. Genealogia da escola nova no Brasil. **Educação em Foco**, v. 7, n. 2, p. 83-92, 2002.
- KAMEI, H. H. **Flow**: o que é isso? um estudo psicológico sobre experiências ótimas de fluxo na consciência, sob a perspectiva da psicologia positiva. 2010. Dissertação (Mestrado em Psicologia Social) - Instituto de Psicologia, University of São Paulo, São Paulo, 2010.
- KAPP, K. M. **The Gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. Washington: Pfeiffer e Company, 2012.
- KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes de Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 15, p. 11-18, 2002.
- LEDESMA, M. R. K. **Evolução histórica da educação brasileira: 1549-2010**. Paraná: Unicentro, 2010.
- LEITE, L. Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das Ciências. In: CAETANO, H. V.; SANTOS, M. G. (Org.). **Cadernos Didáticos de Ciências 1**. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, 2001.
- LEWIS, C. *et al.* Faculty use of established and emerging technologies in higher education: A unified theory of acceptance and use of technology perspective. **International Journal of Higher Education**, v. 2, n. 2, p. 22-34, 2013.
- LI, W. *et al.* GamiCAD: a gamified tutorial system for first time autocad users. In: **Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology**. p. 103-112, 2012.
- LIBÂNEO, J. C. O dualismo perverso da escola pública brasileira: escola do conhecimento para os ricos, escola do acolhimento social para os pobres. **Educ. Pesqui.**, v. 38, n. 1, p. 13-28, 2012.
- CAVALCANTI, C. J. H. *et al.* Educação em ciências nos tempos de pós-verdade: reflexões metafísicas a partir dos estudos das ciências de Bruno Latour. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 155-189, 2019.
- LINO, A. *et al.* A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma análise de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. **Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 8, 2011.
- LONGINO, H. E. **The fate of knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- LOPES, A. C. Teorias Pós-Críticas, política e currículo. **Educação, Sociedade e Culturas**, 39, 7–23. 2013.
- LORENZONI, M. Gamificação: o que é e como pode transformar a aprendizagem. 2016. Acesso em outubro de 2017.
- MACHADO, L. R. **Concepção de escola, de escola unitária e de politécnia**. Transcrição de exposição em mesa redonda, em seminário da Corrente Sindical Classista. São Paulo, 2003.

MACHADO, D. I., NARDI, R., **Avaliação do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, Brasil, 2003.

MANACORDA, M. A. **História da educação: da Antigüidade aos nossos dias**. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1989.

MARCO, B. La alfabetización científica. In: PERALES, F. Y.; CAÑAL, P. (Org.). **Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Alcoy: Marfil, 2000. p. 141-164.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, M. F. Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Org). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora UNB, 2011. p. 135-160.

MARX, Karl. Crítica ao Programa de Gotha. In: MARX, K.; ENGELS, F. (Org). **Obras Escolhidas de Marx e Engels**. São Paulo: Alfa-Ômega, 1986, p. 203-234.

MATTOS, E. M. A.; CASTANHA, A. P. A importância da pesquisa escolar para a construção do conhecimento do aluno no ensino fundamental. **Projeto de Intervenção Pedagógica na Escola apresentado ao Programa de Desenvolvimento Educacional da Secretaria de Educação do Estado do Paraná**, Paraná, p. 1-11, 2008.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. In: **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: UFRGS. p. 41-54. 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, Campo Grande, v. 1, n. 21, p. 15-32, jun. 2006.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Diagrama V**. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 2006.

MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. In: **Conferência de encerramento do IV encontro internacional sobre aprendizagem significativa**, nº 8, Maragogi, AL, Brasil, 2003.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessário para a educação do futuro**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

MUNTEAN, C. I. Raising engagement in e-learning through gami-fication. **The 6th International Conference on Virtual Learning ICVL**. 2011.

NASCIMENTO, F. *et al.* de. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista histedbr on-line**, v. 10, n. 39, p. 225-249, 2010.

NATIONAL, R. C. **National Science Education Standards**. Washington: National Academy Press, 1996.

NOLASCO, P. C. et al. A educação jesuítica no Brasil colonial e a pedagogia de Anchieta: catequese e dominação. Campinas: UNICAMP. 2008.

NOVAIS, E. L. A. Crise de Paradigmas na Escola Atual: Uma Escola Moderna em um Mundo Pós Moderno. **Revista Cadernos da Educação Básica**, v. 1, n. 2, p. 116-133, 2016.

NOVAK, J. Meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling and acting. **Aprendizagem em Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.

NOVAK, J. D. A theory of education: Meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. **Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. Abingdon: Routledge, 2010.

NOVAK, J. D.; Cañas, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

NÓVOA, A. **Professores: imagens do futuro presente**. Lisboa: Educa, 2009.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; SCOFANO, R. G. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, 447-454, 2007.

OSBORNE, J. Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In DUSCHL, R. A.; BISMARCK, A. S. (Eds). **Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice**. New York: Routledge, 2016.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, VII. 2000. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

OUTEIRAL, J.; CEREZER, C. **O mal-estar na escola**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2005.

PAIVA, F. F. *et al.* Orientações motivacionais de alunos do ensino médio para física: considerações psicométricas. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 40, n. 3, p. 1-9, 2018.

PARREIRA, J. E. Aplicação e avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa (tipo ISLE) em aulas de Mecânica, em cursos de Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 40, n. 1, p. e1401-1-e1401-6, 2018.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

QUEIROZ, C.; MOITA, F. **Fundamentos sócio-filosóficos da educação – Reforma Pombalina: reflexos na educação brasileira**. Natal: UEPB/UFRN, 2007.

RABONI, P. C. A. **Solução de problemas experimentais em aulas de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental e o uso da linguagem cotidiana na construção do conhecimento científico**. (Pós-Doutoramento) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP. 2013.

RANGEL, G.; TEIXEIRA, A. **Democracia e educação: Introdução a filosofia da educação**. 3. Ed. São Paulo: Nacional, 1959.

REID, D. V.; HODSON, D. **Ciencia para todos en secundaria**. Madrid: Narcea, 1993.

REZNIK, G.; MASSARANI, L. RAMALHO, M. AMORIN, L. Ciência na televisão: Uma análise do telejornal Repórter Brasil. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 7, n.1, p. 157-178. 2014.

REYES-CÁRDENAS, F.; PADILLA, K. La indagación y la enseñanza de las ciencias. **Educación Química**, v. 23, n. 4, p. 415-421, 2012.

RITTERFELD, U. *et al.* Serious games: mechanisms and effects. **Abingdon: Routledge**, 2009.

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**, v. 11, n. 2, p. 45-52, 2017.

SANTOS, B. S. O Direito e a comunidade: as transformações recentes da natureza do poder do Estado nos países capitalistas avançados. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 10, p. 9-40, 1982.

SASAKI, D. G. G.; DE JESUS, V. L. B. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: Carvalho, A. M. P. (orgs.) **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. (pp. 41-61). São Paulo: Cengage Learning. 2013.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SAVIANI, N. Escola e luta de classes na concepção marxista de educação. **Germinal: Marxismo e educação em debate**, v. 3, n. 1, p. 7-14, 2011.

SCHELBAUER, A. R. **A constituição do método de ensino intuitivo na província de São Paulo (1870-1889)**. 2003. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHELBAUER, A. R. O método intuitivo e lições de coisas no Brasil do século XIX. In: STEPHANOU, M.; BASTOS, M. H. C. (Org.). **Histórias e memórias da educação no Brasil, v. II – Séc. XIX**. Petrópolis: Vozes, 2005. p. 132-149.

SCHMIDT, I. A. John Dewey e a educação para uma sociedade democrática. **Revista Contexto e Educação**, v. 24, n. 82, p. 135-154, 2009.

SCHROEDER, C. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007.

SCHWARTZ, R. S.; CRAWFORD, B. A. Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science: Identifying critical element. In: **Scientific inquiry and nature of science**. Springer: Dordrecht, 2006. p. 331-355.

SENNET, R. A corrosão do caráter: consequências pessoais do trabalho no novo capitalismo. Rio de Janeiro/São Paulo: **Record**, 2004.

SILVA, J.B.; SALES, G. L. Gamificação aplicada no ensino de física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 5, 782-798, 2017.

SIMÕES, J. *et al.* A social gamification framework for a K-6 learning platform. Computers in Human Behavior. **Instituto Superior Politécnico Gaya**, Portugal: [s.n.]. 2012.

SIQUEIRA, M. R. P. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012. Tese, (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018.

SOUZA, J. A.; TARNOWSKI, K. S. A Segunda Guerra Mundial e o Ensino de Ciências. **Jornal Momento Químico**, n. 23, p. 1-7, 2019. Disponível em: <<https://jornalmomentoquimico.wordpress.com/2019/03/01/a-segunda-guerra-mundial-e-o-ensino-de-ciencias/>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G. Atividades investigativas na educação científica: dimensões e perspectivas em diálogos com o ENCI. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 819-849, 2018.

TEIXEIRA, A. A Pedagogia de Dewey. In: DEWEY, John. **Vida e educação**. 10. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

TEIXEIRA, A. L. F. Um breve histórico da educação brasileira - sob o signo da precariedade. **Revista Encontros**, v. 13, n. 24, p. 57-72, 2015.

TEIXEIRA, A. S. **Pequena introdução à filosofia da educação: a escola progressiva ou a transformação da escola**, 5. ed. São Paulo: Nacional, 1968.

TERRAZZAN, E. A.. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TORRES, R. M. **Educação para todos: a tarefa por fazer**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

VEIGA, C. G. Escola pública para os negros e os pobres no Brasil: uma invenção imperial. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 502-516, 2008.

VEIGA, C. G. **História da Educação**. São Paulo: Ática, 2007.

VIANNA, Y. *et al.* **Gamification, Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. MJV Press: Rio de Janeiro, 2013.

WALLON, Henri. **A evolução psicológica da criança**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the win: How game thinking can revolutionize your business**. Wharton Digital Press, 2012.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

O RPG COMO UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA AO LONGO DO ENSINO MÉDIO

Fábio Buffon

Prof. Dr. Aline Cristiane Pan
Orientador

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda
Coorientador

Tramandaí
Outubro de 2021

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO AO EDUCADOR	03
1.1	O que é o RPG?	05
1.2	O diário de bordo	06
1.3	Elementos da gamificação.....	07
1.4	As plataformas digitais.....	12
2	ORIENTAÇÕES E PLANEJAMENTOS PARA A SEQUÊNCIA	15
2.1	Descrição da aula 1	15
2.2	Descrição da aula 2	22
2.1	Descrição da aula 3	26
2.2	Descrição da aula 4	34
2.2	Descrição da aula 5	38
3	REFERÊNCIAS	42

1. Apresentação ao educador

Caro colega,

O texto a seguir lhe apresentará uma sequência didática do produto educacional elaborado em parceria dos autores com o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UFRGS – Litoral Norte. Nele, pretende-se aliar o estudo prático de circuitos elétricos, comum ao currículo da terceira série do ensino médio, com tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), mais especificamente a quantização da energia e o efeito fotoelétrico.

Esta ideia nasce da carência de tópicos da FMC no currículo do ensino básico e pretende sugerir ao educador uma alternativa para implementá-los, levando em consideração o pouco tempo que usualmente a componente curricular dispõe e contribuindo para a construção de uma visão menos fragmentada da física (TERRAZAN, 1992; OSTERMANN e MOREIRA, 2000; SIQUEIRA 2012). Os conceitos usualmente discutidos na primeira série do ensino médio sobre cinemática são casos especiais da relatividade, em que a velocidade dos corpos é muito menor que a velocidade da luz. Na segunda série, ao introduzir os conceitos de óptica, constrói-se um cenário interessante para discutir a natureza dual da luz. Na terceira série, é possível aliar a prática de circuitos com componentes elétricos que tem seu funcionamento atrelado ao efeito fotoelétrico. Enfim, são diversos momentos do currículo regular em que a FMC pode ser introduzida de modo contextualizado e exigindo menor demanda de tempo.

Assim, esta proposta é um exemplo deste vínculo trazido pela ciência, que pode ser estudada a partir de uma visão mais ampla, contrariando a subdivisão tradicional de conteúdos em títulos e capítulos que não estão relacionados entre si e afastam os conhecimentos escolares do cotidiano dos educandos.

Os alicerces que sustentam esta proposta perpassam pela teoria da aprendizagem significativa de *David Ausubel* (MOREIRA, 2003), pela abordagem do ensino por investigação (EnCI) (DEBOER, 2006; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2018) e se consolidam através dos elementos da

gamificação (DETERDING, 2011; KAPP, 2012; COLLANTES, 2013), responsáveis por conectar teoria e prática através de uma narrativa fictícia que busca promover o engajamento, a criatividade e a motivação dos educandos. Para um maior aprofundamento nestes fundamentos teóricos, sugere-se que o leitor busque a dissertação na íntegra que deu origem a este produto educacional.

As aulas terão um formato imersivo em um ambiente inusitado no formato dos famosos *Role Playing Games* (RPG's) e pretende incentivar a pesquisa e a construção do conhecimento através de uma história emocionante. Os educandos irão se deparar com problemas e desafios que os colocarão no papel de protagonistas de suas aprendizagens. As atividades propostas deverão encorajá-los a se envolver com o processo de ensino-aprendizagem em busca de soluções, respostas e novas perguntas diante dos mistérios que os envolverão.

Esta sequência foi elaborada e adaptada de modo que possa ser aplicada de forma presencial ou remota, e é recomendável que seja aplicada na terceira série do ensino médio após os primeiros contatos dos educandos com os conceitos de circuitos elétricos. Assim, eles estarão melhor familiarizados com alguns termos e componentes que serão utilizados nas atividades. O Quadro 1.1 organiza, resumidamente, as atividades e os objetivos da aprendizagem que pretendem ser discutidos ao longo de cinco aulas de 60 minutos, e apresenta as adaptações que devem ser feitas em caso de aplicação presencial ou remota.

Quadro 1.1 – Planejamento de aulas, objetivos e atividades.

	OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	ATIVIDADES PROPOSTAS	
		APLICAÇÃO PRESENCIAL	APLICAÇÃO REMOTA
Aula 1	- Familiarizar os educandos com a proposta do RPG;	- Contextualização da metodologia e questão disparadora através da plataforma <i>Mentimeter</i> ;	- Contextualização da metodologia e questão disparadora através da plataforma <i>Mentimeter</i> ;
		- Formação das equipes e escolha dos personagens;	- Formação das equipes e escolha dos personagens;
	- Mapear os conhecimentos prévios.	- Narrativa – <i>Prólogo: A seleção dos candidatos</i> ;	- Narrativa – <i>Prólogo: A seleção dos candidatos</i> ;
		- Investigando conhecimentos prévios na plataforma <i>Kahoot</i> e no diário de bordo.	- Investigando conhecimentos prévios na plataforma <i>Kahoot</i> e no diário de bordo.
Aula 2	- Incentivar a argumentação, a	- Narrativa – <i>Capítulo I: O despertar para o futuro</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo I: O despertar para o futuro</i> ;

	investigação e a busca por soluções de forma colaborativa;	- Atividade 1: Coquetel de informações;	- Atividade 1: Coquetel de informações;
	- Introduzir os conceitos de FMC através da investigação e da problematização.	- Atividade 2: Construção de painéis investigativos com isopor, fios de lã e alfinetes.	- Atividade 2: Construção de painéis investigativos utilizando a plataforma <i>Jamboard</i> .
Aula 3	- Relacionar o efeito fotoelétrico ao funcionamento de LED's coloridos;	- Narrativa – <i>Capítulo II: O código</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo II: O código</i> ;
	- Investigar o efeito fotoelétrico e a hipótese da quantização através da problematização de simulações;	- Atividade 1: Organizando LED's coloridos através de suas tensões de corte;	- Atividade 1: Organizando LED's coloridos através de suas tensões de corte;
		- Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico e o comportamento de variáveis físicas no simulador da plataforma <i>PhET</i> .	- Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico e o comportamento de variáveis físicas no simulador da plataforma <i>PhET</i> .
Aula 4	- Construir circuitos elétricos experimentalmente utilizando componentes que são aplicações do efeito fotoelétrico;	- Narrativa – <i>Capítulo III: O resgate</i> ;	- Narrativa – <i>Capítulo III: O resgate</i> ;
	- Contextualizar situações do cotidiano a partir dos conceitos de circuitos elétricos e da FMC.	- Atividade 1: Construindo circuitos elétricos com LDR's em uma placa <i>protoboard</i> .	- Atividade 1: Construindo circuitos elétricos com LDR's utilizando a plataforma <i>Jamboard</i> .
Aula 5	- Retomar e promover discussões e atividades a fim de consolidar o processo de alfabetização científica.	- Desfecho da narrativa e socialização das experiências e construções das equipes;	- Desfecho da narrativa e socialização das experiências e construções das equipes;
	- Avaliar os resultados conforme os objetivos pré-estabelecidos.	- Atividade sistematizadora no diário de bordo;	- Atividade sistematizadora no diário de bordo;
		- Avaliação oral das aulas e entrega de condecorações.	- Avaliação oral das aulas e entrega de condecorações.

Fonte: Autoria própria.

A seguir você encontrará tópicos que descrevem os principais conceitos que é preciso dominar para aplicar esta sequência, caso já esteja habituado com eles, avance ao capítulo 2 onde você encontrará os planos e orientações para cada aula desta proposta.

1.1 O que é o RPG?

O RPG é uma sigla derivada do inglês, *Role Playing Game*, e significa jogo de rolagem e interpretação de papéis. Surgiu na década de 70 nos Estados Unidos e popularizou-se com o lançamento de coleções como a *Dungeons e Dragons (DeD)* (SANTOS e FARRA, 2013). Este jogo que estimula a criação e a interação social entre mestre e jogadores, já influenciou grandes nomes da

literatura e do cinema, onde histórias construídas em mesas de RPG fazem parte de cenários como *O senhor dos anéis*, *as crônicas de Nárnia* e *strangers things*.

De modo breve, este jogo essencialmente colaborativo, é configurado a partir de uma narrativa contada por um dos jogadores, intitulado de mestre, enquanto os outros, atuando como personagens diversos, tomam decisões e ações, individuais e coletivas, que definem os rumos da narrativa e o destino do grupo.

É evidente que, em contexto de sala de aula, o educador deve direcionar estas decisões para que o foco na aprendizagem não se perca. Assim, esta proposta sugere que o educador se encarregue do papel de mestre do jogo e guie as equipes de educandos através dos eventos da narrativa criada. A fim de facilitar para o educador, é possível utilizar uma apresentação de slides que foi construída para nortear os acontecimentos e conduzir as equipes aos desafios comuns que estarão atrelados aos conceitos da física que esta sequência se propõe a discutir.

Os passos de construção de equipes e cenários, bem como os desafios e suas respectivas soluções, os eventos da narrativa e outros elementos oriundos do *RPG* e da *gamificação* serão detalhados ao longo dos planos de aula em tópicos à frente neste produto.

1.2 O diário de bordo

Com o objetivo de acompanhar a construção das aprendizagens, de proporcionar um ambiente de registros para os educandos e de estimular o pensamento e a alfabetização científica através de questionamentos contextualizados, será proposto, em consonância com cada aula, atividade e desafio, um diário de bordo que apoiará os educandos ao longo de toda esta sequência.

Neste diário, o educando encontrará espaços para registrar eventuais informações acerca da narrativa, assim como para os conceitos que estarão sendo trabalhados em cada aula. Ele foi elaborado para atuar como um alicerce na construção das aprendizagens dos educandos, visto que traz questões

introdutórias que visam investigar os conhecimentos prévios a partir de problemas contextualizadores, como também questionamentos que remontam os conhecimentos científicos discutidos nas aulas que deverão se ancorar nestes conhecimentos prévios. Além disso, sugere-se que o educador utilize esta ferramenta pedagógica como parte da avaliação, pois ela é o reflexo escrito do processo de alfabetização científica dos educandos.

O diário de bordo estará subdividido conforme as aulas que foram previstas para esta sequência e conforme os capítulos atrelados a sistemática do jogo e da narrativa, podendo ser acessado através dos apêndices desta dissertação (Apêndice C). As atividades e questionamentos que serão propostos por este recurso pedagógico serão discutidas e apresentadas cuidadosamente nas descrições das aulas que seguem nas próximas seções deste produto.

1.3 Elementos da *gamificação*

Antes de apresentar os planejamentos individuais das aulas que constituem esta sequência, é necessário discutir os principais elementos da *gamificação* que foram incorporados nas aulas e adaptados em forma de atividades, cartas, direcionamentos, ferramentas, entre outros. Entende-se por *gamificação* a utilização de elementos dos jogos em contextos ou situações que não pertencem ao universo dos *games*, o ensino é um exemplo destes contextos (FARDO, 2013).

1.3.1 Narrativa

A narrativa é o elemento da *gamificação* mais relevante nesta proposta. Ela assume o papel de fio condutor, conectando os conceitos físicos aos desafios e eventos que deverão ocorrer ao longo das aulas. Não obstante, atua como um potencial agente motivador, contribuindo para o engajamento e para o envolvimento dos educandos com os objetos do conhecimento a serem construídos, instigando a curiosidade e a busca pelas soluções dos problemas (MILLAR e OSBORNE, 1998).

O enredo proposto para a sequência de ensino deste produto educacional foi construído sob um cenário fictício pós-apocalíptico, em que a humanidade foi assolada por um vírus mortal extremamente contagioso e transmitido pelo ar. Os educandos, divididos em equipes, iniciarão a sua caminhada ainda em um mundo saudável, como voluntários de uma pesquisa para um laboratório que promete ter desenvolvido um soro capaz de combater o avanço de células cancerígenas. Iludidos com os deslumbres oferecidos aos voluntários, a equipe entra no complexo laboratorial e é colocada em uma espécie de coma induzido por aproximadamente duas semanas como parte dos procedimentos da pesquisa.

Ao despertar, os personagens se deparam com o laboratório abandonado. Dirigem-se ao centro de pesquisas principal, onde encontram extratos de jornais e reportagens relatando o avanço da toxina no Brasil e no mundo. Surpresos com esta situação inesperada eles buscam por mais informações quando as luzes do laboratório começam a piscar. Sabendo que a toxina, transmitida pelo ar e nociva ao ser humano, é purificada através dos filtros do laboratório, os personagens deverão se apressar em busca do conserto do sistema elétrico solar que mantém a estabilidade energética do prédio. Neste momento os educandos são convidados a resolver o primeiro desafio que estará relacionado com os conceitos de energia solar fotovoltaica e da aplicabilidade elétrica dos módulos fotovoltaicos.

Com o sistema elétrico do prédio reestabelecido, a equipe vasculha o laboratório em busca de informações. Em um escritório encontram um computador portátil que pertenceu a coordenadora da pesquisa a qual eles faziam parte. Para acessar os dados deste computador será necessário desbloqueá-lo através de uma senha, conduzindo os educandos ao segundo desafio que tratará da quantização da energia e sua relação com o efeito fotoelétrico. O sucesso deles nesta tarefa lhes permitirá desvendar o código de bloqueio que os impedia de obter os dados do portátil.

Finalmente, os personagens descobrem que a pesquisa da qual faziam parte era uma farsa e a toxina que assolou a humanidade foi gerada por um erro do laboratório responsável. Sua única forma de sobreviver é em locais que possuam filtros de oxigênio capazes de purificar o ar.

Através das informações coletadas eles descobrem que há um abrigo subterrâneo construído para este tipo de cenário e que, para chegarem lá, precisarão pedir socorro. O sistema de alerta por código Morse apresenta defeito e eles deverão construir um protótipo capaz de se comunicar com o abrigo, os levando ao terceiro desafio da sequência, em que o sucesso garante a eles o resgate ao abrigo e o fim desta narrativa.

Toda a estória brevemente relatada aqui está organizada em uma apresentação de slides nos materiais de apoio ao educador. Ela foi ilustrada e detalhada para que possa ser usada com os educandos durante as aulas desta sequência e auxiliem o educador no processo de imersão próprio do mundo dos jogos.

1.3.2 Avatares e cartas de vantagem

A criação de avatares (personagens) para representar os jogadores dentro do universo fictício construído, colabora para a imersão e envolvimento com a narrativa a partir do compartilhamento de características e traços de personalidade. Por esta razão será entregue às equipes um catálogo com opções de personagens que eles poderão escolher e representar ao longo das aulas.

Cada personagem possui sua própria história de vida e motivos para estar participando do projeto, assim como algumas características que podem ser traços de suas personalidades ou habilidades individuais. No mundo dos jogos, estas informações iniciais sobre os personagens são chamadas de pano de fundo, do inglês, *background*.

Cada equipe será formada por 3 a 4 educandos, portanto haverá diferentes combinações de personagens para os grupos dentro da sala de aula, visto que cada equipe jogará o RPG independentemente das outras. Deve ser ressaltado aos educandos que os personagens escolhidos aqui não poderão mais ser trocados ao longo do jogo.

Além disso, ao longo dos desafios, cada personagem desbloqueará uma carta de vantagem, relacionada com as habilidades e características individuais

citadas no momento da escolha. Esta carta, garantirá à equipe que contar com este membro em sua formação alguma vantagem em determinados desafios ou situações do jogo, colaborando para envolvimento entre jogador e o seu personagem/avatar.

1.3.3 Desafios

Os desafios são o motor principal na sistemática de funcionamento e envolvimento entre jogo e jogador. Pensando nisso, cada aula desta sequência foi organizada em capítulos e, em cada capítulo, as equipes irão se deparar com um desafio diferente a ser solucionado.

Atrelados às habilidades e aos conceitos de circuitos elétricos, da quantização da energia e do efeito fotoelétrico, os desafios serão atividades em que os educandos precisarão pesquisar, investigar, discutir, elaborar, construir, analisar, relacionar, desvendar e buscar soluções, para que possam avançar por entre os capítulos da narrativa. Aqui, sugere-se que o educador reserve o maior tempo de suas aulas e facilite o diálogo entre os pares (educando/educando, educando/educador, educando/desafio) para que seja criado um ambiente incentivador da transcendência, que deve partir dos conhecimentos prévios em busca da alfabetização científica.

1.3.4 Colaboração e socialização

O jogo de RPG é construído a partir da interação entre um grupo de personagens com a narrativa em busca de um objetivo comum. Para que este objetivo seja alcançado, eventualmente os jogadores percebem que trabalhar em equipe torna o processo menos árduo. Portanto, é com este preceito que esta sequência é lançada aos educandos como um jogo colaborativo, em que a socialização de ideias e informações será fundamental para que toda equipe possa avançar pelos enfrentamentos que deverão surgir.

O educador também deve assumir o papel de facilitador deste diálogo e contribuir para que todos os educandos percebam que há espaços para interagir dentro da narrativa. O diário de bordo, as conversas entre a equipe e com o

educador, as manifestações nas plataformas digitais, a interação com os materiais e os desafios, são exemplos de elementos que devem contribuir para o processo de socialização, elemento fundamental tanto para os jogos, como para a aprendizagem.

1.4 As plataformas digitais

Esta sequência apropria-se das ferramentas digitais como aliadas dos processos de ensino-aprendizagem. Deste modo, ao longo das atividades propostas, presencialmente ou remotamente, algumas plataformas digitais são utilizadas. Pensando nisso, os parágrafos a seguir trazem uma breve contextualização destas ferramentas e sugerem alguns *links* de vídeos tutoriais de autoria própria e de autoria de terceiros que visam familiarizar os educadores que não conhecem ou não estão habituados com elas.

Mentimeter

Plataforma interativa que permite criar apresentações com possibilidade de inserção de diferentes estilos de questionamentos (chuva de palavras, jogos, múltipla escolha, etc.) e de *feedbacks* instantâneos. Basta projetar a apresentação criada e solicitar que os educandos se conectem através de dispositivos móveis utilizando o código gerado pela própria plataforma. O Quadro 1.2 apresenta os *links* da plataforma e do vídeo tutorial para o *Mentimeter*.

Quadro 1.2 – Links da plataforma e tutoriais para o *Mentimeter*.

Link da plataforma	https://www.mentimeter.com/
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/ZrqWxMZRN8g

Fonte: Autoria própria.

Kahoot

Ambiente voltado para a criação de jogos educativos no formato de *quizzes* e questões de múltipla escolha de feedback instantâneo. A plataforma

utiliza elementos da *gamificação* que permitem a interação e a competição saudável entre educandos ou entre equipes, potencializando e estimulando o aprendizado. O Quadro 1.3 apresenta os *links* da plataforma e do vídeo tutorial para o *Kahoot*.

Quadro 1.3 – Links da plataforma e tutoriais para o *Kahoot*.

Link da plataforma	https://kahoot.com/
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/JNchq4-qbpk

Fonte: Autoria própria.

Phet Simulações: Simulador de Efeito Fotoelétrico

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel *Carl Wieman*, o projeto *PhET* Simulações Interativas da *Universidade de Colorado Boulder* cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As simulações do *PhET* baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os educandos através de um ambiente intuitivo, no estilo dos jogos, onde os alunos aprendem através da investigação e da descoberta. O Quadro 1.4 apresenta os *links* da plataforma, do simulador e do vídeo tutorial para o *PhET*.

Quadro 1.4 – Links da plataforma e tutoriais para o simulador *Phet*.

Link da plataforma	https://phet.colorado.edu/pt_BR/
Link do simulador	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/UulsPV0O_50

Fonte: Autoria própria.

Jamboard

O *Jamboard* é um quadro interativo desenvolvido pelo *Google*, como parte da família *G Suite*. Foi anunciado em outubro de 2016 e permite a criação colaborativa de quadros e mapas a partir do livre manuseio entre os usuários. O Quadro 1.5 apresenta *links* da plataforma e de vídeos tutoriais sobre o *Jamboard*.

Quadro 1.5 – Links da plataforma e tutoriais para o Jamboard.

Link da plataforma	https://jamboard.google.com/
Links para vídeos tutoriais	https://www.youtube.com/watch?v=Az3Cf9bQEjU
	https://www.youtube.com/watch?v=_mxJDV-p7e4
	https://www.youtube.com/watch?v=QTTb6kweUYs

Fonte: Autoria própria.

Discord

Discord é uma plataforma de texto, voz e vídeo projetado para comunidades que desejam uma comunicação fluída e prática. Ele permite a criação de servidores particulares em que apenas os usuários que forem convidados têm acesso. Dentro destes servidores é possível gerenciar salas de texto e voz, distribuir cargos com diferentes permissões controladas pelo administrador, bem como o compartilhamento de tela e arquivos com os usuários conectados. A plataforma conta com uma infinidade de serviços criados por outros usuários que podem ser adicionados ao servidor, os *bots*, possibilitando controlar o chat, criar rankings de participação, reproduzir *playlists* do *Youtube* e *Spotify*, criar personagens, dentre outros.

Para utilizar o *discord* é necessário fazer o *download* do programa e instalar no dispositivo eletrônico (computador, *tablet*, celular, etc.) ou utilizar a versão de navegador disponível. O Quadro 1.6 apresenta os *links* da plataforma e de vídeos tutoriais para o *Discord*.

1.6 – Links da plataforma e tutoriais para o *Discord*.

Link para download e acesso à plataforma	https://discord.com/
Links para vídeos tutoriais	https://www.youtube.com/watch?v=UGJ_ybjPuyA
	https://www.youtube.com/watch?v=2CWIkxJWfs0
	https://www.youtube.com/watch?v=2Wtf0TkG4Icet=424s

Fonte: Autoria própria.

2. Orientações e planejamentos para a sequência didática

A seguir serão detalhados os planos referente a cada aula desta sequência, conforme foi estruturado no Quadro 1.1. Cada aula prevê um período de 60 minutos e a sequência sugere a aplicação deste produto educacional ao longo de cinco aulas.

Os planos foram estruturados de modo ilustrativo e dinâmico, a fim de facilitar a leitura e compreensão da proposta aos educadores interessados. Todavia, pode-se encontrar maior detalhamento de cada atividade acessando a íntegra desta dissertação, onde é possível encontrar a fundamentação teórica que sustenta esta proposta, bem como a descrição cuidadosa de cada passo que foi tomado na aplicação deste produto e os resultados alcançados com ele.

2.1 AULA 1 – Apresentando o RPG e Prólogo: A seleção de candidatos

Nesta aula você introduzirá a sistemática do RPG e apresentará a proposta desta sequência aos educandos. Eles formarão as equipes e deverão escolher os personagens a representar. Além disso, você conduzirá o prólogo da narrativa, abrindo espaço a um desafio que investigará os conhecimentos prévios dos educandos acerca da quantização da energia e do efeito fotoelétrico.

Roteiro

- 1 Apresentação da sistemática do RPG;
- 2 Introduzindo conceitos no *Mentimeter*;
- 3 Construção das equipes;
- 4 Prólogo: A seleção de candidatos;
- 5 Avaliação da aula.

Recursos

- 1 Dispositivos eletrônicos e acesso à internet;
- 2 Plataformas digitais (discord, mentimeter e kahoot);
- 3 Apresentação de slides com a narrativa;
- 4 Diário de bordo.

Descrição das aulas

2.1.1 Apresentação da sistemática do RPG (8 minutos)

Inicie a aula com todos os educandos em sala e utilize os 10 primeiros minutos para apresentar a proposta da sequência e o que é um RPG.

Explique aos educandos que eles trabalharão em equipes de 3 a 4 integrantes e aproveite este momento para formá-las. Você pode utilizar o

primeiro slide da apresentação (Apêndice B) como apoio para esta introdução, nele você encontrará um resumo do que é um RPG e quais são suas principais características.

Remoto

Você pode utilizar a plataforma Discord como sua sala de aula virtual. Nela é possível criar e direcionar os educandos para diversas subsalas, além de organizar cargos e permissões que podem facilitar o gerenciamento da turma e das equipes. A plataforma conta com diversas outras ferramentas que auxiliam no engajamento dos educandos.

Saiba mais:
<https://www.youtube.com/watch?v=2Wtf0TkG4lc>
<https://www.youtube.com/watch?v=q8rm5vOUgdI>

2.1.2 Levantando ideias no *Mentimeter* (10 minutos)

Após a introdução da aula, lance a seguinte questão disparadora:

Onde encontramos circuitos elétricos no nosso dia-a-dia?

etapa (Figura 2.3). O educador precisa estar atento e transitar pelas equipes para orientar os educandos.

Figura 2.2 – Cabeçalho do diário de bordo do educando.

DIÁRIO DE BORDO		
Nome:	Turma:	Data de início:
Personagem:		
FORMAÇÃO DA EQUIPE		
NOMES	PERSONAGENS	CARACTERÍSTICAS

Fonte: Autoria própria.

Figura 2.3 – Relação de personagens disponíveis.

 <p>ANA Repórter que entrou no projeto com o intuito de documentar o que ocorria no laboratório.</p>	 <p>VICTOR Engenheiro, trabalhou em diversos projetos relacionados a avanços tecnológicos e entrou no projeto com a ambição de conseguir um novo emprego.</p>
 <p>NATAN Analista e desenvolvedor de sistemas, é conhecido como um gênio da informática. Foi pago para participar do projeto.</p>	 <p>ANDRÉ Ex-militar do exército, entrou para o projeto, pois buscava um novo sentido para sua vida.</p>
 <p>LORENA Doutora em Ciências da Natureza, buscou o projeto para ampliar seu conhecimento na área para a pesquisa de sua tese.</p>	 <p>DIANA Ativista política. Contra os métodos do laboratório, candidatou-se para mostrar à população o que realmente é feito ali.</p>

Fonte: Autoria própria.

2.1.4 Prólogo: A seleção de candidatos (25 minutos)

Com as equipes formadas e os personagens escolhidos, inicie a narração da estória do RPG. Utilize os slides referentes ao capítulo *Prólogo: A seleção dos candidatos* para orientar e ilustrar esta etapa (Apêndice B).

A narrativa inicia com um homem bem vestido adentrando uma grande sala, predominantemente branca e cinza, equipada com a mais moderna tecnologia disponível. Com

algumas folhas e algo semelhante a um *tablet*, ele se dirige aos candidatos e diz que serão submetidos a algumas questões de conhecimentos específicos. Entre os personagens escolhidos pelos educandos, há outras dezenas de candidatos, eles sabem que poucos serão selecionados para participar do projeto *Future* e que esta etapa definirá quem serão eles.

Os educandos responderão individualmente a dois questionários que tem por objetivo dar sequência a investigação dos conhecimentos prévios. O primeiro será de múltipla escolha e está ancorado na plataforma digital *Kahoot* (Quadro 2.1).



Quadro 2.1 – Questionário investigativo na plataforma *Kahoot*.

Questão 1	Como podemos definir uma ONDA?	
Alternativas	Perturbações no espaço sem transporte de matéria e energia.	Perturbações no espaço com transporte de matéria e energia.
	Perturbações no espaço com transporte de energia e não de matéria.	Perturbações no espaço com transporte de matéria e não de energia.
Questão 2	São variáveis relacionadas aos conceitos já discutidos sobre ondas...	
Alternativas	Frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação.	Energia, massa e velocidade.
	Tempo, distância e comprimento.	Intensidade, volume e frequência.
Questão 3	Complete: "A luz é..."	
Alternativas	uma onda eletromagnética.	um conjunto de partículas.
	uma onda e um conjunto de partículas.	um trecho do espectro eletromagnético.
Questão 4	O que são fótons?	

Alternativas	Unidade que mede a energia de uma onda.	Partícula elementar quantizada que compõe a luz.
	Nome dado aos elétrons da camada de valência.	Pacote que pode assumir qualquer valor de energia.
Questão 5	Por que existem diferentes cores?	
Alternativas	Por que nosso olho define e interpreta elas.	Por que a luz pode ser emitida em diversas frequências.
	Por causa do fenômeno da difração.	Devido a reflexão em diferentes materiais.
Questão 6	A luz visível corresponde a uma faixa de frequências do espectro eletromagnético, junto com os raios UV, Gama, IF...	
	Verdadeiro	Falso

Fonte: Autoria Própria.

Após atividade no *Kahoot*, oriente os educandos a abrirem seus diários de bordo e responderem ao segundo questionário (Quadro 2.2). Este, por sua vez, será descritivo e busca relacionar as diversas aplicações do efeito fotoelétrico a situações do dia-a-dia.

Quadro 2.2 – Questões descritivas no diário de bordo.

Questão 1	O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?
Questão 2	As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?
Questão 3	Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?

Fonte: Autoria Própria.

Para esta etapa reserve 25 minutos. As respostas fornecidas pelos educandos aqui não serão discutidas neste momento, elas deverão servir como parâmetros de verificação dos conhecimentos prévios dos educandos. Solicite que os educandos enviem os registros feitos nos diários de bordo a você, caso esteja em ensino remoto ou recolha os diários no final da aula, caso esteja em ensino presencial.

Faça o fechamento da narrativa relatando que o homem recolhe todos os dados e se retira dizendo que os aprovados para o projeto serão contatados através de seus e-mails.

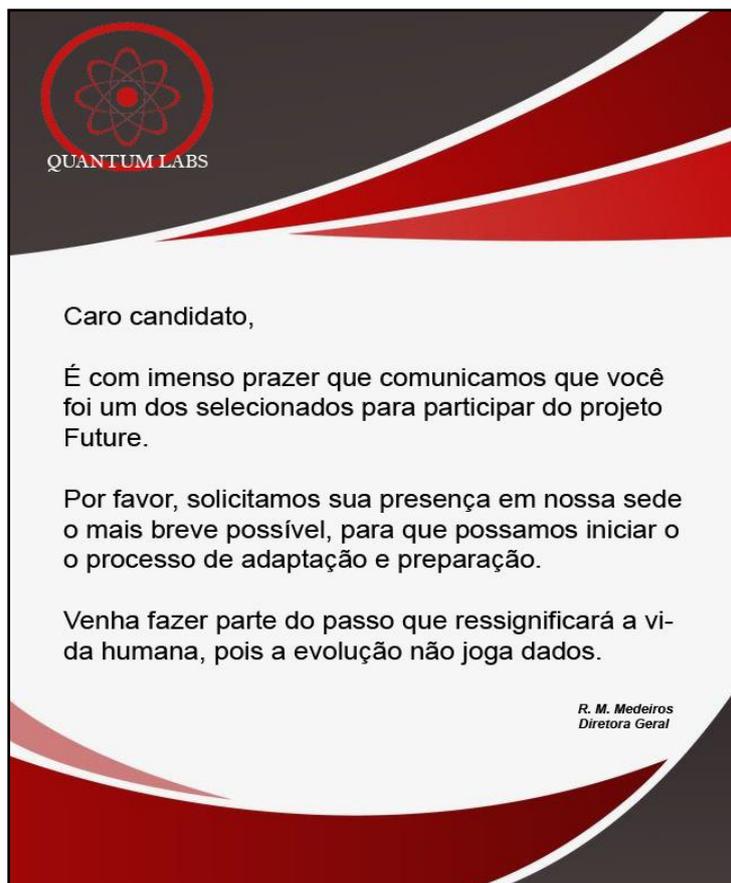
2.1.5 Avaliação da aula (5 minutos)

Questione os educandos quanto a relação deles com a temática dos jogos e do RPG, busque saber se eles estão confortáveis com a metodologia. Aproveite este momento para verificar se houve envolvimento de todos e se há educandos já familiarizados com o gênero de jogo RPG, seja em sua versão digital ou de mesa.

Remoto ou
Presencial

Você pode enviar para os e-mails dos educandos a carta de aceite (Figura 2.4) antes da próxima aula. Isso despertará a curiosidade e o interesse deles.

Figura 2.4 – Carta de aceite dos candidatos.



Fonte: Autoria própria.

2.2 AULA 2 – Capítulo I: O despertar para o futuro

Nesta aula as equipes tomarão conhecimento do cenário ao qual a narrativa se desenrolará e enfrentarão os problemas trazidos pelo primeiro desafio do RPG. Aqui, pretende-se fornecer através de pesquisas e da construção de mapas conceituais, o acesso aos objetos do conhecimento centrais desta sequência – a quantização da energia e o efeito fotoelétrico – além de possibilitar o aumento do repertório cultural e científico dos educandos, relacionando estes fenômenos com situações práticas presentes em seus cotidianos.

Roteiro

- 1 Narração do Capítulo I: O despertar para o futuro;
- 2 Atividade 1: Coleta e pesquisa de informações;
- 3 Atividade 2: Construção dos painéis investigativos;
- 4 Apresentações e avaliação da aula.

Recursos

- 1 Dispositivos eletrônicos e acesso à internet (ensino remoto);
- 2 Plataforma de sala de aula virtual (ensino remoto);
- 3 Apresentação de slides com a narrativa;
- 4 Diário de bordo;
- 5 Folhas de isopor, fios de lã e alfinetes coloridos (ensino presencial).

Descrição das aulas

2.2.1 Narrativa do Capítulo I – O despertar para o futuro (15 minutos)

Inicie a aula através de uma retrospectiva das sessões anteriores e questionando se os educandos receberam as cartas de aceite em seus e-mails. Caso esteja aplicando esta sequência remotamente, neste momento, todos os educandos deverão estar juntos em uma sala comum. Utilize a apresentação de slides de apoio (Apêndice B) para contar os eventos referentes ao capítulo I e introduza o desafio.

O desenrolar da narrativa levará ao momento em que o sistema de energia do laboratório começa a apresentar defeitos. Os educandos deverão encontrar um meio de repará-lo para que os ventiladores, responsáveis por filtrar o ar, continuem funcionando. Eles deverão buscar a sala de energia do prédio e estudar a respeito do funcionamento de módulos fotovoltaicos, visto que o laboratório é mantido por energia solar, para que sejam capazes de reestabelecer o sistema elétrico.



Remoto ou Presencial

Coloque uma música temática tensa ou futurista ao fundo de sua narração para aumentar a imersão.

Sugestões:
<https://www.youtube.com/watch?v=A8qMyBWZNw0>
https://www.youtube.com/watch?v=z1pXoohOg44&list=RDz1pXoohOg44&start_radio=1
<https://www.youtube.com/watch?v=dgCnYsDTiXU>

2.2.2 Atividade 1: Coleta e pesquisa de informações (15 minutos)

Explique aos educandos que eles realizarão uma pesquisa nos materiais de apoio que serão disponibilizados pelo educador. O apêndice E deste documento sugere alguns textos, exercícios, links de vídeos e outras fontes confiáveis de informações a respeito da quantização de cargas, do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico que você poderá utilizar com sua turma. Caso julgue necessário, é possível alterar estes materiais, acrescentando outras fontes conforme sua preferência, o livro didático, por



Remoto

No Discord é possível criar diversas salas de voz. Crie uma para cada equipe e peça que os educandos se dirijam a elas. Isso facilitará o diálogo entre as equipes.

exemplo. Uma maneira de interpretar se esta mudança nas fontes se faz necessária é analisar os resultados dos pré-testes realizados na aula passada, garantindo aos educandos materiais que partam de seus conhecimentos prévios e os auxiliem no processo de transposição didática do conhecimento científico.

Presencial

Organize todos os materiais em uma mesa. Diga que apenas um educando por equipe poderá se dirigir ao coquetel de informações por vez. Assim a aula ficará mais dinâmica.

os materiais de pesquisa mais cedo, garantindo um tempo extra para realização desta atividade.

A equipe que contar com Diana em sua formação terá uma carta de vantagem ativada neste momento. As características da personagem a possibilitam lembrar o caminho até a casa de força do prédio. Tomando à frente e com uma postura segura, ela guia o grupo até a sala de controle. A

equipe receberá



Remoto ou Presencial

Ative um cronômetro na lousa ou no celular com o tempo desta atividade. Avise as equipes que eles precisam concluir o desafio antes do relógio despertar, caso contrário a energia do laboratório se desligará por completo.

2.2.3 Atividade 2: Construção dos painéis investigativos (20 minutos)

Para a construção dos painéis investigativos, entregue aos educandos os 12 conceitos centrais da Figura 2.5. O objetivo será relacioná-los de forma coerente conforme as pesquisas que realizaram. Para isso eles poderão acrescentar outros termos, desenhos, gráficos ou imagens em seus painéis, porém não podem deixar nenhum dos conceitos listados de fora. Ao final, as equipes deverão ter construído mapas conceituais capazes de ilustrar cientificamente os conceitos acerca do efeito fotoelétrico e do efeito fotovoltaico.

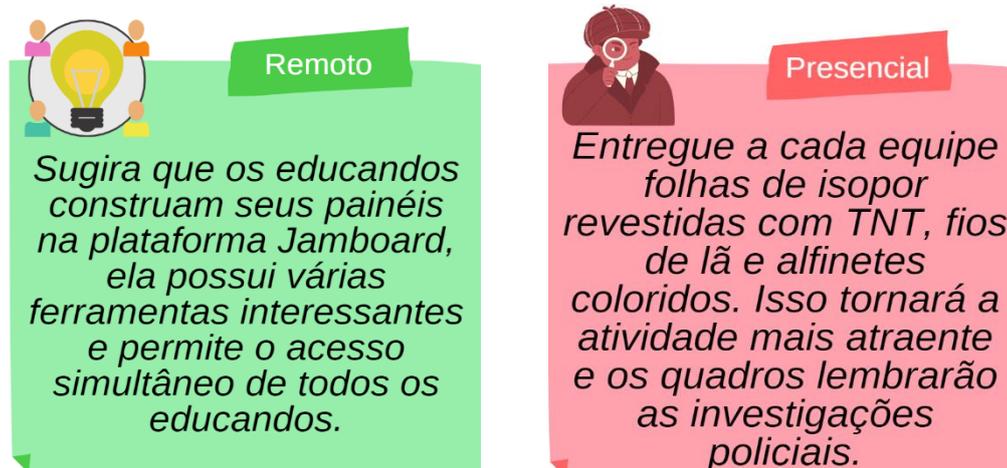
Neste momento, outra carta de vantagem será ativada e está relacionada a personagem de Ana. Observadora e sempre atenta aos fatos, a personagem percebe um problema nos módulos fotovoltaicos que havia passado despercebido. Assim, o grupo amplia a sua visão do problema e acelera o

conserto dos equipamentos. A equipe tem direito de tirar uma dúvida com o educador na construção de seus mapas.

Figura 2.5 – Conceitos centrais para construção dos painéis investigativos.

<i>Fotoelétrico</i>	<i>Energia Solar</i>	<i>Fotovoltaico</i>
<i>Planck</i>	<i>Exemplos</i>	<i>Einstein</i>
<i>Quantização</i>	<i>Elétrons</i>	<i>Fótons</i>
<i>Radiação eletromagnética</i>	<i>Energia</i>	<i>Frequência</i>

Fonte: Autoria própria.



Oriente as equipes durante as construções e os questione sempre que possível, de modo a fazê-los refletir sobre as conexões que estão sendo construídas.

2.2.4 Apresentação e avaliação da aula (10 minutos)

Após decorrido o tempo de construção das atividades, analise os painéis construídos por cada equipe e dê a eles o resultado, se foram ou não capazes de reestabelecer o sistema elétrico do laboratório. Reserve este momento para que cada equipe apresente os seus resultados, pois somente assim será possível dar significado ao mapa conceitual, visto que ele não é autoexplicativo.



2.3 AULA 3 – Capítulo II: O código

A terceira aula desta sequência pretende levar as equipes a investigar o efeito fotoelétrico e a quantização de cargas a partir de duas situações disparadoras. A primeira será uma demonstração utilizando LED's com diferentes frequências de emissão de radiação eletromagnética e uma fonte de tensão variável. A segunda será construída por meio do simulador virtual de efeito fotoelétrico, disponibilizado pela plataforma *PhET*. Estas duas propostas investigativas estarão entrelaçadas com narrativa do RPG e desafiará os educandos a desvendar o código de acesso de um misterioso computador encontrado no laboratório.

Roteiro

- 1 Narração do Capítulo II: O código;
- 2 Atividade 1: Organizando LED's coloridos;
- 3 Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico;
- 4 Avaliação da aula.

Recursos

- 1 Dispositivos eletrônicos e acesso à internet;
- 2 Plataforma de sala de aula virtual (ensino remoto);
- 3 Apresentação de slides com a narrativa e diário de bordo;
- 4 LED's coloridos (azul, verde, amarelo, vermelho e infravermelho) e fonte de tensão variável;
- 5 Simulador digital do efeito fotoelétrico.

Descrição das aulas

2.3.1 Introduzindo a narrativa do Capítulo II – O Código (10 minutos)

Com os educandos nas equipes ou, em caso de ensino remoto, juntos no mesmo canal de voz, retome rapidamente os eventos da última sessão. Conte que eles foram capazes de reestabelecer a energia do prédio, mas que precisam buscar por informações e entender o que realmente está ocorrendo no mundo.

Utilize a apresentação de slides de apoio e narre a estória correspondente ao capítulo II. Ela levará as equipes ao encontro de um computador. Ao abri-lo, um holograma será iniciado e contextualizará os desafios desta aula. Estes desafios deverão ser resolvidos para que o computador seja desbloqueado e as equipes desvendem os mistérios que os cercam.

2.3.2 Atividade 1: Organizando LED's coloridos (15 minutos)

Nesta atividade você fará uma demonstração em que se pretende mostrar aos educandos a relação das cores emitidas pela luz dos LED's com a tensão mínima necessária para ligá-los. Relacionando este componente elétrico com as tensões de corte que precisam ser aplicadas para que o diodo que compõe o LED emita fótons e o efeito fotoelétrico.

Apresente o aparato experimental – fonte de tensão variável e os LED's coloridos. Explique aos educandos que cada LED será conectado individualmente a fonte de tensão. Caso os educandos nunca tenham trabalhado com LED's, é conveniente que você inicie esta atividade explicando que se trata de um diodo semicondutor que quando é submetido a uma diferença de potencial em seus polos pode vir a emitir fótons no formato de luz visível. Apresente exemplos de onde os LED's podem ser encontrados como os computadores, controle remotos, televisores, fitas luminosas, lâmpadas, entre outros.

Ajuste a fonte de tensão e conecte o LED amarelo. Peça para os educandos relatarem o que enxergam e como poderiam desenhar este circuito elétrico – *Quem é a fonte? Onde está a corrente? Há algum resistor atuando neste circuito?* Mostre aos educandos o valor da tensão elétrica aplicada sobre o LED amarelo. Questione – *Para ligar os LED's de outras cores, será necessário alterar a tensão elétrica ou basta aplicar a mesma que para o LED verde?* – Questione os educandos, ouça o que eles têm a dizer, mas não responda à questão ainda, espera-se que eles digam que para ligar LED's semelhantes, a cor não deve influenciar no valor da tensão aplicada. Conecte o LED azul com a mesma tensão utilizada para o amarelo. Mostre que ele não acende. Aumente a tensão na fonte vagarosamente até que o LED comece a emitir luz.

Quadro 2.3 – Tensão média de corte para o funcionamento de LED's coloridos.

Cor do LED	Tensão (V)
Infravermelho	1,4 a 1,6
Vermelho	1,8 a 2,0
Amarelo	1,8 a 2,0
Verde	2,0 a 2,5
Azul	2,5 a 3,0

Fonte: *Como calcular o resistor adequado para um LED em Como fazer as coisas*¹⁵.

¹⁵ Disponível em: <<http://www.comofazerascosas.com.br/como-calculer-o-resistor-adequado-para-um-led.html>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

Discuta as possibilidades e ajude os educandos a levantar hipóteses, enquanto isso conecte as outras cores e varie as tensões, mostre que para as cores mais próximas do vermelho, as tensões poderão ser mais baixas, enquanto para as cores próximas do azul, as tensões deverão ser mais altas (ver Quadro 2.3). Espera-se que os educandos sejam capazes de relacionar o fenômeno observado com o efeito fotoelétrico estudado na aula anterior, caso isso não ocorra, faça memória e os lembre desta relação.

Por fim, conecte o LED de emissão infravermelho. Mostre que mesmo variando a tensão, ele parece não ligar. Lance o problema aos educandos – *Por que este LED não está ligando?* – Espera-se que os educandos levantem algumas hipóteses, o LED pode estar estragado, é necessária uma tensão mais alta para ligá-lo, etc. Reserve alguns minutos para esta discussão e então proponha uma atividade investigativa rápida, como sugerem os *post-its* a seguir.



Presencial

Peça que os educandos mirem as câmeras de seus celulares para o LED que parece não ligar. A maioria das câmeras são programadas para captar esta frequência de radiação e converter para luz visível, normalmente na faixa do vermelho.



Remoto

Se os educandos estiverem em casa, peça que mirem a câmera de seus celulares para algum controle remoto, pode ser o da televisão, enquanto apertam os botões. Normalmente os controles remotos possuem um LED infravermelho na sua extremidade para emitir os comandos aos aparelhos eletrônicos.

Em ambas atividades, os educandos serão capazes de visualizar um LED infravermelho emitindo radiação. Os controles remotos funcionam a partir da emissão de radiação infravermelha a fim de enviar comandos aos aparelhos eletrônicos, porém esta radiação não sensibiliza o olho humano, por isso nos parece invisível. As câmeras de celular, em geral, são capazes de captar estas faixas de comprimento de onda do espectro eletromagnético e convertê-las para faixas de luz visível, como o vermelho. Portanto o LED conectado à fonte de tensão está



Remoto ou Presencial

A primeira parte do código de desbloqueio do computador é, justamente, a sequência crescente das cores dos LED's em relação a suas tensões de corte.

funcionando, apesar de não sermos capazes de enxergar a olho nu. Além disso, ressalte aos educandos que o infravermelho, como o nome sugere, possui uma frequência de onda inferior a emitida pelo vermelho e pelas outras cores. Questione – *Sabendo disso, a tensão que deve ser aplicada para este LED funcionar deve ser maior ou menor que a necessária para ligar as outras cores?*

Peça que completem o quadro no diário de bordo organizando em ordem crescente e anotando as tensões utilizadas para ligar cada cor de LED. Além disso, há uma questão que pode ser respondida no final da atividade, em equipe.

2.3.3 Atividade 2: Investigando o efeito fotoelétrico (30 minutos)

Nesta atividade se pretende ilustrar o efeito fotoelétrico, permitindo que os educandos visualizem e explorem o fenômeno através de um simulador



Presencial

Utilize o laboratório de informática de sua escola, ou peça que um educando por equipe traga algum portátil para utilizar o simulador. É possível descarregá-lo previamente em pen drive, sem necessidade de internet.

virtual, guiados por uma série de questões e motivados a resolvê-las para obter o código de desbloqueio do computador conforme a narrativa do RPG.

Neste momento, as equipes que contam com Lorena em sua formação receberão uma carta de vantagem. Encaminhe o *link*¹⁶ de um

vídeo tutorial que apresenta algumas dicas de como utilizar o simulador virtual.

Quadro 2.4 – Questões norteadoras para a investigação no simulador virtual.

QUESTÕES
Existem dois controladores associados à fonte de radiação no simulador, um refere-se à intensidade e o outro ao comprimento de onda do feixe incidente. De que forma cada uma destas variáveis impactam o fenômeno simulado?
É possível relacionar comprimento de onda e frequência da radiação incidente? De que forma isso pode ser feito?

¹⁶ Link do vídeo tutorial no YouTube – <https://www.youtube.com/watch?v=D--TTdUMmJgefeature=youtu.be>.

O que se espera que ocorra ao deixar um material exposto por um longo período de tempo a um feixe de radiação de baixa frequência que, de imediato, não provoca ejeção de elétrons? É possível que, com o passar do tempo, o material absorva a energia necessária para ejetar elétrons?

Para determinadas frequências o efeito fotoelétrico é visualizado, enquanto em outros materiais expostos a esta mesma frequência o efeito não ocorre. Como isso é possível, visto que a energia dos fótons incidentes será a mesma nos dois casos?

Por que o Amperímetro do circuito elétrico apenas passa a registrar valores de corrente elétrica quando há ocorrência do efeito fotoelétrico, independente da tensão que seja aplicada na fonte?

Fonte: Autoria Própria.



Remoto ou
Presencial

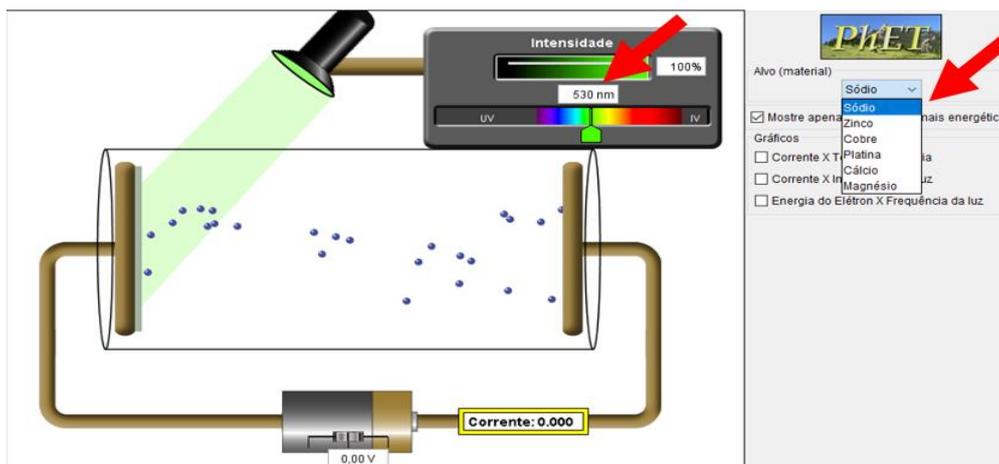
Crie um formulário utilizando a plataforma Google Forms com as questões desta atividade. Ela ficará mais envolvente e dinâmica.

O Quadro 2.4 traz as questões norteadoras dos trabalhos no simulador virtual da plataforma *Phet*. Elas devem ser respondidas para que a última etapa seja desbloqueada trazendo o enigma que desvenda o código.

"Se frequências diferentes você deve aplicar. Em ordem crescente elas precisam estar. Apenas o primeiro algarismo utilizar. Para, então, o código desvendar."

Para solucionar este enigma as equipes precisarão reconhecer que o poema se refere às frequências de corte necessárias para a ocorrência do efeito fotoelétrico em diferentes materiais. Conforme eles já terão manuseado anteriormente no simulador, é possível alterar o material de que a placa coletora é feita, bem como o comprimento de onda da radiação incidente (Figura 2.6).

Figura 2.6 – Simulador virtual de efeito fotoelétrico da plataforma *PhET*.



Fonte: PhET – Interactive Simulations, Universidade do Colorado, 2020¹⁷.

Assim como questionado na atividade anterior, nesta etapa será necessário partir do comprimento de onda fornecido pelo simulador e calcular a frequência correspondente. Para isso, podemos utilizar a equação que relaciona velocidade de propagação da radiação eletromagnética (c) com a frequência (f) e comprimento de onda (λ) correspondentes, tal como demonstra a equação 2.1.

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

Ressalta-se que os educandos já estudaram os conceitos de ondulatória e já trabalharam com a respectiva equação, bem como com suas aplicações. Porém, pensando em possíveis dificuldades, um dos materiais disponibilizados na aula anterior traz uma revisão destes conceitos.

Diante disso, com o valor da frequência de corte para cada material calculado, eles deverão organizar uma sequência crescente utilizando apenas o primeiro algarismo de cada valor registrado, obtendo assim o código de desbloqueio. Há um espaço no diário de bordo onde as equipes deverão informar qual a solução encontrada para o enigma, além de utilizá-lo para resolver os cálculos e informar o código (Figura 2.7).

¹⁷ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

2.4 AULA 4 – Capítulo III: O resgate

Nesta aula os educandos vivenciarão o desfecho da história. Eles conhecerão as razões que transformaram o mundo em que vivem e tentarão contato com um abrigo de sobreviventes em busca de resgate. Eles serão desafiados a construir um circuito elétrico utilizando um *Light Dependent Resistor* (LDR) e outros componentes elétricos, a fim de enviar um sinal de socorro (SOS) às equipes de busca por sobreviventes.

Roteiro

- 1 Narração do Capítulo III: O resgate;
- 2 Atividade 1: Construindo circuitos com LDR;
- 3 Avaliação da aula.

Recursos

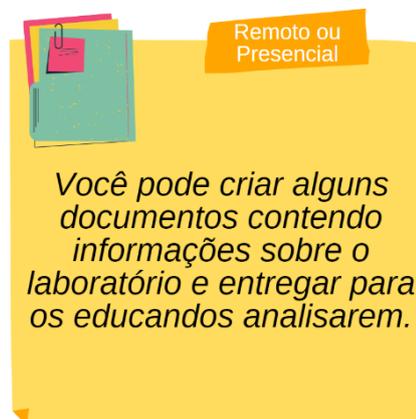
- 1 Plataforma de sala de aula virtual (ensino remoto);
- 2 Apresentação de slides com a narrativa e diário de bordo;
- 3 1 Placa protoboard;
- 4 2 LED's coloridos;
- 5 1 Bateria (9V) ou fonte de tensão;
- 6 1 Transistor NPN e 1 LDR (10 mm ou 12 mm);
- 7 3 Resistores (470 Ω , 1 k Ω e 220 k Ω).

Descrição das aulas

2.4.1 Narração do Capítulo III: O resgate (5 minutos)

Os primeiros 10 minutos de aula serão estabelecidos pela retomada do capítulo anterior e pela narrativa do capítulo atual. Retome com as equipes que na última aula eles desbloquearam o computador, acessando arquivos secretos referente ao projeto que participaram. Assim, foram capazes de descobrir que o soro em teste apresentava potencial risco à vida humana caso algo saísse do controle. Os personagens deverão perceber a esta altura que a toxina responsável pelo colapso da humanidade veio de uma falha de contenção do laboratório ao qual eles foram colaboradores.

Nestes arquivos também havia uma pasta com uma série de protocolos de emergência em caso de vazamento da toxina e mencionava a construção de um abrigo nas montanhas. Ao vasculhar estes documentos, os personagens descobrem que um sinal de SOS pode ser enviado do laboratório a fim de solicitar resgate, porém o dispositivo de comunicação está avariado. O que as equipes sabem é que este dispositivo é capaz de enviar sinais em código binário, em que 1 corresponde a um LED ligado e 0 a este LED desligado. O controle do estado ligado ou desligado do sistema é baseado na exposição de um LDR à luz.



2.4.2 Atividade 1: Construindo um circuito LDR (40 minutos)

Para solicitar o resgate os educandos deverão construir um protótipo utilizando componentes eletrônicos e uma placa *protoboard*. Este circuito deverá ser capaz de ligar e desligar um LED conforme o LDR for exposto ou não à luz.

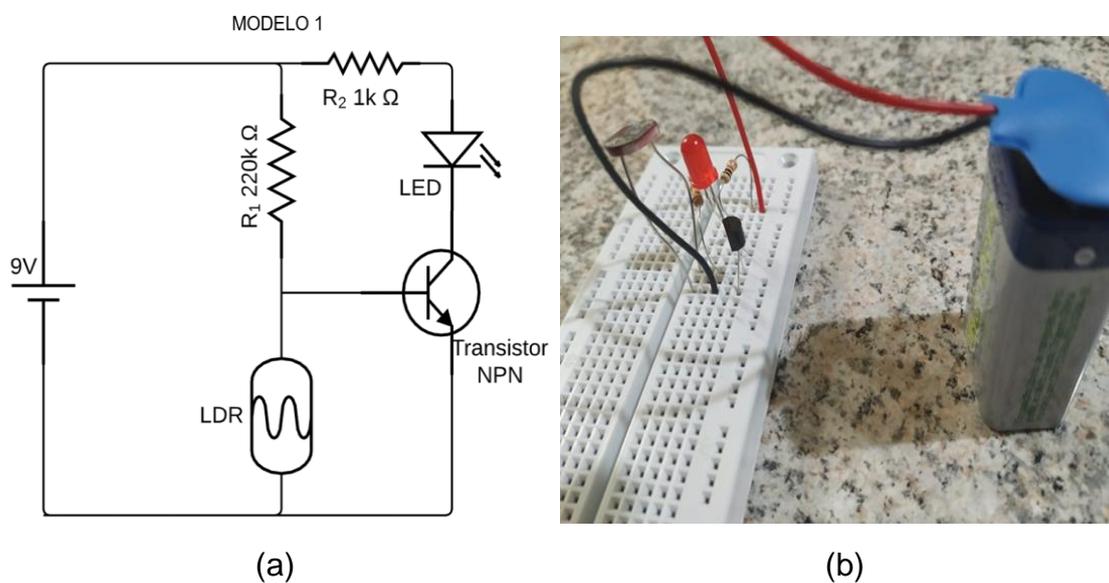
Para esta atividade há dois modelos de circuitos que podem ser construídos pelas equipes. Ressalte que eles podem criar seus próprios modelos caso a turma já seja familiarizada com montagens experimentais de circuitos

elétricos. Disponibilize os dois modelos para os educandos e sugira que os analisem com calma antes de iniciar as montagens e conectar a fonte de tensão.

Conforme a familiarização da turma com as montagens experimentais de circuitos elétricos é conveniente você buscar outros modelos para serem construídos ou utilizar apenas um dos propostos neste documento. O modelo 1 (Figuras 2.9) utiliza um transistor NPN, o que aumenta a dificuldade dele em relação ao modelo 2 (Figuras 2.10).

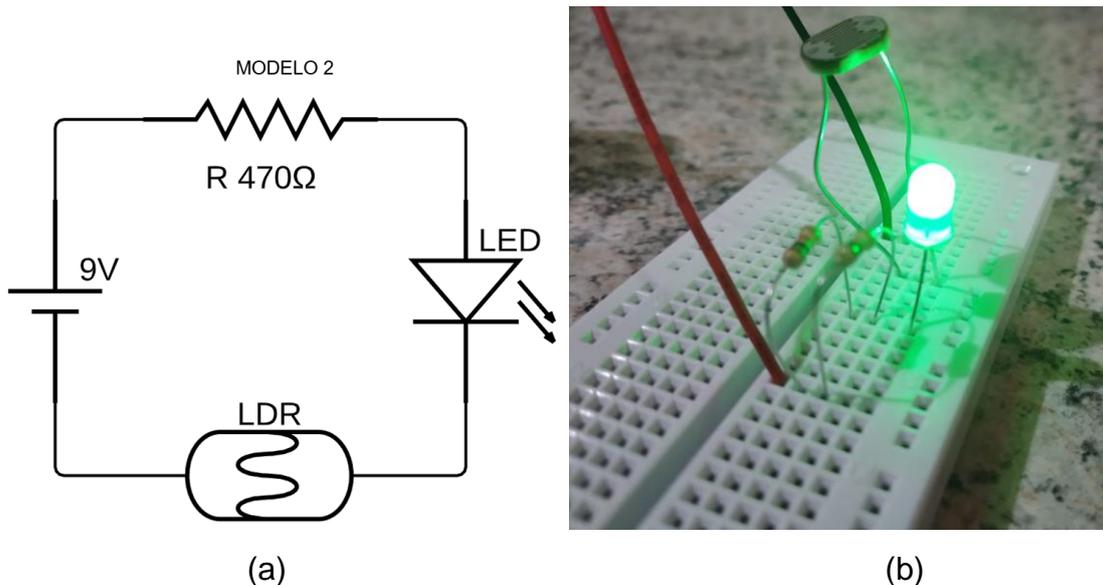
Enquanto as equipes constroem os circuitos, circule pelo laboratório e os questione quanto ao funcionamento do LDR e sua relação com o efeito fotoelétrico. Indague os educandos quanto a montagem experimental dos circuitos, a relação série/paralelo e auxilie quanto ao funcionamento da placa protoboard, caso eles não estejam familiarizados com esta parte prática.

Figura 2.9 – Primeiro modelo de circuito para construção experimental (a) e em placa protoboard (b).



Fonte: Autoria própria.

Figura 2.10 – Segundo modelo de circuito para construção experimental (a) e em placa protoboard (b).



Fonte: Autoria própria.

Após a construção dos protótipos, lembre as equipes que elas deverão utilizá-lo para enviar um sinal de SOS. Incentive-os a buscar por padrões conhecidos, código *Morse* é um exemplo que pode ser utilizado.

Nesta atividade, como você poderá ver na apresentação de slides da narrativa, duas cartas de vantagem serão ativadas, André e Victor. A equipe que contar com André em sua formação, poderá se beneficiar de seu conhecimento militar e receberá do educador um cartão com o padrão *Morse* (Figura 2.11). A vantagem garantida pelo personagem Victor está relacionada a seu conhecimento como engenheiro, garantindo a equipe um auxílio detalhado do educador durante a construção dos circuitos.

Remoto

Para a construção experimental destes circuitos utilize a plataforma Jamboard e disponibilize imagens no formato .png dos componentes elétricos. Assim, os educandos poderão construir os circuitos conectando as imagens de modo coerente.

Figura 2.11 – Padrões do código Morse.

A	· -	J	· - - - -	S	· · ·	2	· · - - - -
B	- · · ·	K	- · -	T	-	3	· · · - -
C	- · · ·	L	· - · ·	U	· · -	4	· · · · -
D	- · ·	M	- -	V	· · · -	5	· · · · ·
E	·	N	- ·	W	· - -	6	- · · · ·
F	· · · ·	O	- - -	X	- · · ·	7	- · · · ·
G	- · ·	P	· - · ·	Y	- · - -	8	- · · · ·
H	· · · ·	Q	- · - -	Z	- · · ·	9	- · - - ·
I	· ·	R	· · ·	1	· - - - -	0	- - - - -

Fonte: https://www.folha1.com.br/_midias/wp/blogs/nino/files/2016/06/codigo-morse.jpg

2.4.3 Avaliação da aula (15 minutos)

Os últimos 15 minutos da aula deverão ser reservados para discutir e responder aos questionamentos trazidos pela turma e pelo diário de bordo sobre o funcionamento dos dois circuitos construídos, bem como acerca do LDR. Ressalta-se que, caso não haja tempo disponível para realizar esta discussão, ela deverá ser retomada na última aula desta sequência, pois é de fundamental importância proporcionar momentos para trocas e verbalizações, facilitando o processo de alfabetização científica.

Se houver tempo disponível, você poderá narrar o desfecho da narrativa neste momento, como também poderá criar esta expectativa nos educandos e contar o desfecho de seus personagens apenas na próxima aula.

2.5 AULA 5 – Sistematização e avaliação das aprendizagens

A última aula desta sequência prevê um momento de discussão referente a todo caminho percorrido pela turma até aqui. Este momento será de retomada, portanto é importante que os educandos tenham em mãos seus diários de bordo devidamente respondidos e que o educador já tenha analisado os retornos que as equipes foram apresentando ao longo dos registros das atividades.

Roteiro

- 1 Socialização de experiências;
- 2 Atividade sistematizadora no diário de bordo;
- 3 Avaliação das aulas.

Recursos

- 1 Plataforma de sala de aula virtual (ensino remoto);
- 2 Diário de bordo;
- 3 Condecorações para as equipes.

Descrição das aulas

2.5.1 Socialização de experiências (35 minutos)

A proposta para este momento é socializar as ideias e possibilitar trocas entre os pares, educando/educando e educando/educador, viabilizando a alfabetização científica a partir da verbalização dos conhecimentos. Retome as três questões disparadoras propostas na aula inaugural desta sequência (quadro 2.5) que foram utilizadas como verificadores de conhecimentos prévios e estão registradas no diário de bordo.

É importante ressaltar que se deve conduzir os educandos à transposição didática dos conhecimentos, ou seja, conduzi-los a revisar as respostas construídas para estas questões na primeira aula analisando com a visão atual que deve estar alicerçada nos conhecimentos científicos.

Quadro 2.5 – Questões disparadoras para o debate.

O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?
As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?
Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?

Fonte: Autoria Própria

Organize a sala em um semicírculo ou em equipes de modo que todos possam se enxergar. Se estiver em formato remoto, peça que liguem suas câmeras, se possível. Crie um ambiente confortável para que todos possam expor suas opiniões e questione os educandos sempre que possível.

2.5.2 Atividade sistematizadora no diário de bordo (20 minutos)

Para os próximos 20 minutos, os educandos deverão responder, individualmente, à última questão de seus diários de bordo (Figura 2.12).

Figura 2.12 – Atividade sistematizadora no diário de bordo.

<p>AULA 5 – SISTEMATIZANDO AS IDEIAS</p> <p>NAS AULAS ANTERIORES INVESTIGAMOS E DISCUTIMOS CONCEITOS RELACIONADOS À PRÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS E TÓPICOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO A QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA E O EFEITO FOTOELÉTRICO. UTILIZANDO ESTES TEMAS CENTRAIS E O QUE VOCÊ INVESTIGOU, REDIJA UM PARÁGRAFO DESCREVENDO O EFEITO FOTOELÉTRICO E SUAS APLICAÇÕES NO COTIDIANO. (VOCÊ PODE TAMBÉM CONSTRUIR ESQUEMAS E/OU DESENHOS ALIADOS AO TEXTO PARA REPRESENTAR MELHOR SUAS IDEIAS).</p>

Fonte: Autoria própria.

Espera-se que, ao final desta sequência, eles sejam capazes de sintetizar o que é o efeito fotoelétrico e sua relação com a hipótese da quantização da energia, saibam quais são as variáveis físicas que influenciam e não influenciam nestes fenômenos, bem como consigam identificar em seus cotidianos as inúmeras aplicações que estes efeitos possuem e as contribuições deles para o

desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, que tenham abarcado estes conhecimentos em seus repertórios cognitivos de forma significativa e que possam vir a aplicá-los na vida em sociedade de forma crítica e consciente, exercendo integralmente seus papéis como cidadãos.

2.5.3 Avaliação da aula (5 minutos)

Dialogue com os educandos e peça que expressem suas opiniões quanto a metodologia proposta por esta sequência. Busque investigar se ela despertou a curiosidade e o engajamento deles para com os conceitos científicos abordados e se eles compreenderam os assuntos.



Presencial

Entregue aos educandos um bônus com o avatar dos personagens que eles representaram neste RPG como reconhecimento de seus feitos dentro do jogo.

REFERÊNCIAS

- COLLANTES, X. R. Juegos y videojuegos - Formas de vivencias narrativas. In: SCOLARI, CARLOS, A. Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la gamification. **Colleccio Transmedia XXI. Laboratori de Mitjans Interactius**. Universitat de Barcelona. Barcelona. 2013.
- de CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- DEBOER, G. Historical perspectives on inquiry teaching in school. In FLICK, L.; LEDERMAN, N. (Eds.). **Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education**. Dordrecht: Springer, 2006.
- DETERDING, S. et al. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In: **Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments**. 2011. p. 9-15.
- dos SANTOS, R. P.; DAL-FARRA, R. A. A Saga da Física: Um RPG (Role-Playing Game) para o ensino e aprendizagem de História da Física. **Revista NUPEM**, v. 5, n. 8, p. 33-51, 2013.
- FARDO, M. L. **A gamificação como estratégia pedagógica: estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem**, 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.
- KAPP, K. M. **The Gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. Washington: Pfeiffer e Company, 2012.
- MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: science education for the future**. London: King's College London, School of Education, 1998.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, Campo Grande, v. 1, n. 21, p. 15-32, jun. 2006.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.
- MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. In: **Conferência de encerramento do IV encontro internacional sobre aprendizagem significativa**, nº 8, Maragogi, AL, Brasil, 2003.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. In: **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: UFRGS, 2012. p. 41-54.
- MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Diagrama V**. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 2006.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, VII. 2000. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2000.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.
- SIQUEIRA, M. R. P. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e**

contemporânea. 2012. Tese, (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67–80, 2011.

APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DE SLIDES COM NARRATIVA DO RPG.

O RPG COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

ROTEIRO PARA A NARRATIVA REFERENTE AO PRODUTO EDUCACIONAL
EM DESENVOLVIMENTO AO MNPEF OFERTADO PELA UFRGS – CAMPUS
LITORAL NORTE.

Educador Fábio Buffon

Orientação Dra. Aline C. Pan

Co-orientação Dra. Karen C. Tauceda



RPG É UM JOGO DE INTERPRETAÇÃO E TOMADA DE
DECISÕES DENTRO DE UM ENREDO QUE POSSUI UMA
IDEIA CENTRAL. NÃO HÁ UM ROTEIRO PRONTO, VISTO
QUE ESTE DEPENDERÁ DAS AÇÕES QUE VOCÊS
TOMARÃO AO LONGO DA HISTÓRIA PARA SER TRAÇADO.



ESCOLHA DOS PERSONAGENS

A SEGUIR HÁ UMA LISTA COM 6 PERSONAGENS. CADA UM DE VOCÊS DEVE ESCOLHER UM PARA INTERPRETAR DURANTE TODA ESTA PROPOSTA.

CADA PERSONAGEM POSSUI UM BREVE HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS PRÓPRIAS E TRAÇOS DE PERSONALIDADE QUE INFLUENCIARÃO EM SUAS DECISÕES PERANTE AS SITUAÇÕES QUE SURTIRÃO. NÃO ESQUEÇAM DELAS DURANTE O DESENVOLVER DA HISTÓRIA.

NÃO SE ESQUEÇAM!

VOCÊS SERÃO UMA EQUIPE!



ANA

Repórter que entrou no projeto com o intuito de documentar o que ocorria no laboratório.

- Comunicativa;
- Observadora.

NATAN

Analista e desenvolvedor de sistemas, é conhecido como um gênio da informática. Foi pago para participar do projeto.

- Programador e desenvolvedor de Softwares;
- Espontâneo.



LORENA

Doutora em Ciências da Natureza, buscou o projeto para ampliar seu conhecimento na área para a pesquisa de sua tese.

- Conhecimento na área das Ciências da Natureza;
- Apresenta autocontrole emocional.

**VICTOR**

Engenheiro, trabalhou em diversos projetos relacionados a avanços tecnológicos e entrou no projeto com a ambição de conseguir uma vaga na *Quantum Labs*.

- Empático e cooperativo;
- Conhecimento em engenharia.

ANDRÉ

Ex-militar do exército, entrou para o projeto, pois buscava um novo sentido para sua vida.

- Determinado e Resiliente;
- Experiência militar.

**DIANA**

Ativista política, é contra os métodos e objetivos do projeto que possui fundo estatal. Candidatou-se para mostrar à população o que realmente ali é feito.

- Espírito de liderança;
- Memória eidética.

PRÓLOGO

A SALA DE ENTREVISTAS



VOCÊS SE ENCONTRAM EM UMA SALA DE ENTREVISTAS, ONDE OCORRE A SELEÇÃO PARA A PARTICIPAÇÃO NO PROJETO *FUTURE* AO QUAL VOCÊS SE CADIDATARAM.

ESTA É A ÚLTIMA ETAPA DE SELEÇÃO. JÁ NÃO RESTAM MUITOS CANDIDATOS.



UM HOMEM ADENTRA A SALA DE ESPERA.



ENTREGA UM DISPOSITIVO MÓVEL E UM DOCUMENTO COM ALGUMAS QUESTÕES PARA CADA CANDIDATO.

E INFORMA QUE ESTÃO LIBERADOS ASSIM QUE CONCLUÍREM.

POUCOS DIAS DEPOIS, VOCÊS RECEBEM UM E-MAIL DO LABORATÓRIO RESPONSÁVEL PELO PROJETO.



QUANTUM LABS

Caro candidato,

É com imenso prazer que comunicamos que você foi um dos selecionados para participar do projeto Future.

Por favor, solicitamos sua presença em nossa sede o mais breve possível, para que possamos iniciar o processo de adaptação e preparação.

Venha fazer parte do passo que ressignificará a vida humana, pois a evolução não joga dados.

R. M. Almeida
Diretora Geral

O PROJETO FUTURE, DESENVOLVIDO PELA QUANTUM LABS, REUNIU CANDIDATOS SAUDÁVEIS PARA PARTICIPAR DA FASE I DE UMA PESQUISA CLÍNICA QUE DESENVOLVEU UM SORO CAPAZ DE RETALIAR A MULTIPLICAÇÃO DE CÉLULAS CANCERÍGENAS. O OBJETIVO DESTA FASE É VERIFICAR OS EFEITOS COLATERAIS, AS DOSES ADEQUADAS E A SEGURANÇA DO MEDICAMENTO EM HUMANOS.



CAPÍTULO I: O DESPERTAR PARA O FUTURO

AO CHEGAR NO COMPLEXO TECNOLÓGICO, VOCÊS SÃO RECEBIDOS PELA EQUIPE DA QUANTUM LABS. ELES SOLICITAM QUE VOCÊS DEIXEM TODOS SEUS PERTENCES NOS ARMÁRIOS E VISTAM-SE COM AS ROUPAS APROPRIADAS PARA O PERÍODO QUE PASSARÃO ALI.



ELE RETOMA QUE O PROJETO DEVE DURAR DE 30 A 60 DIAS, O QUE DEPENDERÁ DA RESPOSTA DOS ORGANISMOS AO SORO APLICADO. NOS PRIMEIROS 15 DIAS APÓS A APLICAÇÃO DO SORO VOCÊS SERÃO MANTIDOS EM UMA ESPÉCIE DE COMA INDUZIDO, PARA QUE A EQUIPE DO LABORATÓRIO POSSA MELHOR ANALISAR O PROCESSO DE AÇÃO DA NOVA TECNOLOGIA.

VOCÊS SÃO PREPARADOS. O SORO É APLICADO. E TODOS SÃO POSTOS EM SONO PROFUNDO ENQUANTO A EQUIPE ANALISARÁ AS RESPOSTAS DE SEUS ORGANISMOS AO TRATAMENTO.



DESORIENTADOS, VOCÊS ACORDAM. NÃO SABEM QUANTO TEMPO SE PASSOU DESDE QUE FORAM COLOCADOS PARA DORMIR.

ALGO ESTÁ DIFERENTE. O LABORATÓRIO ESTÁ VAZIO. ALGUMAS LUZES ESTÃO PISCANDO E AS PORTAS DO DORMITÓRIO ESTÃO ABERTAS. NÃO HÁ NINGUÉM ALI, ALÉM DE VOCÊS.

PARECE QUE HOUVE UMA RETIRADA ÀS PRESSAS E QUE À ALGUNS DIAS NINGUÉM MONITORA OS EQUIPAMENTOS.



AO ANDAR PELO CORREDOR DO LABORATÓRIO VOCÊS CHEGAM A UMA DAS SALAS DE ANÁLISE E SE DEPARAM COM MUITOS EQUIPAMENTOS REVIRADOS E ABANDONADOS.



SOBRE UMA DAS BANCADAS HÁ UM PAINEL COM ALGUNS RECORTES DE JORNAIS ELETRÔNICOS E A PLANTA DO LABORATÓRIO.

Jornal Brasil

11 de agosto de 2020

Toxina transmitida pelo ar lota os hospitais do país



Especialistas ainda não conhecem a origem da nova toxina que, aparentemente transmitida pelo ar, está levando pessoas de todas as idades a buscar auxílio hospitalar. Ambientalistas dizem ser uma reação disseminada pelo mau uso da ciência. Análises clínicas tem apontado que pacientes com alta concentração da toxina nos pulmões tendem a sofrer de insuficiência respiratória aguda.

20 de agosto de 2020

Mortalidade da Toxina Q+ ultrapassa os 80% e número de infectados no Mundo triplica

Apesar dos esforços mundiais na busca por respostas, os medicamentos não tem apresentado resultados significativos na luta contra os efeitos causados pela Toxina Q+ que está fazendo cada dia mais mortos devido a super-lotação dos hospitais.



O principal método de prevenção é permanecer em casa e manter os filtros de ar sempre limpos e funcionando. "Com hospitais lotados, nós não podemos garantir o atendimento aos infectados, serão milhões de vidas perdidas no Mundo todo", afirma Secretário Geral da OMS.

21 de setembro de 2020

Primeiro paciente vítima da Toxina Q+ é idosa de 74 anos da grande Porto Alegre

Enquanto a ciência luta na busca de respostas aos mistérios trazidos pela Toxina Q+, os hospitais da capital lotam em menos de 48 horas e a primeira vítima fatal é feita. Com 74 anos, moradora da capital e sem histórico de complicações respiratórias, não restou e faleceu na manhã desta quinta-feira (15/09) por insuficiência respiratória. Médicos afirmam que o pulmão da idosa inexplicavelmente transformou-se em apenas dois dias, podendo ser comparado, no momento do óbito, ao de um fumante que sofria de câncer pulmonar gravíssimo.



Laboratório de ultra tecnologia é responsável pela crise da T-Q+

Últimas pesquisas indicam que o Laboratório de ultra tecnologia Quantum Labs é responsável pela manipulação da Toxina Q+ que já matou cerca de 70% da população mundial. Os representantes não foram encontrados e

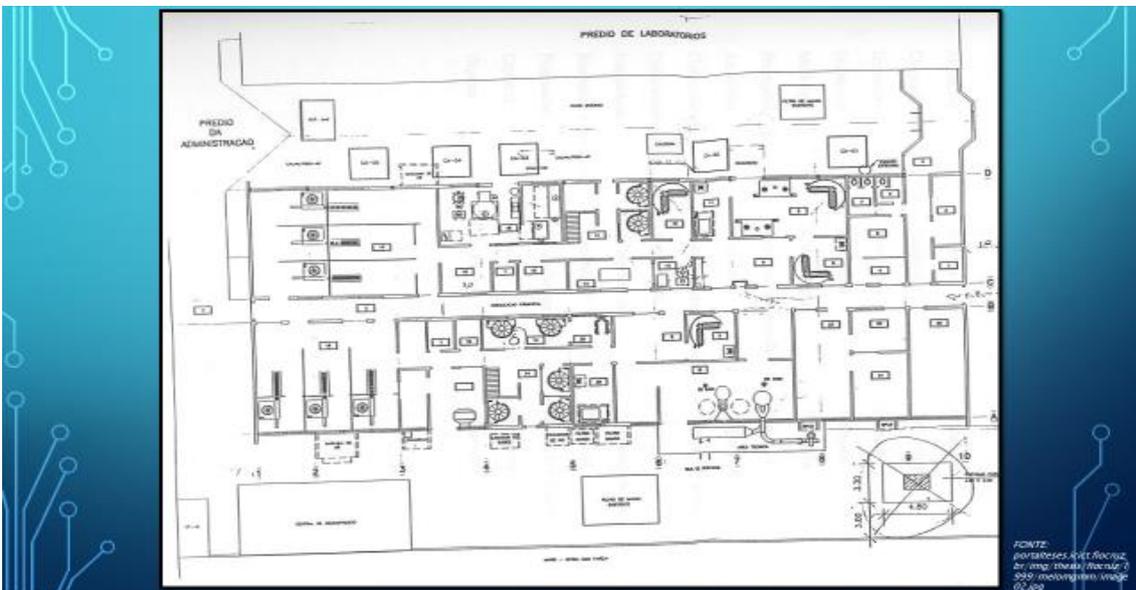
Os poucos especialistas que ainda continuam buscando uma solução para a crise sanitária suspeitam que a liberação da toxina tenha surgido por uma falha técnica no laboratório e acreditam que não encontrarão um tratamento em tempo.

Dr. Lee Johnson

CURA QUÂNTICA
A VERDADEIRA
CIÊNCIA
DIVINA

Tel: 980-456-0234
Monday to Friday
8:00am - 9:00pm

Condição



AS LUZES DO LABORATÓRIO COMEÇAM A FALHAR. PARECE UM PROBLEMA NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DO PRÉDIO.

É PRECISO CONSERTÁ-LOS, CASO CONTRÁRIO OS FILTROS DE AR NÃO FUNCIONARÃO MAIS E A TOXINA ADENTRARÁ O LABORATÓRIO.



VOCÊS INICIAM A BUSCA PELA SALA DE CONTROLE DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Carta de Vantagem



Diana

Devido sua memória eidética, Diana lembra perfeitamente o caminho até os painéis fotovoltaicos. Em meio à confusão de seus companheiros que não tem certeza de como chegar até lá, ela toma a liderança com uma postura segura e humilde e os guia até o local.

A EQUIPE INICIARÁ O DESAFIO 5 MINUTOS MAIS CEDO.

AO CHEGAR NA SALA ONDE OS CONTROLADORES DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS SE ENCONTRAM, VOCÊS PERCEBEM QUE HÁ ALGO DE ERRADO.

A EQUIPE RESOLVE BUSCAR INFORMAÇÕES ANTES DE MANIPULAR O EQUIPAMENTO, ASSIM EVITARIAM MAIORES DANOS.

CADA UM TRAZ DIFERENTES INFORMAÇÕES. AGORA SERÁ PRECISO ORGANIZÁ-LAS.



**DESAFIO 1:
CONSTRUINDO UM PAINEL INVESTIGATIVO
(40 MINUTOS)**

Carta de Vantagem



Ana

Observadora e sempre atenta aos fatos, Ana percebe um problema nos módulos fotovoltaicos que não havia sido detectado. Isto acelera o conserto dos equipamentos.

A EQUIPE RECEBE UMA DICA DO EDUCADOR NAS CONEXÕES DE SEU MAPA INVESTIGATIVO.

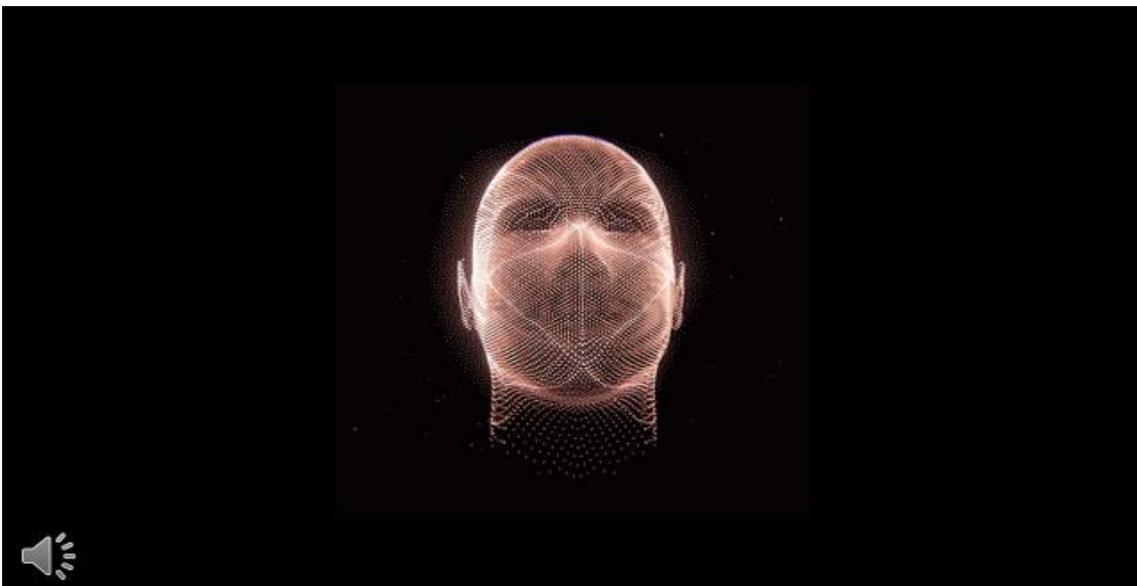
VOCÊS CONSEGUEM COMPREENDER O FUNCIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS E CONCLUEM A RESTAURAÇÃO DE ALGUNS SISTEMAS QUE ESTAVAM AVARIADOS.

COM O SISTEMA DE VENTILAÇÃO E A ENERGIA RESTAURADOS, VOCÊS RETORNAM AO LABORATÓRIO PRINCIPAL EM BUSCA DE MAIS INFORMAÇÕES SOBRE A SITUAÇÃO EM QUE SE ENCONTRAM.

CAPÍTULO II: O CÓDIGO

NO RETORNO AO LABORATÓRIO, VOCÊS ENCONTRAM UM COMPUTADOR PORTÁTIL, LHE CHAMA A ATENÇÃO POR TER GRAVADO NELE A ABREVIATURA: "R. M. M."

AO ABRÍ-LO UM PEQUENO HOLOGRAMA SURGE, REPRODUZINDO UMA MENSAGEM.



**DESAFIO 2:
DESBLOQUEANDO OS ARQUIVOS DO PROJETO
(50 MINUTOS)**

Carta de Vantagem



Lorena

Devido a seu conhecimento na grande área das ciências da natureza, Lorena apresenta facilidade em manipular o simulador do desafio, auxiliando sua equipe nesta etapa.

A EQUIPE RECEBE O LINK DE UM VÍDEO TUTORIAL DO SIMULADOR.

Carta de Vantagem



Natan

Devido a sua vasta experiência na área das tecnologias da informação, Natan demonstra familiaridade com a situação e facilita o trabalho para sua equipe.

A EQUIPE RECEBE O PRIMEIRO NÚMERO DO CÓDIGO DE DESBLOQUEIO.



ATRAVÉS DOS ARQUIVOS DESBLOQUEADOS VOCÊS DESCOBREM QUE O PROJETO FUTURE É O RESPONSÁVEL PELA TOXINA Q+.

QUE A EQUIPE RESPONSÁVEL JÁ HAVIA PREVISTO ESTA POSSIBILIDADE E ESTAVA CONSTRUINDO UM BUNKER CASO O PIOR VIESSE A OCORRER.

HÁ UM ARQUIVO EM DESTAQUE: RESGATE.TXT.

CAPÍTULO III: O RESGATE



DESOLADOS COM AS INFORMAÇÕES OBTIDAS NOS ARQUIVOS DA DRA. MEDEIROS, VOCÊS ACESSAM O ARQUIVO RESGATE.TXT.

ALI HÁ UM PROTOCOLO OPERACIONAL PARA SOLICITAR RESGATE AO BUNKER DA QUANTUM LABS.

VOCÊS RESOLVEM DAR PROCEDIMENTO A OPERAÇÃO.

**DESAFIO 3:
RECONSTRUINDO O SISTEMA DE SOS
(50 MINUTOS)**

Carta de Vantagem



André

Devido a sua carreira militar, André possui familiaridade com este tipo de comunicação, por isso domina o padrão de comunicação binária denominado Código Morse.

A EQUIPE RECEBE UMA FICHA COM O PADRÃO DO CÓDIGO MORSE.

Carta de Vantagem



Victor

Devido a sua formação como engenheiro, Victor apresenta facilidade em lidar com componentes elétricos. Ele não hesita em dar o melhor de si para ajudar a equipe.

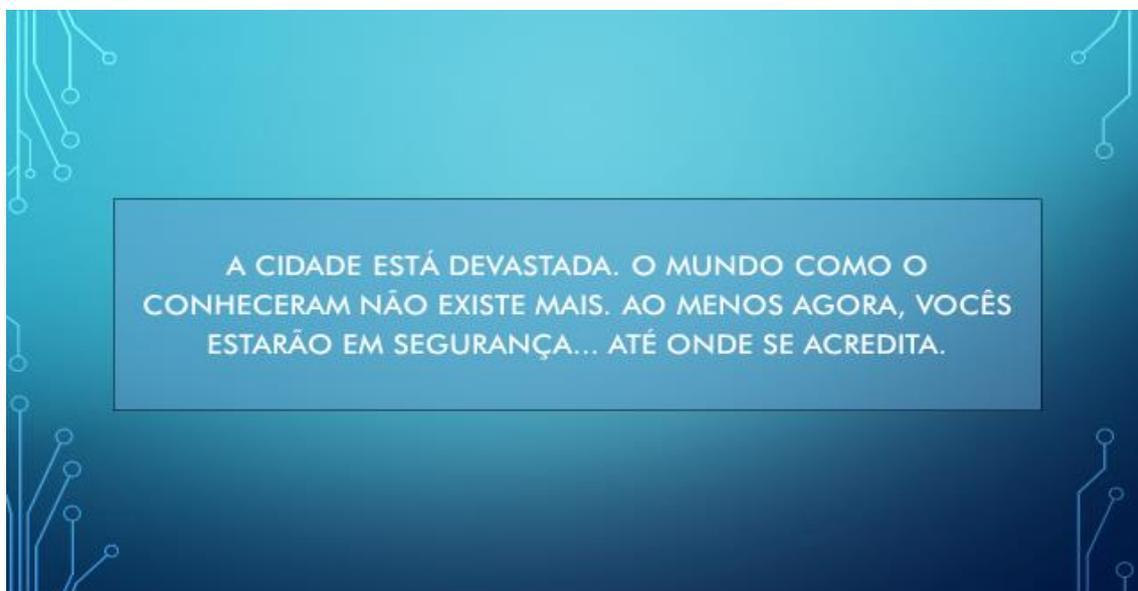
A EQUIPE PODE SOLICITAR UM AUXÍLIO BÔNUS DO EDUCADOR DURANTE A CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO.



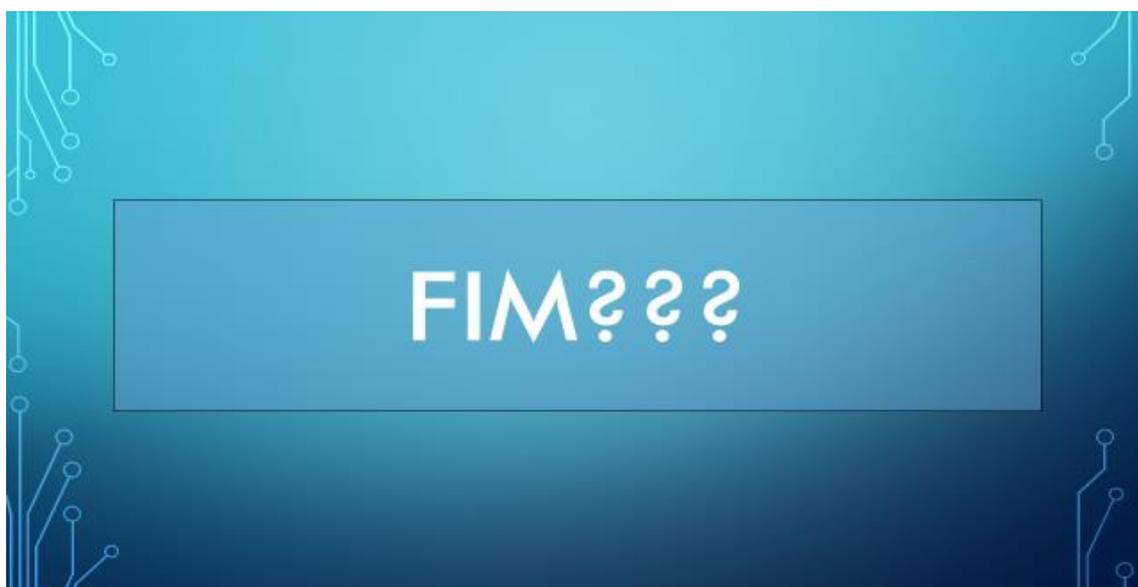
UMA EQUIPE DE RESGATE ENTRA
NO PRÉDIO COM TRAJES
ESPECIAIS E MÁSCARAS DE GÁS.

OS AGENTES VERIFICAM SINAIS
DE INTOXICAÇÃO EM CADA UM
DE VOCÊS.

NÃO CONTAMINADOS, VOCÊS
VESTEM OS EQUIPAMENTOS DE
PROTEÇÃO E SÃO LEVADOS AO
BUNKER.



A CIDADE ESTÁ DEVASTADA. O MUNDO COMO O
CONHECERAM NÃO EXISTE MAIS. AO MENOS AGORA, VOCÊS
ESTARÃO EM SEGURANÇA... ATÉ ONDE SE ACREDITA.



FIM???

APÊNDICE C – DIÁRIO DE BORDO DO EDUCANDO

DIÁRIO DE BORDO

Nome:

Turma:

Data de início:

Personagem:

FORMAÇÃO DA EQUIPE

NOMES	PERSONAGENS	CARACTERÍSTICAS

AULA 1 – PRÓLOGO

A SELEÇÃO DOS CANDIDATOS

FORMULÁRIO DESCRITIVO DE SELEÇÃO DE CANDIDATOS PARA O PROJETO FUTURE:

A *Quantum Labs* agradece sua disponibilidade e solicita que você responda às questões a seguir como última etapa de seleção para o projeto *Future*. Não se preocupe em encontrar a resposta mais correta, nosso objetivo aqui é conhecer um pouco mais sobre cada candidato. Se você já chegou até aqui, provavelmente já faz parte do seletor grupo que fará história conosco.

1. O que você sabe sobre módulos fotovoltaicos, os populares painéis solares?

2. As lâmpadas de LED são alternativas sustentáveis em relação a antigas tecnologias como as lâmpadas incandescentes, por exemplo. Como se dá o funcionamento de um LED? Para que ele serve? Você conhece alguma outra aplicação deles?

3. Ao anoitecer os postes de iluminação pública acendem suas luzes automaticamente. Como isso é possível?

Utilize este espaço para fazer suas anotações, para registrar informações importantes ou como rascunho de atividades.

AULA 2 – CAPÍTULO I
O DESPERTAR PARA O FUTURO

❖ Utilize este espaço para registrar o esboço de seu esquema investigativo (mapa conceitual).

❖ Descreva como se dá o funcionamento dos módulos fotovoltaicos e quais são os efeitos físicos que possibilitaram a existência desta tecnologia.

Utilize este espaço para fazer suas anotações, para registrar informações importantes ou como rascunho de atividades.

AULA 3 – CAPÍTULO II

O CÓDIGO

FASE 1 – INVESTIGANDO O FUNCIONAMENTO DE LED'S COLORIDOS.

COR DO LED	TENSÃO DE CORTE

❖ Que tipo de relação podemos estabelecer entre as cores dos LED's e as diferentes tensões mínimas aplicadas?

FASE 2 – INVESTIGANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO.

- ❖ A partir da solução do enigma, como a equipe obterá o código de acesso ao computador encontrado? (Utilize este espaço para eventuais cálculos relacionados ao problema).

INSIRA AQUI O CÓDIGO DE ACESSO: _____

QUESTÃO BÔNUS

- ❖ LED's de diferentes cores exigiram tensões específicas para poder funcionar. Diferentes materiais exigiram frequências de radiação específicas para emitir elétrons. Os dois experimentos realizados parecem estar, de alguma forma, relacionados ao espectro da radiação eletromagnética, de que maneira isso pode estar ocorrendo?

Utilize este espaço para fazer suas anotações, para registrar informações importantes ou como rascunho de atividades.

AULA 4 – CAPÍTULO III**O RESGATE**

REGISTRE AQUI O CIRCUITO CONSTRUÍDO CASO A EQUIPE OPTE POR UM PROTÓTIPO DIFERENTE AOS MODELOS SUGERIDOS.



REGISTRE NESTE QUADRO O PADRÃO PARA O CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO BINÁRIA UTILIZADA PELA EQUIPE PARA O PEDIDO DE SOS.



- ❖ O LDR é um componente eletrônico que reage a exposição à luz e é o responsável pelo acendimento automático dos postes de iluminação pública. Descreva o comportamento deste componente como aplicação do efeito fotoelétrico.

Utilize este espaço para fazer suas anotações, para registrar informações importantes ou como rascunho de atividades.

AULA 5 – SISTEMATIZANDO AS IDEIAS

NAS AULAS ANTERIORES INVESTIGAMOS E DISCUTIMOS CONCEITOS RELACIONADOS À PRÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS E TÓPICOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO A QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA E O EFEITO FOTOELÉTRICO. UTILIZANDO ESTES TEMAS CENTRAIS E O QUE VOCÊ INVESTIGOU, REDIJA UM PARÁGRAFO DESCRREVENDO O EFEITO FOTOELÉTRICO E SUAS APLICAÇÕES NO COTIDIANO. (VOCÊ PODE TAMBÉM CONSTRUIR ESQUEMAS E/OU DESENHOS ALIADOS AO TEXTO PARA REPRESENTAR MELHOR SUAS IDEIAS).

**APÊNDICE D – DESCRIÇÃO E TUTORIAIS PARA ACESSO E USO DAS
PLATAFORMAS DIGITAIS**

MENTÍMETER

Plataforma interativa que permite criar apresentações de feedbacks instantâneos. Basta projetar a apresentação criada e solicitar que os educandos se conectem através de dispositivos móveis utilizando o código gerado pela própria plataforma.

Link da plataforma	https://www.mentimeter.com/
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/ZrqWxMZRN8g

KAHOOT

Ambiente voltado para a criação de jogos educativos no formato de *quizzes* e questões de múltipla escolha de feedback instantâneo. A plataforma utiliza de elementos gamificados que permitem a interação e a competição saudável entre educandos ou equipes, potencializando e estimulando o aprendizado.

Link da plataforma	https://kahoot.com/
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/JNchq4-qbpk

Phet Simulações: Simulador de Efeito Fotoelétrico

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

Link da plataforma	https://phet.colorado.edu/pt_BR/
Link do simulador	https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric
Link do vídeo tutorial	https://youtu.be/UulsPV0O_50

**APÊNDICE E – MATERIAIS PARA ATIVIDADE INVESTIGATIVA DA AULA 2
– COQUETEL DE INFORMAÇÕES**

RELEMBRANDO

Frequência de uma onda

Uma onda é definida por ser a sucessão de perturbações periódicas no espaço que se propagam em determinadas direções de um meio e são capazes de transportar energia. A quantidade de vezes que uma onda perturba o espaço em um determinado período de tempo traduz a frequência com que esta onda estará oscilando.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de perturbações}}{\text{tempo}}$$

Em outros termos, a frequência de uma onda é a variável que define a quantidade de oscilações de uma onda durante um intervalo de tempo e é medida em Hertz, em homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz, que demonstrou a existência da radiação eletromagnética. Podemos fazer a seguinte relação, quanto maior for a frequência de uma onda mais oscilações a onda estará realizando.

É importante recordar também que há uma outra variável de extrema importância no estudo das perturbações periódicas, o comprimento de onda (λ). Está variável, inversamente proporcional à frequência, vai nos mostrar a distância que um evento deve percorrer até que torne a se repetir em uma onda. Veja a Figura 1:

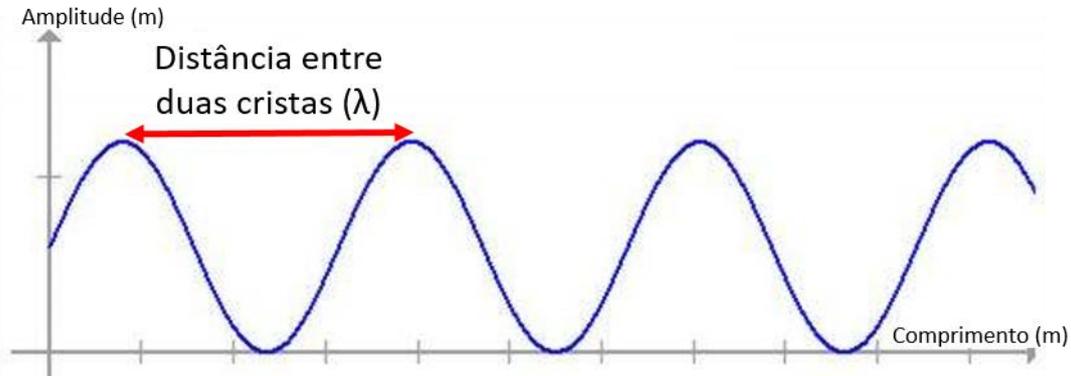


Figura 1: Demonstração do comprimento de onda

Como mostra a Figura 1, o comprimento de onda será determinado pela distância percorrida até que a onda volte a apresentar o mesmo evento, neste caso, uma crista de onda. Quanto mais frequente um evento é denotado em uma onda, menor será seu comprimento de onda. Assim como, quanto menos frequente um evento for, maior será o seu comprimento de onda, visto que ela deverá percorrer um maior caminho até voltar a se repetir.

As ondas podem ser classificadas em diferentes categorias, quanto à direção de oscilação (longitudinal e transversal), quanto à natureza (eletromagnética e mecânica) e quanto à direção de propagação (unidimensional, bidimensional e tridimensional).

As ondas eletromagnéticas, oscilações que podem se propagar tanto em meios materiais como no vácuo, surgem da interação entre campos magnéticos e elétricos variáveis e possuem ampla aplicação em nosso cotidiano. Estas ondas possuem um vasto espectro (Figura 2) que varia conforme a faixa de frequência analisada, compreendendo desde as ondas de baixa frequência como as ondas de rádio até as de alta frequência como os raios gama. A luz visível também se encontra dentro do espectro das ondas eletromagnéticas e corresponde a um pequeno trecho intermediário entre as baixas e altas frequências.

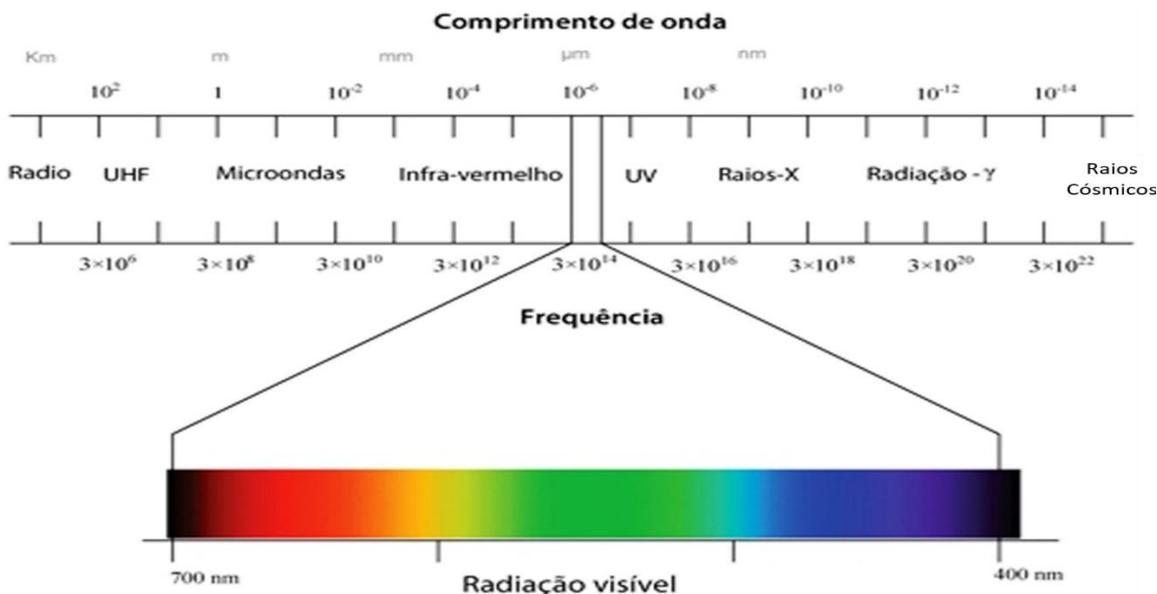


Figura 2: Espectro da onda eletromagnética

(Adaptado de E-escola: Instituto Superior Técnico)

As cores que enxergamos correspondem a uma pequena faixa do espectro das ondas eletromagnéticas. E somos capazes de distinguir as diferentes cores em função da sensibilidade de nossos olhos às diferentes frequências de onda que cada uma delas apresenta. A **Tabela 1** apresenta a relação de algumas cores e suas respectivas frequências.

Cor	Frequência (10^{12} Hz)	Comprimento de Onda (10^{-9} m)
Vermelho	405 a 480	740 a 625
Laranja	480 a 510	625 a 590
Amarelo	510 a 530	590 a 565
Verde	530 a 600	565 a 500
Ciano	600 a 620	500 a 485
Azul	620 a 680	485 a 440
Violeta	680 a 790	440 a 380

Tabela 1: Cores e suas respectivas frequências e comprimentos de onda

Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light

Sobre o ponto de vista heurístico da emissão e transformação da luz

A profound formal distinction exists between the theoretical concepts which physicists have formed regarding gases and other ponderable bodies and the Maxwellian theory of electromagnetic processes in so-called empty space. While we consider the state of a body to be completely determined by the positions and velocities of a very large, yet finite, number of atoms and electrons, we make use of continuous spatial functions to describe the electromagnetic state of a given volume, and a finite number of parameters cannot be regarded as sufficient for the complete determination of such a state. According to the Maxwellian theory, energy is to be considered a continuous spatial function in the case of all purely electromagnetic phenomena including light, while the energy of a ponderable object should, according to the present conceptions of physicists, be represented as a sum carried over the atoms and electrons. The energy of a ponderable body cannot be subdivided into arbitrarily many or arbitrarily small parts, while the energy of a beam of light from a point source (according to the Maxwellian theory of light or, more generally, according to any wave theory) is continuously spread an ever increasing volume.

Existe uma profunda distinção formal entre os conceitos teóricos que os físicos formaram em relação a gases e outros corpos ponderáveis e a teoria Maxwelliana dos processos eletromagnéticos nos chamados vazios espaço. Embora consideremos o estado de um corpo completamente determinado pelas posições e velocidades de um número muito grande, ainda que finito, de átomos e elétrons, usamos funções espaciais contínuas para descrever a estado eletromagnético de um determinado volume e um número finito de parâmetros não pode ser considerado suficiente para a determinação completa de tal Estado. De acordo com a teoria de Maxwell, a energia deve ser considerada uma função espacial contínua no caso de todos os fenômenos puramente eletromagnéticos incluindo a luz, enquanto a energia de um objeto ponderável deve, de acordo as concepções atuais dos físicos, ser representada como uma soma sobre os átomos e elétrons. A energia de um corpo ponderável não pode ser subdividida em partes arbitrariamente grandes ou arbitrariamente pequenas, enquanto a energia de um feixe de luz de uma fonte pontual (de acordo com a teoria de Maxwellian de luz ou, mais geralmente, de acordo com qualquer teoria das ondas) é continuamente espalhada em um volume cada vez maior.

The wave theory of light, which operates with continuous spatial functions, has worked well in the representation of purely optical phenomena and will probably never be replaced by another theory. It should be kept in mind, however, that the optical observations refer to time averages rather than instantaneous values. In spite of the complete experimental confirmation of the theory as applied to diffraction, reflection, refraction, dispersion, etc., it is still conceivable that the theory of light which operates with continuous spatial functions may lead to contradictions with experience when it is applied to the phenomena of emission and transformation of light.

A teoria das ondas da luz, que opera com funções espaciais contínuas, funcionou bem na representação de fenômenos puramente ópticos e provavelmente nunca será substituído por outra teoria. Deve ser mantido em mente, no entanto, que as observações ópticas se referem a médias de tempo de valores instantâneos. Apesar da confirmação experimental completa da teoria aplicada à difração, reflexão, refração, dispersão, etc., ainda é concebível que a teoria da luz que opera com funções espaciais contínuas possa levar a contradições com a experiência quando é aplicado aos fenômenos de emissão e transformação da luz.

It seems to me that the observations associated with blackbody radiation, fluorescence, the production of cathode rays by ultraviolet light, and other related phenomena connected with the emission or transformation of light are more readily understood if one assumes that the energy of light is discontinuously distributed in space. In accordance with the assumption to be considered here, the energy of a light ray spreading out from a point source is not continuously distributed over an increasing space but consists of a finite number of energy quanta which are localized at points in space, which move without dividing, and which can only be produced and absorbed as complete units.

Parece-me que as observações associadas à radiação do corpo negro, fluorescência, produção de raios catódicos pela luz ultravioleta e outros fenômenos relacionados à emissão ou transformação da luz é mais facilmente compreendida se alguém assumir que a energia da luz é distribuída descontinuamente no espaço. De acordo com o pressuposto a ser considerado aqui, a energia de um raio de luz se espalhando de um ponto à fonte não é distribuída continuamente em um espaço crescente, mas consiste de um número finito de quantas de energia que estão localizados em pontos no espaço, que se movem sem se dividir e que só podem ser produzidos e absorvidos como unidades completas.

In the following I wish to present the line of thought and the facts which have led me to this point of view, hoping that this approach may be useful to some investigators in their research.

A seguir, desejo apresentar a linha de pensamento e os fatos que me levaram a esse ponto de vista, esperando que essa abordagem seja útil para alguns pesquisadores em suas pesquisas.

[...]

The usual conception that the energy of light is continuously distributed over the space through which it propagates, encounters very serious difficulties when one attempts to explain the photoelectric phenomena, as has been pointed out in Herr Lenard's pioneering paper.

A concepção usual de que a energia da luz é continuamente distribuída sobre o espaço através do qual se propaga, encontra dificuldades muito sérias quando se tenta explicar o fenômeno fotoelétrico, como tem sido apontado no artigo pioneiro de Herr Lenard.

According to the concept that the incident light consists of energy quanta of magnitude $R\beta v/N$, however, one can conceive of the ejection of electrons by light in the following way. Energy quanta penetrate into the surface layer of the body, and their energy is transformed, at least in part, into kinetic energy of electrons. The simplest way to imagine this is that a light quantum delivers its entire energy to a single electron: we shall assume that this is what happens. The possibility should not be excluded, however, that electrons might receive their energy only in part from the light quantum.

De acordo com o conceito de que a luz incidente consiste em quanta de energia de magnitude $R\beta v / N$, no entanto, pode-se conceber a ejeção de elétrons pela luz da seguinte maneira. *Quantas* de energia penetram na camada superficial do corpo, e sua energia é transformada, pelo menos em parte, em energia cinética dos elétrons. A maneira mais simples de imaginar isso é que uma luz *quantum* entrega toda a sua energia a um único elétron, assumiremos que isto é o que acontece. A possibilidade não deve ser excluída, no entanto, que os elétrons podem receber sua energia apenas em parte do quantum de luz.

An electron to which kinetic energy has been imparted in the interior of the body will have lost some of this energy by the time it reaches the surface. Furthermore, we shall assume that in leaving the body each electron must perform an amount of work P characteristic of the substance. The ejected electrons leaving the body with the largest normal velocity will be those that were directly at the surface.

Um elétron ao qual a energia cinética foi transmitida no interior do corpo terá perdido parte dessa energia quando atingir a superfície. Além disso, assumiremos que, ao deixar o corpo, cada elétron deve realizar uma quantidade de trabalho característica da substância. Os elétrons ejetados que saem do corpo com a maior velocidade serão aqueles que estavam diretamente na superfície.

[...]

$$\Pi E = R\beta\nu - P'^{18}$$

If the derived formula is correct, then Π , when represented in Cartesian coordinates as a function of the frequency of the incident light, must be a straight line whose slope is independent of the nature of the emitting substance.

Se a fórmula derivada estiver correta, então Π , quando representado em coordenadas cartesianas, em função da frequência da luz incidente ν , deve ser uma linha reta cuja inclinação é independente da natureza do emissor.

As far as I can see, there is no contradiction between these conceptions and the properties of the photoelectric observed by Herr Lenard. If each energy quantum of the incident light, independently of everything else, delivers its energy of electrons, then the velocity distribution of the ejected electrons will be independent of the intensity of the incident light; on the other hand the number of electrons leaving the body will, if other conditions are kept constant, be proportional to the intensity of the incident light.

Até onde eu posso ver, não há contradição entre essas concepções e as propriedades de natureza fotoelétrica observadas por Herr Lenard. Se cada *quantum* de energia da luz incidente, independentemente de todo o resto, fornece sua energia para um elétron, e depois a distribuição de velocidade do elétron ejetado será independente da intensidade da luz incidente; por outro lado, o número de elétrons que saem do corpo, se outras condições forem mantidas constantes, será proporcional à intensidade da luz incidente.

¹⁸ Π – Potencial positivo; E – Carga de um grama de um íon monovalente; ν – Frequência da onda incidente; P' – Trabalho necessário para remover um elétron característico da substância.

Efeito Fotoelétrico

A luz interage com a matéria de diversas maneiras. O efeito fotoelétrico é a representação de uma dessas interações. Observado por Heinrich R. Hertz e, em seguida, por seu assistente Eduard Anton von Lenard no século XIX, ele não encontrava explicações nas teorias clássicas que descreviam a luz segundo as equações de Maxwell.

O fenômeno observado por estes físicos era atribuído devido a emissão de elétrons, arrancados de uma placa metálica, quando esta era exposta a determinados feixes de luz. Porém, havia dois problemas ainda sem solução diante das análises deste fenômeno.

A primeira situação não resolvida e detectada tratava que nem todos os tipos de luzes conseguiam fazer ejetar os elétrons de um mesmo material. A luz visível está compreendida em uma pequena faixa do espectro da radiação eletromagnética, o espectro visível. Nele estão contidas todas as cores que conhecemos, desde o vermelho até o violeta. Esta variação de cor na luz visível existe devido as diferentes frequências e comprimentos de onda em que os feixes são emitidos. Tornando ao efeito fotoelétrico, o que se observou é que um feixe de luz monocromático violeta, por exemplo, era capaz de provocar o efeito, enquanto um segundo feixe monocromático de mesma intensidade que o primeiro, porém, de frequência correspondente a cor vermelha, não provocava.

Esta observação levou ao segundo problema que ainda carecia de uma explicação. Tal como mencionado no parágrafo anterior, um mesmo material poderia ejetar elétrons quando exposto a uma coloração de luz e não para outra. Independentemente da intensidade ou do tempo que o material ficasse exposto a segunda luz, vermelha, no caso de nosso exemplo, o material nunca emitiria os fotoelétrons, já quando era exposto à primeira luz, violeta, a emissão era imediata.

Este ponto questionava alguns princípios da física clássica, que levava a crer que bastaria deixar o material por bastante tempo exposto a luz de menor frequência (vermelha), que então ele absorveria energia suficiente e, então, os elétrons começariam a ser emitidos, mas isso não ocorria. A concepção de uma energia cumulativa e contínua presente nos ideais clássicos da física, não era capaz de explicar o efeito fotoelétrico.

A resposta para estes mistérios, até então sem solução, viria no ano de 1900, com o físico alemão Max Planck, causando mudanças profundas na física construída dos anos que o seguiram. Planck propõe que a energia emitida pelos corpos no formato de onda eletromagnética era quantizada, contrariando o ideal clássico de uma energia contínua e cumulativa. Ele sugere que as ondas eletromagnéticas são um aglomerado de pequenas quantidades de energia e, essas pequenas quantidades não podem assumir quaisquer valores, mas sim, múltiplos inteiros de um valor fundamental, o quantum. E que, finalmente, esses múltiplos inteiros dependerão da frequência da onda emitida.

Estas pequenas quantidades de energia que juntas formam a energia total da onda eletromagnética, foram batizados de fótons. Estes fótons, não podem ser divididos ou quebrados e seu valor energético dependerá da frequência com que foram emitidos. Analogamente, podemos comparar os fótons com pequenos pacotes que carregam em si uma quantidade de energia. O conjunto de muitos destes pacotes, emitidos por alguma fonte de luz, por exemplo, formam o feixe luminoso.

Se cada feixe luminoso tem sua própria frequência, então cada um destes feixes também será formado por seus próprios pacotes de energia. Isto significa, que os fótons presentes da luz monocromática vermelha, não terão a mesma energia que os fótons da luz monocromática violeta.

Matematicamente é possível determinar a energia individual de cada fóton através da seguinte relação:

$$E = h \cdot f \quad (\text{Eq. 1})$$

Na Equação 1, a variável E representa a energia do fóton, h é a constante de Planck e f a frequência da onda emitida.

Inspirado por Planck, em 1905, Albert Einstein, estende seus estudos e aponta que a luz é formada por este conjunto de partículas quantizadas e torna a assumir que ela possui também caráter corpuscular. Para a solução trazida ao efeito fotoelétrico que o garantiu o prêmio Nobel, Einstein aponta que um único fóton é capaz de interagir com um único elétron e que, se esta energia for suficiente, o elétron será emitido imediatamente, caso contrário permanecerá preso a ele.

Em outros termos, se um fóton da luz monocromática vermelha (frequência média de 405 a 480 THz) não possuem energia individual suficiente para arrancar um elétron dos átomos que compõem a chapa metálica, nenhum dos outros fótons deste feixe de luz serão capazes de provocar o fenômeno, pois a interação fóton/elétron é feita de um para o outro e não de modo cumulativo. Bem como, aumentar a intensidade da luz monocromática vermelha, também não resolverá o problema, visto que, aumentar a intensidade, significa apenas aumentar o número de fótons emitidos e não a energia individual de cada um deles. Para ocorrer o efeito fotoelétrico nesta situação, a única solução, conforme a física moderna, seria expor a chapa metálica a um feixe de luz de maior frequência, como o da cor violeta (frequência média de 680 a 790 THz).

EXERCÍCIOS COMENTADOS

01 – (UFPR) - Um modo tecnologicamente interessante de produzir corrente elétrica envolve o uso do efeito fotoelétrico. Ao expor um dado material, normalmente metálico, à radiação eletromagnética, é possível arrancar alguns de seus elétrons, por meio da absorção de fótons dessa radiação. Esses fotoelétrons podem ser coletados e podem gerar, então, uma corrente fotoelétrica. Considere que um determinado material, cuja função trabalho vale 8,25 eV (elétron volt), é exposto a uma radiação eletromagnética. Sabendo que $E_c = hf - W_0$ e que a constante de Planck é $6,6 \times 10^{-34}$ Js, determine a frequência mínima da radiação incidente necessária para produzir efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico indica que apenas uma onda composta por fótons de energia discreta mínima será capaz de arrancar elétrons de um determinado material. A energia individual dos fótons é proporcional à frequência da onda incidente. Sabendo que a *Função Trabalho (W_0)*, citada no problema, representa esta quantidade mínima de energia para haver ejeção de elétrons, é preciso obter o valor da frequência da onda incidente de modo a ocorrer o fenômeno.

Considerando que $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, temos que a função trabalho é:

$$W_0 = 8,25 \text{ eV} \rightarrow W_0 = 8,25 \text{ eV} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \rightarrow W_0 = 13,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Partindo da equação para o efeito fotoelétrico:

$$E_c = hf - W_0 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

$E_c =$ Energia cinética que os elétrons serão ejetados do material

$h =$ Constante de Planck ($6,6 \times 10^{-34}$ Js)

$f =$ Frequência da onda incidente

$W_0 =$ Função trabalho do material

Para obter o valor da frequência mínima, ou seja, a menor frequência de onda que faz ocorrer o efeito fotoelétrico, é preciso considerar também a menor Energia cinética de ejeção dos elétrons, ou seja, um valor que tende a Zero, em que os elétrons são arrancados de sua posição original, mas não chegam a ser empurrados para longe. Portanto, com $E_c = 0$, basta substituir na *Equação 1* e calcular o valor da frequência mínima.

$$E_c = hf - W_0$$

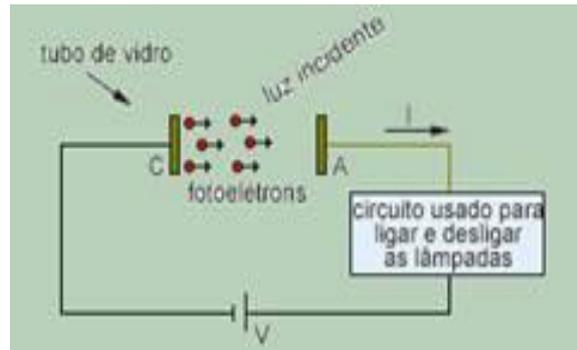
$$0 = 6,6 \cdot 10^{-34} f - 13,2 \cdot 10^{-19}$$

$$f = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Considerando que a frequência da onda correspondente a cor violeta no espectro eletromagnético está entre $0,68 \cdot 10^{15}$ e $0,79 \cdot 10^{15}$, podemos perceber que para arrancar elétrons do material citado neste problema, seria necessário uma onda com frequência superior ao violeta, indo além do espectro visível e entrando na faixa dos raios ultravioleta (*Raios UV*).

02 – (UEPB-PB) - A descoberta do efeito fotoelétrico e sua explicação pelo físico Albert Einstein, em 1905, teve grande importância para a compreensão mais profunda da natureza da luz. No efeito fotoelétrico, os fotoelétrons são emitidos, de um cátodo C, com energia cinética que depende da frequência da luz incidente e são coletados pelo ânodo A, formando a corrente I mostrada. Atualmente, alguns aparelhos funcionam com base nesse efeito e um exemplo muito comum é a fotocélula utilizada na construção de circuitos elétricos para ligar/desligar as lâmpadas dos postes de rua.

Considere que um circuito foi construído conforme a figura e que o cátodo é feito de um material com função trabalho $W_0 = 3,0$ eV (elétron-volt). Se um feixe de luz incide sobre o cátodo, então o valor de frequência f da luz para que sejam, sem qualquer outro efeito, emitidos fotoelétrons com energia cinética máxima $E_c = 3,6$ eV, em hertz, vale:



(Dados: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

O cátodo (parte emissora de fotoelétrons) recebe um feixe de luz, cuja frequência é desconhecida. O ânodo capta estes fotoelétrons emitidos e os conduz por um fio condutor, levando-os de volta ao cátodo, reiniciando o processo e gerando corrente elétrica, proporcional a energia com que os fotoelétrons foram emitidos.

Estes elétrons são arrancados do cátodo, material de função trabalho $W_0 = 3,0$ eV (elétron-volt), e, conforme apresentado no problema, sua energia cinética é de 3,6 eV. Para que este efeito ocorra é necessário que uma determinada frequência de onda incida sobre a placa. A fim de obter este valor, pode-se utilizar a equação atrelado ao efeito fotoelétrico.

$$E_c = hf - W_0 \quad (\text{Equação 1})$$

Primeiramente, vamos transformar as unidades de medida de energias do problema ao Sistema Internacional (S.I.):

$$W_0 = 3,0 \text{ eV} \rightarrow W_0 = 3,0 \text{ eV} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \rightarrow W_0 = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_c = 3,6 \text{ eV} \rightarrow E_c = 3,6 \text{ eV} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \rightarrow E_c = 5,76 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Assim, retornando à Equação 1:

$$E_c = hf - W_0$$

$$5,76 \cdot 10^{-19} = 6,6 \cdot 10^{-34} f - 4,8 \cdot 10^{-19}$$

$$f = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Portanto, para que os fotoelétrons estejam sendo emitidos com a referida energia cinética, será necessário incidir sobre o cátodo um feixe de luz de frequência igual a $1,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$.

**APÊNDICE F – MATERIAIS PARA ATIVIDADE INVESTIGATIVA DA AULA 4
– CONSTRUINDO CIRCUITOS COM LDR**

LEGENDA PARA OS COMPONENTES ELETRÔNICOS

Tabela 1: Legenda dos componentes eletrônicos disponibilizados para a resolução do desafio.

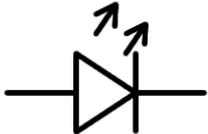
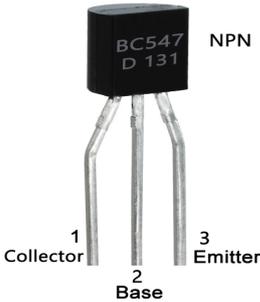
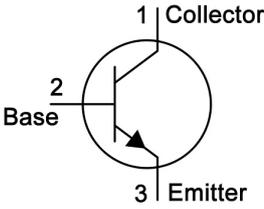
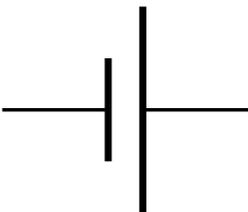
<i>Identificação</i>	<i>Componente Elétrico</i>	<i>Símbolo no diagrama</i>	<i>Descrição</i>
LDR (Light Dependent Resistor)			Resistor dependente de luz, é um componente eletrônico cuja resistência interna é inversamente proporcional a intensidade da luz que incide sobre ele.
LED (Light Emitting Diode)			Diodo emissor de luz. É um componente eletrônico que emite radiação na forma de luz visível quando percorrido por energia elétrica.
Transistor			Transistor é um dispositivo semicondutor usado para amplificar ou atenuar a intensidade da corrente elétrica. A base do transistor (2) funciona como um controle, que determina se haverá ou não passagem de corrente elétrica do coletor (1) ao emissor (3).
Fonte de tensão			Dispositivos elétricos caracterizados por imporem uma determinada tensão ou diferença de potencial (ddp) aos terminais que está conectada.
Resistor			Dispositivos eletrônicos responsáveis por dificultar a passagem de corrente elétrica, transformando a energia elétrica em energia térmica (calor). Suas resistências podem ser codificadas conforme um padrão de cores (ver Tabela 2).

Tabela de Cores dos Resistores

ComoFazerAsCoisas.com.br

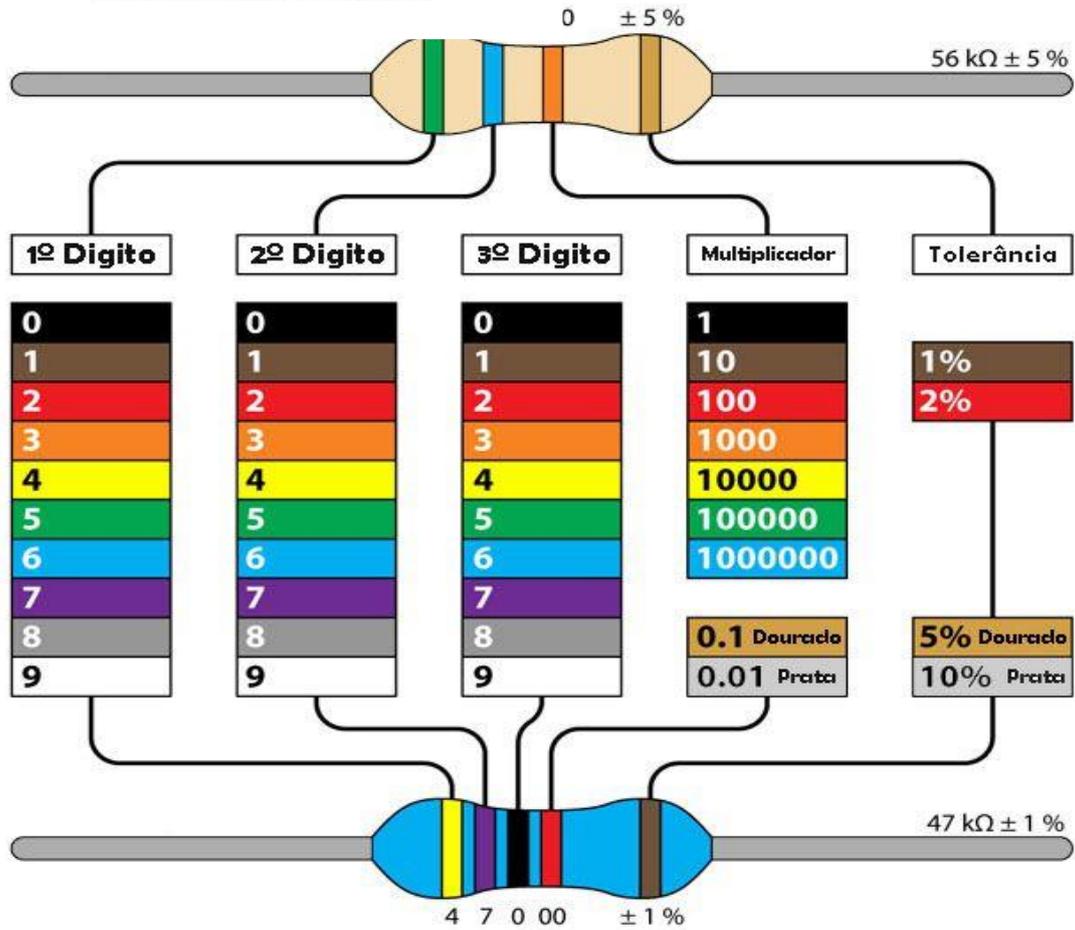
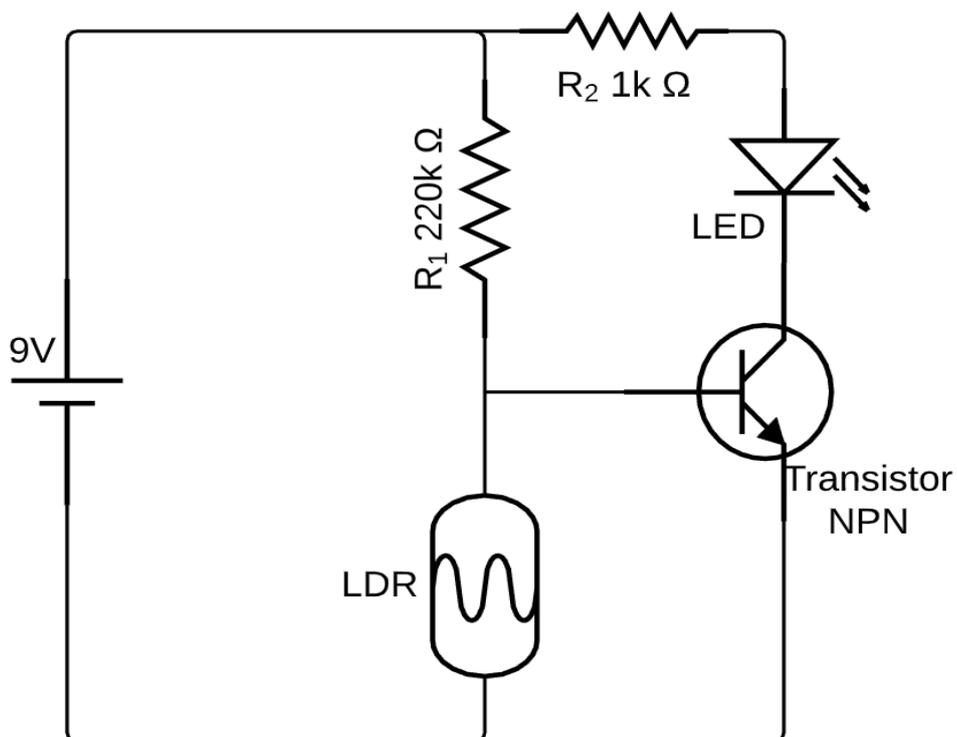


Tabela 2: Código de cores para identificação do valor das resistências associadas aos resistores elétricos.

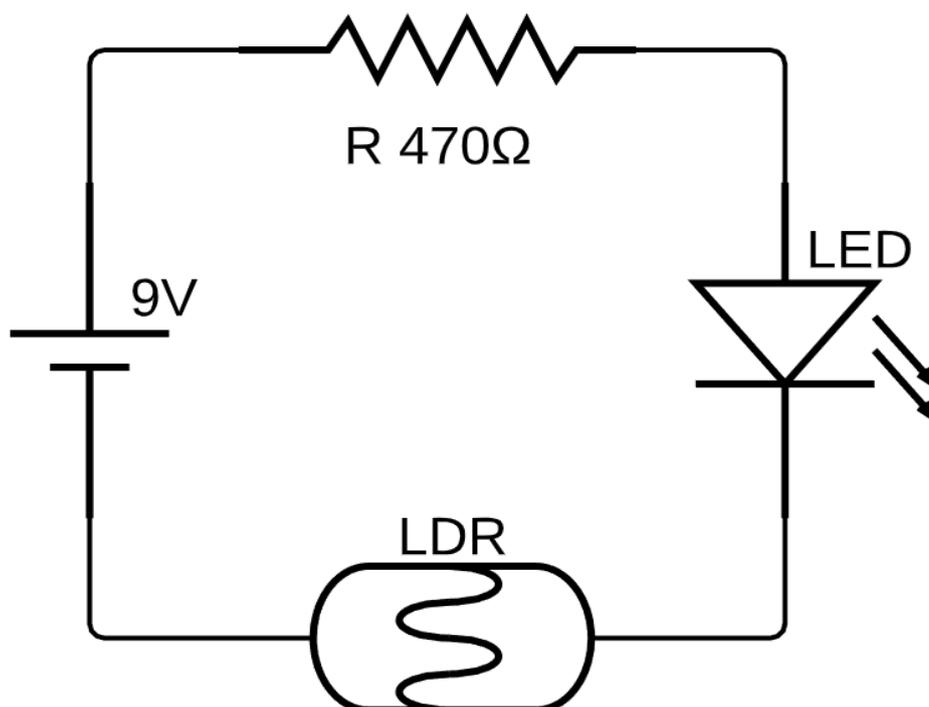
FONTE: <https://i.pinimg.com/originals/e8/62/81/e8628199966e68810e567ef1ba7e723e.jpg>

SUGESTÕES DE DIAGRAMAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS CIRCUITOS

MODELO 1



MODELO 2



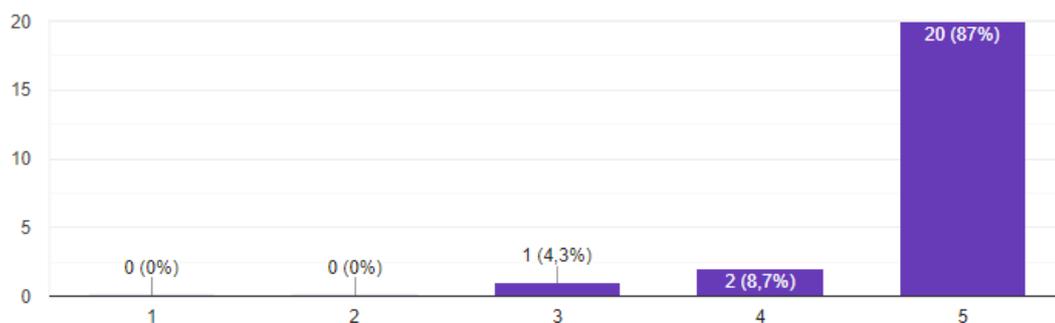
**APÊNDICE G – RESPOSTAS DOS EDUCADOS À PESQUISA DE OPINIÃO
DE FECHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

SEÇÃO 1

Avalie cada afirmação: Considere 1 para discordo completamente e 5 para concordo completamente com o que está escrito em cada sentença.

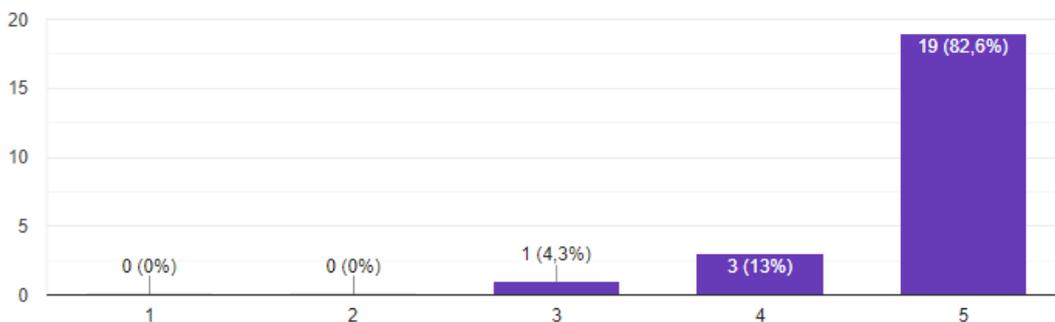
Questão 1 – A utilização do RPG e de elementos dos jogos contribuiu para seu envolvimento com a aula e motivação ao desenvolver as atividades propostas.

23 respostas



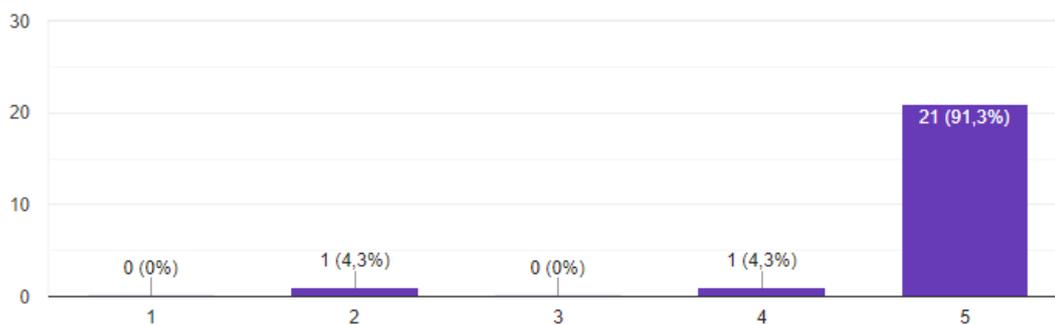
Questão 2 – As atividades foram desafiadoras e lhe estimularam a investigar os problemas em busca de soluções.

23 respostas



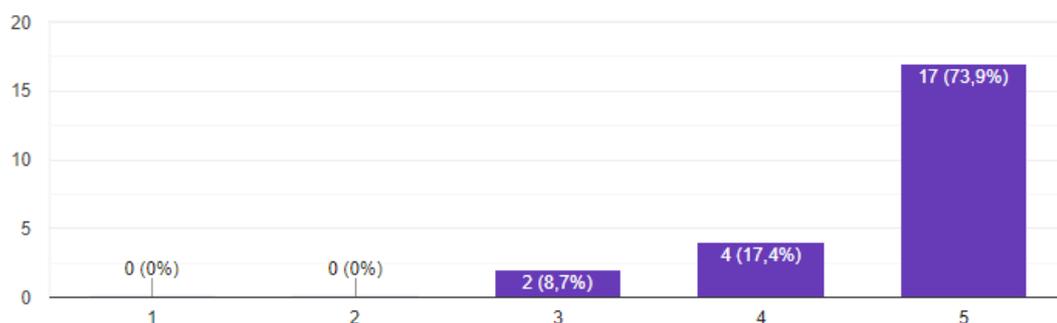
Questão 3 – A metodologia foi acessível e lhe permitiu questionar, investigar e discutir os conceitos científicos com seus colegas.

23 respostas



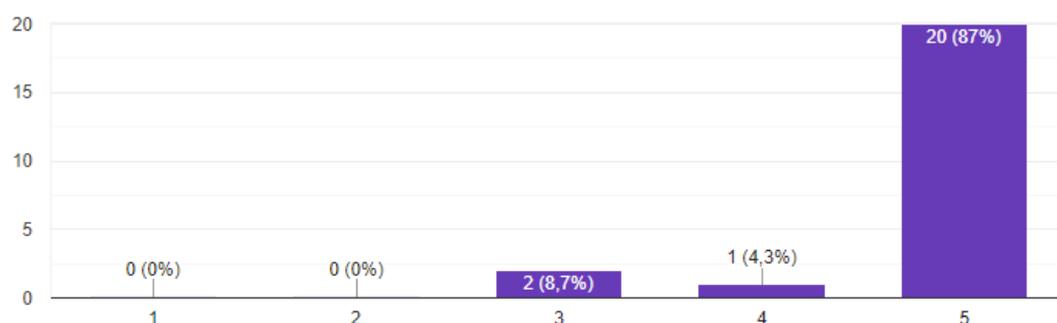
Questão 4 – Acredito que todas as aulas deveriam seguir este modelo mais dinâmico e investigativo.

23 respostas



Questão 5 – Esta sequência de aulas contribuiu para minha aprendizagem diante dos conteúdos propostos.

23 respostas

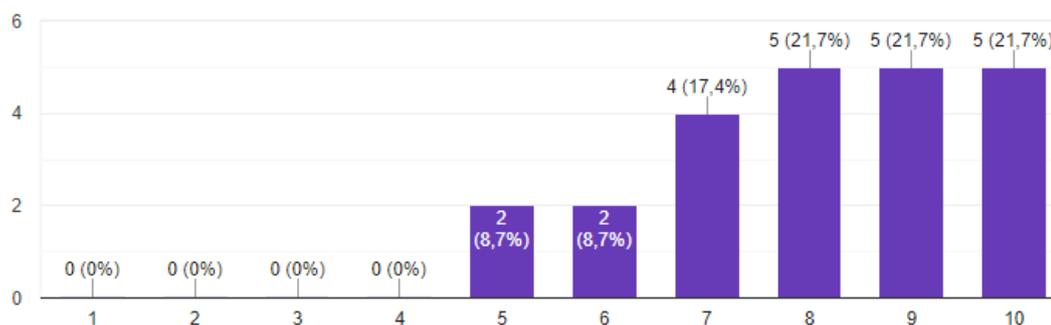


SEÇÃO 2

Avalie o quanto cada atividade ou recurso pedagógico contribuiu para sua aprendizagem ao longo desta sequência, sendo 1 contribuiu pouco para a sua aprendizagem e 10 contribuiu muito para sua aprendizagem.

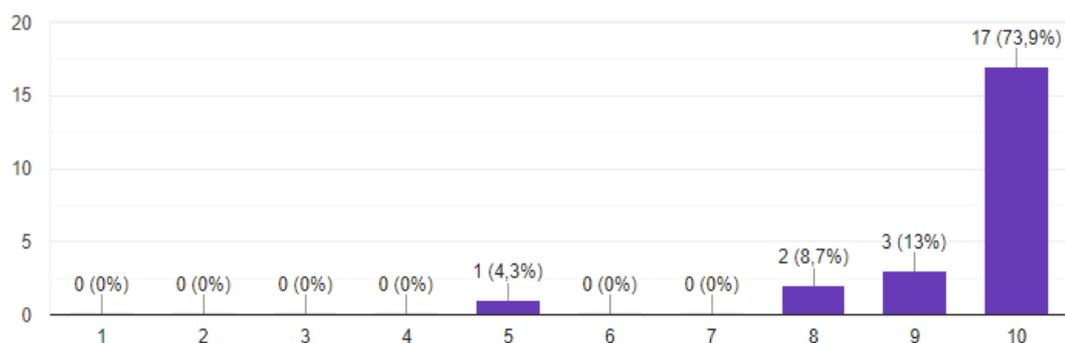
Questão 1 – A construção dos painéis investigativos com isopor, linha e alfinetes para investigar o funcionamento da energia solar (efeito fotovoltaico e fotoelétrico).

23 respostas



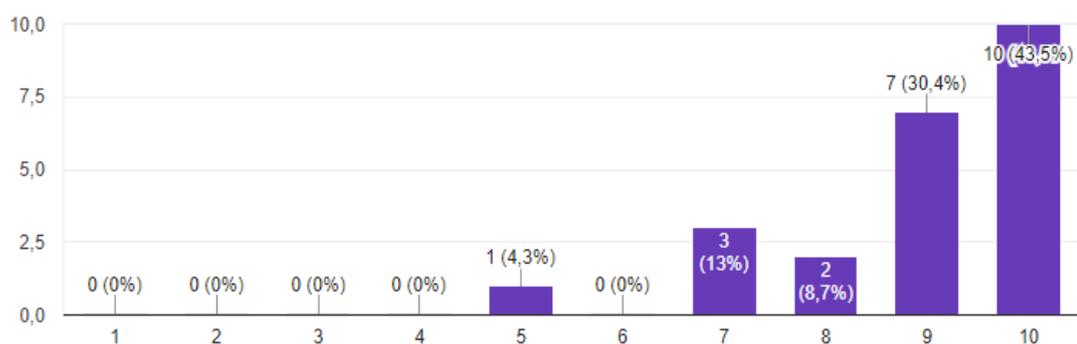
Questão 2 – A demonstração das diferentes tensões necessárias para acender cada cor de LED.

23 respostas



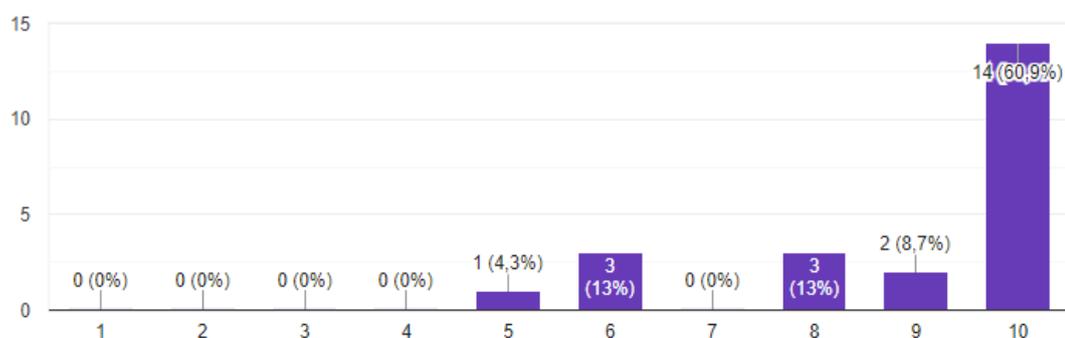
Questão 3 – A simulação e as questões investigativas no laboratório de informática sobre o efeito fotoelétrico.

23 respostas



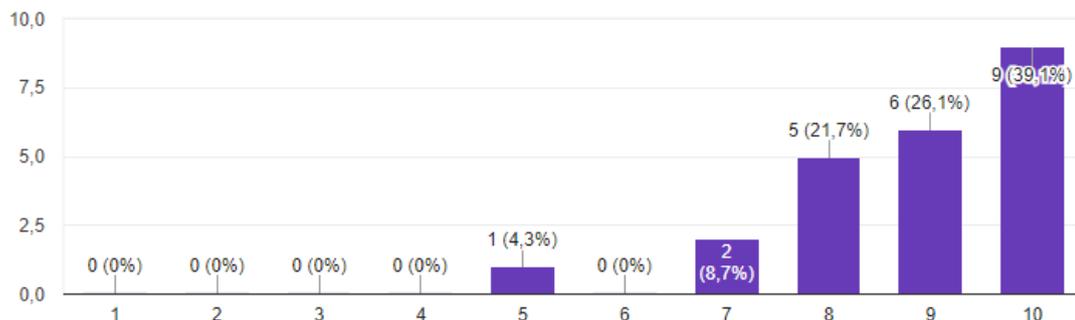
Questão 4 – A construção experimental dos circuitos elétricos nas placas protoboard utilizando o LDR e outros componentes elétricos.

23 respostas



Questão 5 – O acompanhamento e as questões do diário de bordo.

23 respostas



SEÇÃO 3

Deixe um comentário sobre como você se sentiu durante estas aulas ou se tem alguma contribuição para que elas possam ser melhoradas para os próximos anos.

Quadro G.1 – Respostas dos educandos ao espaço da seção 3.

Quero segunda temporada!!
Quero 2ª temporada <3
Tudo ótimo!
Gostei pra caramba, deveria ter tipo uns <i>easter eggs</i> durante o projeto, mais episódios e algumas questões bônus um pouco mais difíceis para só fazer quem sabe.
Quero segunda temporada pf e pode fazer do mesmo jeito nos próximos anos que certeza que vão gostar muito.
Adorei, parabéns pelo trabalho.
Manter o mesmo.
Quero segunda temporada!!
Senti-me empolgado, por ser um modelo de aula diferente.
As aulas foram muito melhores, mais simples de aprender e de uma forma mais leve.
Gostei muito desse novo modelo de aula, achei que a aprendizagem é muito boa, e se torna uma forma mais leve de aprender, aguardamos a parte 2
Mais atividades iguais a essas e práticas.

Cadê a segunda temporada???
Gostei muito desta técnica de aprendizagem, consegui aprender mais facilmente o conteúdo e todas as aulas foram ótimas.
Acredito que certas atividades precisavam de mais tempo para serem efetuadas por que não deu tempo o suficiente para fazer atividades como a do mapa conceitual com os alfinetes, mas fora isso foi mt daora é nois.
A forma como a aulas foram conduzidas foi realmente muito legal, exceto pelo fato de eu não poder estar presente, creio que isso dificultou a minha compreensão dos conteúdos e trabalhos, mesmo muitas vezes auxiliando em pesquisas de casa. Mas foi muito legal, um modo diferente e muito atrativo de ver um conteúdo.
Eu gostei bastante das aulas dinâmicas, acho que poderia melhorar a narrativa da história e fazer ela um pouco mais complexa, sendo mais desafiador.
Quero a segunda tp.
As dinâmicas foram muito bacanas, por nos proporcionarem momentos de aprendizagens com atividades práticas.
A aula faz com que surja o interesse pelo conteúdo, aulas práticas geram maior contato com o que acontece realmente e assim, o aprendizado ocorre. O método contempla tanto alunos visuais, auditivos e sinestésicos.
Realmente tem uma maior interação e é bem cativante, o que resulta em melhor aprendizado, além de que é muito bem trabalhado, poderia melhorar com a colocação de segredos escondidos visualmente, no qual faz ser mais incentivador.

Fonte: Autoria própria.