

## CONCEITOS MODERNOS PROPELIDOS POR JOGOS PEDAGÓGICOS EM UM PANO DE FUNDO CLÁSSICO: UEPS SOBRE A INTERAÇÃO DAS RADIAÇÕES COM A MATÉRIA

*Modern concepts stimulated by pedagogical games on a classic background: PMTU on the interaction of radiations with matter*

**Renatto Barbosa de Souza** [renattobsouza@gmail.com]

*Escola Estadual Eduardo Milton da Silva*

*Rua Valmiro Catta Preta, 75, Bairro Anastácio Roque – CEP: 39820-000 - Novo Cruzeiro-MG*

**Luizdarcy Matos Castro** [darcy\_castro2005@yahoo.com.br]

**Simara Santos Campos** [simaracampos@gmail.com]

*Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)*

*Estrada do Bem Querer, Km 04 – CEP: 45031-300 - Vitória da Conquista-BA*

*Recebido em: 20/10/2019*

*Aceito em: 21/04/2020*

### Resumo

Na esteira das discussões acerca da introdução de temáticas ligadas à Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Escola Básica, diante da constatação de que atualmente a necessidade dessa inserção no currículo escolar não mais é alvo de questionamentos, nem mesmo o são os tópicos a especificamente priorizar face à abundância de assuntos de estudo, mas ainda importa prescrever a forma como estes devem ser abordados em sala de aula, apresentamos este trabalho, o qual consiste no recorte de uma dissertação de mestrado produzida no âmbito do programa MNPEF. Ele tem por propósito (a) tecer considerações a respeito da forma pela qual conceitos próprios à FMC podem ser tratados no Ensino Médio (EM); (b) ilustrar esta ideia por via da abordagem de um tema particular, nomeadamente *a interação das radiações eletromagnéticas com a matéria*; (c) construir e discutir a implementação de uma sequência didática associada a este tema em uma turma da 2ª série do EM de uma escola pública em que se fez uso de jogos pedagógicos como apoio ao processo de ensino-aprendizagem; e (d) expor e analisar os resultados da implementação da sequência didática quanto a sua efetividade no que se refere à capacidade de despertar o interesse dos alunos e proporcioná-los conhecimento minimamente sólido e coerente acerca dos processos fundamentais abordados. Não obstante os entraves casuais ligados a paralisações esporádicas de parte do transporte escolar durante a fase de aplicação, o contínuo progresso apresentado pelos alunos ao longo das avaliações diagnósticas aponta de maneira indisputável para a ocorrência de aprendizagem significativa. Todo o trabalho está respaldado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, particularmente em seus refinamentos trazidos à tona por Marco Antônio Moreira por meio das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem significativa. UEPS. Radiações eletromagnéticas. Física Moderna e Contemporânea. Jogos pedagógicos.

### Abstract

In the wake of the discussions about the introduction of themes related to Modern and Contemporary Physics (MCP) in Basic School, given the realization that currently the need for this insertion in the school curriculum is no longer the target of questions, not even to which topics to prioritize specifically given the abundance of study subjects, but it is still important to prescribe how these should be approached in the classroom, we present this work, which consists of the

clipping of a master's thesis produced under the MNPEF program. Its purpose is (a) to make considerations about how concepts proper to MCP can be treated in High School (HS); (b) illustrate this idea by considering a particular theme, namely the interaction of electromagnetic radiation with matter; (c) construct and discuss the implementation of a didactic sequence associated with this theme in a second grade class of a public school in which educational games were used to support the teaching-learning process; and (d) expose and analyze the results of the implementation of the didactic sequence regarding its effectiveness in terms of the ability to arouse the students' interest and provide them with a minimally solid and coherent knowledge about the fundamental processes approached. Notwithstanding the casual obstacles linked to sporadic shutdowns of part of the school transport during the application phase, the continuous progress made by students throughout the diagnostic assessments points indisputably to the occurrence of meaningful learning. All this work is supported by Theory of Meaningful Learning of Ausubel, particularly in its refinements brought to light by Marco Antonio Moreira through the Potentially Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU).

**KEYWORDS:** Meaningful Learning. PMTU. Electromagnetic Radiations. Modern and Contemporary Physics. Educational games.

## 1. INTRODUÇÃO

Não obstante as várias justificativas em favor da introdução de temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo da Escola Básica, especialmente no Ensino Médio (EM), durante mais de duas décadas de discussões (BATISTA e SIQUEIRA, 2017), o currículo de Física nas instâncias básica e superior ainda não foi adequadamente reformulado para atender às exigências de atualização, estando ainda distante de assumir para si problemas e conceitos que amiúde são vistos nos mais variados meios de informação aos quais têm acesso os alunos (OLIVEIRA *et al*, 2007). Como pontua este trabalho,

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. (p. 2)

Os reflexos de um currículo defasado manifestam-se com proeminência na atividade docente quando dos momentos de escolha dos conteúdos a serem ministrados em aula. Em última escala, isso se soma a outros fatores de modo a contribuir ainda mais para a desmotivação dos alunos, uma vez que imersos num mundo permeado por aparatos tecnológicos e a todo momento bombardeados por termos e alusões à física quântica, relatividade e cosmologia, terminam por terem suas expectativas terrivelmente frustradas, uma vez que não encontram nas aulas sequer acolhimento a seus anseios. Em grande medida as dificuldades de inserção de temas associadas à FMC estão relacionadas aos processos formativos pelos quais passaram os professores, excessivamente focada em aspectos técnicos e no formalismo matemático apresentado nas disciplinas (MONTEIRO *et al*, 2009).

A legislação educacional atual, na figura da BNCC (2017), estimula a abordagem de temas relacionados à FMC, entre os quais fusão e fissão nuclear, modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos, astronomia, evolução estelar, radiações ionizantes e não ionizantes. A necessidade de se incluir a temática da interação entre radiações eletromagnéticas e matéria, em particular, no seio

da Física de Ensino Médio, objeto de estudo deste artigo, é testificado na primeira *Competência específica para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias* da citada BNCC:

[...] podem-se estimular estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação [...]. (BRASIL, 2017, p. 554)

Assim, o problema com o qual hoje em dia nos deparamos – para além das deficiências de formação inicial dos professores – não diz respeito à conveniência ou não da abordagem de conceitos recentemente descobertos pela Física, discussão há muito superada; nem tampouco sobre o que, em específico, priorizar na Escola Básica no tocante a tais conceitos; mas certamente urge, com todo o vigor, a tarefa de prescrever o modo pelo qual esses tópicos de FMC devem ser trabalhados dentro da sala de aula. Nas palavras de Batista e Siqueira (2017), “os desafios, atualmente, voltaram-se para ‘como’, na prática, inserir seus conteúdos de maneira inovadora em sala de aula” (p. 1).

De forma bastante geral, as preocupações deste trabalho estarão concentradas em apontar uma via capaz de fornecer soluções para o aludido problema. Para tanto, como o exemplo geralmente ensina-nos muito mais que uma multidão de palavras organizadas e entretidas ao sabor de alguma retórica, assumimos como maior propósito o de apresentar e discutir os resultados da implementação de uma sequência didática sobre a interação das radiações eletromagnéticas com a matéria em que conceitos próprios da FMC são trabalhados tendo como pano de fundo todo um arcabouço de procedimentos e métodos desenvolvidos pela Mecânica Clássica. Ela foi construída segundo os moldes predefinidos por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), fundamentada nos princípios norteadores da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (MOREIRA, 2011). Jogos pedagógicos foram desenvolvidos e estrategicamente aplicados de modo a servirem como instrumento de estímulo para o estudo e aprendizado dos tópicos trabalhados. Em suma, mostrar-se-á uma sugestão de como pode a FMC ser abordada na escola.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo das linhas seguintes discorreremos sucintamente sobre os referenciais teóricos que fundamentaram e respaldaram as ações, os olhares e as análises desenvolvidas no presente trabalho.

### 2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Ausubel (1918-2008), psicólogo da educação estadunidense, em sua teoria da aprendizagem chamada *Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)*, advogou a importância de se averiguar os conhecimentos prévios dos alunos antes de se aventurar a ensiná-los novos conteúdos:

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a tão somente um princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe; verifique isso e ensine-o de acordo. (AUSUBEL, 1968, p. vi.) (Tradução nossa.)

Ausubel ademais afirmou que ocorrerá a aprendizagem significativa não apenas se o que for ensinado se sustentar em um conhecimento que o aprendiz já sabe, mas se este conhecimento, preexistente na estrutura cognitiva, isto é, no conteúdo total e organização de ideias do indivíduo, tiver, ele mesmo, sido aprendido de “maneira não arbitrária e não literal” (MOREIRA, 2009, p.7).

Resumidamente, segundo Ausubel a fim de que haja aprendizagem significativa não basta que o que se ensina encontre conhecimentos prévios correlatos na estrutura cognitiva; estes conhecimentos verdadeiramente respaldarão os novos se eles mesmos tiverem sido aprendidos de maneira significativa, ocasião em que se chamarão *subsunçores*. Com relação a estes, pode-se de maneira mais precisa dizer que:

É um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (i. e. que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação). (MOREIRA, 2009, p.8)

Como contraponto à aprendizagem significativa, Ausubel definiu outro tipo, denominado *aprendizagem mecânica*, caracterizada como sendo aquela em que:

Novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. (MOREIRA, 2009, p.9-10)

Oportuno, é, dizer que em situações nas quais um conhecimento seja inteiramente novo ao aprendiz, sem real conexão, ainda que mínima, com qualquer coisa que ele saiba, a aprendizagem mecânica não é apenas preferível, mas necessária à aquisição do conhecimento.

Uma questão via de regra fonte de calorosos debates entre professores de ciências da natureza e profissionais da educação diz respeito ao uso de experimentos como auxílio a atividades pedagógicas: de um lado há quem defenda um uso contínuo de atividades experimentais tendo como alibi o caráter empírico das ciências naturais, seja ela Física, Química ou Biologia; de outro, estão aqueles mais flexíveis, argumentando que as práticas laboratoriais nem sempre dão origem a contribuições efetivas para o aprendizado, podendo, pois, serem dispensadas em muitas ocasiões, mas empregadas em situações mais oportunas e cruciais. Nesse sentido, Ausubel distingue a aprendizagem por *descoberta* da aprendizagem por *recepção*, e coloca condições para que ocorra a aprendizagem significativa:

Segundo Ausubel, na aprendizagem receptiva o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto estabelecer ligações a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Isto é, por recepção ou por descoberta, a aprendizagem só é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se o novo conteúdo incorpora-se, de forma não arbitrária e não literal, à estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2009, p. 10)

Isto significa que, ao contrário do que pensam e propalam muitos, aulas expositivas podem ser mais efetivas, em termos de aprendizagem, do que o contato frequente e, como muitas vezes ocorre, metódico com experimentos em atividades de laboratório.

## 2.2. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Dentro desta discussão geral, resta abordar as condições nas quais a aprendizagem significativa não só é possível, como provável, ou seja, quais requisitos, exigências, sendo atendidos, favoreceriam um aprendizado ao qual o indivíduo fosse capaz de dar sentido por si mesmo. De acordo com a TAS (MOREIRA, 2009) uma das condições é que o material seja potencialmente significativo; a outra, de caráter individual, mas não menos crucial, liga-se ao interesse do aluno em relacionar a nova informação, a saber, o material potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não arbitrária. Um material é dito ser potencialmente significativo se acata a dois imperativos: tenha significado lógico, ou seja, situe-se dentro do domínio da capacidade humana de aprender; e possa ser relacionável a elementos pertencentes à estrutura cognitiva do aprendiz através de subsunçores.

Tencionando balizar as orientações que regulariam a construção de tais materiais, haja vista o vácuo deixado por Ausubel ao referir-se a eles sem tê-los normatizado, Moreira (2011) traça recomendações explícitas acerca de quais passos essenciais devem ser seguidos para que uma sequência didática corresponda a uma por ele chamada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). As normas para sua construção podem ser encontradas a partir da p. 3 do referido trabalho.

## 2.3. O JOGO PROPOSTO E SEU USO EM SALA DE AULA

Como foi discutido, não é necessariamente uma aula fundamentada em experimentos que irá promover uma aprendizagem significativa, nem tampouco aulas expositivas são as mais adequadas para tal intento; tanto numa como noutra, seja a aprendizagem efetuada por descoberta ou por recepção, o aluno apenas será capaz de dar sentido real ao conteúdo que incorporou à sua estrutura cognitiva se este mesmo conteúdo se apoiar e for sustentado por informações em si mesmas significativas para o aluno.

A subseção precedente, por sua vez, tratou de abordar as condições que favoreceriam uma aprendizagem significativa; por outras palavras, que procedimentos o professor deve realizar com o intuito de evitar uma aprendizagem meramente mecânica. Apontou-se que há tão somente duas condições: a primeira delas, o material deve ser potencialmente significativo, algo para cuja construção existem normas bastante específicas, técnicas inerrantes para a confecção, como exemplifica o modelo de UEPS proposto por Moreira (2011); a segunda, de caráter mais delicado por não haver orientações infalíveis para ser desencadeada, diz respeito ao interesse do aluno em relacionar de maneira não literal e não arbitrária o material trabalhado pela sequência didática à sua estrutura cognitiva.

Exatamente nessa segunda condição necessária à aprendizagem significativa, zona de solo pantanoso e movediço devido à natureza instável e volúvel do interesse do estudante da Escola Básica, que os jogos didáticos vêm encontrar sua máxima expressão. De fato, os jogos didáticos, por estarem amplamente disseminados por todas as culturas, proporcionam prazer e adaptam-se às diversas fases do desenvolvimento, promovendo, como resultado, a aprendizagem (VERA, 2006).

Por colocar o aprendiz como sujeito ativo no processo de aprendizagem, desperta ainda mais seu interesse para os conceitos envolvidos. Não bastasse isso, o jogo educacional é ainda capaz de estimular e aprimorar o desenvolvimento de habilidades caras não apenas ao convívio em sociedade, como também ao desenvolvimento da própria personalidade:

[...] mediante o jogo didático, vários objetivos podem ser atingidos, relacionados à cognição (desenvolvimento da inteligência e da personalidade, fundamentais para a construção de conhecimentos); afeição (desenvolvimento da sensibilidade e da estima e



atuação no sentido de estreitar laços de amizade e afetividade); socialização (simulação devida em grupo); motivação (envolvimento da ação, do desafio e mobilização da curiosidade) e a criatividade. (MIRANDA, 2001 apud RAHAL, 2009, p.02)

De acordo com Pereira *et al* (2009), os jogos educacionais podem ser trabalhados no EM de várias maneiras, das quais listamos as três mais pertinentes: (i) em sala de aula, seja para abordar um conteúdo ou uma avaliação; (ii) como trabalhos escolares; (iii) como uma prática que, ao jogar, os alunos estudem o conteúdo para uma prova. Por sua vez, Fontes *et al* (2016) acrescentam que, no ensino de Física, os jogos didáticos podem ser utilizados, dentre outras finalidades, para revisar ou sintetizar pontos relevantes do conteúdo.

Seguindo de perto essas observações, nos propomos a nós mesmos utilizá-los, como já adiantado, para instigar o interesse do aluno em apreender significativamente o material constituinte da UEPS que confeccionamos, empregando-os com os dois principais propósitos: (a) motivar o estudo e apreensão dos tópicos trabalhados antes da aplicação do jogo, haja vista que serão os referidos tópicos matéria das questões apresentadas durante o jogo; (b) consolidar o aprendizado durante o estudo de tais assuntos, por ocasião das respostas às questões interpostas pelo oponente ao longo da partida.

No que toca ao estilo, optamos por um jogo de tabuleiro do tipo trilha, construído pelos próprios autores mediante recursos do programa *Microsoft Excel* (2007). Sendo jogado por uma dupla contra outra, o caminho do jogo é percorrido por dois peões ao longo de sítios numerados, cujas posições finais ficarão definidas pelo número de casas a se avançar indicadas pela numeração da face superior de um dado de seis lados após ser este jogado. Há, ao longo do caminho, como é comum em tais jogos, sítios especiais os quais exigem a leitura de um cartão (*card*) onde se encontra uma questão: consoante se acerta ou não a resposta à questão, obedece-se a uma ordem relativa ao avançar ou ao retroceder certo número de casas. A figura 1 a seguir ilustra como foram confeccionados os cards, exibidos em sua íntegra no Anexo 1.

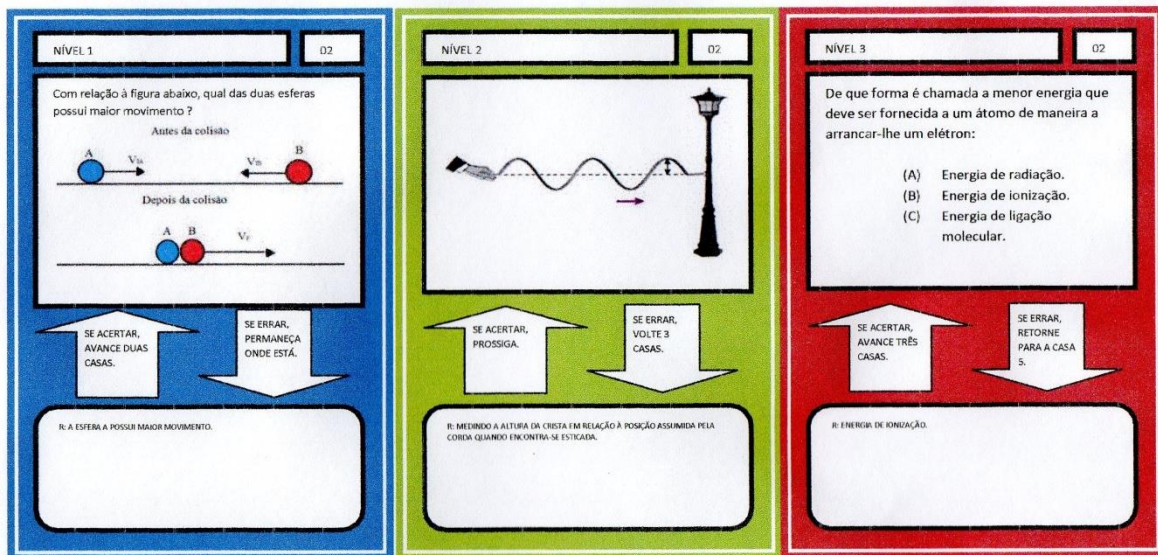


Figura 1 - Ilustração de cards dos três níveis

Fonte: Os autores.

Constituído por três níveis com caráter classificatório e eliminatório, conforme disposto na próxima seção o jogo pedagógico que desenvolvemos contém questões elaboradas sobre os tópicos pertinentes. No que toca às questões, o número delas varia do primeiro para o segundo nível: no

Nível 1, 10 questões, Nível 2 com 15, e Nível 3 com 15 questões. Abaixo se expõe a aparência geral dos tabuleiros associados aos três níveis.

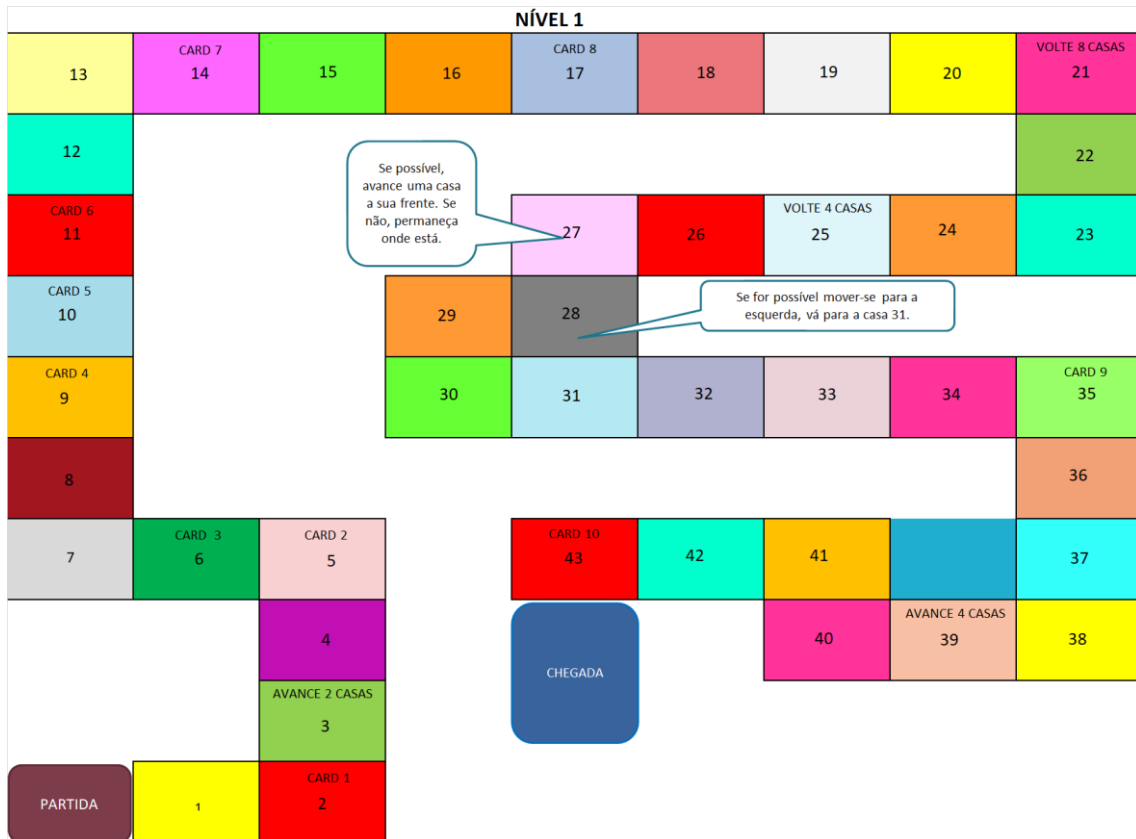


Figura 2 - Tabuleiro relativo ao nível 1.

Fonte: Os autores.

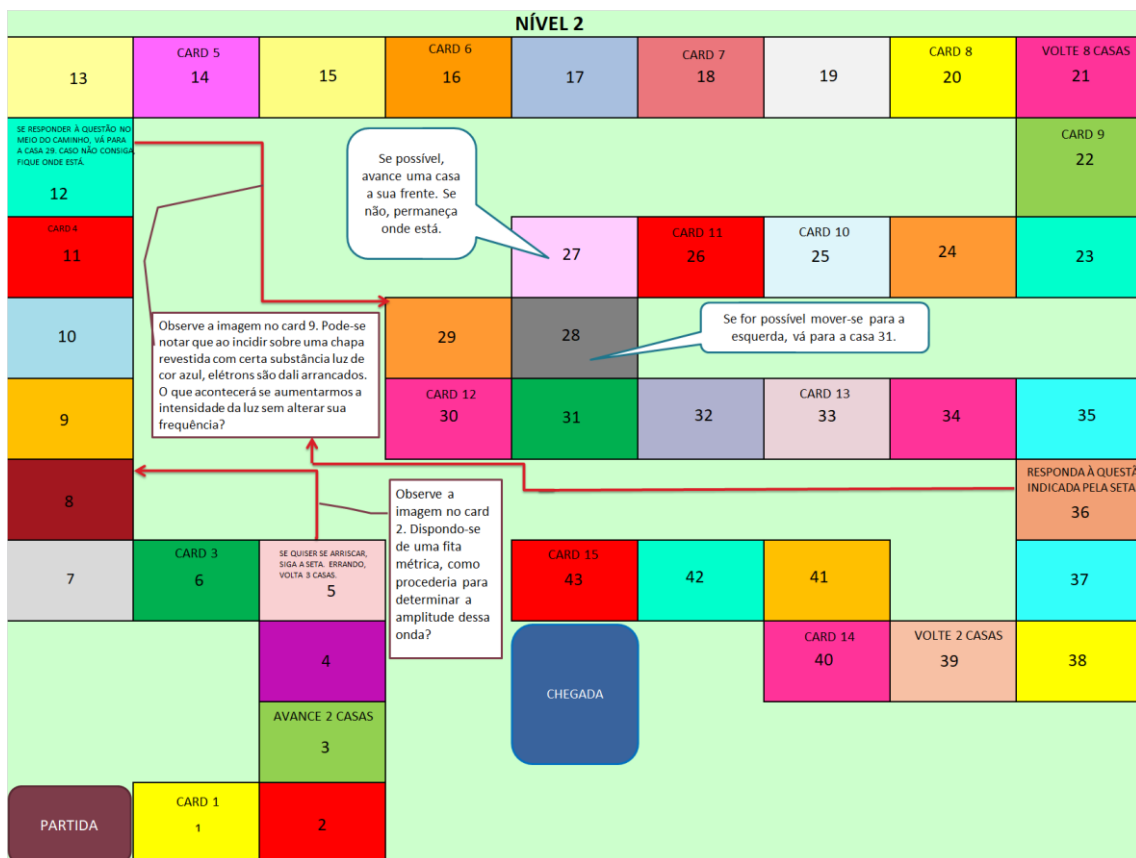


Figura 3 - Tabuleiro relativo ao nível 2.

Fonte: Os autores.

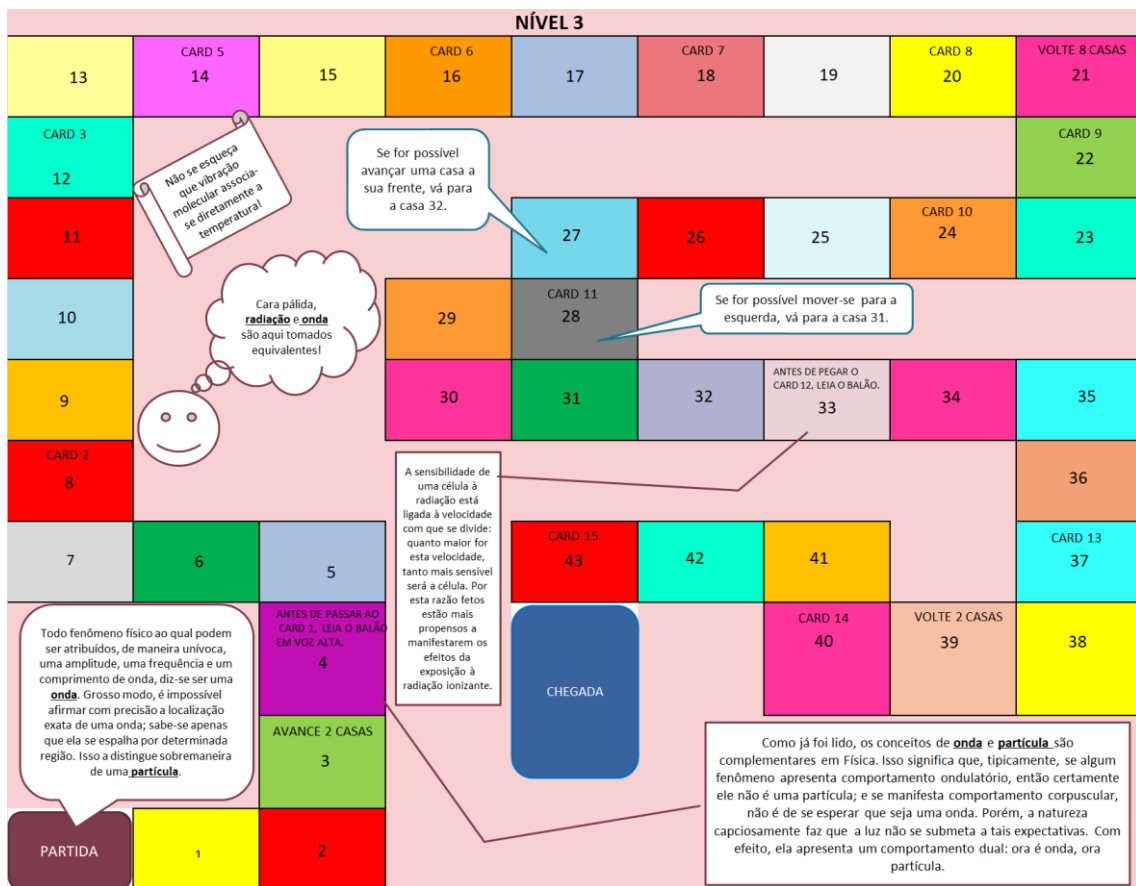


Figura 4 - Tabuleiro associado ao nível 3.

Fonte: Os autores.



No primeiro nível quem realiza as perguntas a seu oponente entra em contato com a correspondente resposta. Nos demais, não: este encargo foi destinado aos árbitros, alunos dispostos também a fiscalizar e orientar as partidas – um para cada confronto. Não se arroga, contudo, qualquer fundamentação teórica para esta sistemática; sua predileção se circunscreve ao âmbito puramente circunstancial, especificamente ligado à existência de alunos ociosos em sala no momento das partidas.

No que se segue apresentamos a metodologia da qual nos servimos para administrar o conteúdo relativo à interação entre radiações e matéria ao público-alvo, qual seja, alunos da 2ª série do EM de uma escola pública localizada no interior de Minas Gerais. Os momentos constituintes da sequência didática são em seguida delineados, e as correspondentes interligações destes aos passos normativos de uma UEPS, explicitadas.

### 3. METODOLOGIA

A avaliação da efetividade de uma sequência didática em promover o interesse pelo estudo acerca do qual versa, e facilitar a apropriação do conteúdo tratado na forma de um aprendizado significativo, invariavelmente demanda o planejamento antecipado da estrutura responsável por sustê-la, a subsequente aplicação à classe de alunos a que se destina, concomitante observação das reações deste público, e uma posterior reflexão da qual se inferirá ou não a capacidade de atingir seu fim.

A coleta das informações que respaldaram as conclusões a que chegamos no presente trabalho se viu realizada segundo mais de uma via, nomeadamente: *questionário de concepções prévias* com vistas à indicação do estado primordial em que se encontravam os alunos no que se refere a conhecimentos sobre o assunto a ser tratado; observação e análise das ações e reações manifestadas pelos alunos durante as atividades demandadas pela sequência didática; e escrutínio de respostas dadas à avaliação escrita final individual a eles submetida.

Em síntese, todas as ações foram pautadas pelos ditames metodológicos distintivos de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), uma vez que esta estabelece, como avaliação da aprendizagem do conteúdo organizado segundo seus princípios, o registro de tudo o que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

#### 3.1. PÚBLICO-ALVO

A sequência foi aplicada em uma turma de 2ª série do Ensino Médio, composta por 37 alunos, de uma escola da Rede Estadual de Ensino, localizada em um município do interior de Minas Gerais, a aproximadamente 614 km de Belo Horizonte. Por ser a única escola que oferece o Ensino Médio na sede do município, com as demais se localizando na zona rural, comporta alunos dos mais variados estratos sociais que compõem a população do Município. A turma em causa tem mais de 50% de seus alunos provenientes de regiões rurais circunvizinhas.

#### 3.2. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A implementação ocorreu entre os meses de julho e setembro de 2018, ao longo de 14 aulas de 50 minutos cada, organizadas segundo 9 momentos, a seguir discutidos de maneira sintética. Antes de passar à discussão da estrutura que soergue a sequência didática, é oportuno

recordar que a sugestão de uma forma pela qual conteúdos de FMC podem ser inseridos na Educação Básica, enquanto um dos propósitos do presente trabalho, será ao longo das próximas etapas levada a efeito. De fato, tópicos como *dualidade onda-partícula*, *efeito fotoelétrico* e *espalhamento Compton* estiveram presentes de maneira expressa ou não nas discussões, sempre fundamentados em conceitos clássicos com os quais os alunos já haviam entrado em contato, mormente aqueles relativos ao estudo de colisões entre partículas materiais.

### 1º Momento

Não prevista pelos passos constituintes de uma UEPS (MOREIRA, 2011), a existência deste momento se justifica oportunidade de rememoração dos conceitos clássicos, precedentemente estudados, sobre os quais a interação das radiações eletromagnéticas com a matéria esteve assentada.

**Quadro 1** - Objetivos e finalidades associadas ao 1º Momento.

1º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
1ª	Aplicar o <i>Jogo Pedagógico Nível 1</i> a fim de consolidar e retomar conhecimentos sobre os tópicos usuais abordados quando do estudo de Colisões e Quantidade de Movimento.

Fonte: Os autores.

### 2º Momento

Associado ao 1º e 2º passos dentro da estrutura de UEPS, neste momento se procurou definir os tópicos a serem abordados e propor situações que levassem os alunos a revelar seus conhecimentos prévios sobre o assunto.

**Quadro 2** - Objetivos e finalidades associadas ao 2º Momento

2º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
2ª	Levantar as concepções que têm os alunos a respeito de alguns dos tópicos centrais à temática da <i>interação entre radiações eletromagnéticas e matéria</i> .

Fonte: Os autores.

Inicialmente foram feitas algumas perguntas à classe em forma de discussão. Após isso, um questionário discursivo para registro das concepções prévias foi à turma distribuído.

### 3º Momento

Seguindo o 3º passo de uma UEPS, buscou-se propor situações-problema, a nível introdutório, que levassem em conta o conhecimento prévio do aluno e que, ao mesmo tempo, contribuíssem para preparar o terreno ao que estaria por vir.

**Quadro 3** - Objetivos e finalidades associadas ao 3º Momento

3º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
3ª	Propiciar, nos alunos, a capacidade de confrontar o comportamento corpuscular com o ondulatório.
4ª	Chamar a atenção para o comportamento dual exibido pela luz.

**Fonte:** Os autores.

As ações foram conduzidas de maneira a responder a uma situação-problema (MOREIRA, 2011), a saber: *A luz comporta-se como onda ou como “corpo”, ainda que seja este imaterial?* Por essa razão, na primeira das duas aulas simulações foram exploradas com o intuito de destacar (a) propriedades do comportamento corpuscular que seriam relevantes quando a luz fosse examinada, por meio do programa *Laboratório de Colisões*, no PhET, e chamar a atenção para (b) qualidades do movimento ondulatório exibidas na água e no ar, mediante o programa *Interferência de Ondas*, da mesma plataforma.

Finalmente, na segunda aula o comportamento dual da luz recebeu o devido realce: primeiro, por meio de uma experiência virtual no já citado *Interferência de Ondas*, o comportamento ondulatório se viu manifesto quando se propagava de um ponto a outro do espaço; depois, enfatizou-se o comportamento corpuscular da luz exibido quando de sua interação com a matéria, algo realizado com o uso do programa *Efeito Fotoelétrico*, também do PhET.

#### 4º Momento

Em consonância com as orientações gerais relativas ao 4º passo de uma UEPS, neste momento se procurou promover a apresentação do conhecimento a ser aprendido, começando com aspectos mais gerais e finalizando com conceitos mais específicos.

**Quadro 4** - Objetivos e finalidades associadas ao 4º Momento

4º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
5ª	I. Estabelecer, em definitivo, o comportamento corpuscular da luz; II. Nominar as partículas que a compõem; apresentar a relação entre massa e energia proposta por Einstein;
6ª	III. Introduzir a fórmula de Planck para o cálculo da energia de um fóton; IV. Derivar a expressão para quantidade de movimento do fóton.

**Fonte:** Os autores.

Na primeira das duas aulas houve distribuição e subsequente análise de texto impresso, intitulado *Fótons: Energia e Quantidade de Movimento*, redigido pelos autores deste trabalho, por meio do qual foram atingidos todos os objetivos do momento em causa. Na aula seguinte, os alunos procederam ao cálculo da quantidade de movimento de fótons associados a algumas radiações do espectro eletromagnético.

## 5º Momento

Muito embora este momento não se enquadre dentro da estrutura de UEPS prevista por Moreira (2011), o introduzimos, assim como se sucede com os demais dois em que há a aplicação dos jogos, almejando que se concretizasse como indutor de ânimo ao estudo dos tópicos subsequentes e retomada do que se passou. Além disso, não se pode perder de vista o caráter multifuncional dos jogos, com contribuições desde ao desenvolvimento da cognição, passando pela promoção da socialização e afeição (MIRANDA, 2001).

**Quadro 5 - Objetivos e finalidades associadas ao 5º Momento**

5º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
7ª	Aplicar o Jogo Pedagógico Nível 2 com o intento de promover consolidação para o que foi, e estímulo ao que será trabalhado.

Fonte: Os autores.

## 6º Momento

Orientando-nos pelo 5º passo de uma UEPS, procedemos à retomada dos aspectos mais gerais, porém em um nível mais alto de complexidade em relação à apresentação precedente. O recurso a situações-problema mais sofisticados se fez presente (MOREIRA, 2011).

**Quadro 6 - Objetivos e finalidades associadas ao 6º Momento**

6º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
8ª	I. Analisar tabelas onde se dispõem energias de ionização de certos átomos, e energias de algumas das ligações moleculares que compõem nosso corpo; II. Classificar as radiações em dois distintos grupos: ionizantes e não ionizantes.
9ª	Examinar as consequências da colisão de fótons pertencentes aos dois grupos referidos com moléculas de DNA presentes em células do corpo humano.

Fonte: Os autores.

Analisou-se as energias de ionização e de ligação molecular de alguns átomos e moléculas abundantes na natureza, e posteriormente se solicitou o cálculo da energia transportada por alguns fótons a fim de classificar as radiações em ionizantes e não ionizantes. Enquanto as primeiras são assim chamadas pelo fato de transportarem energias típicas acima de 14 eV e serem capazes de ionizar uma molécula de ar (TUBIANA e BERTIN, 1990), as outras, embora não provoquem ionização, quando incidem sobre a pele, por exemplo, podem causar um aumento de temperatura percebido ou não pelos sensores térmicos naturais, a depender do tempo de exposição, da intensidade da radiação e da espessura do tecido (SILVA *et al*, 2015).

Na segunda aula, tendo sido iniciada pela situação-problema *O que ocorrerá com uma molécula de DNA após de submeter à incidência de radiações ionizantes e não ionizantes?*, os efeitos da interação de diferentes radiações eletromagnéticas com o nosso corpo – interações estas da mesma espécie que aquelas presentes no efeito fotoelétrico e no espalhamento Compton em

razão do interesse nos níveis baixo e intermediário de energia dos fótons envolvidos (YOSHIMURA, 2009) - em especial com uma molécula de DNA, foram tratados.

O destaque especial conferido às moléculas de DNA se justifica em decorrência da função que assumem nos processos relativos à manutenção da vida como um todo (TUBIANA e BERTIN, 1990).

## 7º Momento

O 6º passo constituinte de uma UEPS foi caracterizado pela conclusão da unidade com a retomada das características mais relevantes do conteúdo à guisa de uma perspectiva integradora, em harmonia às normas de Moreira (2011).

**Quadro 7** - Objetivos e finalidades associadas ao 7º Momento.

7º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
10ª e 11ª	Apresentar trabalhos versando sobre as implicações biológicas das interações entre radiações ionizantes e não ionizantes com os seres vivos.
12ª	Recordar acontecimentos históricos que retratam as consequências tanto do mau uso, quanto da utilização imprudente, de tal energia nuclear, de onde provêm radiações ionizantes.

Fonte: Os autores.

Nas duas primeiras aulas houve apresentação dos trabalhos pelos grupos. Na última, considerações de vídeos sobre os acidentes de Chernobyl e Goiânia (com o césio 137), e debate acerca dos benefícios e males provocados pelas radiações ionizantes foram levadas a cabo, com especial realce à interação das radiações ionizantes com moléculas importantes, como a de DNA, provocando desde mutação genética à morte celular (OKUNO, 2013).

## 8º Momento

Antes de passar à avaliação final, neste momento uma recordação dos últimos conceitos trabalhados foi instigada pela participação no jogo em questão.

**Quadro 8** - Objetivos e finalidades associadas ao 8º Momento.

8º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
13ª	Aplicar do Jogo Pedagógico Nível 3 para o encerramento da sequência didática.

Fonte: Os autores.

## 9º Momento



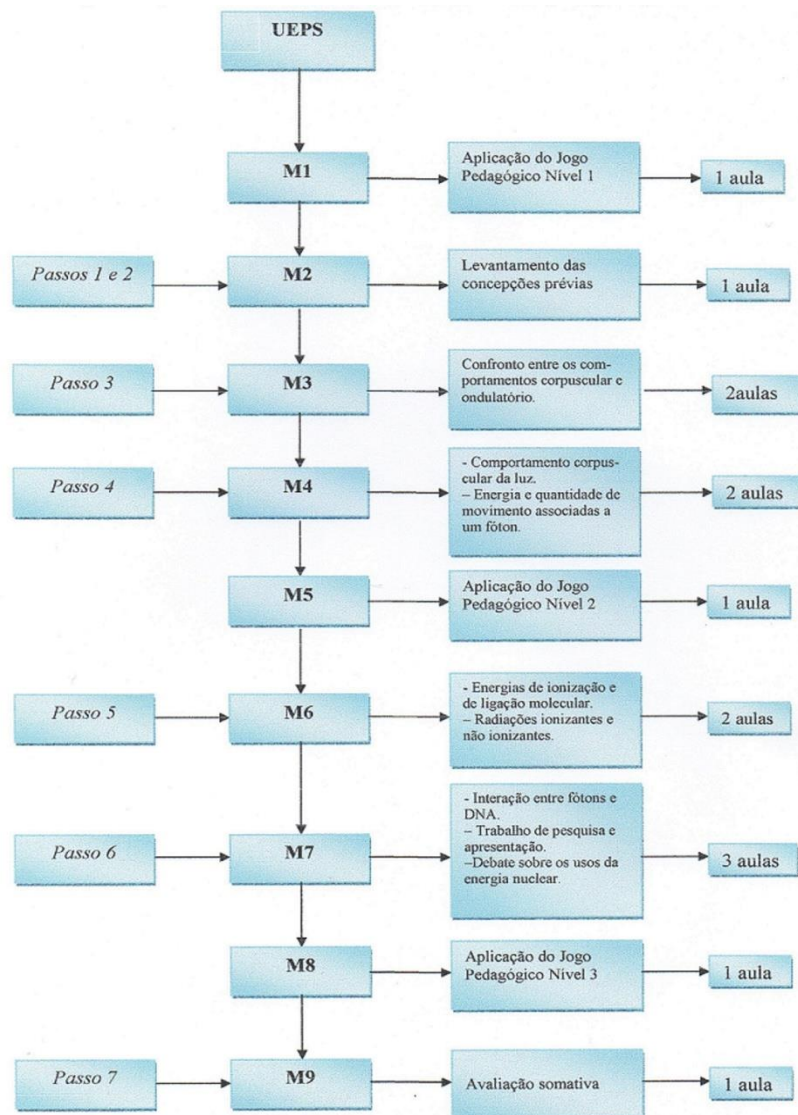
Aplicação da avaliação final em conformidade com o 7º passo da composição de uma UEPS, a ser tomada em pé de igualdade com a avaliação formativa materializada nas situações, tarefas resolvidas colaborativamente e registros do professor (MOREIRA, 2011).

**Quadro 9** - Objetivos e finalidades associadas ao 9º Momento.

9º Momento	
Aula	Objetivos e finalidades
14ª	Submeter os alunos à avaliação final.

Fonte: Os autores.

A figura 5 apresenta uma síntese, em termos esquemáticos, do delineado acerca da sequência didática:



**Figura 5** - Diagrama esquemático inter-relacionando passos, momentos e tópicos da UEPS.

Fonte: Os autores.

## 6. RESULTADOS E ANÁLISES

Considerando que a avaliação da aprendizagem ocorrida por meio do emprego de uma UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, levando em conta tudo o que possa ser julgado indício de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011), e buscando-se atender aos requisitos responsáveis por validar uma pesquisa qualitativa tal qual a que aqui se empreende, especificamente no que se referente às múltiplas formas de coleta de dados (ANDERSON e HERR, 2016), analisaremos os resultados relativos a três etapas distintas de avaliação: os dados coletados mediante o questionário de avaliações prévias (previsto no *passo 2*), informações relativas a envolvimento e reações dos alunos durante as aulas (*passo 8*), e desempenho apresentado na avaliação final individual aplicada na última aula da sequência (*passo 7*).

### 6.1. QUESTIONÁRIO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Seguindo sugestão de Ausubel de averiguar aquilo que o aluno já sabe para, a partir disso, ensiná-lo de acordo (AUSUBEL, 1968), foi aplicado, no começo do estudo do assunto principal da UEPS, um questionário visando ao levantamento das concepções prévias dos alunos a respeito de alguns temas. Feito isso, e examinadas as respostas concedidas, foi possível determinar com precisão os pontos mais vulneráveis e, por isso mesmo, dignos de maior atenção no desenrolar das aulas. No decorrer do trato dos resultados, visando preservar a identidade nominal de cada aluno, serão usados os seguintes símbolos para identificá-los: A1, A2, A3 a A37.

Na segunda das aulas da sequência foi distribuído um questionário para cada dupla de alunos com o objetivo de coletar o conhecimento que os mesmos traziam a respeito de alguns tópicos centrais ao estudo antes que estes fossem tratados de maneira oficial. A primeira questão do dito questionário solicitava-lhes que externassem como imaginavam o propagar da luz. Tencionando prover subsídios às respostas que poderiam fornecer sem, contudo, fazer qualquer imposição, foram descritos dois peculiares fenômenos: as ondas circulares oriundas da perturbação provocada na superfície de um lago pelo choque de uma pedra com suas águas calmas; e a imagem de gotas de chuva caindo de nuvens. Algumas respostas estão abaixo transcritas:

A16 e A37: “Raios de luz incidem igual ao exemplo da pedrinha quando entra em contato com a água, no início há mais intensidade e conforme atinge pontos mais distantes a intensidade diminui.”

A8 e A17: “Eu imagino que no caso da luz a propagação dela ocorra das duas maneiras, no caso que ela se movimentava até colidir com um objeto que permite que sua movimentação se interrompa causando ondas que se expandem pela superfície.”

A7 e A27: “O propagar da luz se dá instantaneamente, quanto mais próximos estivermos da luz, mais a veremos intensa e à medida que nos afastamos a veremos com menos intensidade, como o movimento que a pedra proporciona à superfície da água, propaga-se a luz de uma lâmpada ao ligarmos o interruptor.”

Na questão (3), após ter-se comentado durante as discussões iniciais que a luz pode se manifestar nas mais variadas formas, desde as micro-ondas aos raios gama, passando pelo espectro visível, pede-se para explicar a origem de tão grande multiplicidade. Caminhando segundo o que preconizava Pestalozzi no que se refere ao partir do desconhecido ao conhecido (ZANATTA, 2005), traçam-se alguns comentários acerca do conceito de frequência, discute-se desde as qualidades que ela confere às ondas sonoras ao estabelecimento de uma faixa de sons que são audíveis aos seres humanos. Algumas respostas dos alunos:

A7 e A27: “As formas de luz são variadas, como a variação de Hertz. O ser humano é incapaz de ouvir frequências acima de 20.000Hz e abaixo de 20Hz, assim como é incapaz de ver os raios ultravioleta e os raios infravermelhos. Os tipos de luz variam de acordo com o corpo que a emite.”

A3 e A5: “Algumas luz nós temos a capacidade de ver assim como alguns sons que podemos ouvir e outros não, assim as luzes que não podemos ver tem uma frequência maior do que podemos ver.”

A15 e A34: “Existem várias radiações que geram os tipos de luz. Luz com radiações altas e luz com radiações baixas que possam ser possíveis a visualização.”

Na questão (4) faz-se a seguinte indagação: “A luz, ao incidir nos objetos, pode lhes aumentar a temperatura?” Algumas não são informativas, outras, por seu turno, atribuem à luz temperatura ou calor:

A16 e A37: “Sim, a luz aquece e ilumina como por exemplo a lâmpada quando você a deixa ligada por um tempo você consegue perceber que começa a incidir ‘calor’ .”

A35 e A36: “Sim, pois a luz ilumina e aquece, por exemplo, o Sol ao incidir sobre a Terra.”

A4 e A31: “Sim, pois as luzes, assim como o Sol, contém energia térmica.”

A3 e A5: “Sim, pois a luz é uma energia. Exemplo quando a luz solar se incide em um objeto de ferro ele tende a esquentar.”

A1 e A33: “Sim, porque a luz é uma energia que pode variar a temperatura.”

Por fim, a questão (6) pergunta: “Por que acidentes e incidentes nucleares têm o potencial de provocar mutações genéticas em pessoas que se encontram nas cercanias dos locais nos quais aconteceram?”

A20 e A30: “Porque as radiações são muito fortes para o nosso organismo e isso acaba ocorrendo as mutações genéticas.”

A4 e A31: “Porque a luz é ‘tão forte’ ao ponto de conseguir atravessar e atingir órgãos internos e externos do corpo.”

A7 e A27: “Por causa da radiação liberada que atinge as células e a corrente sanguínea, causando mutações.”

A16 e A37: “Porque a luz tem capacidade de penetrar dentro do corpo.”

A15 e A34: “Por causa das fortes ondas de radiações que acabam atingindo as células e causando mutações.”

As respostas sugerem, a partir dos elementos por elas trazidos, que o assunto, sobretudo o tratado na última questão, não era completamente novo aos alunos, não obstante apresentação de algumas argumentações imprecisas, confusas e desencontradas. Como se verá nas próximas seções, tais problemas foram com razoável eficiência superados por via da intervenção da UEPS.

## 6.2. AÇÕES, REAÇÕES E ENVOLVIMENTO DOS ALUNOS DURANTE AS AULAS

Em análises perpetradas com o intento de detectar a ocorrência de aprendizagem significativa a respeito de qualquer assunto, constitui princípio inegociável a concepção de que este tipo de aprendizagem não pode ser pensado como algo que se adquire em seu estado final, pronto e acabado, mas como construto que se edifica em camadas que se superpõem uma à outra em uma escala crescente de complexidade segundo as associações estabelecidas na teia de subsunções. Por esta razão o foco deve estar em evidências, não em produtos finais (MOREIRA, 2011).

Retomando alguns pontos do que ocorreu durante as aulas, chama a atenção o engajamento, a captação de significados e o conseqüente desembaraço demonstrados especialmente a partir da oitava aula, num momento em que os aspectos gerais anteriormente abordados estavam sendo apresentados em um nível de complexidade mais alto. Mais especificamente, o grande volume de participações instadas pela situação-problema “O que ocorrerá com uma molécula de DNA após se submeter à incidência de radiações ionizantes e não ionizantes?” foi avassalador, causando até mesmo perplexidade pela demonstração de rápida compreensão dos mecanismos inerentes ao fenômeno da interação entre as radiações eletromagnéticas e a matéria.

Dignas de registro, adicionalmente, são as apresentações realizadas pelos grupos acerca do tema, quando foram propostos problemas conceitualmente mais complexos que os encontrados nas situações anteriores, e abordadas questões estreitamente ligadas a problemáticas provenientes da presença e dos usos das radiações no cotidiano, particularmente quanto aos prejuízos e benefícios ao nosso bem estar e saúde. Tendo as questões orientadoras para a elaboração dos trabalhos priorizado um enfoque integrador, a observação da desenvoltura e naturalidade com que abordavam as questões colocadas, propondo para elas soluções ancoradas nos conceitos e métodos de análise explorados nas aulas anteriores, os indícios de aprendizagem significativa se fizeram notar de maneira absolutamente inofismável, face à captação de significado, à compreensão dos conceitos e à aplicação dos conhecimentos para a resolução de novas situações-problema (MOREIRA, 2011).

Infelizmente muitos alunos não puderam estar presentes e, assim, participar das discussões, sobretudo nos dias de apresentação, em decorrência de paradas promovidas pelos motoristas do transporte escolar como forma de protesto contra o governo estadual, algo que se arrastou por todo o bimestre através de paralisações esparsas e descontínuas. Reflexos mais notórios no tocante a danos à aprendizagem puderam ser aferidos com maior acuidade mediante os dados colhidos na avaliação individual, a seguir discutida.

## 6.3. AVALIAÇÃO FINAL

Nesta seção será desenvolvida uma análise baseada nas informações coletadas pela avaliação final, realizada individualmente. Mais especificamente, a atenção estará voltada para quatro das questões da avaliação, pela razão de exigirem com maior intensidade a compreensão de conceitos centrais da UEPS.

Com o intuito de tornar mais claro o processo de avaliação das respostas, as classificamos em uma das seguintes quatro categorias:

**Quadro 10** - Categorias usadas para a classificação das respostas.

<b>Categoria</b>	<b>Requisito</b>
Completa	Uma resposta pertencerá a esta categoria se contiver todos os

	principais elementos necessários à estruturação da explicação do fenômeno expostos segundo uma argumentação coerente.
Incompleta	Fará parte desta categoria toda argumentação coerente que estiver desprovida de um ou outro elemento imprescindível à explicação do fenômeno.
Confusa ou incorreta	Notadamente todas as respostas incoerentes ou que não trouxer qualquer elemento imprescindível à explicação do fenômeno serão alocadas nesta categoria.
Em branco	Quando não for esboçada qualquer tentativa de resposta.

Fonte: Os autores.

Ademais, o manejo dos dados se viu sobremaneira clarificado pela inclusão das categorias *completa* e *incompleta* na classe das respostas *aceitáveis*. Para os nossos objetivos, uma resposta aceitável embora nem sempre seja, por uma falha ou outra, estritamente *completa*, encontra-se dentro do que se espera diante das técnicas didáticas empregadas, das discussões realizadas, e dos anseios demonstrados pelos alunos por ocasião do envolvimento com o conteúdo trabalhado.

No que segue, as ditas questões serão enunciadas para que tenham suas respostas analisadas adequadamente.

**Questão (1):** Assinale as semelhanças e diferenças entre o comportamento da luz e o do som.

Esta questão exigiu que o aluno recordasse um fato central dentro do conteúdo que havia estudado, sem o qual o tratamento empregado para a compreensão dos mecanismos que produziam os fenômenos estudados seria em grande medida comprometido. O intuito era que ele fosse capaz de estabelecer distanciamentos e aproximações entre os comportamentos da luz e do som. A tabela 1 abaixo expõe o aproveitamento da turma:

**Tabela 1** - Classificação das respostas à questão (1).

<b>Categoria</b>	<b>Alunos</b>	<b>Percentual</b>
Completa	A1, A3, A5, A7, A10, A17, A25, A27, A31, A35, A37	29,73%
Incompleta	A12, A14, A24, A26, A32, A33	16,21%
Incorreta ou Confusa	A2, A6, A8 A11, A15, A16, A20, A21, A23, A28, A29, A30	32,43%
Em branco	A4, A9, A13, A18, A19, A22, A34, A36	21,63%

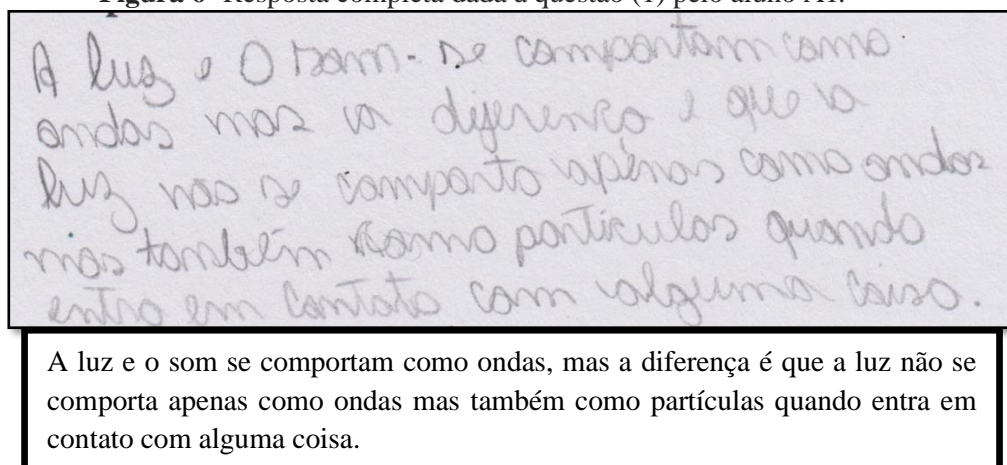
Observa-se a partir dos resultados exibidos na tabela acima que o número de alunos que lograram respostas completas à questão em causa está muito distante do ideal, sejam quais forem os parâmetros adotados para o estabelecimento deste nível. Porém, se considerarmos que se trata de um problema relativamente sutil e delicado, para cuja resolução requer-se discernimento agudo dos



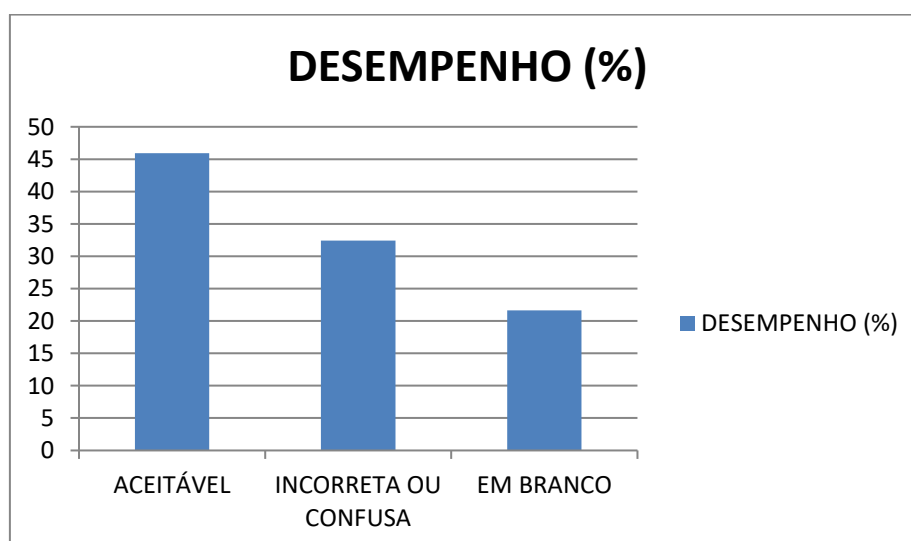
dois comportamentos discutidos, e que a diferenciação de tais comportamentos não tem valor de uso imediato no cotidiano dos alunos, pode-se concluir que o percentual de 45,94% para respostas aceitáveis (completas e incompletas) não constitui o pior dos cenários.

A figura 6 a seguir exibe uma resposta de um aluno à questão em causa. Não é ocioso dizer que uma resposta completa a tal questão exige uma compreensão sólida dos conceitos de onda e de partícula, entendendo-os como complementares e atribuindo sentido a cada um a partir de suas características definidoras. Esta aquisição de significados, facilitada pelo intenso debate e exame de atividades experimentais virtuais, constitui, conforme Moreira (2009, p.18), “o próprio produto da aprendizagem significativa”. Logo abaixo se expõe uma resposta dada à questão.

**Figura 6** -Resposta completa dada à questão (1) pelo aluno A1.



O número relativamente elevado de respostas em branco se repetirá nas questões seguintes, uma constatação que pode ser explicada por uma das seguintes razões, havendo mesmo a possibilidade de uma atuação conjunta: coincidentemente, no período de aplicação da sequência houve várias interrupções nos dias letivos em função de greves promovidas por motoristas da rede escolar, impossibilitando a significativa parcela dos alunos fluidez no estudo do assunto; além disso, não se pode dizer que a turma em causa esteja entre as que normalmente apresentam melhores resultados, fato que decorre possivelmente do grande número de alunos numa sala absolutamente heterogênea e sem ventilação adequada, como geralmente ocorre em escolas estaduais no país. O gráfico a seguir apresenta o desempenho no tocante a essa primeira questão.



**Figura 7** - Desempenho frente à questão (1).

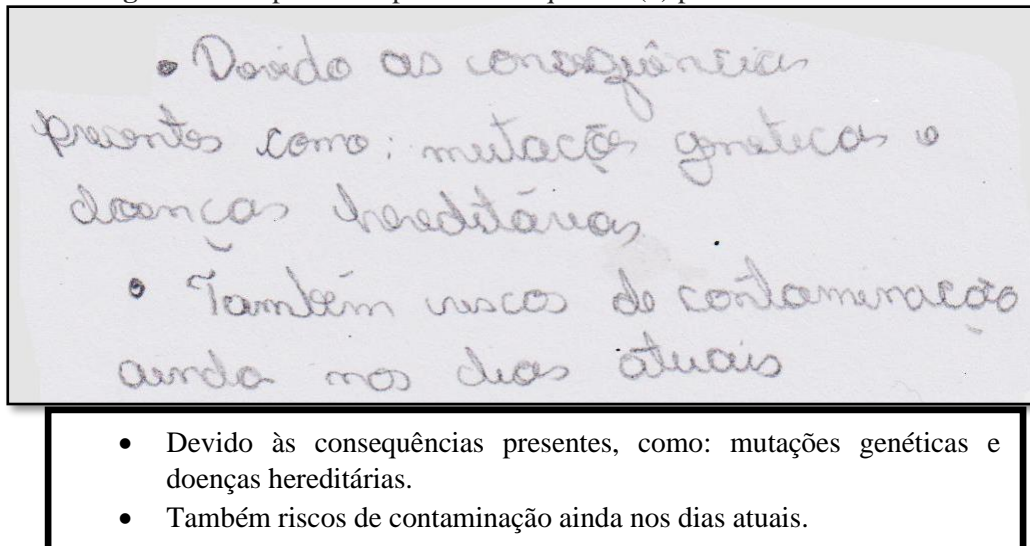
**Questão (2):** *Aponte ao menos um motivo pelo qual os acidentes ocorridos em Chernobyl e em Goiânia, com o céscio 137, ainda produzem tanto impacto na mente das pessoas.*

Esta é uma questão relativamente simples de se responder corretamente. O seu objetivo consiste em aferir a capacidade do aluno em localizar com precisão os motivos que fizeram os acidentes em Chernobyl e em Goiânia receberem tanto destaque não apenas na época do ocorrido, mas ainda nos dias de hoje, motivos esses que se encontram dentro do escopo da sequência didática trabalhada. Por esta razão, o recurso a respostas aludindo ao número de pessoas mortas, ou ao mero fato de ter sido um incidente radioativo não foram colocadas no número das aceitáveis. Veja a tabela a seguir para os resultados:

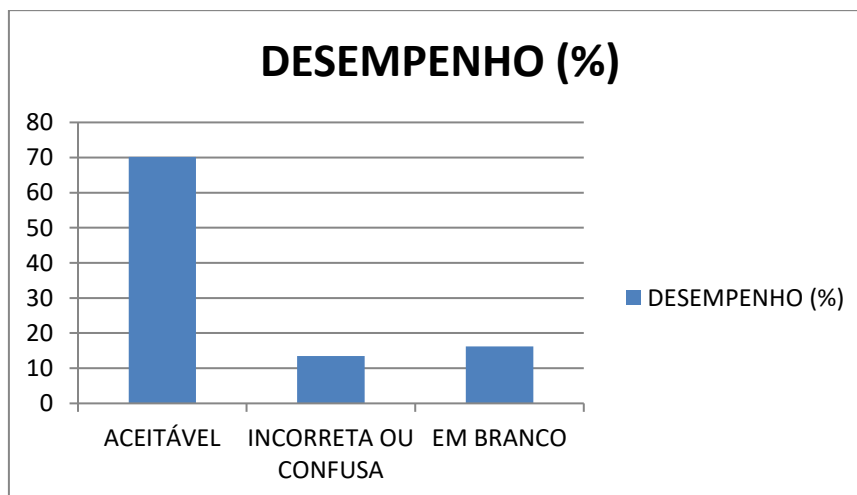
**Tabela 2** - Classificação das respostas à questão (2).

<b>Categoria</b>	<b>Alunos</b>	<b>Percentual</b>
Completa	A3, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A21, A24, A25, A26, A27, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37	70,27%
Incompleta	-	0%
Incorreta ou Confusa	A1, A11, A16, A22, A29	13,52%
Em branco	A2, A4, A20, A23, A28, A30	16,21%

Como esperado, um expressivo número de alunos conseguiu fornecer respostas aceitáveis, uma performance explicada pela simples razão de que as consequências sobre os seres vivos de acidentes e ataques nucleares possuem intenso poder de apelo, atraindo grande interesse das pessoas. Esta prática de incitar o deslumbre para com a ciência através do realce a seu poder explanatório estimula seu aprendizado; com efeito, de acordo com Libâneo (apud ZANATTA, 2005, p. 168), “antes de se ensinar ciências, elas precisam ser levadas a despertar o gosto pelo seu estudo”. A figura 8, abaixo, apresenta a resposta de um aluno à questão em causa.

**Figura 8** - Resposta completa dada à questão (8) pelo aluno A31.

Por outro lado, em todas as respostas consideradas incorretas ou confusas foi possível notar claro comprometimento na compreensão do enunciado da questão, como se este estivesse insinuando problemas mentais decorrentes da incidência de radiações ionizantes – absolutamente não era isso. Em acréscimo, ressalta-se ainda a reincidência de um indigno número dos que deixaram a questão em branco, seguramente causada, em vista do caráter da questão, pela ausência de importante parcela, em virtude de sucessivas greves, nos dias em que os acidentes foram discutidos. A figura 9, no que segue, apresenta o rendimento relativo a essa questão.

**Figura 9** - Desempenho em relação à questão (2).

**Questão (3):** *Imagine um caminhão e uma moto, ambos movendo-se à mesma velocidade. Com que radiação cada um poderia ser comparado no que respeita aos efeitos de uma possível colisão?*

O propósito desta questão é avaliar como o aluno concebe a interação das radiações com a matéria, atribuindo o poder de penetração à sua quantidade de movimento, um conceito exaustivamente trabalhado por ocasião do estudo de colisões entre corpos. A classificação das respostas se pautou, como deixa entrever o enunciado da questão, pela associação de cada um dos veículos a uma das

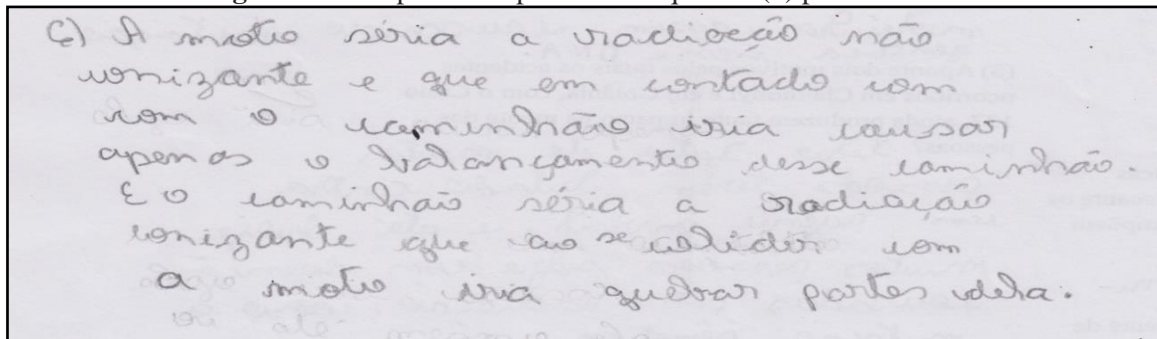
radiações estudadas, pelo que a realização desta tarefa com correção para apenas um dos veículos coloca a resposta na categoria Incompleta.

**Tabela 3** - Classificação das respostas à questão (3).

Categoria	Alunos	Percentual
Completa	A3, A6, A7, A16, A18, A23, A24, A26, A27, A29, A31, A33, A36, A37	37,83%
Incompleta	A1, A5, A6, A8, A12, A13, A32	18,92%
Incorreta ou Confusa	A9, A10, A11, A14, A15, A17, A20, A21, A25, A28, A34	29,74%
Em branco	A2, A4, A19, A22, A30	13,51%

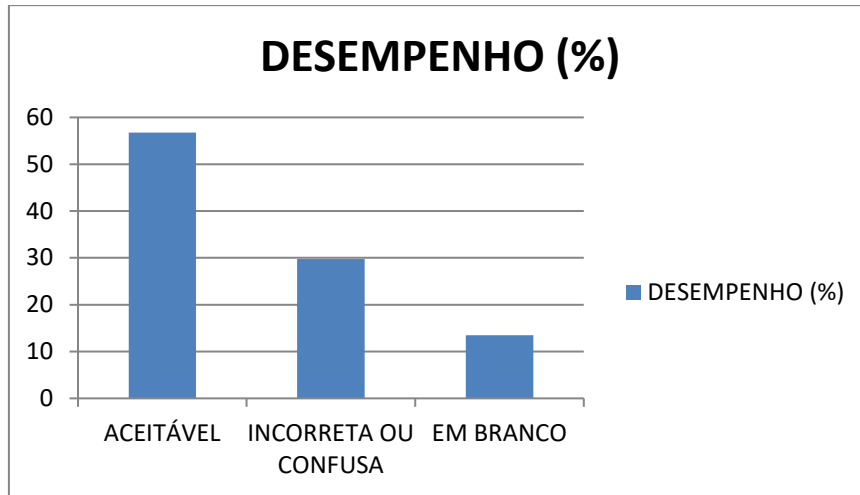
O resultado exposto na tabela 3 induz-nos a pensar que, para os padrões de desempenho esperados para a turma, importante parcela dos alunos aprenderam significativamente os conceitos na questão implicados, ainda que o número de respostas incompletas tenha sido expressivo, na contramão das expectativas – um fenômeno que apenas pode ser satisfatoriamente explicado pela admissão de alguma falha na compreensão do enunciado da questão, possivelmente reputando a ele a exigência de uma única associação. Em todo caso, esse afável parecer é encorpado quando se considera que para responder tal questão corretamente faz-se necessário compreender com precisão o conceito de quantidade de movimento propriamente dito, a maneira como ele caracteriza e distingue as radiações ionizantes das não ionizantes, e ser capaz de explicar como ocorre a interação destas radiações com a matéria. De fato, segundo Ausubel, a “posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (MOREIRA, 2009, p. 18) acerca de uma proposição constitui uma evidência de aprendizagem significativa. A figura 10 a seguir ilustra uma resposta que atende a tais exigências.

**Figura 10** - Resposta completa dada à questão (3) pelo aluno A3.



A moto seria a radiação não ionizante e que em contato com o caminhão iria causar apenas o balanço desse caminhão. E o caminhão seria a radiação ionizante que, ao colidir com a moto, iria quebrar partes dela.

No gráfico abaixo conferimos realce ao desempenho dos alunos nessa questão. Embora os famigerados números dos que nada fizeram e daqueles que erraram insistam aparecer com valores no mínimo repudiáveis, terão as tonalidades desbotadas se levarmos em conta os visíveis progressos alcançados defronte às mais diversas circunstâncias desfavoráveis, desde peculiaridades da turma a interrupções provocadas por várias greves de curta duração dos motoristas de transporte escolar. A seguir se apresenta o rendimento percentual da turma nessa questão.



**Figura 11** - Desempenho frente à questão (3).

**Questão (4):** *Com base na estrutura conceitual trabalhada em aula, qual forma de aquecer um alimento configura-se menos danosa à saúde de quem o consome: aproximando-o de um fogo, ou colocando-o no interior de um aparelho de micro-ondas? Justifique.*

A nosso ver esta é uma das principais questões da avaliação, visto que demanda do aluno capacidade explicativa para um fenômeno físico que se lhe apresenta. Para desenvolvê-la, os fundamentos do assunto devem estar solidamente estabelecidos na estrutura cognitiva de quem se propõe a explicar.

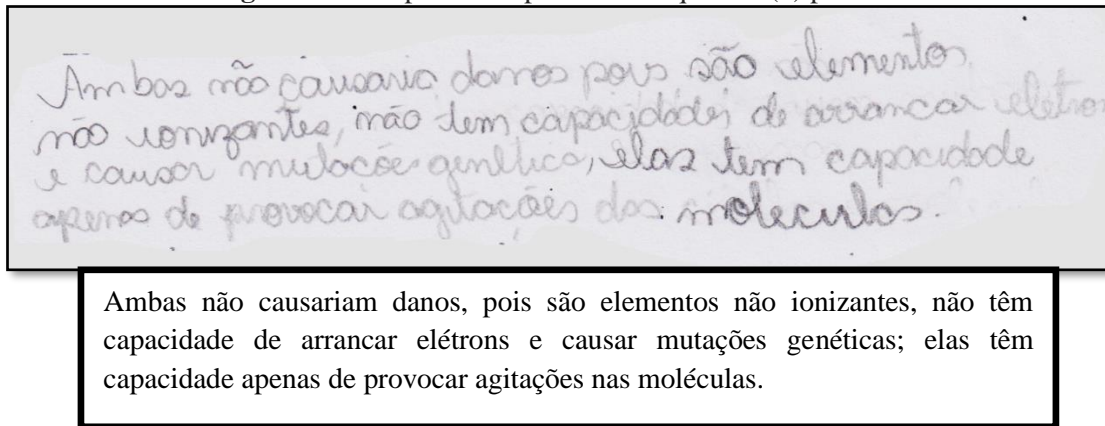
**Tabela 4** - Classificação das respostas à questão (4).

Categoria	Alunos	Percentual
Completa	A1, A3, A7, A10, A13, A16, A17, A18, A19, A22, A24, A25, A26, A27, A31, A35, A36, A37	48,65%
Incompleta	A5, A8, A11, A32	10,81%
Incorreta ou Confusa	A2, A4, A6, A7, A12, A14, A15, A21, A29, A33, A34	29,73%
Em branco	A20, A23, A28, A30	10,81%

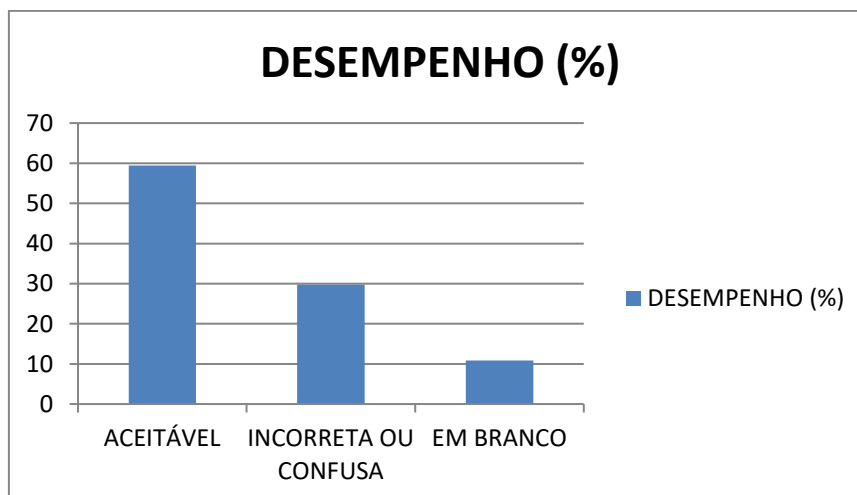


Dadas as circunstâncias de implementação da sequência, o resultado exibido pela tabela 4 pode ser considerado satisfatório, visto que tiveram de experimentar um embate interno protagonizado pelos conceitos extensivamente discutidos em sala a respeito das consequências microscópicas da interação das radiações ionizantes e não ionizantes com o nosso corpo, de um lado, e indícios amplamente disseminados a respeito da possibilidade de as micro-ondas serem causa do aparecimento de tumores cerebrais, do outro, algo destacado pelos próprios alunos em algumas das apresentações de trabalho. A figura 12 expõe a resposta dada por um aluno à questão.

**Figura 12** - Resposta completa dada à questão (4) por A25.



Parte não desprezível do grupo que teve a resposta classificada como incorreta ou não se atentaram para as restrições expressas no enunciado da questão, ou não chegaram ao ponto de atribuir significados à interação com a matéria de ambos os referidos grupos de radiação. O gráfico expõe o rendimento frente a essa última questão.



**Figura 13** - Desempenho frente à questão (4).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A aplicação da UEPS esteve a todo o momento fundamentada em certos pilares, dos quais tentamos não nos distanciar; o primor ao desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, em detrimento da mecânica, certamente foi um deles.

A apresentação de um novo conceito realizava-se através de sustentação em ideias das quais os alunos sabidamente dispunham, porquanto tendo sido anteriormente aprendidas de maneira significativa, figuravam âncoras para o que estava sendo trabalhado. De fato, o uso dos procedimentos e métodos originários do estudo de colisões como substrato para a compreensão da interação das radiações eletromagnéticas com a matéria constitui um exemplo convincente da utilização de conceitos apreendidos significativamente como apoio ao entendimento de assuntos de maior complexidade.

A maneira como os assuntos foram abordados, mediante a utilização de várias situações-problema para dar sentido aos novos conceitos, um proceder salientado por Moreira (2011) ao fornecer as diretrizes de construção das UEPS, instigou sobremaneira o interesse dos alunos em compreender os fenômenos tratados, criando neles a tão desejada predisposição em aprender, condição necessária à ocorrência de aprendizagem significativa.

Ademais, os jogos pedagógicos utilizados em momentos oportunos dentro da sequência contribuíram não apenas para a revisão e síntese de pontos relevantes do conteúdo estudado (FONTES *et al.*, 2016), mas seguramente promoveram habilidades caras ao convívio em sociedade e ao desenvolvimento da própria personalidade, como aprimoramento da cognição, afeição, socialização e criatividade (MIRANDA, 2001).

De modo geral, comparando-se as concepções que os alunos tinham antes da aplicação da sequência, aferidas pelo questionário inicial, com o novo corpo de conhecimentos em progressiva apreensão significativa, rouba as atenções o relevante progresso conceitual ocorrido num intervalo de 14 aulas.

As eventuais falhas demonstradas na pesquisa, desfalecidas pelos significativos avanços, não constituem erros em si mesmos, visto que mostram apenas a obviedade de que o aprofundamento dos conceitos não tem fim, requerendo apenas mais estudo e mais debate; ainda mais se concepções equivocadas, manifestas pelos alunos, são induzidas a partir de informações propaladas no cotidiano.

Para finalizar, não escondemos a pretensão de que esse trabalho possa servir não apenas ao auxílio de professores de Física da Educação Básica que dia após dia dedicam-se em trabalhar de maneira que seus alunos estejam servidos das mais apropriadas práticas pedagógicas rumo a uma educação científica emancipadora, mas se valha de inspiração a futuras investigações acerca dos vieses pelos quais conteúdos ligados a FMC podem ser introduzidos no EM.

### Referências

Anderson, G. L.; Herr, K. O DOCENTE-PESQUISADOR: A INVESTIGAÇÃO-AÇÃO COMO UMA FORMA VÁLIDA DE GERAÇÃO DE CONHECIMENTOS. *Revista Interinstitucional Artes de Educar*. Rio de Janeiro, V. 2, N. 1-pág. 4-24(fev – mai 2016): “Artes de ser professor: práticas criações e formações”. Disponível em: < <https://www.e-publicacoes.uerj.br/riae/article/download/21236>>. Acesso em 20 out. 2019.

Ausubel, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Batista, C. A. dos S.; Siqueira, M. R. da P. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 880-902, dez. 2017. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p880/35527>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Brasil. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf)> Acesso 27 de setembro de 2019.

Fontes, A. da S.; Ramos, F. P.; Schwerz, R. C.; Cargnin, C. Jogos adaptados para o Ensino de Física. *Ensino, Saúde e Ambiente – V9 (3)*, pp. 226-248, Dez. 2016. Disponível em: <<http://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21239>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Miranda, M. G. *O processo de socialização na escola: a evolução da condição social da criança*. In: Lane, S. T. M. & CODO, W. *Psicologia social: o homem em movimento*. São Paulo: Ed. Brasiliense, 2001.

MONTEIRO, M.A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J.B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. *Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores [online]*. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p. ISBN 978-85-7983-004-4.

Moreira, M. A. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da aprendizagem significativa. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 2009.

Moreira, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review*, Porto Alegre, v.1, n. 2, p. 43-63. 2011. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2019.

Okuno, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. *Estud. av.* vol.27 no.77 São Paulo 2013.

Oliveira, F. F.; Vianna, D.M.; Gerbassi, R.S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172007000300016&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172007000300016&script=sci_abstract&tlng=pt)> . Acesso em: 18 out. 2019.

Pereira, R. F.; Fusinato, P. A.; Neves, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o Ensino de Física. *VII Enpec*, Florianópolis, Nov. de 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1033.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Silva, D. F.; Barros, W. R.; Almeida, M. C. C.; Rêgo, M. A. V. Exposições a radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 31(10):2110-2126, out, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v31n10/0102-311X-csp-31-10-2110.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Tubiana, M.; Bertin, M. *Radiobiologia e Radioproteção*. EDIÇÕES 70, LDA – Av. Elias Garcia, 81, r/c – 1000 LISBOA. Outubro de 1990.

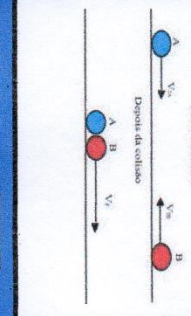

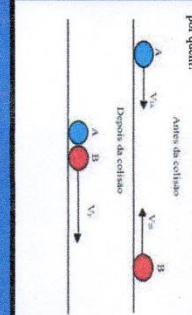
Vera, R. K. S. Contribuição dos jogos educativos na qualificação do trabalho docente. Tese de mestrado, Porto Alegre, 2006. Disponível em: < <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3514>> . Acesso em: 18 out. 2019.

Yoshimura, E. M. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. *Revista Brasileira de Física Médica*. 2009; 3(1):57-67. Disponível em: < <http://www.rbfm.org.br/rbfm/article/viewFile/35/27>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Zanatta, B. A. O método intuitivo e a percepção sensorial como legado de Pestalozzi para a geografia escolar. *Cad. Cedes*, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 165-184, maio/ago. 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v25n66/a03v2566.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.

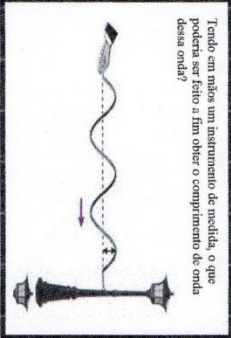
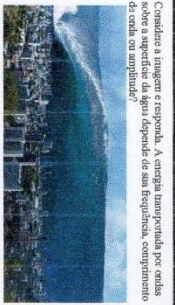
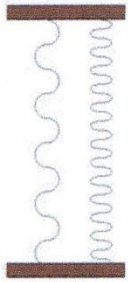
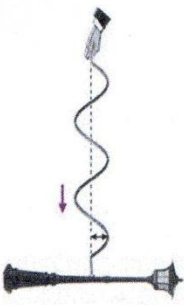



Anexo 1.1

<p>NÍVEL 1</p> <p>01</p> <p>Pode-se corretamente dizer que o movimento de um corpo é exclusivamente pela sua velocidade?</p> <p>SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.</p> <p>SE ERRAR, RETORNE UMA CASA.</p> <p>R: NÃO.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>02</p> <p>Com relação à figura abaixo, qual das duas esferas possui maior movimento?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANCE DUAS CASAS.</p> <p>SE ERRAR, PERMANEÇA EM LUGAR.</p> <p>R: A ESFERA A POSSUI MAIOR MOVIMENTO.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>03</p> <p>Com relação à figura abaixo, se a massa da esfera A for maior que a de B, qual delas move-se mais velozmente?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.</p> <p>SE ERRAR, RETORNE DUAS CASAS.</p> <p>R: NÃO É POSSÍVEL RESPONDER COM SEGURANÇA A TAL PERGUNTA A MENOS QUE SEJA DADO O VALOR DAS MASSAS.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>04</p> <p>Com relação à figura abaixo, se a velocidade da esfera B for superior à de A, quem desliza de maior massa?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.</p> <p>SE ERRAR, VOLTAR UMA CASA.</p> <p>R: A MASSA DA ESFERA A DEVE SER MAIOR QUE A DE B.</p>
<p>NÍVEL 1</p> <p>05</p> <p>Com relação à figura abaixo, se ambas se deslocarem com o mesmo sentido, qual delas sofrerá maior deslocamento por quem?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.</p> <p>SE ERRAR, RETORNE TRÊS CASAS.</p> <p>R: MAIOR DESLOCO SERÁ O DE B, MAS SEMPRE DEPENDENDO DA MASSA DE CADA ESFERA E DO SENTIDO DO MOVIMENTO.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>06</p> <p>Um automóvel de 500kg move-se a 36km/h para a esquerda. Qual sua quantidade de movimento com unidades no SI?</p> <p>SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.</p> <p>SE ERRAR, RETORNE TRÊS CASAS.</p> <p>R: 5000kgm/s.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>07</p> <p>“Quanto maior for a velocidade de um corpo em movimento, tanto mais difícil será pará-lo, independente de sua massa”. Verdadeiro ou falso?</p> <p>SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, RETORNE 5 CASAS.</p> <p>R: FALSO.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>08</p> <p>“Numa colisão, o veículo mais difícil de ser parado corresponderá aquele que empurrar seu par de maneira a se moverem no mesmo sentido em que estava”. Verdadeiro ou falso?</p> <p>SE ACERTAR, JOGUE O DADO.</p> <p>SE ERRAR, PASSE A VEZ.</p> <p>R: VERDADEIRO.</p>



Anexo 1.2

<p>NÍVEL 1</p> <p>09</p> <p>Nos jogos de tênis, as velocidades das bolinhas podem superar 150 km/h. Por sua vez, o receptor e o rebatedor num jogo de beisebol precisam de luvas de couro e capacete, mesmo que as velocidades atingidas sejam equivalentes às do jogo de tênis. Por que isso acontece?</p> <p>SE ACERTAR, VAI PARA A CASA 02.</p> <p>SE ERRAR, VOLTE 4 CASAS.</p> <p>R. ELA TEM MAIS RESISTÊNCIA ADEQUADA AO RECORTE A MASSA DA BOLINHA DO QUE O RECORTE A MASSA DA MAIOR QUANTIDADE DE MOVIMENTO.</p>	<p>NÍVEL 1</p> <p>10</p> <p>“Se a quantidade de movimento de um corpo foi demasiadamente grande, uma colisão com algum obstáculo resultará na ruptura deste”. Verdadeiro ou falso?</p> <p>SE ACERTAR, JOGUE O DADO.</p> <p>SE ERRAR, VOLTAR 6 CASAS.</p> <p>R. VERDADEIRO.</p>	<p>NÍVEL 2</p> <p>03</p> <p>Tendo em mãos um instrumento de medida, o que poderia ser feito a fim obter o comprimento de onda dessa onda?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANÇAR 5 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, VOLTAR 4 CASAS.</p> <p>R. MEDIR A DISTÂNCIA ENTRE DOIS CARRAS E CONTAR QUANTAS VOLTAS HOUVER.</p>	<p>NÍVEL 2</p> <p>04</p> <p>Considere a imagem e responda. A energia transportada por ondas sobre a superfície da água depende de sua frequência, comprimento de onda ou amplitude?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANÇAR 4 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, VOLTAR 6 CASAS.</p> <p>R. DEPENDER DE TUDO, AMPLITUDE.</p>
<p>NÍVEL 2</p> <p>01</p> <p>Qual das duas ondas possui maior frequência: a de cima ou a de baixo?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANÇAR 4 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, ADOPTAR O PONTO DE PARTIDA.</p> <p>R. A DE CIMA.</p>	<p>NÍVEL 2</p> <p>02</p>  <p>SE ACERTAR, VOLTAR 3 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, PROSSIGA.</p> <p>R. MEDINDO A ALTURA DA CARRA EM RELAÇÃO A VERTICAO ASSIMILAR PELA CARRA QUANDO ESTIVER NA POSIÇÃO DE EQUILIBRIO.</p>	<p>NÍVEL 2</p> <p>05</p> <p>Quando ouvimos música através de um dispositivo de som, nosso aparelho auditivo recebe ondas sonoras emitidas por ele. O que deve ser feito a fim de aumentar a amplitude de tais ondas?</p> <p>SE ACERTAR, AVANÇAR 4 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, VOLTE 2 CASAS.</p> <p>R. AUMENTAR O VOLUME.</p>	<p>NÍVEL 2</p> <p>06</p> <p>Com respeito à imagem abaixo, responda. A energia transportada por ondas sonoras depende de sua frequência, amplitude ou comprimento de onda?</p>  <p>SE ACERTAR, AVANÇAR 3 CASAS.</p> <p>SE ERRAR, VOLTAR 4 CASAS.</p> <p>R. DEPENDER DE TUDO, AMPLITUDE.</p>



Anexo 1.3

**NÍVEL 2** **15**

Por que é importante estudar a quantidade de movimento das radiações eletromagnéticas?

SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS.

SE ERRAR, VOLTE 6 CASAS.

R. A RESPOSTA DEVERIA SER AJUSTADA POR QUIM PEZ HERCULEIA.

---

**NÍVEL 3** **01**

Como se denominam as partículas constituintes da luz quando de sua interação com a matéria?

SE ACERTAR, AVANCE UMA CASA.

SE ERRAR, VOLTE DUAS CASAS.

R. FOTONS.

---

**NÍVEL 3** **05**

Uma radiação não ionizante possui quantidade de movimento superior ou inferior à de uma radiação ionizante?

SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS.

SE ERRAR, VOLTE DUAS CASAS.

R. POSSUI QUANTIDADE DE MOVIMENTO INFERIOR.

---

**NÍVEL 3** **02**

De que forma é chamada a menor energia que deve ser fornecida a um átomo de maneira a arrancar-lhe um elétron:

(A) Energia de radiação.  
 (B) Energia de ionização.  
 (C) Energia de ligação molecular.

SE ACERTAR, AVANCE TRES CASAS.

SE ERRAR, RETORNE PARA CASA 5.

R. ENERGIA DE IONIZAÇÃO.

---

**NÍVEL 3** **06**

Por que razão fótons de quantidade de movimento muito alta têm o potencial de provocar mutações genéticas?

SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS.

SE ERRAR, VOLTE TRES CASAS.

R. PORQUE, COMO SÃO MAIS ENERGÉTICOS, SÃO MAIS PROPensos A PROVOCAR O ROMBAMENTO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS ENTRE AS BASES GENÉTICAS, O QUE PODE LEVAR A MUTAÇÕES GENÉTICAS.

---

**NÍVEL 3** **07**

Por que os acidentes de Chernobyl e Goiânia foram tão devastadores: (A) Porque foram explosões quantizadas em muitas pessoas.  
 (B) Porque se explosões foram tão grandes que acabaram por mostrar instantaneamente as cidades.  
 (C) Devido as radiações ionizantes, sobretudo a gama, que são capazes de destruir as células, matando as que estavam mais diretamente envolvidas.

SE ACERTAR, VÁ PARA A CASA 55.

SE ERRAR, VOLTE 7 CASAS.

R. LETRA (C).

---

**NÍVEL 3** **04**

Quando um fóton infravermelho colide com uma molécula do nosso corpo, o que ocorrerá?

SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS.

SE ERRAR, FIQUE ONDE ESTÁ.

R. COMO NÃO POSSUI ENERGIA SUFICIENTE, HAVERÁ APENAS UM LIVRE AUMENTO DE TEMPERATURA DA CONSEQUÊNCIA DO AUMENTO DA ORBITAÇÃO DA MOLÉCULA EM BAIXO DO CIRCUITO.



Anexo 1.4

<p>NÍVEL 3 08</p> <p>“Pelo fato de serem mais sensíveis a exposição da radiação, é altamente aconselhável que mulheres em gestação se submetam a radiografias como auxílio no exame do feto”. Verdadeiro ou falso?</p> <p>SE ERRAR, PERMANEÇA NA CASA 7</p> <p>SE ACERTAR, AVANCE 3 CASAS</p> <p>R. FALSO.</p>	<p>NÍVEL 3 09</p> <p>Toda radiação ultravioleta é ionizante?</p> <p>SE ERRAR, PERMANEÇA NA CASA 13</p> <p>SE ACERTAR, PULE PARA A CASA 43</p> <p>R. NÃO. A UV NÃO É IONIZANTE.</p>	<p>NÍVEL 3 10</p> <p>Se as radiações ionizantes são tão prejudiciais aos seres vivos quando com eles elas entram em contato, por que as usinas de energia nuclear são utilizadas?</p> <p>ERRANDO, RETORNE 3 CASAS</p> <p>ACERTANDO, PROSSIGA</p> <p>R. DUA DAS RAZÕES PESSÓIS-DE AO FATO DE SEREM CAPAZES DE GERAR QUANTIDADES SIGNIFICATIVAS DE ENERGIA. A PARTIR DE REAÇÕES QUÍMICAS EM CONDIÇÕES DE TEMPERATURA.</p>	<p>NÍVEL 3 11</p> <p>“São muito conhecidos os males provocados pela incidência de radiações micro-ondas com algumas partes do nosso corpo. Isso se deve ao fato de serem radiações ionizantes.” Verdadeiro ou falso?</p> <p>ERRANDO, RETORNE 3 CASAS</p> <p>ACERTANDO, PROSSIGA</p> <p>R. FALSO. AS MICRO-ONDAS NÃO SÃO IONIZANTES EM NENHUM CASO.</p>
<p>NÍVEL 3 12</p> <p>Qual a importância de se estudar a quantidade de movimento das radiações eletromagnéticas?</p> <p>ERRANDO, RETORNE 9 CASAS</p> <p>ACERTANDO, AVANCE 2 CASAS</p> <p>R. RESPOSTA DEVERIA SER JULGADA PELO ALUNO.</p>	<p>NÍVEL 3 13</p> <p>Ao propagar-se pelo espaço, sabemos que a luz apresenta comportamento ondulatório, visto ser caracterizada por uma amplitude, frequência e comprimento de onda. Que fato leva a suspender-se que, ao interagir com a matéria, ela se comporta como partícula?</p> <p>ERRANDO, RETORNE 6 CASAS</p> <p>ACERTANDO, PROSSIGA</p> <p>R. POR APRESENTAR ENERGIA DEPENDENTE DO COMPRIMENTO DE ONDA. ALGO QUE DEPENDE DO EXTENSÃO DO ESPALHAMENTO DE UMA ONDA.</p>	<p>NÍVEL 3 14</p> <p>Imagine um caminhão e uma moto, ambos movendo-se à mesma velocidade. Com que radiação cada um poderia ser comparado no que respeita aos efeitos de uma possível colisão?</p> <p>ERRANDO, RETORNE 10 CASAS</p> <p>ACERTANDO, PROSSIGA</p> <p>R. RESPOSTA A SER JULGADA PELO ALUNO.</p>	<p>NÍVEL 3 15</p> <p>Aponte ao menos três aplicações do efeito fotoelétrico, ou seja, do fato de que a luz é capaz de produzir corrente elétrica.</p> <p>ERRANDO, RETORNE 5 CASAS</p> <p>ACERTANDO, PROSSIGA</p> <p>R. RESPOSTA A SER JULGADA PELO ALUNO.</p>