



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
PPGECM

RUBENS LOPES DOS SANTOS

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA ENVOLVENDO MUDANÇAS
CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

FORTALEZA – CEARÁ

2017

RUBENS LOPES DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA ENVOLVENDO MUDANÇAS
CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales

FORTALEZA - CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237a Santos, Rubens Lopes dos.
APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA ENVOLVENDO MUDANÇAS CONCEITUAIS NO
ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA / Rubens Lopes dos Santos. - 2017.
94 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática,
Campus Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales.
1. Ensino de Física. 2. Física Moderna e Contemporânea. 3. Teoria Cognitiva da Aprendizagem
Significativa. 4. Procedimentos Cognitivo Metodológico de Apreensão. 5. Objetos de Aprendizagem. I.
Titulo.

CDD 510.07

RUBENS LOPES DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA ENVOLVENDO MUDANÇAS
CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-graduação em Ensino de Ciências e
Matemática do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará.

Área de concentração: Ensino de Física
Moderna Contemporânea.

Aprovada: 06/10/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Prof. Dr^a. Juscileide Braga de Castro

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr^a. Eloisa Maia Vidal

Universidade Estadual do Ceará

Aos herdeiros da sabedoria daqueles que vieram antes deles.
AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua bondade no nosso dia a dia.

À paciência daqueles que são responsáveis pelo mestrado, que com muito afinho contribuem para que o programa de mestrado se desenvolva com muita produção acadêmica.

Aos alunos participantes da pesquisa, que contribuíram em todas as fases da aplicação do projeto, ajudando a desenvolver e refinar o passo a passo da metodologia.

Aos professores colaboradores de programa, pois com eles aprendi caminhos norteadores para alicerçar minhas ideias, e especialmente ao meu orientador Gilvandenys Leite Sales, que com seu conhecimento me ajudou bastante para o desenvolvimento da pesquisa até o último momento.

Aos meus pais Cesar Neco dos Santos e Maria Simone, e à minha noiva Rhayara Brenna de Sousa, que me incentivam em tudo que realizo e me ajudam em tudo que podem.

Ao programa da CAPES que contribui fortemente para o avanço da pesquisa de ensino.

E às professoras Juscileide Braga de Castro e Eloísa Maia Vidal, que participaram da banca avaliadora, e com suas contribuições permitiram o desenvolvimento de um trabalho mais robusto em toda sua estrutura metodológica.

RESUMO

Na sala de aula tomando-se por princípio que o aluno é co-responsável pelo que aprende, pode-se estabelecer uma oportunidade para estudar os aspectos metodológicos e didáticos da prática pedagógica e apresentar ferramentas que possibilitem que o processo de construção de conhecimento se desenvolva e que mudanças conceituais aconteçam. Na Física, apresentam-se fenômenos naturais que muito se assemelham ao cotidiano do aluno, o que pode instigar a comparação entre o estudado e o vivenciado e provocar mudanças em suas pré-concepções. Este trabalho propõe-se a investigar mudanças conceituais em Física Moderna e Contemporânea (FMC). O desenvolvimento de tópicos específicos inicia-se na revisão da literatura, no que compete à Teoria Cognitiva da Aprendizagem Significativa de Ausubel, como modelo pedagógico e empírico. Faz-se uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), especificamente Objeto de Aprendizagem (OA) para o ensino de FMC com o emprego de metodologias ativas de aprendizagem com alguns elementos da gamificação da sala de aula. Buscou-se aplicar a metodologia denominada de Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA), ou Metodologia dos 5C. Foi estabelecido como público-alvo alunos da última série do Ensino Médio de uma escola pública do estado do Ceará. Os resultados foram obtidos com a utilização de dados qualitativos onde foi realizada uma sequência de atividades aplicadas sobre a holística do uso das cinco fases do PCMA. Com o trabalho proposto apresentaram-se elementos que nortearam a compreensão das mudanças conceituais no cenário de ensino e aprendizagem da FMC com a utilização de recursos tecnológicos e com suporte metodológico tendo como foco o aprendiz, bem como, validou-se a metodologia PCMA, enquadrando-a de forma crítica como uma metodologia que pode facilitar a aprendizagem dentro do ambiente de sala.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Moderna e Contemporânea. Teoria Cognitiva da Aprendizagem Significativa. Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão. Objetos de aprendizagem.

ABSTRACT

In the classroom it is assumed that the student is co-responsible for what he / she learns, an opportunity can be established to study the methodological and didactic aspects of pedagogical practice and to present tools that allow the process of knowledge construction to develop and that conceptual changes happen. In physics, there are natural phenomena that are very similar to the daily life of the student, which can instigate the comparison between the studied and the experienced and cause changes in their preconceptions. This work proposes to investigate conceptual changes in Modern and Contemporary Physics (MCF). The development of specific topics begins in the literature review, in which the Cognitive Theory of Significant Learning of Ausubel competes, as pedagogical and empirical model. Digital Information and Communication Technologies (DICT), specifically Learning Object (LO), is used to teach FMC with the use of active learning methodologies with some elements of classroom gamification. We attempted to apply the methodology called Methodological Cognitive Seizure Procedure (PCMA), or 5C's Methodology. It was established as a target audience students of the last high school series of a public school in the state of Ceará. The results were obtained with the use of qualitative data where a sequence of applied activities on the holistic use of the five phases of the PCMA was carried out. With the proposed work, elements were presented that guided the understanding of the conceptual changes in the teaching and learning scenario of the MCF with the use of technological resources and with methodological support focusing on the apprentice, as well as, validated the PCMA Methodology, as a methodology that can facilitate learning within the classroom environment.

Keywords: Teaching Physics. Modern and Contemporary Physics. Cognitive Theory of Significant Learning. Methodological Cognitive Seizure Procedure. Learning Objects.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	O jovem na sociedade contemporânea.....	19
Figura 2 -	Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	25
Figura 3 -	Pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	26
Figura 4 -	Mapa Conceitual Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão.....	32
Figura 5 -	Metodologia para desenvolvimento de objetos de aprendizagem (OA).....	39
Figura 6 -	PCMA ou Metodologia dos 5C	45
Figura 7 -	Interface do OA Fuga Planetária utilizado na fase três do PCMA.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Quantitativo de acertos e erros do questionário de conhecimentos prévios...	51
Quadro 2 -	Pergunta um da análise de Verdadeiro ou Falso (2ª fase PCMA).....	55
Quadro 3 -	Pergunta dois da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA).....	56
Quadro 4 -	Pergunta três da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA).....	56
Quadro 5 -	Pergunta quatro da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA).....	57
Quadro 6 -	Pergunta cinco da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA).....	58
Quadro 7 -	Respostas para o item A da primeira questão (2ª fase PCMA).....	79
Quadro 8 -	Respostas para o item B da primeira questão (2ª fase PCMA).....	80
Quadro 9 -	Respostas para o item C da primeira questão (2ª fase PCMA).....	81
Quadro 10 -	Respostas para o item D da primeira questão (2ª fase PCMA).....	81
Quadro 11 -	Respostas para o item E da primeira questão (2ª fase PCMA).....	82
Quadro 12 -	Respostas da segunda questão (2ª fase PCMA).....	83
Quadro 13 -	Respostas para o item A da terceira questão (2ª fase PCMA).....	85
Quadro 14 -	Respostas para o item B da terceira questão (2ª fase PCMA).....	86
Quadro 15 -	Respostas para o item C da terceira questão (2ª fase PCMA)..... ..	86
Quadro 16 -	Respostas para o item D da terceira questão (2ª fase PCMA).....	87
Quadro 17 -	Respostas para o item E da terceira questão (2ª fase PCMA).....	88
Quadro 18 -	Respostas para o item A da quarta questão (2ª fase PCMA).....	89
Quadro 19 -	Respostas para o item B da quarta questão (2ª fase PCMA).....	90
Quadro 20 -	Respostas para o item C da quarta questão (2ª fase PCMA).....	90
Quadro 21 -	Respostas para o item D da quarta questão (2ª fase PCMA).....	91
Quadro 22 -	Respostas para o item E da quarta questão (2ª fase PCMA).....	92
Quadro 23 -	Respostas para o item A da quinta questão (2ª fase PCMA).....	92
Quadro 24 -	Respostas para o item B da quinta questão (2ª fase PCMA)..... ..	93
Quadro 25 -	Respostas para o item C da quinta questão (2ª fase PCMA).....	93
Quadro 26 -	Respostas para o item D da quinta questão (2ª fase PCMA)..... ..	94
Quadro 27 -	Respostas para o item E da quinta questão (2ª fase PCMA).....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CC	Carga Cognitiva
CAED/UFJF	Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora
FMC	Física Moderna Contemporânea
LOR	<i>League of Relativity</i>
AO	Objetos de Aprendizagem
OVNI	Objeto Voador Não Identificado
PCMA	Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais no Ensino Médio
PROATIVA	Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem
RIVED	Rede Interativa Virtual de Educação
SEDUC-CE	Secretaria de Educação do Ceará
TAS	Teoria de Aprendizagem Significativa
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TRI	Teoria de Resposta ao Item

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1Objetivos.....	20
1.1.1 Geral.....	20
1.1.2 Específicos	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 Bases Psicopedagógicas.....	22
2.1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) – Uma teoria para dentro da sala de aula	22
2.1.2 Teoria cognitiva da Assimilação da Aprendizagem e retenção Significativa.....	22
2.1.3 Teoria Metodológica de Resolução de Problemas	26
2.1.4 Mudança Conceitual.....	28
2.1.5 Mudança Conceitual na perspectiva de uma Aprendizagem Significativa.....	29
2.1.6 Metodologia Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA).....	31
2.1.7 Gamificação para a Educação	33
2.2 Bases Tecnológicas.....	35
2.2.1 Objetos de Aprendizagem e Repositórios de Objetos de Aprendizagem.....	36
2.2.2 Elaboração de Objetos de Aprendizagem (OA).....	37
2.2.3 Teoria da Carga Cognitiva e da Multimídia.....	39
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1 Explicações iniciais dos procedimentos.....	42
3.2 A condução dos procedimentos metodológicos.....	43
3.2.1 Fase 1: Avaliação das habilidades e competências de cada aluno	44
3.2.2 Fase 2: Conscientização de conflitos empíricos.....	45
3.2.3 Identificando as fases três, quatro e cinco do PCMA	46
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
4.1 Análise PCMA – primeira fase (Constatação dos conhecimentos prévios)	50
4.1.2. Análise PCMA – primeira e segunda fase (Consolidação dos conhecimentos prévios e Conscientização de conflitos empíricos/cognitivos)	52
4.1.3. Análise da segunda atividade – consolidação dos conhecimentos Prévios e Conscientização dos conflitos empíricos.	52

4.1.4 Segunda atividade – consolidação dos conhecimentos Prévios e Conscientização de Conflitos cognitivos – Análise das perguntas e respostas.....	53
4.1.5 Considerações sobre a Conscientização de Conflitos Empíricos.....	58
4.1.6 Análise PCMA – terceira e quarta fase (Constatação de concepções alternativas e Comparação com teorias científicas)	59
4.1.7 Análise PCMA – quinta fase (Convergência para uma mudança Conceitual)	63
4.2 CONSIDERAÇÕES DOS ALUNOS	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICES	71
APÊNDICE A – ATIVIDADE 1 DO PCMA – QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS	72
APÊNDICE B – ATIVIDADE 1 DO PCMA – QUESTIONÁRIO CONSOLIDAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.	75
APÊNDICE C – RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS E CONSIDERAÇÕES REALIZADAS PELO PROFESSOR/PESQUISADOR NA FASE 1 E 2 DO PCMA.....	77
APÊNDICE D - ATIVIDADE 3 DO PCMA – TEXTO BASE DO RPG <i>LEAGUE OF RELATIVITY</i>	89
APÊNDICE E – COMPETÊNCIAS E HABILIDADES – ÁREA CIÊNCIAS DA NATUREZA – COLEÇÃO ESCOLA APRENDENTE: MATRIZES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO.....	94

INTRODUÇÃO

A história da ciência se desenvolveu lado a lado com o avanço tecnológico e cultural da humanidade, desde a invenção da roda ao computador, do império babilônico e egípcio aos atuais modelos de estados.

As descobertas e invenções, ao longo do tempo, no momento de suas idealizações passaram por possíveis análises dos fenômenos naturais, diversas suposições de como aquilo acontecia e inúmeras tentativas de conceituar o observado. Em um viés determinista o que se entende por desenvolvimento da humanidade em relação a ciências e tecnologia é que, sempre estiveram interligados, pois aquilo que era construído, quase sempre foi devido a uma demanda social de determinada cultura.

Em acordo com estas demandas sociais, as teorias elaboradas pelos cientistas buscavam apontar explicações para toda a tecnologia produzida. Essas explicações muitas das vezes necessitavam de uma quebra de paradigma conceitual, pois as mesmas iam a contraponto a teorias já existentes no período. Por exemplo, a Física Clássica newtoniana, que por alguns séculos foi dada como modelo ideal e ‘definitivo’ para explicar as leis de movimentos na natureza, não conseguia estabelecer de forma satisfatória explicações para movimentos encontrados no estudo do eletromagnetismo e de partículas microscópicas.

Antes de se perceberem estes movimentos que não podiam ser explicados pela mecânica clássica de Newton, no final do século XIX, *Lord Kelvin* influenciava os novos estudantes a não mais pretenderem o caminho da pesquisa em Física, pois para ele tudo já estava descoberto.

Mas como visto as leis da física clássica não serviam para explicar alguns dos fenômenos presentes no eletromagnetismo e, nem tão pouco, para movimentos microscópicos, onde se viu a necessidade de novas teorias e mudanças conceituais, que foram idealizadas e elaboradas para garantir um avanço científico criando o que foi chamado de Física Moderna Contemporânea (FMC).

A FMC se tornou imprescindível e contribuiu para uma nova etapa do desenvolvimento científico e tecnológico, como os avanços no campo das nanopartículas, o lançamento de foguetes espaciais, o avanço da robótica e de sensores, da geração de supercomputadores com processadores quânticos e os mais diversos instrumentos tecnológicos presentes atualmente.

Todo esse grande desenvolvimento proporcionado pela FMC pode ser reconhecido e discutido nos mais diversos ambientes, e porque não também ser inserido no ambiente de sala de aula?

Vários fenômenos da natureza, explicados pela FMC estão presentes no cotidiano de crianças, jovens e adultos. Explicar os porquês de a internet chegar às nossas casas, a comunicação entre indivíduos por telefone móvel, o funcionamento de um forno de micro-ondas são elementos que demandam considerações conceituais da Física a serem estabelecidas e tudo isso envolve um processo de mudança.

A proposta de levar FMC para dentro da escola, além de divulgar a ciência e os conceitos por trás do desenvolvimento tecnológico, busca-se aproximar jovens ao conhecimento científico e ao reconhecimento da sociedade ao qual o mesmo se encontra. Considerando os alunos como sujeitos de uma cultura tecnológica enraizada desde sua menor infância, muitas considerações podem ser tiradas para dentro de sala de aula e agregar valor ao conhecimento dos mesmos, se existir uma relação entre os conhecimentos discutidos e os valores culturais do jovem.

Para isso, o documento da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2015), que no presente momento elabora diretrizes para um novo modelo educacional nacional, afirma que a perspectiva investigativa deve estar presente dentro de sala de aula, e o ambiente escolar deve incentivar a construção de conhecimento científico através das ciências exatas e do uso da tecnologia presente no cotidiano do aluno.

Em contraponto, para compreensão do que está a sua volta, entender como a tecnologia funciona e como são estabelecidas as leis das diversas atividades de atuação da natureza dentro e fora da terra, o aluno contemporâneo necessita estreitar a fronteira entre seu cotidiano e as ciências de modo geral, e atribuir significado ao que é aprendido dentro de sala de aula.

O papel da Física dentro do ambiente escolar, em pleno século XXI, é incitar o aluno a desenvolver a capacidade de entender e lidar com a natureza dos fenômenos físicos e aparatos tecnológicos. Encontra-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais no Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999, 2002), uma Física que deve também ser reconhecida como processo social e construída através das relações ao longo da história.

Relativo à FMC, que tem muito a contribuir para o entendimento do processo de desenvolvimento tecnológico e científico do século XXI, Machado e Nardi (2006) afirmam que o professor de Física deve estar apto a relacionar e apresentar ao seu aluno de forma

crítica, construtiva as bases conceituais, para que este possa compreender de forma mais significativa o que está a sua volta.

Por se tratar de um conteúdo importante para o desenvolvimento tecnológico e científico, propostas metodológicas envolvendo FMC devem ser inseridas na sala de aula, pois os assuntos tratados pela FMC estão inteiramente ligados às explicações e revelações dos porquês relativos às novas tecnologias.

A proposta metodológica envolvendo FMC na sala de aula está inteiramente ligada à inclusão de conteúdos que expliquem e revelem os porquês relativos às novas tecnologias. O aluno contemporâneo deve compreender o espaço ao qual ele está inserido, tornando assim, um sujeito atualizado.

Diversos trabalhos confirmam a importância desses conteúdos dentro do ensino médio, e apresentam propostas metodológicas para uso em sala, tais como: Sales (2005); Machado e Nardi (2006); Oliveira, Viana e Gerbassi (2007); Schittler e Moreira (2016). O que evidencia, portanto, a necessidade de dar uma melhor abordagem a estes temas em sala de aula e uma maior importância a FMC no currículo da educação básica.

Outro ponto a ser discutido é o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem do aluno, em aulas de física. O professor, em qualquer conteúdo abordado, incluindo FMC, deve acompanhar como seu aluno está desenvolvendo seu aprendizado, de forma a possibilitar-lhe ser agente ativo na construção do conhecimento.

Nesta construção de conhecimento, o ato de provocar o estudante com situações que explicitamente estejam conectadas com seu dia a dia, poderá garantir uma melhor condição para o desenvolvimento da aprendizagem, onde o processo metodológico de como se fazer isto pode evidenciar caminhos que facilitem o processo de assimilação de conhecimento.

A tecnologia, além do aspecto do conteúdo de FMC, também pode ser inserida dentro das aulas de Física, ou em qualquer outra disciplina, como ferramenta de desenvolvimento da aprendizagem e auxiliar no processo de ensino.

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), que são ferramentas auxiliares do processo de ensino e aprendizagem, podem conciliar o conteúdo e o interesse do aluno pelo mundo tecnológico em que ele está inserido, garantir que o professor compreenda as contribuições e possibilidades que este panorama pode agregar nas etapas de educação do aluno e pode alimentar o que está afirmado no documento das bases legais do PCNEM, que assume a “revolução informática” como um forte indício para um enorme avanço no processo de educação brasileira (BRASIL, 2002).

Usar as TDIC como ferramentas para o ensino, especificamente, Objetos de Aprendizagem (OA) que são segundo Wiley (2000, p. 2), “[...] qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem”, vem ao longo dos anos apresentando potencialidades em diversos trabalhos produzidos ao redor do mundo, em destaque pode-se citar o trabalho desenvolvido na Universidade do Colorado¹ que apresenta simulações nas áreas de Matemática e Ciências hoje traduzidas para o português e onde professores podem compartilhar suas próprias atividades.

Cita-se também o projeto no Brasil intitulado Rede Virtual Interativa de Educação² (RIVED) que na primeira década do século XXI desenvolveu OA nas mais diversas áreas do conhecimento. Especificamente, na Universidade Federal do Ceará como parte deste projeto, surge o Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem³ (PROATIVA), onde Sales (2005) concebeu o OA Pato Quântico que retrata fenômenos da FMC acerca do efeito fotoelétrico direcionado a alunos do ensino médio.

Pode-se citar outros trabalhos que utilizaram OA em suas metodologias, como: Arantes, Miranda e Studart (2010) com uso de simulador PHET da universidade de Colorado no ensino de Física; Abreu, Cordeiro, Rapkiewicz e Canela (2006) com uso de um OA para trabalhar óxidos e poluição atmosféricas no ensino de química, e Carneiro e Silveira (2014) que analisaram 65 OA produzidos em diversas áreas de ensino.

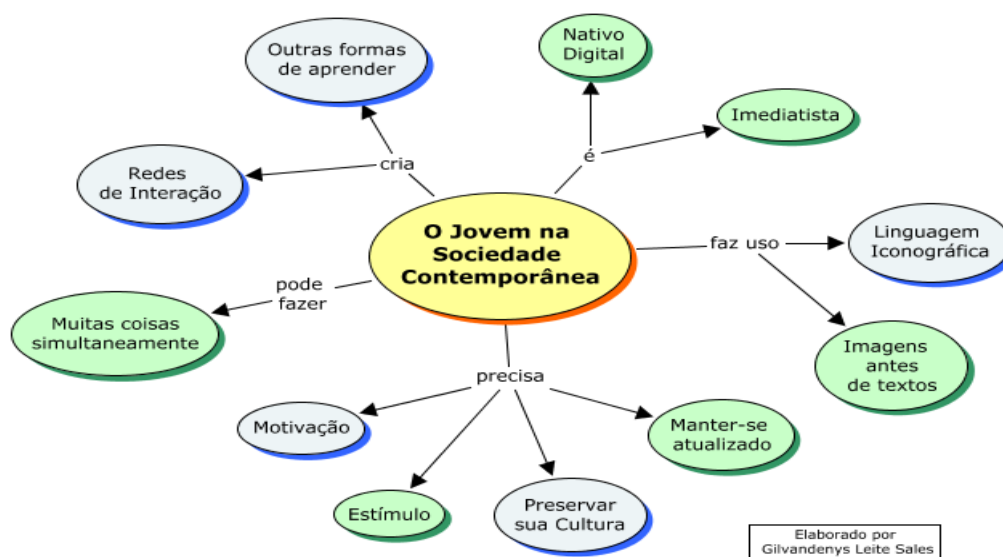
Visto a crescente realização de trabalhos com o uso de OA e observando a sociedade contemporânea ao qual o jovem está inserido, apresentam-se fatores que influenciam diretamente na aprendizagem deste jovem e que estimula a interação com o seu meio social (FIGURA 1).

¹https://phet.colorado.edu/pt_BR/

²<http://rived.mec.gov.br/>

³<http://www.proativa.vdl.ufc.br/>

Figura 1 - O jovem na sociedade contemporânea



Fonte: Sales e Santos (2016, p. 2)

No mapa conceitual (FIGURA 1), mostra-se como está o comportamento do jovem na sociedade contemporânea e quais as características mais evidentes nele. O jovem é um ser nativo digital, está inserido em um ambiente tecnológico, se comunica e aprende através de símbolos e imagens, antes até mesmo da escrita ou fala. Dos pontos relevantes, o professor deve estar atento, pois o mesmo deve ser incentivador das necessidades motivacionais e com isso provocar um estímulo extrínseco para a aprendizagem do aluno, apresentando-se como mediador das possibilidades de se traçar meios educacionais de qualidade.

Sales e Santos (2016) ao traçar este mapa conceitual (FIGURA 1) pretenderam mostrar um panorama real da sociedade ao qual a educação estava inserida com seus alunos, e criar estratégias para desenvolver melhores métodos para a interação e o conhecimento do estudante no ambiente de aula.

Provocar o aluno para o desenvolvimento de sua aprendizagem e construir mudanças conceituais apoiados na utilização de OA no ensino de FMC pode garantir ao professor caminhos que o levem a diversos modelos de metodologias que se adequem à sociedade apresentada atualmente.

Levanta-se aqui a seguinte questão de pesquisa: será que é possível a aplicação de uma metodologia para o ensino de FMC que facilite uma mudança conceitual significativa?

Para responder esta pergunta, buscou-se uma metodologia para utilização de FMC neste trabalho, dentro das pesquisas já citadas anteriormente, a que foi escolhida é a de Sales (2005), que em sua dissertação de mestrado e em outros trabalhos científicos (SILVA *et al.*,

2015), propôs a Metodologia dos 5Cs ou Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA).

A Metodologia PCMA utiliza estratégias pautadas em cinco fases, desde o processo de verificação de conhecimentos preexistentes até a convergência para uma mudança conceitual. Essa metodologia utiliza como referenciais teóricos a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968) e a Metodologia de Resolução de Problemas de Pozo (1998).

A questão apresentada conduzirá o projeto por um caminho que leve a mudança de paradigma conceitual do aluno em FMC e que possibilite uma validação da metodologia PCMA.

Na tentativa de formular uma possível resposta à indagação acima, formula-se a seguinte hipótese:

- O aluno ao utilizar OA para aprender FMC terá facilidades na assimilação de conceitos, o que permitirá mudanças conceituais significativas em sua estrutura cognitiva.

Na sequência, o objetivo geral e os específicos tratados no trabalho, são apresentados.

1.1Objetivos

1.1.1 Geral

Investigar mudanças conceituais proporcionadas pela aplicação da metodologia dos 5Cs, ou Procedimentos Cognitivos Metodológico de Apreensão, associada ao uso de tecnologias digitais em FMC.

1.1.2 Específicos

- Determinar as bases teóricas e metodológicas coligadas ao uso do **OA** em Relatividade Especial;
- Implementar atividades sobre movimentos relativos e relatividade especial;
- Aplicar a metodologia PCMA para verificar mudanças conceituais nos conhecimentos prévios dos alunos;
- Utilizar elementos da metodologia ativa da gamificação como recurso auxiliar para o PCMA.

O corpo do trabalho está organizado da seguinte maneira:

No segundo capítulo trata-se do suporte teórico, apresenta as TDIC e os referenciais teóricos sobre aprendizagem. Aborda o desenvolvimento da tecnologia ao longo dos anos dentro de sala de aula, a utilização das TDIC como ferramenta educativa em aulas de Física, e o desenvolvimento de OA com suas etapas conceituais e construção. As teorias de cargas cognitivas e do conhecimento e a aprendizagem significativa serão abordadas e darão base para a elaboração do processo metodológico do trabalho.

No capítulo três, a metodologia do PCMA (SALES, 2005) é apresentada para conhecimento da proposta do projeto e também são tratadas algumas anuências sobre a metodologia da Gamificação. Também são tratados alguns dos métodos baseados na metodologia da gamificação para sala de aula.

No capítulo quatro, o leitor é conduzido à apreciação dos dados obtidos com o trabalho aplicado. Conduzimos a leitura passando por todas as fases do PCMA constatadas dentro da pesquisa e analisaram-se também as impressões deixadas ao aluno sobre o método utilizado. Por fim, delineiam-se a conclusão do autor sobre a pesquisa realizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aplicação de recursos digitais deve-se fundamentar em bases tecnológicas e psicopedagógicas. Nas bases tecnológicas sobressai o papel da informática na educação e seus softwares como ferramentas capazes de contribuir significativamente na aquisição de conhecimento, já as bases psicopedagógicas devem ser mediadas por teorias educacionais consistentes.

A seguir, traçam-se as bases que fundamentam e dão suporte a este trabalho.

2.1 Bases Psicopedagógicas

A princípio é apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa como possível embasamento teórico às interações com mudanças conceituais e quais são suas implicações na educação:

2.1.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) – Uma teoria para dentro da sala de aula

Inicia-se aqui a abordagem do conceito da Teoria de Aprendizagem Significativa e suas principais ferramentas para o ensino, onde serão apresentados o teor receptivo e as características que comprovam esta teoria como uma importante garantia para facilitação do ensino-aprendizagem dentro de sala de aula.

2.1.2 Teoria cognitiva da Assimilação da Aprendizagem e retenção Significativa

A teoria da assimilação significativa proposta por Ausubel (1963) aborda situações de aprendizagem ancoradas no papel do material de aprendizagem apresentado, onde o aprendiz desenvolve novos significados, e que Moreira (2005) corrobora afirmando que o conhecimento prévio considerado como significativo na estrutura cognitiva do aprendiz é a variável que mais influencia na aprendizagem.

Ausubel (1978) ao sugerir sua teoria de aprendizagem, prioritariamente, afirmou que a aprendizagem se faz a partir de um processo de recepção e assimilação de materiais potencialmente significativos, e que perpassa por duas etapas de pressupostos.

O primeiro pressuposto é que o material potencialmente significativo deve relacionar-se com qualquer estrutura significativa relevante ao aprendiz, de forma não literal e nem tão pouco arbitrária, mostrando uma concepção de aprendizagem diferente do processo de memorização, vertente defendida pelos modelos teórico Behaviorista e instrucionista.

O segundo ponto trata da transição de conhecimento através da relação entre o objeto potencialmente significativo e a estrutura cognitiva retida, no qual foi adquirida por um aprendiz em outro momento de aprendizagem. Em outras palavras, esse ponto trata da relação entre conhecimentos prévios e os conhecimentos potencialmente significativos devem estar interligados para a facilitação da aprendizagem. Entretanto, esses pressupostos são interdependentes com a vontade do aprendiz querer aprender.

Nesta proposta de aprendizagem por recepção significativa podem-se distinguir três tipos: Aprendizagem Representacional, Aprendizagem Conceitual e Aprendizagem por Proposições.

Na Aprendizagem Representacional, Ausubel (1978) afirma que se assemelha a uma aprendizagem por memorização e ocorre sempre quando o significado de símbolos arbitrários equivale aos objetos, conceitos ou acontecimentos, que de algum modo atribua significado para o aprendiz. A aprendizagem representacional é significativa, pois trata de uma representação de significados que podem ser apreendidos pelo aprendiz de forma não arbitrária e não literal, como por exemplo, aprender sobre nome de frutas, animais e pessoas.

A Aprendizagem Conceitual possui dois métodos gerais, um de formação conceitual e o outro por assimilação conceitual. A formação conceitual está presente, principalmente, em crianças jovens e se desenvolve por “atributos específicos do conceito adquiridos através de experiências diretas, formulação de hipóteses, testes e generalizações” (AUSUBEL, 1978, p. 18), mas devido ao desenvolvimento intelectual do aprendiz na fase escolar, os processos cognitivos perpassam para o segundo modelo, o modelo de assimilação, pois a aquisição de novos conceitos aqui é definida através de uma combinação destes com estruturas cognitivas representativas e com significado já existentes.

A Aprendizagem Conceitual por assimilação evidencia características amplamente importantes para TAS, tal qual a aprendizagem por conceitos já preexistentes ou subsunçores⁴, onde segundo Ausubel (1978, p.19) um “determinado conceito bruto tende a relacionar-se com conceitos particulares de sua estrutura cognitiva”, demonstrando assim um

⁴subsunçor é uma palavra original em inglês sem tradução para o português que significa conhecimentos prévios.

modelo hierarquizado de conteúdos apreendidos e a necessidade de uma base conceitual para alicerçar novos conhecimentos.

A terceira forma da TAS é pela aprendizagem por Proposições ou por Proposições verbais. Esta aprendizagem apresenta-se semelhante à Aprendizagem Representacional, pois na medida em que o aprendiz se depara frente a uma atividade ou tarefa potencialmente significativa e surgem novos significados, ele consegue interagir com tarefa proposta com melhor discernimento do que está sendo realizado.

Entretanto, a Aprendizagem por Proposições não apresenta uma relação entre palavras e seus significados, mas sim, “consiste numa ideia composta que são expressas verbalmente numa frase, que contém significados de palavras quer denotativos, quer conotativos e nas funções sintáticas e nas relações entre as palavras” (AUSUBEL, 1978, p.2).

Segundo Ausubel (1963), a Aprendizagem por Proposições pode ser subordinada (de subsunção), subordinante ou combinatória.

A primeira, a Proposição subordinada, acontece quando a Proposição significativa de alguma determinada disciplina escolar se relaciona de forma potencialmente significativa com proposições específicas já existentes ao aprendiz, por exemplo, quando o aluno aprende o conteúdo de plano inclinado com atrito na física, já tendo compreendido e estudado anteriormente a segunda lei de Newton, quanto à somatória de forças serem igual à força resultante no objeto analisado.

Ausubel (1978) denomina esse modelo de TAS por derivativa se o conteúdo significativo exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, quando o aluno aprende sobre potência elétrica e consegue relacionar o conceito à potência mecânica. Ou correlativa, se estender, elaborar, modificar e/ou qualificar as proposições anteriormente apreendidas, como acontece no estudo do experimento de Oersted, que consegue juntar conceitos do magnetismo e da eletricidade, possibilitando uma modificação dos conceitos e passando o aluno a entender o estudo do eletromagnetismo, como um só.

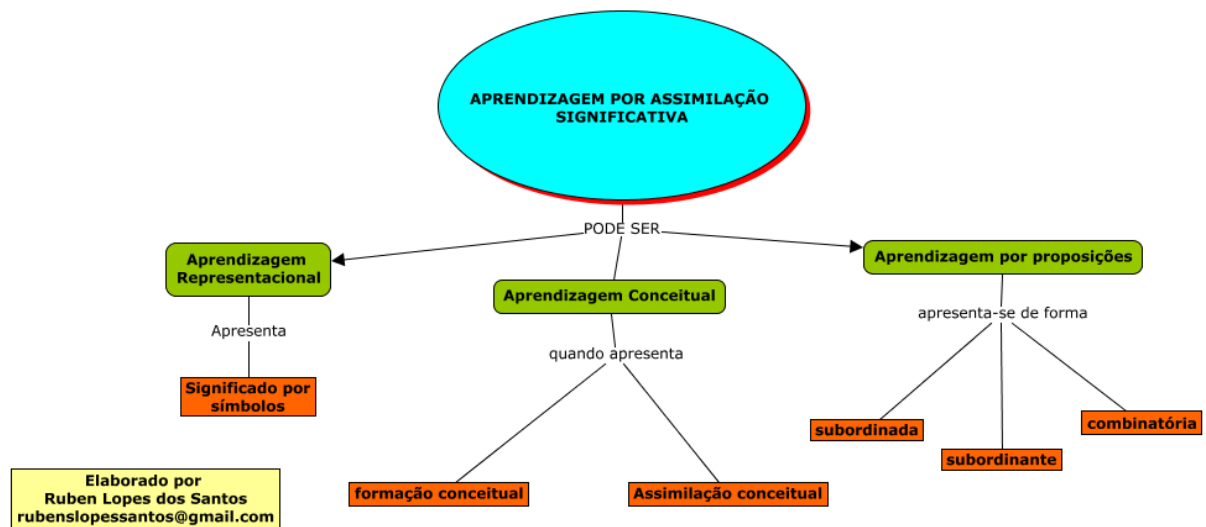
A Proposição subordinante garante uma relação de uma proposição nova potencialmente significativa, com ideias específicas da estrutura cognitiva que já existe, ou de um conjunto de ideias já existentes anteriormente, que possa se tornar uma aprendizagem significativa, como por exemplo, quando o aluno aprende os espectros eletromagnéticos e consegue relacionar após o conceito maior de ondulatória.

A Proposição combinatória é uma proposta que mescla ideias da subordinada e subordinante, e que garante uma possibilidade para momentos em que nem ideias de

proposições subordinadas e nem de proposições subordinante possam se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz.

Após apresentar as rotas para encarar a TAS, o esquema conceitual se estabelece da seguinte forma, como exposto (FIGURA 2), que apresenta um mapa estabelecendo como se revela a estrutura da TAS no processo de assimilação.

Figura 2 - Mapa Conceitual da teoria da Aprendizagem Significativa



Fonte: Elaborado pelo autor

Vale salientar neste ponto, que a TAS é uma teoria que não conduz a uma interpretação vaga e simplista sobre a relação entre o material potencialmente significativo e os conhecimentos prévios, mas sim como o autor afirma que:

Aprendizagem significativa [...] o processo de aquisição de informações resulta numa alteração quer das informações recentemente adquiridas, quer do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva, à qual estão ligadas às novas informações. Na maioria dos casos, as novas informações estão ligadas a um conceito ou proposição específicos e relevantes. (AUSUBEL, 1978, p.3).

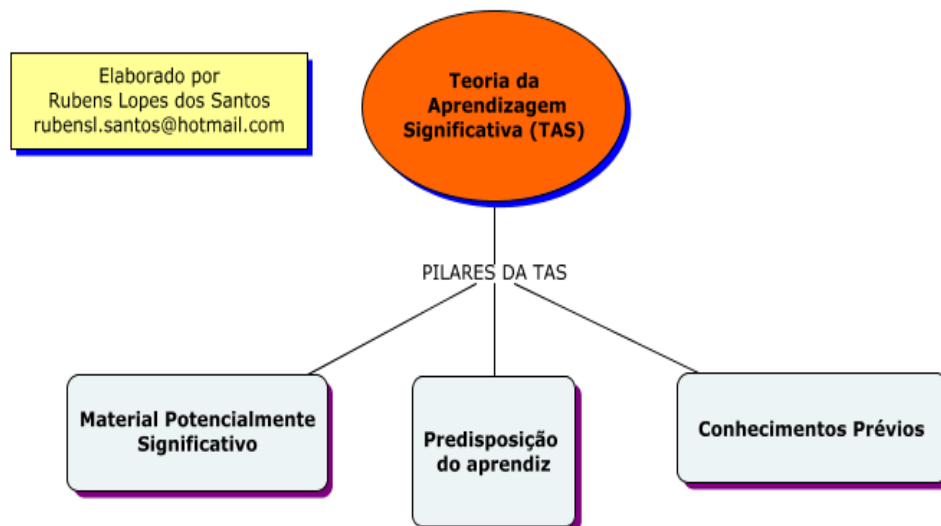
Então, de acordo com Moreira (2006) a TAS nada mais é que uma aprendizagem com significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência onde fundamentalmente depende de uma estrutura formativa de cognição anterior apresentada a um novo material relevante, possa representar uma nova estrutura cognitiva mais bem elaborada. E sendo oposta à aprendizagem mecânica, proposta pouco ou com nenhum significado ao aprendiz, embasada fortemente em uma estrutura memorística, literal e arbitrária.

Além de todos esses pontos tratados até agora, volta-se a afirmar uma característica de suma importância para a eficiência da TAS: o aprendiz esteja predisposto a aprender. Como

Moreira (2006) afirma “essa predisposição implica uma intencionalidade da parte de quem aprende”. Moreira continua em sua afirmação, indicando essa característica como um dos “calcanhares de Aquiles” para que o professor se aproprie desta teoria para dentro de sua sala de aula, pois o aluno mesmo frente a um bom material potencialmente significativo e verificado que seu conhecimento prévio existe, se não houver motivação para aprender o novo conteúdo, a TAS não apresenta eficiência em sua aplicabilidade.

Até este ponto discutiu-se os conceitos básicos que corroboram para a TAS que podem ser resumidos com a representação (FIGURA 3) que apresenta os pilares da TAS: material potencialmente significativo, predisposição do aprendiz e a verificação dos conhecimentos prévios.

Figura 3 - Pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa



Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir discute-se sobre a metodologia de resolução de problemas em sala de aula.

2.1.3 Teoria Metodológica de Resolução de Problemas

A Teoria metodológica de Pozo e Echeverría (1998) é um estudo pautado na aprendizagem por resolução de problemas, no qual o aluno desenvolve sua aprendizagem de forma ativa através de desafios propostos pelo professor dentro dos mais diversos conteúdos ou disciplinas de sala de aula utilizando-se da interação com procedimentos e conteúdos, onde esses conteúdos são conhecimentos prévios do aluno sobre assuntos que possibilitem compreender e traçar caminhos para a resolução do problema proposto.

Pozo e Echeverría (1998, p.15, apud LESTER, 1983) explica que um problema é “uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução”. Ele explica também que a diferença do termo problema para exercício é o fato de a solução ser “um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem seguidos” enquanto que um exercício dispõe de “procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-lo de forma mais ou menos imediata” (POZO; ECHEVERRÍA, 1998, p.16).

Outro fato importante sobre a relação problema/exercício de acordo com Pozo e Echeverría (1998) é entender um exercício como uma habilidade ou técnica que passou por diversas repetições e transformou-se em um conhecimento prévio do indivíduo, no qual para que o mesmo consiga resolver um problema é necessária à interação com exercícios anteriores já compreendidos.

Para Pozo e Echeverría (1998) a utilização de exercícios já compreendidos para ajudar na resolução de um problema é essencial, mas não suficiente para alcançar a solução. Além dos exercícios, as estratégias, os conhecimentos conceituais e as atitudes são elementos para que o aluno possa obter o resultado.

De acordo com Pozo e Echeverría (1998) os problemas podem ser bem definidos ou mal definidos, conceituando o problema como mal definido quando apresenta uma estrutura desorganizada que não deixe claro o objetivo de todo o percurso da questão e que pode apresentar diferentes resoluções. Aqueles que apresentam boa organização, metas bem estabelecidas e dificilmente apresentam divergência em suas soluções, se enquadram como problemas bem elaborados.

E por isso, na aprendizagem por resolução de problemas, o professor deve selecionar com cuidado o conteúdo a ser discutido e elaborar as questões de modo que o aluno compreenda o que deve ser solucionado e organize estratégias em cima de conteúdos que ele conhece para chegar ao resultado das questões.

Os alunos para esta metodologia são sujeitos ativos na construção do conhecimento, e por isso, o professor deve mediar caminhos para o conhecimento com planos bem estabelecidos em acordo com a avaliação que se tem deles, acrescentando nos seus planos objetivos que se adequem à realidade dos mesmos.

Na próxima sessão trata-se sobre algumas das teorias propostas de mudança conceitual e apresenta-se uma visão crítica significativa para elas.

2.1.4 Mudança Conceitual

O desenvolvimento de pesquisas no ensino de ciências alavanca-se em resolver problemas que questionam a estrutura cognitiva e os caminhos que levam a aprendizagem, questionando a metodologia aplicada e, principalmente, características relevantes sobre o que é apreendido pelo educando. O debate entre a forma e a eficácia do modelo apresenta-se como fortes marcas para resolver outro questionamento onde aprender é: mudar o conhecimento anterior que se tinha ou agregar valor ao que já existia, e garantir uma maior complexidade no conhecimento acomodado?

As teorias de Mudanças Conceituais são uma linha de estudo há muito tempo aplicada em pesquisas no ensino. Kuhn (1975), Posner *et al.* (1982), Arruda e Villani (1994) são exemplos de pessoas que desenvolveram trabalhos sobre os assuntos. Para todos eles o processo de ensino que busca uma mudança conceitual pode existir, e apresenta alguns pressupostos no qual ela possa ocorrer. Conceitualmente, estes autores concordam sobre o processo de Mudança Conceitual e caracterizam o conceito de mudança de conceito como um instrumento que subjazem concepções alternativas.

Segundo Moreira (2003 Apud POSNER *et al.* 1982) as teorias de Mudança Conceitual apresentam características que se mostram comum a todas e que são elas: a existência de uma insatisfação com as concepções existentes, pois é pouco provável que alunos e cientistas façam mudanças radicais em seus conceitos a menos que percebam pequenas mudanças que não funcionam mais; uma nova mudança que consiga ser explicada de maneira plausível e que permitam a ocorrência de uma interação de conteúdos adquiridos em períodos de aprendizagem distintos.

Carey (1991 apud MOREIRA, 2003) defende que uma Mudança Conceitual possa acontecer mesmo não havendo uma concepção anterior fortemente estabelecida e que “nascemos com sistemas de conhecimento em alguns domínios, como o sistema da linguagem, dos objetos físicos e dos números, que nos permitem organizar os estímulos do mundo exterior” (MOREIRA, 2003).

Teorias deste tipo vão em divergência ao trabalho da teoria de Piaget, que vislumbra o processo de acomodação como um processo complexo de apreensão do conhecimento e que trata o processo de conhecimento científico como sendo essencialmente estrutural e não conceitual (POZO, 1992 apud MOREIRA, 2003). A mudança de conceito não é contemplada pelo processo teórico que Piaget desenvolve em sua teoria cognitivista.

Piaget (1971, 1973, 1977 apud MOREIRA, 1997) na sua proposta de Assimilação afirma que o aprendiz, ao ser verificado sua aprendizagem, passa pelo processo inicial de construção de arranjos mentais que lhe garantem a assimilação de conhecimento, este se assemelhando com o que Ausubel (1963 apud MOREIRA, 1997) comenta sobre o fato da necessidade de ‘subsunçores’, que são conhecimentos prévios adquiridos pelo indivíduo em um momento de aprendizagem anterior. Na Mudança Conceitual, o aprendiz também tem a necessidade de pressupostos anteriores à mudança que lhe agreguem valor de conhecimento, porque não existe mudança se não existir algo prévio dotado de conhecimento formado dentro dos esquemas mentais deste.

2.1.5 Mudança Conceitual na perspectiva de uma Aprendizagem Significativa

Para Posner *et al.* (1982) Mudança Conceitual acontece quando há uma existência de insatisfação com concepções já existentes, o novo modelo concebido deve ser entendido por quem o escuta ou ler sobre ele, mostrar-se plausível para resolução de problemas e atingir outras camadas ou áreas de estudo através daquele novo modelo.

Para Carey (1991 apud MOREIRA, 2003) a mudança conceitual existe quando o conflito cognitivo entre elementos básicos apreendidos se apresenta demandando novos sentidos e formando assim um modelo de conhecimento diferente do anterior, acredita em uma interação entre reestruturações do pensamento no qual chamava de ligações fortes e fracas, mas também acreditava que a MC poderia existir sem se relacionar diretamente com conceitos que o sujeito já possuía.

Moreira e Greca (2003) questionam a funcionalidade da teoria de Posner *et al.* (1982) e de Carey (1991 apud MOREIRA, 2003) fazendo críticas relacionadas aos modelos de Mudanças Conceituais. Eles evidenciam que a presença de uma necessidade de modificação e substituição de concepções pode não agregar valor significativo, pois uma substituição da concepção por outra na estrutura cognitiva do aprendiz pode ser altamente onerosa ao processo de ensino.

Moreira e Greca (2003) não acreditam que a mudança aconteça desta forma, pois os modelos apresentam uma tendência para mudanças de concepções alternativas, que para Ausubel e Novak (1983 apud MOREIRA; GRECA, 2003) são estruturas fortemente resistentes à mudança, pois se tratam de aprendizagens significativas.

Mudar um conceito intrínseco ao aprendiz tal como a expressão “tudo é relativo” pode demandar bastante tempo e talvez nunca aconteça. Não se pode afirmar com firmeza que os

quatro pontos citados que estão fortemente presentes na teoria de mudança conceitual de Posner *et al.* (1982) possam “substituir uma concepção alternativa significativa” (MOREIRA; GRECO, 2003, p.5).

Moreira e Greco (2003), no mesmo artigo que fazem as críticas citadas acima, apresentam estratégias de mudanças conceituais bem sucedidas. Eles propõem que para isto aconteça de maneira significativa, o ato de adicionar novos significados às concepções já presentes e estabelecidas na mente do aprendiz, de maneira nenhuma impõe a exclusão das concepções já existentes. O que é proposto é uma maturação mais complexa do conhecimento já conhecido.

A mudança neste ponto de vista evidencia um desenvolvimento interativo entre a estrutura conceitual anterior e a adquirida depois do processo de aprendizagem significativa. “Torna-se assim a concepção mais elaborada, ou mais rica, em termos de significados adicionados a ela, ou evolui sem perder sua identidade” (MOREIRA; GRECO, 2003, p. 5).

Para a aprendizagem significativa de Ausubel e Novak, o processo de aprendizagem se inicia baseado em ideias potencialmente significativas e discorre por um processo de assimilação de ideias já estabelecidas, que geram um produto interacional, que implica na dissociação dos conceitos e direciona para a ideia mais estável. Em outras palavras, Moreira e Greco (2003) afirmam que o processo final desta estrutura são os subsunçores modificados, ou seja, busca-se uma interação entre os conhecimentos e não uma troca de um conhecimento pelo outro.

Logo, para entender a mudança conceitual com um olhar potencialmente significativo, deve-se estabelecer que, o seu processo estrutural leve a um fruto da assimilação de novos conceitos integrados a estruturas de conhecimento já estabelecidas nas cargas de cognição do aprendiz, ao qual leva a negação do entendimento que se tinha em outros autores sobre mudança conceitual.

Moreira e Greco (2003) apresentam uma proposta para revisão dos modelos anteriores de Mudança Conceitual, com o intuito de se pensar a mudança conceitual como um desenvolvimento, enriquecimento e/ou evolução conceitual.

A proposta parte do princípio de que uma concepção possa ser considerada como uma nuvem de significados e que cada um destes significados foram adquiridos por assimilação, e não sendo necessária a eliminação, abandono e descarte de nenhum destes significados do processo estrutural cognitivo do aprendiz. Conceitos considerados errôneos ou não estão nesta estrutura, citando como exemplo situações em que professores e alunos de física estão submetidos tais como considerações sobre relatividade do movimento de corpos com

aceleração constante, ou velocidade constante, ou até mesmo em relações de peso e massa de corpos.

A estrutura cognitiva aqui retratada supõe que conceitos aceitos ou não aceitos estão presentes em uma mesma concepção, que pode ser discriminada através da diferenciação progressiva a partir do momento que ocorra a aprendizagem significativa. Dessa forma, o aprendiz quanto mais potencializa o seu processo de aprendizagem, torna-se capaz de distinguir os significados que corrobora para uma menor utilização de conceitos não aceitos, porém não os eliminando (deixando escondidos em alguns significados residuais), assim desenvolvendo sua concepção e enriquecendo suas cargas de cognição.

2.1.6 Metodologia Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA)

A proposta de Sales (2005) do Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA) é uma estratégia metodológica que busca caminhos para a facilitação da apreensão do conhecimento, através de bases teóricas da Aprendizagem significativa Ausubeliana, de resolução de problemas de Pozo (1998) e da mudança conceitual de forma significativa de Moreira e Greco (2003).

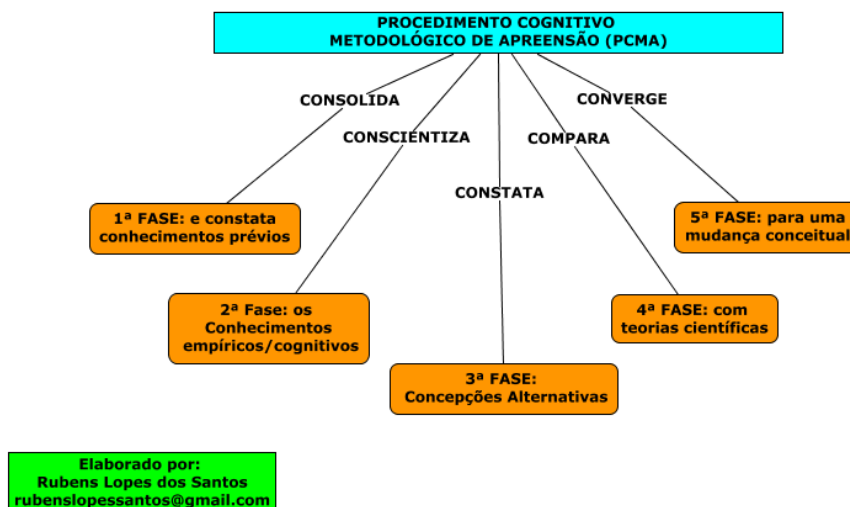
O PCMA é dividido em cinco fases de uma sequência didática, onde se verificam elementos de conhecimento prévios, propõe resolução de desafios e problemas, apresenta caminhos alternativos para explicação de determinados conceitos e situações, e busca estabelecer a convergência para uma mudança conceitual significativa.

O tripé da Aprendizagem significativa está presente desde o início até o fim do Procedimento. O PCMA propõe uma sequência didática, onde se busca uma motivação para o aluno querer participar e interagir com o material, e oferece constatações de conhecimentos que darão base para a continuidade do processo metodológico, em acordo com o que Moreira (2005) afirma sobre o que é necessário para uma aprendizagem significativa: conhecimento prévio, material potencialmente significativo e um aluno motivado a aprender.

Busca-se no PCMA que o aluno consiga organizar estratégias para resolução de problemas, investigando e debatendo conceitos na busca de uma consolidação de um novo conhecimento, elementos estes presentes na teoria de resolução de problemas de Pozo (1998).

No PCMA, as suas cinco fases da sequência didática são avaliadas no decorrer dos procedimentos: Consolidação dos conhecimentos prévios, Conscientização de conflitos empíricos, Constatação das concepções alternativas, Comparação com teorias científicas, Convergência para uma mudança conceitual (FIGURA 4).

Figura 4 - Mapa Conceitual Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão



Fonte: Elaborado pelo autor. Fundamentado em Sales (2005)

A consolidação dos conhecimentos prévios é o momento onde há a certificação se o aluno possui conhecimento prévio do conteúdo ou não. Esta etapa da metodologia baseia-se no pressuposto de subsunçores (conhecimentos prévios) que é um dos pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) Ausubeliana.

O professor avalia seu aluno de modo, a saber, quais as noções de conteúdo do seu aprendiz, para assim, gerar rotas possíveis de aprendizagem de novos conteúdos e esclarecer conteúdos anteriores que talvez o mesmo não tenha aprendido.

Neste contexto, consolidar conhecimentos da Física Clássica é de suma importância visto que a metodologia é aplicada em FMC, e parte do pressuposto que o aprendiz tenha consolidado o seu conhecimento anterior a respeito de Física Clássica.

Na etapa da Conscientização de conflitos empíricos há a apresentação de situações que a Física Clássica não consegue explicar. Noções de movimento de corpos microscópicos ou com grandes valores de energia e dualidade onda-partícula da luz são exemplos de conflitos empíricos. Neste momento, cria-se o conflito cognitivo e modificam-se os esquemas presentes. Este procedimento é uma das ideias principais da metodologia, pois o conflito de ideias pode garantir uma mudança de paradigma conceitual e levar o aprendiz ao questionamento científico aproximando-o do conhecimento.

A Constatação das concepções alternativas é o momento de intervenção do professor, o qual auxilia o aluno com a utilização de teorias que apresentem melhores noções para

resolução dos problemas conflituosos. O professor, neste momento, tem papel de mediador de conflitos e guia para rotas de solução possíveis dos problemas em questão.

Na fase de Comparação com teorias científicas a exposição é clara com a apresentação de teorias provenientes da FMC. Há a possibilidade do uso de ferramentas que auxiliem a demonstração do conteúdo de FMC e que garantam uma comparação com o que era conhecido pelo aluno e o conteúdo novo proposto nas teorias científicas.

Na última etapa, busca-se a Convergência para uma mudança conceitual com a utilização do uso do Objeto de Aprendizagem (OA), e a consolidação do conhecimento apreendido pelo aluno. Essa mudança conceitual deve se estabelecer de forma significativa, no qual a transição e a interação de conhecimentos vêm na forma de compreensão do aluno sobre o assunto tratado.

A mudança parte do pressuposto de uma modificação do conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aluno, permitindo assim uma melhor elaboração mental do que acontece nos fenômenos físicos que o cercam. O OA neste momento vem para demonstrar visualmente o que acontece na FMC e permitir uma interação entre conteúdo e aprendiz, focando assim em uma reestruturação dos conceitos já existentes e permitindo uma aprendizagem de forma significativa.

Vale salientar que a proposta do PCMA foi lançada em 2005, mas apesar do tempo transcorrido, apenas um trabalho de conclusão de curso, que resultou na publicação de Silva *et al.* (2015), utilizou-se dessa metodologia, sendo assim, outra prerrogativa para se avaliar a sua validade quanto recurso para a facilitação da aprendizagem.

Na próxima seção discutem-se as bases tecnológicas do trabalho com a metodologia ativa da gamificação e as teorias sobre OA.

2.1.7 Gamificação para a Educação

A possibilidade de proporcionar um ambiente mais agradável de aprendizagem e potencializar o ambiente de sala aula para o aprendizado do aluno são objetivos almejados por grande parte dos docentes que acreditam em uma educação de qualidade, e isso não se discute.

Junto com o avanço da tecnologia, muitos conceitos, principalmente aqueles voltados para uma metodologia ativa, tais quais: Gamificação, *Peer Instruction*, Ensino Híbrido, entre outros tem surgido. Essas estratégias foram inseridas dentro do sistema educacional,

como modelos metodológicos para educação, todas elas colocando o aluno como sujeito ativo na construção do seu conhecimento.

A gamificação utiliza uma gama enorme de conceitos utilizados em *games* e é definida por Kapp (2012) como sendo “uma aplicação apropriada de três elementos dos jogos, mecânica, estética e conceito, com o objetivo de proporcionar o engajamento entre as pessoas, motivar ações, encorajar a aprendizagem e promover a resolução de problemas” (apud FRANCO, 2015, p.2).

A gamificação foi inicialmente utilizada em ambientes de empresas para gerar o engajamento dos funcionários. Na educação, de acordo com Kapp (2012 apud FRANCO, FERREIRA e BATISTA, 2015, p.3), ela “tende a promover entretenimento, engajamento, motivação, entre outros aspectos”, o que pode ser interessante, pois o uso da estrutura de jogos faz todo o sentido, quando se lida com jovens inteiramente ligados ao contexto de jogos e tecnologias atuais.

Estratégias de ensino voltadas para uma aprendizagem com o uso da gamificação, não significa utilizar-se necessariamente de um jogo dentro de sala de aula, o que pode até acontecer, mas também se trata de mecanismos que garantam a bonificação dos alunos por realizar desafios, nivelar o conhecimento através de situações-problema, desde os mais fáceis até aos mais desafiadores, envolver e gerar participação dos alunos com o assunto abordado.

Para Busarello, Ulbrit e Fadel (2014, p.12) o objetivo da gamificação “é envolver emocionalmente o indivíduo utilizando o mecanismo de jogos, favorecendo a criação de um ambiente propício ao engajamento do indivíduo”, mas para envolver emocionalmente uma pessoa, diversos fatores devem ser considerados e estabelecidos no intuito do objetivo central.

Então, para constatação, apresentam-se algumas características facilitadoras e existentes na gamificação, que são utilizadas para favorecer o envolvimento emocional dos participantes.

De acordo com Busarello, Ulbrit e Fadel (2014) trata-se de um jogo ou características de um jogo, que podem ser levadas dentro da gamificação:

- Os objetivos gerais ou metas, passos iniciais que norteiam e dão os direcionamentos;
- As regras que servem para esclarecer o que pode ser feito e o que não pode ser feito, estabelecer limites para as tarefas ou desafios;
- Sistema de *Feedback*, meio onde o participante interage e consegue respostas para suas ações no ambiente gamificado;
- Aplicação de tempo para realização de tarefas ou desafios;

- Estímulos sociais e bonificação por realização de desafios ao longo do enredo ou tarefas;
- Desenvolvimento contínuo através da elevação dos níveis de desafios, correspondendo a um engajamento pela experiência;
- Divisão de grupos em guildas (termo utilizado para identificar grupos em jogos online);

A necessidade de estimular os participantes a continuar e cada vez mais se engajar com a estrutura gamificada é um dos objetivos mais desafiadores e avalia-se que se deve “fornecer a eles estímulos de alta qualidade e com diferentes formatos” (LI; GROSSMAN; FITZMAURICE apud BUSARELLO; ULBRIT; FADEL, 2014).

Cuningham citado por Busarello, Ulbrit e Fadel (2014) também enquadra ferramentas de melhoramento da mecânica da gamificação, tais como: pontos, níveis, placar, divisas, integração, desafios e missões, *loops* de engajamento, personalização e reforço. Tais características alimentam a estrutura de tal forma de um jogo ou de um ambiente gamificado, que pode garantir o engajamento emocional dos seus participantes.

Além dessas características citadas, muitas outras podem ser utilizadas em uma metodologia que utilize a gamificação. Quando se fala de educação, a utilização da gamificação pode fortalecer o processo tanto do ensino quanto da aprendizagem, pois consegue englobar habilidades que potencializam áreas cognitivas, habilidades sociais e motoras (ALVES; MINHO; DINIZ, 2014).

Enfocar os desafios, as atividades, o *feedback* e a colaboração para a construção do conhecimento pode levar aos usuários desta metodologia, caminhos para a compreensão dos conteúdos estudados. Manipular ferramentas tecnológicas, com fundamentos intrínsecos do mundo dos jogos, podem apresentar rotas de socialização e interação com o mundo do jovem contemporâneo.

Os trabalhos de Franco, Ferreira e Batista (2015) e Sales *et al.* (2017) no campo da educação e do ensino de Física demonstram que as estratégias propostas pela metodologia ativa da gamificação dentro do ambiente de sala de aula são eficazes para a aprendizagem e se mostram como excelentes possibilidades para o professor ao organizar seu plano de ensino.

E, como um caminho para fortificar o procedimento desta pesquisa, utiliza-se alguns dos elementos da gamificação para auxiliar na sequência metodológica.

2.2 Bases Tecnológicas

A criação de OA visa potencializar o aluno em seu processo de aprendizagem. A seção que se segue trata do conceito de OA e seus respectivos repositórios. Destaca-se a importância do computador e seus softwares como ambiente de aprendizagem e encerra-se discutindo o uso de OA em simulações e as possíveis cargas cognitivas produzidas por estes.

2.2.1 Objetos de Aprendizagem e Repositórios de Objetos de Aprendizagem

Os Objetos de Aprendizagem (OA) segundo Aguiar e Flores (2014) podem apresentar-se como uma vantajosa ferramenta de aprendizagem e instrução para o ensino e a revisão de diversos conteúdos e conceitos.

E o que seria um OA? Segundo Wiley (2000, p. 2), um OA “[...] é qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem”, ou seja, qualquer recurso digital como, por exemplo: textos, animações, vídeos, imagens, aplicações, página web em combinação, simuladores, que deem suporte ao ensino e à aprendizagem.

Para Sales (2016, p. 24) “OA é uma espécie de “partícula” ou “Tijolo Didático” reutilizável de conteúdo educacional digital que pode compor uma unidade de aprendizagem”. A metáfora utilizada corresponde a dizer que o OA é um elemento utilizado como uma ferramenta para fins didáticos, servindo como uma estrutura, encaixada em vários outros elementos que podem contribuir para a construção do conhecimento.

Ao observar as estruturas de um OA, verificam-se bem definidas e divididas, três partes, de acordo com Singh (2001):

- **Objetivos:** lista de conhecimentos prévios necessários para um bom aproveitamento de todo o conteúdo disponível;
- **Conteúdo instrucional:** apresentação de todo o material didático necessário para que o aluno possa atingir os objetivos citados;
- **Prática e Feedback:** avaliação do aprendiz sobre o seu desempenho, expectativas sobre o aprendizado.

E, em concordância com Mendes e Caragnato (2004), as características e elementos encontrados em um OA em sua estrutura e operacionalidade são:

- **Reusabilidade:** o objeto pode ser reutilizado diversas vezes, em vários contextos e situações de ambiente de ensino;
- **Adaptabilidade:** Adaptável a qualquer ambiente de ensino seguindo critérios de interoperabilidade e portabilidade;

- **Granularidade:** relação do tamanho do objeto e maior responsável pela reutilização e portabilidades, pois o que determina a reutilização é o conteúdo ao qual está ligado o objeto de aprendizagem;
- **Acessibilidade:** acesso fácil em dispositivos ligados à internet;
- **Durabilidade:** utilizável em mudanças de tecnologia, não descartável;
- **Interoperabilidade:** habilidade operacional em diversos browsers de navegação e sistemas operacionais distintos;
- **Metadados:** descreve o objeto de acordo com título, autor, data, assunto, objetivo, recurso utilizado para facilitar a localização do objeto na rede.

Marchi e Costa (2003) comparam os metadados a um catálogo de biblioteca, afirmando que eles fornecem informações sobre um determinado recurso, promovendo a interoperabilidade, identificação, compartilhamento, integração, utilização, reutilização, gerenciamento e recuperação deles de maneira mais eficiente.

2.2.2 Elaboração de Objetos de Aprendizagem (OA)

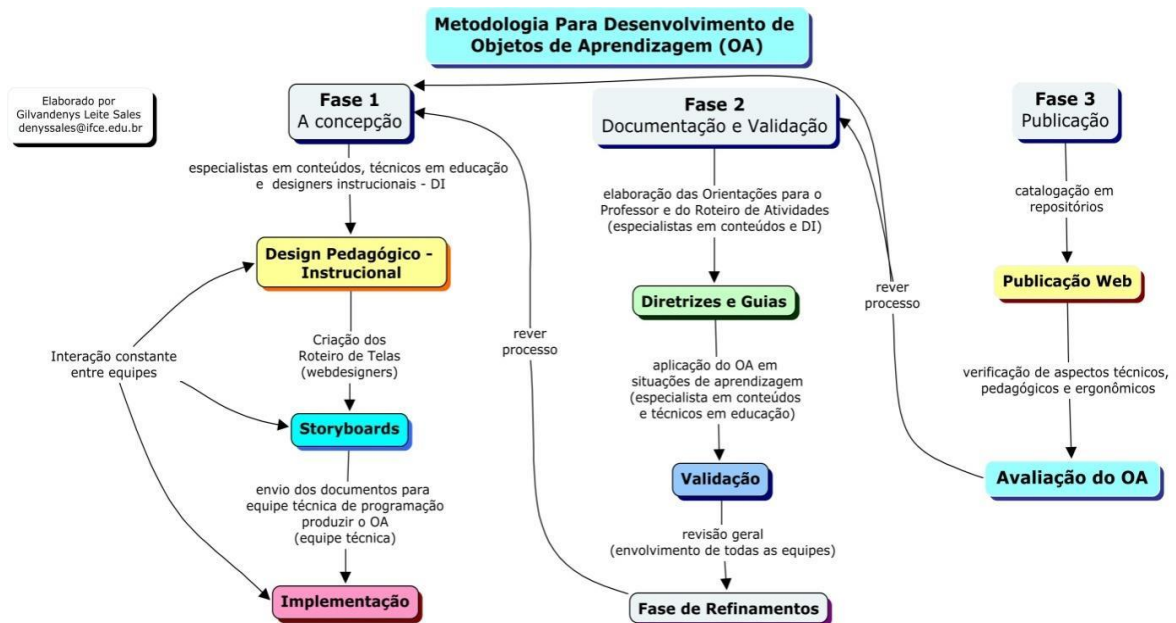
O avanço das TDIC tem propiciado para o campo educacional oportunidades para elaboração de OA e ao mesmo tempo, de acordo com Carneiro e Silveira (2014) demonstra a fragilidade e escassez de recurso humano para produção destes materiais. A demanda é grande e está em processo crescente, mas enquanto isto, a escola sofre por não disponibilizar de material pensante em um número satisfatório para sua produção, como comenta Ávila e Tarouco (2014).

Acompanhando a crescente demanda, os repositórios representam uma importante proposta enquanto recurso para disponibilizar material em grande quantidade e em rede. Entretanto, apesar dos esforços dos alimentadores destes repositórios, nem sempre os objetos lá encontrados correspondem aos objetivos pretendidos, o que torna latente a necessidade do desenvolvimento de novos OA.

A elaboração destes objetos recorre a passos que variam do *design*, passando pelo objetivo pretendido, multimídia utilizada até a validação do objeto criado. Entre o processo de criação e análise muitas teorias podem ser discutidas e aplicadas para o melhor desenvolvimento do OA e para que ele possa ser eficiente em sua pretensão educacional.

Para Sales (2014) a metodologia de concepção de um OA consiste de três fases: a concepção, a documentação e validação e a publicação (FIGURA 5).

Figura 5 - Metodologia para Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OA)



Fonte: Sales (2014, p.4)

Observa-se (FIGURA 5) que a fase da concepção se inicia pelo *Design* pedagógico – Instrucional, onde profissionais especialistas em conteúdos, técnicos em educação e *designers* instrucionais definem o escopo do OA. Neste primeiro momento, é realizada a reflexão sobre como o aluno se comportaria ao se deparar com o OA idealizado e qual seria a relação com o cotidiano do aprendiz, também se preocupando com os conteúdos a serem abordados dentro do OA.

A aplicação do material produzido no cotidiano do aluno pode garantir a interação desejada pelo professor, logo construir um OA tendo características próximas do mundo vivencial do aluno potencializa a interação. O escopo, o que se deseja como aprendizado, a metodologia, os elementos a serem tratados dentro do objeto são elaborados nesta concepção. Depois do projeto concebido, começa a etapa de construção do *Storyboard*, onde responsáveis pela criação dos roteiros de telas entram em ação em constante interação com os membros que conceberam o Design Pedagógico-Instrucional. É neste momento que as ideias ganham formas dentro de telas contendo desenhos do que foi proposto.

Caso todo planejamento seja atendido, respeitando o conteúdo e os elementos predefinidos no Design Pedagógico-Instrucional e no *Storyboard*, finaliza-se a concepção do OA, senão, retorna-se para o Design Pedagógico-Instrucional.

Na segunda fase, da Documentação e Validação, elaboram-se documentos de orientação para o professor e roteiros de atividades que facilitem a utilização do OA concebido na fase anterior. Preocupa-se aqui em criar diretrizes e guias esclarecendo conteúdo, aplicações e objetivos pretendidos.

Após a elaboração das diretrizes e guias o OA é levado para dentro de sala de aula em situações de aprendizagem para ser testado. Neste momento, o OA chega ao seu destinatário para validação, podendo apresentar-se pronto para a próxima fase, ou senão retorna para a fase de concepção, isso dependendo de critérios avaliativos definidos na fase um.

Na fase da Publicação é realizada a catalogação em repositórios com a devida atribuição de metadados do OA, o que possibilita sua avaliação por usuários na rede Web, caso os resultados da avaliação sejam satisfatórios o material está apto a ser utilizado pelos usuários da internet, caso não tenha uma boa avaliação pode voltar para fase de documentação e validação (fase 2) ou até mesmo para a fase da concepção (fase 1).

Discute-se na próxima seção a respeito das teorias de construção de um OA, bem como sobre as cargas de cognição e multimídia.

2.2.3 Teoria da Carga Cognitiva e da Multimídia

Na elaboração de ferramentas tecnológicas para ser utilizado na educação, o cuidado com os aspectos teóricos e de princípios técnicos que enfatizam o modo, o aspecto e a estrutura cognitiva de como deve ser construída esta ferramenta permite que o professor desenvolva Objetos de Aprendizagem (OA) com características visuais mais aptas para a interatividade, aluno e OA.

Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998) elaboraram a teoria da Carga Cognitiva (CC) que analisa a capacidade humana de construir e armazenar conhecimento a partir de novas informações, levando em consideração o conhecimento próprio adquirido pelo aprendiz anteriormente.

Essa análise se baseia em tipos de memória de trabalho, que são memórias recorrentes e que estabelecem laços para contribuir com a construção de outro tipo de memória, a de longo prazo.

Memória de trabalho é caracterizada como um tipo de memória de curta duração e se considera limitada em relação ao número de informações que ela pode guardar e processar simultaneamente e a memória de longo prazo é a responsável para armazenar informações

processadas pela de trabalho, de acordo com Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), que apresentam ainda três modelos para as cargas cognitivas:

- **Carga Intrínseca** - relaciona-se ao fator de complexidade entre o objeto e o público a ser atingido por este;
- **Carga Extrínseca** - diz respeito ao número de informação dispensável no *layout* do objeto criado e da exigência de um material enxuto e claro sobre o conteúdo pretendido;
- **Carga Pertinente** - desafio proposto pelo **OA** em relação ao conteúdo. Ele deve ser condizente com o limite de memória de trabalho do estudante.

Estes elementos da teoria para criação de objetos de aprendizagem recorrem ao processo de taxonomia proposto por Schiwer e Misanchuk (1993), que caracteriza o grau e o tipo de interatividade proposto pelo **OA** desenvolvido:

- **Interatividade Reativa** - OA que envolva inicialmente o processo de cognição do aluno, mas que não podem ser utilizados em grande frequência, por perder seu grau de interatividade com o tempo de exposição e frequência;
- **Interatividade Proativa** - OA que possibilitam o processo de (re)construção deles ao possibilitar que o aluno modifique ou crie algo dentro dele, o que desenvolve uma melhor interação comparada à reativa;
- **Interatividade Mútua** - OA dinâmicos e que se aproximam de jogos quanto à sua funcionalidade, dando opções de utilização em níveis de conhecimentos, sua criação aparece como bastante complexa, porém há maior interatividade para a imersão do aluno.

Por fim, a criação dos objetos de aprendizagem passa pela etapa de escolha e produção multimídia que são recursos que oferecem, ao professor, a elaboração de materiais educacionais em formato significativo para o aluno, tais como vídeos, animações, simulações e áudios.

Mayer (2001) desenvolveu uma série de princípios que servem como elementos para nortear conteúdos educacionais, que se utilizam da multimídia:

- **Princípio da multimídia:** A aprendizagem, quando explorado textos vinculados a gráficos, tende a ser mais significativa, assim como a utilização dos demais recursos multimídias, propiciando interatividade;
- **Princípio da Modalidade:** A aprendizagem desenvolve-se em modalidades auditivas e visuais, no qual o aluno pode ser envolvido no conteúdo através de vídeos e áudios simultaneamente;

- **Princípio da Redundância:** A aprendizagem pode ser prejudicada quando elementos multimídias contrapõem assuntos abordados, ou tornam-se redundantes no excesso de mídias expostas para o aluno, prejudicando o processamento de informação pela memória de trabalho do aluno;
- **Princípio da Proximidade Espacial:** A aprendizagem de conteúdos estabelecidos em multimídia devem ser próximo um ao outro para que não haja perda de informação e comprometimento do processo de aprendizagem;
- **Princípio da Personalização:** Baseia-se na ideia que a aprendizagem é mais efetiva quando o estudante se vir em meio de um diálogo com o material instrucional, em uma conversa mais próxima de sua realidade;
- **Princípio da Prática:** A aprendizagem deve desenvolver habilidades para que o aluno possa está apto a utilizar-se do conhecimento aprendido em problemas reais. O objeto de aprendizagem aqui desenvolvido deve propor situações que incentivem trocas de conhecimento, explorando este conhecimento em diferentes circunstâncias.

Relativo ao ato de manipular e agir sobre o **OA**, Sales (2012) classifica-os em:

- **OA Interativo:** aqueles que permitem a manipulação de variáveis. A aprendizagem é decorrente do ato exploratório e da testagem de hipóteses sobre o **OA**. Exemplos: **OA** Pato Quântico⁵; Gangorra Interativa⁶;
- **OA Ferramenta:** Artefato, aparato, instrumento ou recurso auxiliar para elaboração, tratamento e análise de dados experimentais. Exemplo: LAB Fit⁷;
- **OA Cooperativo:** A aprendizagem tem foco na construção coletiva a partir de processo de investigação aguçado pela colaboração. Exemplos: *Wiki*, *blogquest* e *Webquest*;
- **OA Programacional:** A aprendizagem é decorrente de comandos lógicos atribuídos ao software. Exemplo: *Software Modellus*⁸.

O próximo capítulo reserva-se à discussão sobre a metodologia do trabalho de pesquisa.

⁵<http://www.proativa.vdl.ufc.br/oa/pato/pato.html>

⁶http://www2.virtual.ufc.br/proativa/new/objetos_aprendizagem/gangorra/gangorra.html

⁷http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index_p.htm

⁸<http://modellus.fct.unl.pt/>

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo trata dos percursos didáticos do trabalho de campo, da metodologia aplicada, dos instrumentos que serviram para coleta de dados e das técnicas de análise de dados. Apresenta-se como foi conduzida a pesquisa e o passo a passo de todas as aulas aplicadas para a condução dos procedimentos metodológicos mostrados no capítulo anterior.

3.1 Explicações iniciais dos procedimentos

O trabalho propôs a utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), especificamente utilizando um Objeto de Aprendizagem (OA) para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (**FMC**), com o emprego da Metodologia Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (**PCMA** ou Metodologia 5C) proposto por Sales (2005).

A produção deste trabalho teve como foco evidenciar a necessidade de uma Física voltada para a valorização do papel ativo do aluno na assimilação e possível retenção de sua aprendizagem, por meio de uma metodologia voltada aos pressupostos de conhecimentos prévios e uma busca pela mudança de paradigma conceitual. Busca também apresentar caminhos para que o professor possa utilizar em suas aulas, com o uso de TDIC como suporte educacional e com a estrutura conceitual da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

As aulas de FMC foram dadas para alunos do ensino médio, e os dados extraídos serviram para uma avaliação qualitativa que mostrou características da aplicação, do *software* educativo e a presença ausubeliana de aprendizagem. A aprendizagem é o foco do presente trabalho, tratando assim do uso dos recursos para a assimilação da aprendizagem.

O trabalho abordou os conceitos científicos e tecnológicos para formação de uma aprendizagem com significado, no qual o aluno construía seu conhecimento através de situações-problema, utilizando as ferramentas de uso tecnológico para uma mudança conceitual.

Na construção das aulas foram levados em consideração os conteúdos prévios que os alunos possuíam da Física Clássica e dois temas da FMC: Relatividade restrita e alguns conceitos do efeito fotoelétrico. Estes temas foram escolhidos dentro do amplo campo de estudo da FMC, pois são considerados bastante relevantes para serem discutidos dentro de sala de aula, de acordo com Oliveira, Viana e Gerbassi (2007) em sua pesquisa com outros professores.

A abordagem dos modelos de Movimentos Relativos e Referencial Inercial apoiado em conhecimentos prévios de Tipos de Movimento e a noção de Referencial estudada em anos anteriores foram colocadas como conteúdos necessários para a atual pesquisa.

As expectativas estavam em torno de resultados positivos sobre a aplicação do PCMA, permitindo a validação do mesmo para o ensino de FMC e, assim também, em torno da facilitação da aprendizagem do aluno e de uma mudança conceitual significativa na formação de seu conhecimento.

3.2 A condução dos procedimentos metodológicos

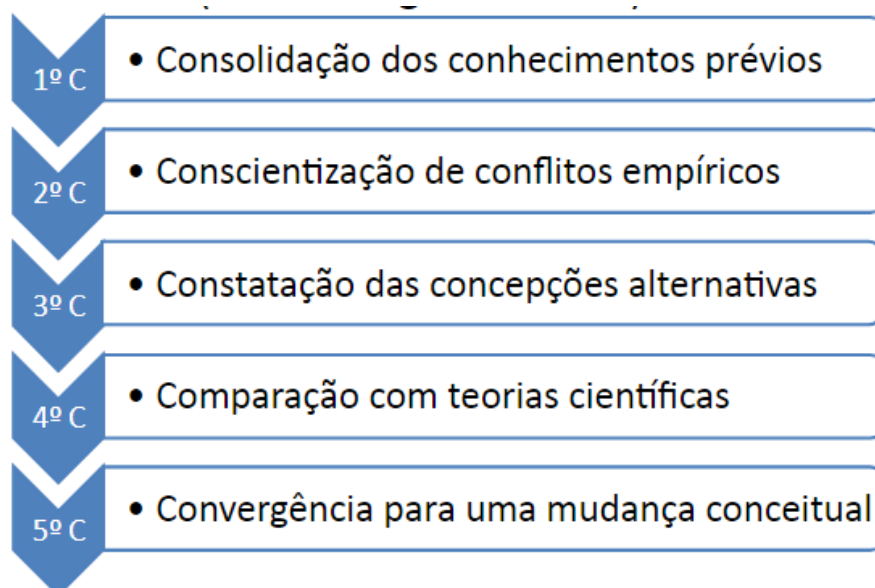
Planejou-se um total de 10 horas aulas para a aplicação do PCMA. A atividade foi conduzida na Escola Estadual de Ensino Profissionalizante de Pacatuba, instituição de ensino construída com incentivo do governo estadual no padrão MEC de escolas. A escola contribuiu bastante com a concessão dos seus laboratórios à disposição das atividades da pesquisa e de todas as ferramentas para fins da potencialização da construção de conhecimento.

Diferente da realidade de muitas outras escolas do ensino regular do estado do Ceará, esta escola recebe alunos selecionados através de um certame, disponibiliza de muitos ambientes de aprendizagem (Laboratórios de informática e dos cursos técnicos, biblioteca equipada, salas experimentais de Física, Biologia e Química, entre outros espaços) e os alunos estudam das 7 horas da manhã até às 17 horas, pois os mesmos fazem o curso profissionalizante integrado ao ensino médio regular.

Deu-se início à aplicação do trabalho, com a turma do 3º ano do ensino médio de Eletromecânica, composta de 45 alunos. Eles foram informados nos primeiros momentos das aulas, que participariam de uma metodologia diferente daquela conduzida durante o ano letivo e que teriam como suporte o laboratório de informática para realização das atividades de forma individual ou em grupos.

Todo o procedimento foi aplicado em 10 horas-aula e teve foco na estrutura da Metodologia PCMA. Apresenta-se abaixo (FIGURA 6) quais os procedimentos avaliados durante todas as aulas realizadas com a turma.

Figura 6 – PCMA ou Metodologia dos 5C



Fonte: Adaptado de Sales (2005)

Definido o lócus e a metodologia de ação dessa pesquisa, trata-se na seção a seguir como foram os procedimentos, passo a passo, das aulas aplicadas.

3.2.1 Fase 1: Avaliação das habilidades e competências de cada aluno

A primeira ação elaborada e realizada foi à aplicação de um teste *online* com auxílio da ferramenta *Google Forms*⁹ (APÊNDICE A). O teste, composto por um questionário de 11 questões, visava avaliar os conhecimentos prévios que cada aluno teria relativo a referenciais, fenômenos relacionados a movimento e à relatividade clássica.

O teste proporcionou para aqueles que apresentaram os maiores percentuais de acertos em relação aos conceitos científicos a oportunidade de serem os líderes do seu respectivo grupo.

Essa atividade inicial visou pôr em ação a primeira fase do PCMA (SALES, 2005), a constatação de conhecimentos prévios. Nesta etapa visualizou-se o nível de domínio de cada um dos alunos em determinado assunto e sua potencialidade para a aquisição de um novo conhecimento. O questionário utilizou-se de situações-problema de fácil interpretação e resolução, afinal o intuito foi de identificar as devidas habilidades e competências prévias por menores que fossem.

⁹ O *Google Forms* é uma plataforma virtual desenvolvida pela própria *Google* para a criação de pesquisas e questionários interativos. Apresenta resultados tabelados com percentuais de acertos e erros de forma coletiva ou individual.

Destaca-se a preocupação, nesta fase com a identificação destes conhecimentos prévios, pois a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) afirma que a ausência destes elementos não permite a constatação final de uma aprendizagem significativa e, nem tão pouco, de uma mudança conceitual.

Após a realização do teste e com todos os grupos formados, foram indicados alguns componentes da gamificação: os grupos foram divididos, as atividades realizadas como uma missão ou desafio. Passou-se a pontuar e a ranquear, e, por conseguinte, surgiu a disputa entre os participantes. Cada equipe teve a missão de criar um nome para sua equipe, o que ocasionou momentos de euforia e diversão, leves demonstrações de entusiasmo com a proposta.

3.2.2 Fase 2: Conscientização de conflitos empíricos

A segunda atividade realizada, e a primeira a ser desenvolvida em equipe, foram às verificações de questões de múltipla escolha, realizando a constatação das respostas corretas e falsas, explicando os porquês de cada item ser o correto ou não, questões estas sobre os mesmos assuntos tratados anteriormente na atividade de avaliação de conhecimentos prévios (APÊNDICE B). Essa atividade focou-se na segunda fase do PCMA, Conscientização de conflitos empíricos, onde é estabelecido o processo de intervenção para estimular o aluno a garantir aquele conhecimento ou ratificar aquilo que o mesmo já possui.

Nessas verificações foram dadas 5 perguntas de múltipla escolha para que os alunos em suas guildas elaborassem seus pensamentos sobre cada um dos itens. Os itens não poderiam ser julgados somente com a afirmação de verdadeiro ou falso, mas também deveria ser apresentada a devida justificativa para cada uma deles. No decorrer das discussões, por se tratar de uma situação mais intimista e exigir o envolvimento de todas as divergências de ideias buscou-se uma construção de bases mais sólidas sobre o assunto.

Reforça-se a importância dos conhecimentos prévios para a continuidade da aplicação deste trabalho, destaca-se também a necessidade do envolvimento de cada um dos alunos com o conhecimento tratado e trabalhado. Na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e seus seguidores, o aluno envolve-se e compromete-se com a atividade o que é essencial para a construção do conhecimento; não há aprendizagem de forma significativa, se não existir um aluno predisposto a aprender.

Ao fim das discussões, as equipes apresentaram suas respostas uma para as outras, criando um momento de interação entre elas. O professor como mediador, ao final do

processo apresentou qualitativamente quais os pontos a serem acrescidos nas respostas de cada guilda e sugeriu uma pesquisa sobre movimentos relativos para referenciais inerciais, estratégia para ratificação do conhecimento até então aplicado nas aulas.

A pesquisa sobre movimento relativo visou à refinação e finalização da aquisição dos conhecimentos prévios tão necessários para a continuidade das atividades e aulas. Ela foi sugerida para que os alunos pudessem se aprofundar ainda mais sobre o comportamento dos movimentos relativo ao referencial adotado.

Até o momento os procedimentos estiveram voltados às atividades de resolução de problemas convencionais.

Na subseção a seguir tratar-se-á da inserção dos elementos de jogos e sua contribuição à metodologia PCMA.

3.2.3 Identificando as fases três, quatro e cinco do PCMA

No transcorrer das aulas utilizou-se um enredo de uma história fictícia, que era uma espécie de jogo em que os alunos estiveram inseridos numa realidade imaginária e os mesmos realizaram missões com intuito de atingir algo maior (o objetivo final do jogo).

Elaborado pelo autor, o enredo denominado *League of Relativity* (LOR) (APÊNDICE C) conta a história de uma realidade futurística e fictícia em que o planeta Terra encontra-se próximo da extinção. Algumas tripulações foram escolhidas para participar de uma busca pelo universo de algum planeta ou corpo celeste com características similares à da Terra para que possa ser seu novo lar.

No decorrer da leitura do texto verificam-se missões e simulações necessárias para o envolvimento, construção e verificação do conhecimento, a principal missão contida no LOR é o envio de uma mensagem em tempo hábil para que os habitantes que ficaram na Terra possam fugir do colapso em direção a este novo lar.

No LOR verificaram-se os quatro importantes assuntos abordados na Física relacionada ao estudo do movimento e da Física Moderna e Contemporânea (FMC): Velocidade de escape de corpos de massa pequena e gases; velocidade de órbita; efeito fotoelétrico e relatividade restrita.

As fases três, quatro e cinco do PCMA encontram-se dentro do LOR. No decorrer das missões encontram-se os elementos de cada uma destas fases e também os pontos fortemente ligados ao referencial teórico sobre TAS e Mudança Conceitual Significativa.

A primeira missão do LOR foi à simulação da fuga do planeta Terra, em que os alunos utilizaram um OA chamado Fuga Planetária. O OA consiste de um ambiente em que os alunos podem modificar velocidades de lançamento, massa do foguete e os planetas de lançamentos. O ambiente mostra também as massas e raios de cada um dos planetas do sistema solar.

Os participantes tiveram como proposta de atividade encontrar as velocidades de escape e de órbita para cada um dos planetas do sistema solar testando o OA e realizando os cálculos na medida do possível. Também foram incumbidos de relatar fatos que ocorreram no decorrer da utilização do OA e ao mesmo tempo constatar relações entre o tamanho da massa do planeta e as velocidades desenvolvidas, os raios e as velocidades atingidas, e a influência exercida pelo aumento da massa do foguete.

A atividade funciona como uma ponte para o que há por vir. O aluno neste momento está tendo contato com velocidades maiores do que aquelas encontradas no seu dia a dia. As noções iniciais esperadas são que os alunos não consigam visualizar a influência desprezível dos corpos de pouca massa, como a do foguete, mas espera-se que com a utilização do OA, possam verificar isto.

A fase três do PCMA, Constatação das concepções alternativas, presente nesta parte das aulas, conduz o aluno à possibilidade de ruptura do conhecimento tal qual ele esteja arraigado em seu entendimento, permitindo-lhe realizar contribuições e inferências a respeito do fenômeno, capacitando-o de poder investigativo e argumentativo na elaboração de novas concepções teóricas.

Em seus pensamentos a estrutura seguida pode variar nas mais diversas formas, pois parte-se do princípio que a autonomia de cada um dos alunos está inteiramente ligada ao conhecimento prévio do mesmo e relacionado ao aspecto social do cotidiano de cada um deles.

A mudança conceitual que é o objetivo final do PCMA é estruturada pelos modelos criados por cada um dos alunos, o alicerce está preparado com os conhecimentos da fase um alimentado pela problematização elaborada na fase dois e fortalecida pela argumentação e a conscientização de teorias alternativas para explicar os fenômenos observados constantes na fase três.

Após a finalização do OA Fuga Planetária os alunos participantes são levados a outro OA para analisar o comportamento dos gases que são predominantes em cada um dos planetas existentes no sistema solar. Com o OA Atmosfera pretendeu-se conectar o aluno ainda mais ao formato do enredo e possibilitar que o mesmo aprendesse mais a respeito do

comportamento de velocidades de estruturas atômicas como das substâncias presentes em cada uma das atmosferas dos planetas.

O aluno é levado a capturar os gases da atmosfera de cada um dos planetas e depois fazer verificações de alguns gases que não fazem parte da atmosfera, o gás que ele não consegue capturar no planeta escolhido, assim buscando que ele possa explicar o porquê daquela substância não está presente naquele planeta, e mais uma vez tratou-se do assunto de escape e velocidades maiores do que aquelas com as quais nossos alunos conhecem.

A transição entre o conhecimento sobre corpos em baixas velocidades para aquelas apresentadas até agora, permite posicionar o objeto de estudo no ponto onde o processo de mudança conceitual e de aprendizagem significativa se interceptam e pode incluir a ressignificação do conhecimento que o aluno está construindo.

Após os dois primeiros OA, as equipes foram levadas ao próximo desafio. Os mesmos tinham como missão, acompanhar um Objeto Voador Não Identificado (OVNI). Na busca incessante para finalizar o ensejo principal (a procura de um novo local para os terráqueos morar) a missão agora era considerar o movimento relativo de um raio de luz emanado de cima para baixo do OVNI, em que os tripulantes possuem a habilidade de acompanhar fótons de luz.

A partir desse momento foi introduzido assuntos da FMC: efeito fotoelétrico e simultaneidade de eventos, um dos tópicos da relatividade restrita. O participante foi levado para convergir no principal motivo dessa sequência didática, aos conceitos da FMC, encarando-os como um processo de ressignificação de conhecimentos preexistentes.

A quarta fase, onde se realizou a comparação entre teorias científicas, foi elaborada para levar as equipes a progredir no entendimento do assunto sobre velocidade relativa e dos fenômenos interligados ao conceito.

A análise sobre o raio de luz emanado pelo OVNI em intervalos de tempo distintos foi elaborada para ser feita sob a ótica dos referenciais, tanto dentro da nave dos participantes, quanto se imaginando dentro do OVNI. Logo, a atividade propôs a comparação entre esses pontos de vista, que esperasse como resultado uma avaliação distinta de ambos os pontos analisados. Como os participantes analisaram o movimento de um raio de luz, também foi introduzida uma conceituação sobre o corpúsculo de luz conhecido por fóton.

A conceituação de termos como dilatação do tempo, contração do espaço e velocidade da luz em diferentes referenciais inerciais foram colocados nesse ponto para o aluno participante, de modo que o mesmo fosse levado a convergir na mudança conceitual existente

entre os conceitos clássicos da Física para os conceitos existentes na FMC em relação ao assunto de Relatividade Restrita.

A quinta fase do PCMA mostrou-se presente na história, quando os participantes foram orientados a resolverem a missão inicial. Ressalta-se o desenrolar da atividade para culminar em uma situação onde o aluno fosse levado a resolver um problema de relatividade em que o principal ponto fosse o cálculo exato para completar a missão e salvar os habitantes da Terra que estaria à beira de um colapso.

Com a finalização das cinco fases do PCMA, espera-se a constatação de aprendizagem significativa, onde esse procedimento, elaborado para utilização em sala de aula, possa permitir validação do método e conduzir a caminhos em que a facilitação da aprendizagem possa ter bastante potencial.

No próximo capítulo faz-se a análise dos dados na busca por soluções da questão de pesquisa levantada e das hipóteses sugeridas.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo analisam-se os dados da pesquisa e os pontos considerados nos objetivos deste trabalho, verificando-se todas as fases do PCMA, atividades propostas, avaliações e teorias aplicadas.

4.1 Análise PCMA – primeira fase (Constatação dos conhecimentos prévios)

A primeira fase do estudo é uma constatação dos conhecimentos que os alunos participantes possuíam sobre os assuntos de composição de movimentos incluindo o movimento relativo e sobre referenciais inerciais. Aplicou-se um questionário, mencionado no capítulo 3 e constante no Apêndice A. A apreciação dos dados segue abaixo.

Os dados da primeira fase do PCMA apresentam os resultados dos alunos quanto ao seu conhecimento sobre os assuntos propostos. Foram consideradas questões de Mecânica clássica.

Observando-se a quantidade de acertos e erros e seus respectivos percentuais (QUADRO 1), percebe-se a situação em que se encontravam os alunos escolhidos para a realização da pesquisa em cada uma das questões.

Quadro 1 - Quantitativo de acertos e erros do questionário de conhecimentos prévios

Questão	Número de acertos	Percentual de acertos	Número de erros	Percentual de erros
1	31	68,89%	14	31,11%
2	2	4,44%	43	95,56%
3	16	35,56%	29	64,44%
4	15	33,33%	30	66,67%
5	14	31,11%	31	68,89%
6	10	22,22%	35	77,78%
7	26	57,78%	19	42,22%
8	29	64,44%	16	35,56%
9	2	4,44%	43	95,56%
10	14	31,11%	31	68,89%
11	25	55,56%	20	44,44%

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados demonstram inicialmente uma realidade preocupante em relação ao conhecimento prévio do conteúdo analisado, a média da turma foi muito próxima de 4,0 (quatro), em uma breve análise, o comentário a ser feito é que os alunos apresentavam poucas

habilidades sobre o assunto e a intervenção era necessária para uma melhor condução da sequência didática, pois de acordo com o PCMA e a TAS, o conhecimento prévio é um elemento essencial e fundamental para o tripé da aprendizagem (conhecimento prévio, material potencialmente significativo e predisposição para aprender) de forma significativa.

Algumas questões (APÊNDICE A) apresentaram números elevados de erros, por exemplo, a questão dois que tratava do conceito de movimento e repouso, e questão nove que abordava sobre o percurso observado por diferentes referenciais, apenas 4,44% (dois alunos) marcaram a opção correta, dado relevante e preocupante visto à circunstância do número alto (45 alunos) de participantes de uma sala.

A terceira questão sobre referencial inercial, a quarta sobre conceito de movimento e repouso, a quinta a respeito de grandezas físicas e a décima sobre análise de movimento, obtiveram resultados muito parecidos com um número de 14 a 16 alunos acertando.

Os maiores números de acertos foram na primeira questão (68,89%), que buscava constatar conceitos básicos de movimento e repouso, na sétima (57,78%) com o conceito de movimento relativo, na oitava (64,44%) sobre decomposição do movimento e na questão onze (55,56%) sobre movimento relativo.

A apresentação de grandes percentuais de erros acendeu um sinal de alerta para a continuidade da metodologia, pois a pouca constatação de conhecimentos prévios nesta fase do PCMA fez com que se desenvolvessem intervenções pedagógicas mais precisas quando da abordagem da correção de cada questão, com isso produziu-se subsunçores, o que reduziu as dificuldades no desenvolvimento das demais atividades, assim fortaleceu-se uma das bases da aprendizagem significativa de Ausubel (1968) e dessa pesquisa.

O que o aluno domina e sabe é fundamental para assimilação dos conteúdos posteriores, tanto para a pesquisa realizada com a aplicação do PCMA, como para a teoria da Aprendizagem Significativa que embasa toda a metodologia aplicada.

Constatou-se que há um déficit em relação ao estudo do movimento, pois 22 alunos acreditam ser necessária uma aceleração para a existência da velocidade, o que demonstra falhas conceituais, possivelmente o aluno passou sem compreender os fenômenos e os conceitos abordados por seu professor, ou podem nunca terem visto tais conceitos dentro de sala de aula, ambas as hipóteses são preocupantes e agravam a necessidade de intervenção.

No percurso das atividades, além de ter-se falado sobre referencial, também foi aplicado uma pequena explanação do conceito de movimento com aceleração constante e velocidade constante para assim ter-se certeza dos conhecimentos prévios existentes.

Esta primeira atividade, que teve como proposta avaliativa a verificação de conhecimentos prévios, permitiu uma aplicação positiva da primeira fase do PCMA e fortaleceu a continuidade da sequência de aulas. Ela garantiu um desenvolvimento mais compreensivo das atividades no grupo.

A próxima atividade retrata o alinhamento consolidativo dos conhecimentos prévios em preparação às outras três fases da pesquisa.

4.1.2. Análise PCMA – primeira e segunda fase (Consolidação dos conhecimentos prévios e Conscientização de conflitos empíricos/cognitivos)

A continuação do PCMA em sequência à análise da segunda fase do estudo foi à verificação da consolidação dos conhecimentos prévios e a conscientização de conflitos cognitivos, em que os alunos buscaram a ratificação dos assuntos estudados até o momento e retificaram-se situações construídas por eles, que fugiam da realidade do que era pedido e do aparato conceitual aqui verificado. Procurou-se estabelecer a desconstrução de ideias dos alunos que não convergiam para as respostas cientificamente corretas e a reorganização de seus pensamentos para os caminhos significativos dos desafios, objetivando a conscientização e o fortalecimento do processo de aprendizagem na elaboração de ideias para resolução de problemas.

Neste momento da pesquisa colocaram-se os alunos frente a diferentes sentenças, para que os mesmos pudessem explicar os acontecimentos e estabelecessem suas concepções para cada uma das situações. E sobre esses diferentes problemas, foram analisados os dados extraídos.

4.1.3. Análise da segunda atividade – consolidação dos conhecimentos Prévios e Conscientização dos conflitos empíricos.

A segunda atividade permitiu alicerçar a primeira fase do PCMA em uma estrutura mais consolidada e garantiu uma interação com a metodologia baseada na gamificação e na TAS.

Com a separação da turma em 5 equipes, promoveu-se uma interação entre alunos e professor, pois os mesmos conseguiam participar melhor dentro dos grupos formados. A atividade realizada tinha como objetivo fortalecer e/ou ratificar conhecimentos prévios dos alunos.

A atividade, que pode ser vista no Apêndice B, constava de uma sequência de afirmações acerca de determinada pergunta em que os alunos, dentro dos seus respectivos grupos, discutiriam sobre a possibilidade de cada item ser verdadeiro ou falso e explicariam os porquês daquele item ser o que eles diziam. Esse diálogo favoreceu a construção de habilidades a respeito do tema os levando a pensar um pouco mais sobre os assuntos de cada uma das perguntas.

Os pontos considerados pelas sentenças abordavam os temas sobre referencial, movimento relativo e composição dos movimentos. Todas as sentenças foram analisadas qualitativamente, e a apreciação dos dados foi obtida em respostas produzidas pelas equipes.

Foram colhidas as respostas de todos os 45 alunos, mas por se tratar de um trabalho em grupo, muitas das respostas coincidiram umas com as outras. Para que a apresentação do trabalho não tivesse muitas repetições, trabalhou-se somente com as diferentes respostas para cada sentença lançada, sendo as discussões sobre as respostas de cada questão apresentadas ao final do trabalho (APÊNDICE C). Elaborou-se uma síntese das respostas para dar entendimento à fase de consolidação e conscientização de conflitos cognitivos do PCMA.

4.1.4 Segunda atividade – consolidação dos conhecimentos Prévios e Conscientização de Conflitos cognitivos – Análise das perguntas e respostas.

Foram escolhidas cinco questões de múltipla escolha para a avaliação da segunda fase do PCMA, cada uma com características distintas para a consolidação dos conhecimentos prévios e conscientização dos conflitos cognitivos.

As perguntas foram retiradas de um banco de questões da Secretaria de Educação do Ceará (APÊNDICE E) onde estas recebem o tratamento de dados no qual são niveladas e orientadas pelas competências e habilidades da matriz curricular das escolas do estado do Ceará, organizada em descritores, proposta pelo Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora (CAED/UFJF).

O CAED é uma instituição, de referência nacional, responsável da execução de programas de avaliação educacional. A forma utilizada pelo CAED para analisar os conhecimentos compreendidos em suas provas é através da Teoria de Resposta ao Item (TRI), que calcula a proficiência de cada questão indicando a probabilidade de acerto a um item estimando-se o grau de complexidade em função do conhecimento do aluno através de modelos matemáticos.

Tratando-se de competências e habilidades, seguem abaixo as questões utilizadas dentro da fase de Consolidação dos Conhecimentos da Metodologia PCMA e suas respectivas considerações sobre o que seria avaliado.

A primeira pergunta (QUADRO 2) foi proposta para avaliar o conhecimento sobre referenciais em movimentos com rapidez constante, onde o aluno deveria estabelecer quais as condições de deslocamento dos corpos presentes na situação, evidenciando elementos das competências e habilidades 3, 7, 9 e 10 da matriz curricular da SEDUC-CE (2009), que apresenta como objetivos: a identificação de fenômenos da natureza ou grandezas, apontamentos sobre regularidades para o estudo do movimento, realização de análises e interpretações de situações-problema com o uso de referenciais. O item correto para esta questão é o item d, respeitando os conceitos científicos.

Quadro 2 - Pergunta um da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA)

PERGUNTA 1 – questionário - Uma pessoa está sentada num ônibus exatamente embaixo de uma lâmpada presa ao teto. A pessoa está olhando para frente. O ônibus está movimentando-se numa reta com rapidez constante. De repente a lâmpada se desprende do teto e cai. Onde cairá a lâmpada?

- a) Na frente da pessoa.
- b) Atrás da pessoa.
- c) Ao lado da pessoa.
- d) Em cima da pessoa.
- e) Para responder é necessário saber a velocidade do ônibus e a altura de onde a lâmpada cai.

Fonte: SEDUC-CE(2009)

A pergunta dois (QUADRO 3), confronta elementos de movimento e repouso entre dois ou mais corpos, evidenciando a investigação e interpretação da situação-problema em questão. Conduz ao leitor confrontar situações do dia a dia, através do estudo de referencial. As competências e habilidades trabalhadas são as 3, 6 e 9 da matriz curricular da SEDUC-CE (2009). A questão tem por sentença verdadeira em uma apreciação científica somente a II.

Quadro 3 - Pergunta dois da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA)

PERGUNTA 2 – questionário - Ao iniciarmos nossos estudos em Física, muitos conceitos são especialmente importantes. Lembrando o que foi trabalhado em sala de aula sobre movimento e repouso, analise as três proposições a seguir, preenchendo o espaço entre parênteses com V quando a proposição for verdadeira

e com F quando a proposição for falsa.

I - () dois corpos, A e B, podem estar em repouso em relação a um terceiro corpo C e encontrarem-se em movimento um em relação ao outro

II - () estando o corpo A em movimento em relação ao corpo B que por sua vez está em movimento em relação ao corpo C, pode o corpo A estar em repouso em relação ao corpo C.

III - () estando A em repouso em relação ao corpo B que por sua vez está em movimento em relação ao corpo C, pode A estar em repouso em relação ao corpo C.

Assinale a alternativa que indica a leitura, de cima para baixo, a partir da proposição I, das letras entre

parênteses:

- a) F V F
- b) V F V
- c) F F V
- d) V V F
- e) V V V

Fonte: SEDUC-CE (2009)

A pergunta três, (QUADRO 4) apresenta uma análise de fatos do dia a dia onde o sujeito é levado a questionar os conceitos de movimento e repouso em acordo com o tipo de referencial adotado pelo observador. Busca-se identificar o referencial e elaborar criticidade quanto ao fenômeno observado, constando esses objetivos nas competências e habilidades 3, 5 e 11 da matriz curricular da SEDUC-CE (2009). Item correto para os conceitos da ciência está no item d.

Quadro 4 - Pergunta três da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA)

PERGUNTA 3 – questionário - Movimento e repouso são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado. Com base nisso, assinale a opção correta.

- a) A Terra está em movimento.
- b) O Sol está em repouso.
- c) Um passageiro dormindo em um avião em pleno vôo está em repouso.
- d) Se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, então o corpo B está em movimento em relação ao corpo A.
- e) Se a distância entre dois corpos permanecer constante, então um está parado em relação ao outro.

Fonte: SEDUC-CE (2009)

Na pergunta quatro (QUADRO 5) apresenta-se uma situação-problema, no qual utiliza-se uma propaganda televisiva para questionar sobre como acontece o movimento de queda livre dos personagens, considerando que as velocidades iniciais são iguais a zero, a queda dos personagens é do mesmo ponto, mas em tempos distintos. O leitor teria que identificar o tipo de movimento, as grandezas envolvidas na queda e relacioná-las de modo a obter a resposta.

Nesta pergunta as competências e habilidades observadas são as 3, 6, 10, 11 e 12, pois o tratamento da questão envolvia identificação e compreensão do fenômeno observado, sistematizar o fenômeno dentro de uma ciência do movimento para um corpo em lançamento livre e reconhecimento do fenômeno quanto parte integrante da cultura humana contemporânea. A resposta correta em uma análise científica é o item d.

Quadro 5 - Pergunta quatro da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA)

PERGUNTA 4 – questionário (C1 - H3) - (UERJ) Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena:

Um jovem casal está num mirante sobre um rio e alguém deixa cair lá de cima um biscoito. Passados alguns

segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, as velocidades iniciais são nulas, a altura da queda é a mesma e a resistência do ar é nula.

Para Galileu Galilei, a situação física desse comercial seria interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente.
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade.
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma.
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.
- e) possível, pois a aceleração da gravidade varia de acordo com o valor da massa.

Fonte: SEDUC-CE (2009)

Na pergunta cinco (QUADRO 6) buscou-se questionar novamente a noção de repouso e movimento em acordo com o referencial adotado para as situações colocadas no problema. Cada item permitia a avaliação de movimento ou repouso, dependendo do referencial adotado.

Nessa questão foram utilizadas as competências e habilidades 3, 6 e 9 da matriz curricular da SEDUC-CE (2009), na busca da interpretação de cada uma das sentenças e que permitia confrontar conceitos científicos para explicação da mesma. A questão tem como resposta cientificamente correta o item e.

Quadro 6 - Pergunta cinco da análise de verdadeiro ou falso (2ª fase PCMA)

PERGUNTA 5 – questionário (C1 - H3) - Dizemos que uma partícula está em repouso quando sua posição não varia com o tempo. Como a posição é dada em relação a um referencial, só faz sentido movimento e repouso quando se especifica o referencial adotado. Usando essa noção, podemos afirmar que:

- a) A terra está em movimento.
- b) Um pássaro em vôo está em repouso.
- c) A mulher não está em movimento.
- d) Um móvel em movimento em relação a um referencial estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.
- e) Todo corpo em repouso em relação a um referencial estará em repouso em relação a qualquer outro referencial que não se movimente em relação ao primeiro.

Fonte: SEDUC-CE (2009)

Após a apreciação das questões envolvidas na segunda fase do PCMA, avalia-se agora as respostas produzidas pelos alunos. Os resultados estão separadas em quadros de acordo com os itens das questões (APÊNDICE C).

Ao término de uma análise sobre todas as resoluções elaboradas pelos alunos da pesquisa para cada uma destas questões, vale ressaltar pontos críticos apresentados pelos alunos, que necessitaram de uma avaliação cuidadosa, para que as próximas fases do PCMA pudessem acontecer de maneira mais natural. Os pontos considerados são:

- Determinados alunos apresentaram respostas insatisfatórias para a justificativa dos itens, pois os mesmos não conseguiam conceituar a situação de modo claro e convergindo para as respostas corretas cientificamente;

- Uma parcela dos alunos não demonstrou vontade de participar e deram respostas simples, curtas e repetitivas para muitos dos itens avaliados;
- Foram identificadas algumas falhas conceituais graves sobre os assuntos abordados, onde suas explicações fugiam totalmente dos conceitos avaliados nos descritores;
- Constatou-se a ausência de elementos de conhecimento prévio em determinados alunos, o que podia estar associado ao total desconhecimento do assunto, ou de uma passagem sem aprendizagem significativa em algum momento escolar.

Sobre o outro viés, o que se pode observar positivamente da segunda fase do PCMA são:

- Alunos que apresentaram argumentos conceituais bem estruturados em acordo com as habilidades de cada um dos descritores que a questão testava;
- Algumas melhoras no entendimento sobre os conteúdos abordados de determinados alunos avaliando as fase 1 e 2 do PCMA;
- Explicações elaboradas com ênfase nas comparações das sentenças com acontecimentos relacionados ao cotidiano do aluno;
- Uma maior homogeneidade das estruturas de pensamento crítico devido ao processo de trocas de ideias entre membros do mesmo grupo e ao ouvir as demais equipes;
- Apresentação de respostas cientificamente corretas e bem elaboradas para os itens avaliados;
- Evolução sobre a compreensão dos tipos de movimentos e movimentos relativos em diferentes referenciais;
- Maior participação dos membros de equipe com a proposta, motivados pelo material utilizado como ferramenta pedagógica;

Muito do que os alunos apresentaram como resposta foi devido à intervenção na primeira fase, onde o professor como facilitador esclareceu dúvidas geradas no questionário de análise do conhecimento prévio e foi permitida uma discussão sobre o assunto, na qual alimentou a interação dos estudantes com o assunto, o que para a Aprendizagem significativa

de Ausubel (1968), e para o PCMA, é essencial para estabelecer mudança conceitual e gerar condições mais favoráveis à aprendizagem do aluno.

Resolver problemas apresentando os porquês e sendo discutido em equipes para cada uma das sentenças mostrou-se como uma proposta metodológica eficiente. Os alunos conseguiram desenvolver conceitos e questionar dentro do grupo; suas colocações eram ouvidas e analisadas por cada um dos membros, que conseguiram tecer caminhos possíveis para se chegar às repostas.

Ao final da segunda fase, o autor/professor ratificou as soluções apresentadas pelos alunos e retificou alguns conceitos construídos por eles que ainda se apresentavam diferentes dos conceitos cientificamente corretos.

4.1.5 Considerações sobre a Conscientização de Conflitos Empíricos

Os alunos, em sua maioria, demonstraram nas atividades propostas, até o momento da fase 3, habilidades básicas sobre o comportamento e composição de movimentos. Foi constatada a presença de conhecimentos prévios e a formalização do conhecimento foi colocada em sentenças que demonstraram pontos satisfatórios para a continuidade das ações que foram propostas.

Em algumas das sentenças do trabalho foi avaliado se o aluno era capaz de organizar seus pensamentos e elaborar estratégias para resolução dos problemas. Esta habilidade tinha como principal ponto conscientizar o aluno quando este se coloca frente a frente a conflitos empíricos do seu a dia a dia, e fazer uso da metodologia de resolução de problemas, uma das teorias que dão embasamento para o PCMA.

Notou-se, na análise dos dados, certa dificuldade dos alunos de visualizar ou explicar o fenômeno de forma correta, e direta ou indiretamente poderiam estar ligados a uma base empírica fragilizada, ou até mesmo, uma não acomodação dos conhecimentos prévios que o levaria para uma dificuldade para entender o problema tratado, tornando mais oneroso o seu aprendizado. Entretanto, como o tempo para o desenvolvimento do estudo foi reduzido para comprovar essas especulações, o foco foi dado na aprendizagem por reconciliação e sequencial para ajudar a proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa desses conteúdos.

Para isso, após a correção das atividades produzidas pelos alunos, houve um momento de esclarecimentos sobre as sentenças, onde o professor, como mediador, esclareceu dúvidas e tratou de evidenciar conflitos produzidos pelos próprios alunos em suas afirmativas.

A análise dos dados dessa atividade se encerrou e demonstrou potenciais características de aprendizagem e contribuíram para as demais atividades que ainda estavam por vir.

Na próxima atividade foi realizada análise das fases três, quatro e cinco do PCMA, que tiveram um plano de fundo no enredo de *League of Relativity*, uma história que serviu para apresentar as demais atividades e que tinha como objetivo apresentar um formato mais interativo para a participação e motivação dos alunos.

Buscou-se compreender a relação do aluno diante de uma estrutura metodológica que se utiliza de conceitos de um jogo, na tentativa também de expor dados demonstrando a relação de constatações de concepções alternativas e comparação entre teorias científicas. Por fim, também evidenciar características de mudança conceitual durante o processo das cinco fases.

4.1.6 Análise PCMA – terceira e quarta fase (Constatação de concepções alternativas e Comparação com teorias científicas)

A continuidade da pesquisa teve como atividade a aplicação do enredo *League of Relativity* (LOR), onde foi aplicada com três dos cinco grupos divididos na seção anterior. Os demais grupos participaram de aulas tradicionais como turmas controle, para que com isso, fossem feitas comparações entre os métodos.

Extraíram-se dados para uma análise das três fases restantes do PCMA. Analisam-se dois dos cinco desafios propostos dentro da sequência. Nestes dois desafios também se evidencia a utilização e quais as contribuições do uso dos Objetos de Aprendizagem (OA) Atmosfera e Fuga Planetária.

4.1.6.1 OA Atmosfera e OA Fuga Planetária

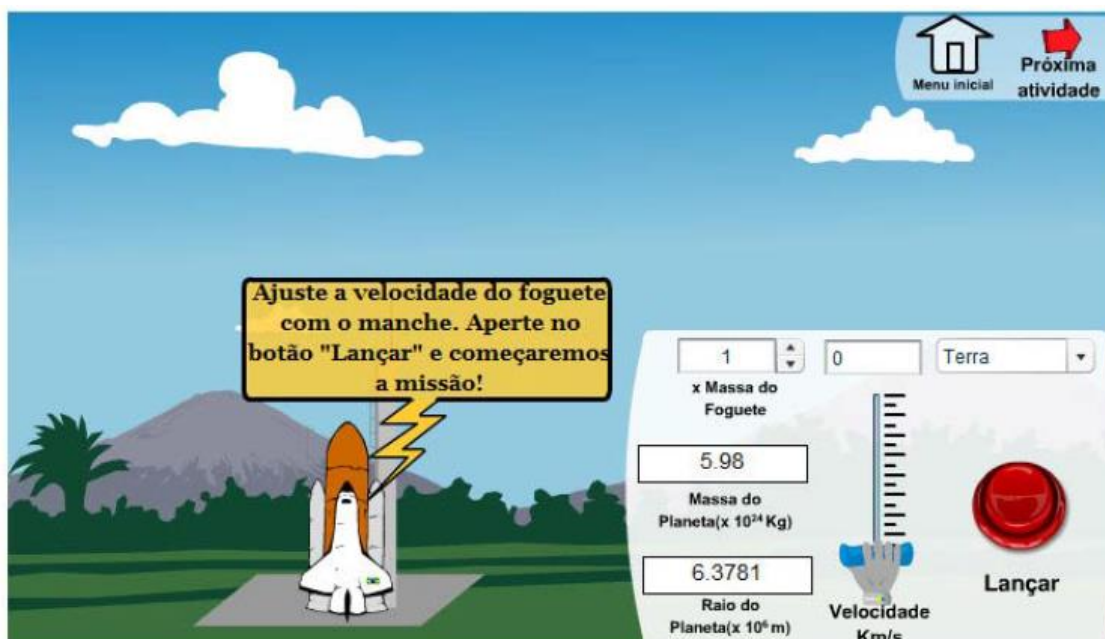
A atividade transcorreu sob mediação do professor e autor do trabalho, em que o mesmo orientou os alunos a entrarem no *link* do texto base do LOR. A atividade foi realizada no laboratório de informática com uso de computadores e *notebooks*, pois necessitava do uso de simuladores e do texto base que estava em mídia digital.

Os alunos realizaram a leitura do texto (APÊNDICE D) onde constava-se: o quê, o porquê e onde estaria o desafio inicial. Depois disso, os alunos entraram em contato com os OA Atmosfera e OA Fuga planetária para realizar o desafio.

Todas as informações constam nos textos dispostos ao aluno sobre o que devia ser realizado, mas a mediação do professor foi essencial para a boa realização da atividade, visto que muitos deles demonstraram dificuldades em entender como manipular os OA.

Na Figura 7 mostra-se a interface do OA Fuga planetária, sendo um simulador de lançamento de foguete. A proposta do OA era o aluno ser capaz de estabelecer a velocidade necessária para que o foguete pudesse escapar da atmosfera dos planetas do sistema solar. Além disso, ele também determinaria a velocidade de órbita obtida através dos lançamentos realizados.

Figura 7 - Interface do OA Fuga Planetária utilizado na fase três do PCMA.



Fonte: Próprio autor

O aluno também poderia modificar os valores de massa do foguete e observar a relação entre essa grandeza e a velocidade de lançamento. Todas essas funções eram dispostas em uma tela só.

Na observação da relação dos alunos com o trabalho, constatou-se nesta etapa uma maior integração dos alunos com o assunto abordado. Aparentemente a utilização do OA possibilitou uma maior interação e comprometimento com a tarefa. Os alunos estavam empolgados com o desafio e realizaram a atividade verificando os lançamentos no simulador. Nos três grupos foram também realizadas a comparação com o cálculo da velocidade

utilizando o recurso da fórmula, o que causou um aspecto positivo, pois os mesmos tiravam a prova que seus lançamentos estavam corretos.

Verificou-se a importância do papel motivador das TDIC, em especial dos OA utilizados, o que trouxe os alunos para o enquadramento na Metodologia PCMA e estreitou a relação dos mesmos com o conhecimento. Além da interação também ressalta-se o comprometimento de cada uma das equipes para a resolução dos desafios, envolvendo-as fortemente com a teoria de resolução de problemas.

As equipes, além de resolver os problemas de velocidade de escape e órbita, foram levadas a construir hipóteses sobre os elementos envolvidos dos problemas, para saber qual a influência de cada um deles no lançamento. Estas inferências estão dispostas a seguir:

Observações realizadas pela equipe 1:

- *Foi observado que nas expressões da velocidade de órbita, quanto também na velocidade de escape, tem-se um valor específico que é: $\sqrt{2}$ aplicada na fórmula.*
- *Quanto maior a massa do planeta, maior será a velocidade e quanto maior o raio, menor a velocidade.*
- *A M (massa do planeta) e o R (raio do planeta) vão influenciar tanto na velocidade de órbita, quanto na de escape.*
- *Na velocidade de escape o que vai mudar em relação à velocidade de órbita será o valor 'dois' sendo multiplicado.*

Obs.: Para o planeta Mercúrio temos que o raio maior que a massa, pois percebemos quanto maior o raio menor a velocidade e quanto maior a massa maior a velocidade.

- *Para o planeta Urano temos uma massa grande e o raio um pouco menor, sendo assim a velocidade um pouco maior.*

Observações realizadas pela equipe 2:

- *Quanto maior a massa do foguete, maior a velocidade de escape.*

Observações realizadas pela equipe 3:

- *A massa da nave não terá influência, pois o que influenciará serão o raio e a massa do planeta.*
- *Sobre os satélites geoestacionários não caírem é porque eles orbitam o planeta com a mesma velocidade de rotação do mesmo.*

Obs.: No planeta Plutão a simulação não foi realizada, pois o resultado comparado com os cálculos não estava de acordo com a simulação.

Nas sentenças acima, o leitor pode perceber uma maior facilidade de apreensão de detalhes dos fenômenos estudados devido ao uso do OA, tais como: a não influência da massa

do foguete, a relação de proporcionalidade entre velocidade e massa do planeta e a relação inversa entre velocidade e raio do planeta.

As concepções alternativas aqui analisadas são constatadas quando o aluno compara as relações entre os planetas e suas respectivas massas e raios. Ao estabelecer determinadas semelhanças, os mesmos foram levados a elaborar uma explicação plausível para os fenômenos que estavam visualizando na simulação.

Quanto às estratégias, duas das equipes compararam os resultados obtidos na simulação com os resultados obtidos em seus cálculos utilizando-se das funções matemáticas para lançamento de foguetes e satélites, enquanto que a outra equipe testava o simulador e relacionava as grandezas para obter os resultados para cada um dos lançamentos.

Destaca-se a capacidade dos alunos de confrontar noções do senso comum, com as leis da Física. Alguns, em seus relatos iniciais se preocupavam em falar que a massa do foguete influencia na velocidade do escape e/ou de órbita, mas quando verificaram essa situação em destaque ao utilizarem o OA, verificaram que suas intuições não correspondiam, pois esperavam que a massa influenciasse na velocidade do foguete, algo supostamente verdadeiro para eles, mas não se confirmava na simulação com o OA Fuga Planetária.

Outros fatos retratados pelos alunos foram às relações das massas e dos raios dos planetas com o valor das velocidades necessárias para o escape e para a órbita. Perceberam que o valor da velocidade crescia ou decrescia de acordo com o tamanho do raio e quantidade de massa apresentados pelo o planeta.

No OA Atmosfera os alunos foram levados a conhecer um pouco da composição dos gases atmosféricos e o porquê daqueles gases estarem presentes em alguns planetas e em outros não. Buscou nesse OA fortalecer a aprendizagem sobre velocidade de escape, relacionando o tema a substâncias microscópicas.

A equipe 1 conseguiu estabelecer o elo entre a estrutura dos gases com a velocidade de escape dos mesmos. Eles perceberam a relação das massas e dos raios do planeta em relação a presença de algumas substâncias e a não presença de outras.

Percebe-se então, a influência dentro do espaço da sala de aula, que o uso de TDIC motiva o aluno para formar suas concepções. A interação com o material provoca o que a TAS chama de material potencialmente significativo influenciando na aprendizagem.

Na próxima etapa do PCMA, busca-se a evidenciação das relações com teorias científicas que demonstrem a evolução conceitual dos alunos com os temas até então abordados. Possibilita-se a comparação entre movimentos com baixa, média e alta velocidades, e também a relação entre referencial para baixas e para altas velocidades.

4.1.7 Análise PCMA – quinta fase (Convergência para uma mudança Conceitual)

Na quinta fase do PCMA foram realizadas outras duas atividades: uma constava de uma análise de referencial sobre o movimento de um fóton de luz e a outra o desafio final no qual os alunos teriam uma explicação sobre os conceitos da relatividade restrita tais quais dilatação do tempo e contração do espaço.

No desafio final os alunos tiveram que desenvolver o cálculo correto para realização do envio da mensagem e o tempo hábil para a fuga dos habitantes da terra para o novo planeta, tudo com teor interativo do LOR e científico das teorias apresentadas pelo professor em um momento de explicação do conteúdo de FMC e da pesquisa realizada pelos alunos sobre efeito fotoelétrico e das grandezas: massa, tempo e espaço para a relatividade restrita.

Tudo até o momento estudado foi pensado para convergir no desafio final proposto no LOR. Traçaram-se todas as atividades de maneira tal que o aluno pudesse estar disposto a aprender, reconhecer o material potencialmente significativo e apresentar fortes características de conhecimento prévio.

A disposição dos alunos para aprender pode ser constatada em quase todos os momentos da sequência de atividades, pois os mesmos participavam das discussões e interagiram nos seus devidos grupos. Os conhecimentos prévios foram expostos nas duas primeiras fases analisadas anteriormente, e o material potencialmente significativo esteve presente, tanto nos OA e os conteúdos atrelados a eles, quanto no enredo do LOR e nos problemas dispostos ao longo de todo o desenrolar da sequência didática.

A última fase do PCMA pode ser avaliada como a convergência de todo o processo de atividades na resolução do último desafio, em que foi construído caminhos pelos grupos de alunos, para a compreensão do modo a visualizar os mesmos eventos de diferentes pontos referenciais, e saindo desde a composição de movimento visto nas primeiras fases, assuntos da Física Clássica até os movimentos propostos pela relatividade restrita da FMC.

O que se pode observar nestas duas últimas atividades é a resolução compreensível para o tratamento das noções sobre relatividade, onde tiveram como respostas dos grupos, cálculos matemáticos que demonstravam linhas de organizar o pensamento para convergir no resultado esperado.

As turmas de controle não conseguiram o resultado esperado, pois tiveram dificuldades de escolher o referencial correto para a resolução, mas utilizaram recursos evidentes para demonstrar que compreendiam como o tempo e o espaço se comportam

quando as velocidades analisadas são extremamente grandes. Já no Grupo experimental, os quais obtiveram resultados corretos, constatou-se grande organização dos pensamentos de maneira sucinta, obtendo o tempo necessário para salvar os habitantes do planeta Terra.

4.2 CONSIDERAÇÕES DOS ALUNOS

No decorrer do processo metodológico avaliaram-se os dados construídos pelos alunos durante as aulas, o que proporcionou intervenções para ajudá-los em todas as etapas. Os estudantes foram conduzidos dentro do PCMA com o uso das TDIC e as estratégias utilizadas nas 10 aulas propostas.

Para que pudesse validar o procedimento e objetivo geral do trabalho, a opinião qualitativa dos alunos foi pedida para também ser analisada, para que dessa maneira pudessem ser construídas considerações embasadas sobre o referencial dos participantes ativos do processo, para assim ter-se uma comparação com a TAS de Ausubel (1968) em seus aspectos motivadores e fundamentais.

Buscou-se também verificar se os alunos conseguiram avaliar a clareza dos problemas desenvolvidos, para assim ter-se uma noção da influência metodológica da teoria de resolução de problemas de Pozo e Echeverría (1998).

Em grande parte das opiniões sobre as aulas, os alunos demonstraram afinidade com a proposta do PCMA através das TDIC e do enredo proposto para as fases 3, 4 e 5 do procedimento. Alicerçaram suas ideias sobre o processo de aprendizagem e a facilidade de compreensão dos conceitos quando da utilização dos OA. Avaliaram o trabalho em grupos como satisfatório, pois as turmas desenvolveram mais debates sobre o assunto estudado.

A história elaborada no LOR, que serviu para desenvolvimento dos desafios da metodologia, foi bem avaliada pelos alunos. Os mesmos comentaram que os problemas propostos permitiam o envolvimento e conduzia-os a elaborar estratégias utilizando-se dos conhecimentos constados nas duas primeiras fases do PCMA.

Esse comentário afirma a importância dada na elaboração das questões em acordo com a teoria de resolução de problemas, questionou-se em muitos pontos que tipo de questão e o que se queria obter como objetivo. O planejamento mostrou-se bem definido quanto aos objetivos alcançados.

Permitiram também avaliar pontos a serem melhorados na aplicação da metodologia, principalmente ao que se refere às limitações de computadores e internet, pois para a utilização dos OA havia a necessidade dessas duas ferramentas. Os alunos apontaram como uma dificuldade essas limitações, pois em algumas destas aulas perdeu-se muito tempo devido a falta de internet, ou ao número insuficiente de computadores.

Os alunos acostumados com o formato tradicional de ensino, onde o professor somente apresenta o conteúdo em lousa e explica os fenômenos sem ter a participação ativa dos agentes receptores da informação, afirmaram que as aulas foram muito proveitosas, pois eles podiam expressar suas opiniões sobre o conteúdo e dessa forma eles conseguiam entender melhor o fenômeno e poderiam interagir melhor quando ouviam as opiniões dos demais.

Encontra-se nessas afirmações agentes motivadores da TAS e da metodologia ativa da gamificação, quanto ao sujeito ser o responsável pelo seu conhecimento e por suas estratégias, típico dos games. O Sujeito sentiu-se motivado a participar, pois era permitido questionar e elaborar estratégias para as respostas. E nenhuma das questões conduzia ao aluno a respostas rápidas e sem utilização de algum método para respondê-la, outra vez dando enfoque à teoria de resolução de problemas.

Os dados demonstram que os alunos deram credibilidade ao PCMA no conteúdo de FMC como uma estratégia de ensino para a aprendizagem, onde o procedimento permite ao aluno o desenvolvimento do seu conhecimento de forma linear e ativa, conduzida pelo tripé da teoria da aprendizagem significativa.

Também pode-se retirar como importante informação, a contribuição do uso das TDIC no processo de ensino e aprendizagem, essas ferramentas contribuíram para a maior motivação dos alunos e a estratégia organizada dentro dos desafios propostos, que permitiram aos estudantes organizar e elaborar seus pensamentos para resolver cada uma das questões.

A seguir, uma revisitação nos objetivos traçados e as conclusões finais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do processo de aprendizagem, muitas das vezes, docentes deparam-se com o grande enfrentamento na elaboração de métodos eficientes e eficazes para garantia de uma aprendizagem apoiada em concepções bem definidas por modelos que permitam enraizar o conhecimento do seu aluno.

Esse trabalho trouxe como proposta a validação de um procedimento sequencial, o PCMA de Sales (2005) para o favorecimento e evidênciação de mudança conceitual da aprendizagem utilizando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), a metodologia de resolução de problemas de Pozo e Echeverría (1998). Aprendizagem arraigada por alicerces dos conhecimentos adquiridos em outrora, beneficiada por materiais que potencializam sua estrutura e aplicada de forma em que o aluno possa querer aprender.

Construíram-se etapas de atividades, utilizou-se ferramentas com potencial facilitador para o conhecimento e buscou-se dar participação ativa do aluno no ambiente de sala de aula. Com esses procedimentos teve-se também a intenção de estabelecer o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea (FMC) a ser compreendido.

FMC sempre foi um gargalo da Física para o ensino médio, deixada muitas vezes para ser apresentada no final do ano, ou negligenciada, por falta de métodos e ferramentas para facilitação do ensino deste conteúdo. Buscou-se então, com a Metodologia PCMA mostrar que é possível conduzir os fenômenos da FMC sem que haja tanta dificuldade na assimilação por parte dos alunos.

Pelas análises dos dados observa-se o potencial proposto pelo PCMA, na garantia de caminhos eficientes para a produção de conhecimento e nas demonstrações interativas dos alunos com o conteúdo. Além do mais, os alunos abraçaram a proposta, o que pode ser considerado como um trunfo dentro de sala de aula.

O ato do aluno se identificar com o PCMA mostra a necessidade no mesmo de participar do seu processo de aprendizagem, construindo seu conhecimento e internalizando o conteúdo através de sua participação ativa. O aluno sente desafiado e parte integrante de todo o processo.

Apesar de nem todas as respostas e soluções demonstrarem dados satisfatórias para a apreciação, pois em alguns problemas os alunos deixaram de responder, o que poderia evidenciar falhas no processo aplicado, podem-se justificar essas questões não respondidas,

com a fragilidade de conhecimento prévio de alguns alunos existentes evidenciadas nas duas primeiras fases.

A conjectura formalizada pelo PCMA no início, lá na hipótese de trabalho, pode ser constatada em todo o percurso avaliativo das fases que constituem a pesquisa. O aluno sinalizou positivamente para o uso das TDIC e interagiu de forma satisfatória com a metodologia por quase toda sua integralidade.

Formalizou-se também no trabalho evidências a respeito de conteúdos preexistentes sobre o estudo do movimento da Física Clássica. Estes se mostraram bastantes satisfatórios ao fortalecer o entendimento dado a conhecimentos de fenômenos estudados pela FMC. Não se cogitou aqui, a afirmação de que é de extrema necessidade o conhecimento anterior da Física Clássica para se compreender a FMC, mas sim que o conhecimento prévio sobre alguns assuntos, pode auxiliar no entendimento de outro assunto facilitando o processo de aprendizagem e para mudança conceitual de forma significativa proposta por Moreira e Greca (2003), e que para este trabalho, colocou-se isto como parâmetros iniciais para o seu desenvolvimento.

Para concluir, a constatação do aprendizado ser significativo e ter produzido mudança conceitual significativa, pode ser evidenciada no momento em que o aluno estabeleceu vínculos com o material utilizado e demonstrou o poder associativo entre o novo conteúdo e seu conhecimento prévio, em acordo ao conceito de mudança conceitual proposta por Moreira e Greca (2003) quando estabelece a interação entre os conhecimentos e ao produzir uma nova organização estrutural do pensamento.

Os alunos expressaram sua aprendizagem através de sua participação quando conseguiram elaborar estratégias para resolução dos problemas utilizando seus conhecimentos prévios, como conhecimento já estabelecido em outro momento de sua vida. Visualizaram-se caminhos interessantes sobre a FMC, onde os alunos construíram seus conhecimentos através de comparações com o cotidiano, conhecimentos científicos e tecnológicos, permitindo assim agir de forma ativa e bem relacionada com as teorias presentes no trabalho.

No mais, a FMC possibilita aos professores, os mais diversos caminhos para utilização de metodologias dispostas a ajudar na aprendizagem do público-alvo, o aluno. O PCMA pode contribuir como um desses caminhos, pois converge de forma significativa para a aprendizagem.

Como trabalhos futuros, propõe-se a aplicação do PCMA em outros tópicos da Física Clássica ou Moderna, ou mesmo em outras áreas do saber.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. F.; CORDEIRO, R. A.; RAPKIEWICZ, C. E.; Canela, M. C. Utilizando Objetos de Aprendizagem no Processo de Ensino e Aprendizagem de Química no Ensino Médio: o dos Óxidos e da Poluição Atmosférica. **Anais do XXVI Congresso da SBC**, XII Workshop de Informática na Escola, Campo Grande, MS14 a 20 de julho de 2006.
- AGUIAR, E. V. B.; FLÔRES, M. L. P. Objetos de Aprendizagem: conceitos básicos. Cap. I, **Objetos de Aprendizagem: Teoria e prática**, Brasília – DF, 2014.
- ALVES, L. R. G.; MINHO, M. R. S.; DINIZ, M. V. C; **Gamificação: diálogos com a educação**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 300p.
- ARANTES, A. R; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do Phet, **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Cad.Cat. Ens. Fis.**, v.11, n2: p.88-99, ago.1994.
- AUSUBEL, D.P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune and Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P.; *The Acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Kluwer Academic Publishers, 1978.
- ÀVILA, B. G.; TAROUÇO, L. M. R. **Projeto Instrucional de Objetos de Aprendizagem**, Brasília - 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: bases legais / Ministério da Educação**. - Brasília, 1999.
- _____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.
- _____. Ministério da Educação. Secretária de Educação Média e Tecnológica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2015.
- BUSARELLO, R. I.; ULBRICHT, V. R.; FADEL, L. M.; A gamificação e a sistemática de jogo: conceitos sobre a gamificação como recurso motivacional. In: **Gamificação na educação / Luciane Maria Fadel, Vania Ribas Ulbricht, Claudia Regina Batista, Tarcísio Vanzin, organizadores**. - São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 300p.
- CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na Educação a Distância, In: **Educar em Revista**, Curitiba, Brasil, Edição Especial n. 4/2014, p. 235-260. Editora UFPR.

Ceará. Secretaria da Educação. **Metodologias de Apoio**: matrizes curriculares para ensino médio. – Fortaleza: SEDUC, 2009. (Coleção Escola Aprendiz - Volume 1)

FRANCO, P. M.; FERREIRA, R. K. R; BATISTA, S. C. F; Gamificação na Educação: Considerações Sobre o Uso Pedagógico de Estratégias de Games. **Congresso Integrado da Tecnologia da Informação**, Rio de Janeiro, 2015.

KUHN, T.S (1975). **A estrutura das revoluções científicas**. Trad. Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva. (Edição original publicada em 1962 e ampliada em 1969)

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online]. 2006, vol.28, n.4, pp.473-485.

MARCH, A. C. B; COSTA, A. C. da R. Uma proposta de padrão de metadados para objetos de aprendizagem de museus de ciência e tecnologia. In: **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias (CINTED – UFRGS), v.1, n.1, 2003.

MAYER, R. **Multimedia learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MENDES, R. M.; SOUSA, V. I.; CAREGNATO, S. E. A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem. In: **Cinform – Encontro Nacional de Ciências da Informação**. Salvador: UFBA, 2004.

MOREIRA, M. A; **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. Do autor, 2006.

MOREIRA, M. A; **Aprendizagem Significativa Crítica**. 1ª edição, em formato de livro, Porto Alegre, 2005.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente. (1997). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. pp. 19-44.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

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**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P.; HERTZOG, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v.66, n. 2: 211-227.

POZO, J. I.; ECHEVERRÍA, M. D. P. P. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

POZO, Juan Ignacio. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. Trad. Juan Acunã Llorens – 3. ed. – Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SALES, G. L.; CUNHA, J. L. L.; GONÇALVES, A. J.; DA SILVA, J. B.; DOS SANTOS, R. L. Gamificação e Ensino Híbrido na Sala de Aula de Física: Metodologias Ativas Aplicadas aos Espaços de Aprendizagem e na Prática Docente. **REVISTA CONEXÕES - CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, 2017.

SALES, G. L.; SANTOS, R. L. O USO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM E A APLICAÇÃO DO LMS MOODLE NUMA ESCOLA PÚBLICA DE ENSINO MÉDIO DO ESTADO DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO. In: Ana Carolina Costa Pereira; Francisco Regis Vieira Alves; Francisco Herbert Lima Vasconcelos. (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática Enfoques de práticas docentes**. 1ed. Recife: Imprima, 2016, v. 1, p. 21-41.

SALES, G. L. **Quantum**: Um *software* para aprendizagem dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea, 2005. Dissertação em Computação, área de informática educativa, UECE, Fortaleza – CE.

SALES, G. L. Desafios e Possibilidades na EaD. In: **II Encontro de Educação Aberta, Pública e a Distância do Ceará - II EADCE 2015**. Centro de Educação a Distância do Ceará. Disponível em: <<http://www.slideboom.com/presentations/1345238/II-EADCE-2015-Desafios-e-Possibilidades-na-EaD>> Acesso em: 04 jan. 2016.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de unidade de ensino potencialmente significativa, **R. bras. Ens. Ci. Tecnol.**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 1-24, mai./ago. 2016.

SCHWIER, R. A.; MISANCHUK, E. R. **Interactive Multimedia Instruction**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1993.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; LEITE, E. A. M.; PONTELLO, L. S.; Mudança conceitual em Óptica Geométrica Facilitada Pelo Uso de TDIC. In: **Anais do XXI Workshop de Informática na Escola**, Maceió, 2015.

SINGH, H. **Introduction to learning objects**. 2001. Disponível em: <www.imsproject.org/content/packing/ims-cp-bestv1p1.html> Acesso em 15 Fev. 2015.

SWELLER, J.; VAN MERRIËNBOER, J. J. G; PASS, F. G. W. C. **Cognitive architecture and instructional design**. Educational Psychology Review, v.10, n.3, 251-295, 1998.

WILEY, D. **Learning Object Design and Sequencing Theory**. Brigham Young University. Dissertation, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ATIVIDADE 1 DO PCMA – QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. Assinale a proposição correta:

- a) A Terra é um corpo em repouso.
- b) Uma pessoa sentada num banco de jardim está em repouso.
- c) Se um corpo estiver em repouso em relação a um dado referencial, então estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.
- d) Os conceitos de repouso e movimento não dependem do referencial adotado.
- e) Um corpo pode estar em movimento em relação a um referencial e em repouso em relação a outro

2. A respeito dos conceitos de movimento e repouso a alternativa FALSA é:

- a) O Sol está em movimento em relação à Terra.
- b) É possível que um móvel esteja em movimento em relação a um referencial e em repouso em relação a outro referencial
- c) Se um móvel está em movimento em relação a um sistema de referência, então ele estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.
- d) Se um corpo A está em repouso em relação a outro B, então o corpo B estará em repouso em relação a A.
- e) É possível um corpo A está em movimento em relação a outros dois corpos B e C e termos o corpo B em repouso em relação a C.

3. Chamamos de referencial à região do espaço onde se encontra um observador para estudar o fenômeno. Usando essa noção, **NÃO** podemos afirmar que:

- a) Quando a posição de um móvel varia com o tempo, em relação a um sistema de referência, dizemos que o móvel está em movimento em relação ao sistema.
- b) É possível que um mesmo móvel possa simultaneamente estar em movimento para um referencial e estar em repouso para outro.
- c) A forma da trajetória depende de um referencial.
- d) Na definição de ponto material e corpo extenso não se leva em conta o referencial.
- e) Todo corpo em repouso em relação a um referencial estará em repouso em relação a qualquer outro referencial que não se movimente em relação ao primeiro

4. Dizemos que uma partícula está em repouso quando sua posição não varia com o tempo. Como a posição é dada em relação a um referencial, só faz sentido movimento e repouso quando se especifica o referencial adotado. Usando essa noção, podemos afirmar que:

- a) A terra está em movimento.
- b) Um pássaro em vôo está em repouso.
- c) A Sacramentinas não está em movimento.
- d) Um móvel em movimento em relação a um referencial estará em movimento em relação a qualquer outro referencial

e) Todo corpo em repouso em relação a um referencial estará em repouso em relação a qualquer outro referencial que não se movimente em relação ao primeiro.

5. Sobre uma grandeza física escalar a única alternativa que **não é verdadeira** é:

- a) toda grandeza escalar tem que ser grandeza vetorial.
- b) toda grandeza vetorial tem que ser grandeza escalar.
- c) não necessita de direção.
- d) não necessita de sentido.
- e) fica perfeitamente definida quando se lhe conhecem valor numérico, unidade de medida.

6. Uma grandeza física vetorial fica perfeitamente definida quando se lhe conhecem:

- a) valor numérico, direção e sentido.
- b) valor numérico, unidade, direção.
- c) módulo e direção.
- d) módulo e sentido.
- e) intensidade, direção e sentido.

7. Suponha que um colega, não muito forte em Física, olhando os companheiros já assentados em seus lugares, tenha começado a recordar seus conceitos de movimento, antes do início desta prova. Das afirmações seguintes, formuladas “afobadamente” na mente de seu colega, a **ÚNICA CORRETA** é:

- a) Eu estou em repouso em relação aos meus colegas, mas todos nós estamos em movimento em relação à Terra
- b) Como não há repouso absoluto, nenhum de nós está em repouso, em relação a nenhum referencial.
- c) Mesmo para o fiscal que não para de andar, seria possível achar um referencial em relação ao qual ele estivesse em repouso.
- d) A trajetória descrita por este mosquito que não para de me amolar, tem uma forma complicada, qualquer que seja o referencial do qual ela seja observada.
- e) A velocidade de todos os estudantes que eu consigo enxergar agora, assentados em seus lugares, é nula para qualquer observador humano.

8. Um parafuso se desprende do teto de um ônibus que está em movimento, com velocidade constante em relação à Terra. Desprezando a resistência do ar, a trajetória do parafuso, em relação ao ônibus, é:

- a) parabólica.
- b) retilínea e vertical
- c) um ponto geométrico.
- d) retilínea e horizontal.
- e) inclinada

9. (AFA-SP) De uma aeronave que voa horizontalmente, com velocidade constante, uma bomba é abandonada em queda livre. Desprezando-se o efeito do ar, a trajetória da bomba, em relação à aeronave, será um:

- a) arco de elipse.
- b) arco de parábola.
- c) segmento de reta vertical.
- d) ramo de hipérbole.
- e) um ponto.

10. (UESB-BA) Um avião, voando com velocidade constante e próximo à superfície da Terra, abandona um objeto. Despreze o efeito do ar.

Para um observador parado no solo, a trajetória do objeto é:

- a) vertical.
- b) oblíqua.
- c) semicircular.
- d) hiperbólica.
- e) parabólica.

11. (PUC-RS) A afirmação todo movimento é relativo significa:

- a) todos os cálculos de velocidade são imprecisos;
- b) não existe movimento com velocidade constante;
- c) a velocidade depende sempre de uma força;
- d) a velocidade depende sempre de uma aceleração;
- e) a descrição de qualquer movimento requer um referencial.

APÊNDICE B – ATIVIDADE 1 DO PCMA – QUESTIONÁRIO CONSOLIDAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.

PERGUNTA 1– questionário (H3) - Uma pessoa está sentada num ônibus exatamente embaixo de uma lâmpada presa ao teto. A pessoa está olhando para frente. O ônibus está movimentando-se numa reta com rapidez constante. De repente a lâmpada se desprende do teto e cai. Onde cairá a lâmpada?

- a) Na frente da pessoa.
- b) Atrás da pessoa.
- c) Ao lado da pessoa.
- d) Em cima da pessoa.
- e) Para responder é necessário saber a velocidade do ônibus e a altura de onde a lâmpada cai.

PERGUNTA 2– questionário (C1 - H3) - Ao iniciarmos nossos estudos em Física, muitos conceitos são especialmente importantes. Lembrando o que foi trabalhado em sala de aula sobre movimento e repouso, analise as três proposições a seguir, preenchendo o espaço entre parênteses com V quando a proposição for verdadeira e com F quando a proposição for falsa.

I - () dois corpos, A e B, podem estar em repouso em relação a um terceiro corpo C e encontrarem-se em movimento um em relação ao outro

II - () estando o corpo A em movimento em relação ao corpo B que por sua vez está em movimento em relação ao corpo C, pode o corpo A estar em repouso em relação ao corpo C.

III - () estando A em repouso em relação ao corpo B que por sua vez está em movimento em relação ao corpo C, pode A estar em repouso em relação ao corpo C.

Assinale a alternativa que indica a leitura, de cima para baixo, a partir da proposição I, das letras entre parênteses:

- a) F V F
- b) V F V
- c) F F V
- d) V V F
- e) V V V

PERGUNTA 3– questionário (H3) - Movimento e repouso são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado. Com base nisso, assinale a opção correta.

- a) A Terra está em movimento.
- b) O Sol está em repouso.
- c) Um passageiro dormindo em um avião em pleno vôo está em repouso.
- d) Se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, então o corpo B está em movimento em relação ao corpo A.
- e) Se a distância entre dois corpos permanecer constante, então um está parado em relação ao outro.

PERGUNTA 4 – questionário (C1 - H3) - (UERJ) Foi veiculada na televisão uma propaganda de uma marca de biscoitos com a seguinte cena:

um jovem casal está num mirante sobre um rio e alguém deixa cair lá de cima um biscoito. Passados alguns segundos, o rapaz se atira do mesmo lugar de onde caiu o biscoito e consegue agarrá-lo no ar. Em ambos os casos, a queda é livre, as velocidades iniciais são nulas, a altura da queda é a mesma e a resistência do ar é nula.

Para Galileu Galilei, a situação física desse comercial seria interpretada como:

- a) impossível, porque a altura da queda não era grande o suficiente
- b) possível, porque o corpo mais pesado cai com maior velocidade
- c) possível, porque o tempo de queda de cada corpo depende de sua forma
- d) impossível, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos
- e) possível, pois a aceleração da gravidade varia de acordo com o valor da massa.

PERGUNTA 5– questionário (C1 - H3) - Dizemos que uma partícula está em repouso quando sua posição não varia com o tempo. Como a posição é dada em relação a um referencial, só faz sentido movimento e repouso quando se especifica o referencial adotado. Usando essa noção, podemos afirmar que:

- a) A terra está em movimento.
- b) Um pássaro em vôo está em repouso.
- c) A mulher não está em movimento.
- d) Um móvel em movimento em relação a um referencial estará em movimento em relação a qualquer outro referencial.
- e) Todo corpo em repouso em relação a um referencial estará em repouso em relação a qualquer outro referencial que não se movimente em relação ao primeiro.

APÊNDICE C – RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS E CONSIDERAÇÕES REALIZADAS PELO PROFESSOR/PESQUISADOR NA FASE 1 E 2 DO PCMA

As soluções dadas ao item A da primeira (QUADRO 7), enquanto as demais apresenta-se em seus respectivos quadros posicionados abaixo.

Quadro 7 - Respostas para o item A da primeira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item A da primeira questão.
<i>Não seria essa, pois a velocidade do ônibus é constante igual a da pessoa.</i>
<i>Falso, porque o movimento do carro não interfere na trajetória da lâmpada.</i>
<i>Errada, porque a velocidade do ônibus é constante.</i>
<i>Não, pois o ônibus está se movimentando para frente.</i>
<i>Errado, pois o ônibus está em velocidade constante, assim a lâmpada não vai para frente.</i>
<i>Falsa porque a velocidade é constante.</i>
<i>Errado, porque o ônibus está numa reta com rapidez constante. Com isso, não teria possibilidade de cair na frente e como o vento não é considerado, não vai cair atrás.</i>
<i>Falso, porque é constante, e a lâmpada se localiza em cima e não na frente da pessoa.</i>
<i>Está incorreto porque não considerou o vento.</i>
<i>Porque não há nenhuma força impulsionando a lâmpada para frente.</i>
<i>Em cima da pessoa, pois nem o vento e nem a velocidade se altera. Fica em uma velocidade constante.</i>
<i>Não está em movimento para trás.</i>
<i>Está errada, pois o ônibus está em movimento para frente e não há aceleração para trás.</i>
<i>Está errada, pois a lâmpada além de estar em cima da pessoa, também não tem a presença de nenhuma força do ar.</i>
<i>Está errada, pois a lâmpada estava em cima da pessoa e não teria como ela cair na frente.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

avalia-se a sentença (QUADRO 7) que afirma ser a queda da lâmpada lançada para a frente do passageiro que está sentado abaixo da lâmpada. De acordo com as respostas os alunos relacionam o movimento da queda a presença ou ausência de meios externos (Vento, Força impulsionando para frente, movimento do ônibus). Eles procuram dar ideias alternativas para o fenômeno destacado para apresentar uma solução para a sentença. Apesar de muitas das afirmativas não se relacionar ao conceito de movimento retilíneo uniforme e de inércia, a organização do pensamento para as respostas dadas consideram a influência de forças para que o movimento modifique sua trajetória.

Quadro 8 - Respostas para o item B da primeira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item B da primeira questão.
<i>Essa também não, pois o ônibus com a pessoa sentado dentro do automóvel estará constante.</i>
<i>Falso, pois não ocorre interferência do ar atmosférico dentro do veículo.</i>
<i>Errada, porque a velocidade do ônibus é constante.</i>
<i>Não, porque a velocidade entre a lâmpada e o ponto onde o passageiro está sentado é constante.</i>
<i>Errada, com a velocidade constante a lâmpada não pode ir para trás.</i>

<i>Falsa, porque em movimento constante ela cairá em cima da pessoa.</i>
<i>Errado, pois não existe vento na cena.</i>
<i>Falso, porque o ônibus e a pessoa estão na mesma velocidade por tanto não pode cair atrás.</i>
<i>Está incorreta, pois a velocidade não se altera.</i>
<i>Não há nenhuma força puxando a lâmpada para trás.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Abaixo são apresentadas as respostas do item B da questão um (QUADRO 8), item este que diz ser o local de queda da lâmpada em um ponto atrás do passageiro. Os alunos elaboraram resoluções afirmando ser falsa a proposição por se tratar de um movimento uniforme de velocidade constante no qual todos os elementos presentes na cena estão à mesma velocidade. A retificação do conhecimento pode ser percebida quando comparada os itens A e B, vendo que no item B as respostas já se aproximam do objetivo esperado para a questão, que era o aluno conseguir verificar os conteúdos de referencial e movimento uniforme.

Quadro 9 - Respostas para o item C da primeira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item C da primeira questão.
<i>Não, pois a lâmpada está embaixo da pessoa, portanto ela deve cair na direção dele.</i>
<i>Impossível, pois seria necessário que o ar atmosférico entrasse pela janela do ônibus. Porque não ocorre uma força lateral no objeto em questão.</i>
<i>Errado, porque o ônibus está em linha reta.</i>
<i>Não, por conta que a lâmpada está em cima do homem e o ônibus está andando para frente.</i>
<i>Errada, pois saindo do lado seria uma reta, e isso não é possível já que ela está em cima, somente se houver algo que mude a direção.</i>
<i>Falsa, porque a lâmpada está em cima do corpo e cairá em movimento retilíneo.</i>
<i>Errado, pois o ônibus está em linha reta e não existe vento, por isso será impossível cair ao lado.</i>
<i>Falso, porque a lâmpada está acima da pessoa e não pode cair do lado dela.</i>
<i>O ônibus está constante.</i>
<i>Porque o homem e a lâmpada estão com a mesma velocidade, então a lâmpada caiu em uma reta.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas para o item C da primeira questão (QUADRO 9) ainda há muitas das impressões sobre a relação de mudança de trajetória devido ao vento ou como alguns deles chamaram, ar atmosférico. Outros fundamentaram suas respostas em referenciais e modelos de movimento uniforme, que foi chamado de movimento em linha reta.

Muitos dos conceitos apreendidos podem ser esquecidos quanto a sua nomenclatura, mas continuam presentes na cabeça daqueles que aprenderam e assim, esses conceitos, ajudam na resolução dos problemas no momento da comparação com o fenômeno observado.

Quadro 10 - Respostas para o item D da primeira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item D da primeira questão.
<i>Sim, pois como eles estão constantes, eles estão em repouso, pois assim a lâmpada cai em cima da pessoa.</i>
<i>Em cima da pessoa, pois não há interferência do ar. Porque o ônibus e quem está sentado, estão em movimento constante.</i>
<i>Correto, porque a velocidade é constante, não existência do ar, então estará com o vetor igual ao do ônibus.</i>
<i>Sim, porque a velocidade é constante entre o homem e a lâmpada.</i>
<i>Correto, pois pela localização (em cima da pessoa) e a velocidade constante, ela vai cair exatamente em cima dele, pois não tem aceleração.</i>
<i>Correta, porque cairá em cima da pessoa, pois a velocidade é constante.</i>
<i>É correto, porque a lâmpada está em cima da pessoa e o ar/vento é desconsiderado. Por isso nessas circunstâncias irá cair em cima da pessoa.</i>
<i>Correta, porque a lâmpada está acima da pessoa e como eles estão em velocidade constante irá cair em cima da pessoa.</i>
<i>Em cima da pessoa é a resposta correta.</i>
<i>Porque o homem e a lâmpada estão com a mesma velocidade, então a lâmpada caiu em uma reta.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

A resposta correta para a questão um estava presente no item D, que tratava da queda da lâmpada acontecer sobre a cabeça da pessoa. Ao observar as resoluções (QUADRO 10) com termos de movimento uniforme e velocidade constante, tem-se a constatação do acerto da questão por todos os alunos. Muito disso deve-se da primeira fase do PCMA em que os alunos responderam o questionário de avaliação dos conhecimentos prévios e receberam *feedback* para os seus resultados e também devido à discussão das sentenças dentro dos grupos, o que ajudou em muito o desenvolvimento ativo da aprendizagem dos mesmos, pois no grupo eles conseguiam tirar dúvidas que não foram esclarecidas em outro momento e que geravam dúvidas em suas cabeças.

Quadro 11 - Respostas para o item E da primeira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item E da primeira questão.
<i>Não precisamos saber a velocidade e nem a altura, pois sabemos que ele está no ônibus numa velocidade constante e em repouso.</i>
<i>Não necessariamente, pois independente da altura que o ônibus estiver o objeto traçará o mesmo percurso e cairá em cima da pessoa, sem contar que não há interferência do ar atmosférico.</i>
<i>Errado, porque a questão já diz que a velocidade é constante em uma reta já é suficiente.</i>
<i>Não, pois não é necessário saber a velocidade e nem a altura. Apenas o sentido em que o ônibus está indo.</i>
<i>Errado, pois já diz a velocidade e onde a lâmpada está e isso já é suficiente para responder.</i>
<i>Falsa, pois não é necessário saber altura e a velocidade.</i>
<i>Errado, pois não é necessário saber nada disso.</i>
<i>Falso, porque não é necessário cálculo para responder a questão.</i>
<i>Está errada, pois a resolução da questão é lógica.</i>
<i>Não é necessária a velocidade, pois só precisamos saber que o homem e a lâmpada estão em movimento uniforme.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas dadas para o item E da primeira questão, (QUADRO 11), fortalecem as noções que os alunos apresentaram sobre movimento uniforme, sobre ausência de forças que empurrem ou puxem o objeto analisado e de referencial. Verifica-se nessa questão e em avaliação da primeira fase, que os alunos em geral mostraram melhoras sobre o conteúdo em relação ao questionário de conhecimento prévio, pois os mesmos conseguiram elaborar estratégias para desenvolver respostas em conformidade ao conceito científico correto para a questão.

Quadro 12 - Respostas da segunda questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para a segunda questão.
<i>Falso, pois A e B não podem estar em movimento em relação a ele mesmo. Verdade, pois o A em relação ao C pode estar no mesmo sentido. Por exemplo: A pessoa dentro do ônibus em relação à pessoa do lado. É falso, porque, por exemplo: uma pessoa que está no ônibus que seria o corpo A não poderia estar em repouso em relação ao corpo C, que no qual o corpo C que estaria fora do ônibus na verdade em movimento.</i>
<i>Falso, pois se os dois corpos A e B estão em repouso a C, não podem estar em movimento a si mesmo. Verdadeiro, pois os corpos A e B podem estar em movimento em relação a C e podem estar parados em relação um ao outro. Falso, porque A e B estão em repouso, sendo que B está em movimento em relação a C não a possibilidade de o corpo A está em movimento em relação ao corpo C.</i>
<i>Dois corpos, A e B, podem estar em repouso em relação a um terceiro corpo C e encontrarem-se em movimento um em relação ao outro não pode acontecer, pois se eles estão em repouso em relação a C, eles não podem estar em movimento entre si. Correto, o corpo A pode estar parado em relação a C e B se movimentando. Falso, pois o corpo A só pode estar em movimento em relação ao corpo C, se estiver em repouso com B.</i>
<i>I. A e B estão em repouso em relação a qualquer outro corpo. II. Verdadeiro, pois os corpos A e C estão em repouso em relação ao corpo B. III. Falso, pois se A e B em repouso e se o B está em movimento em relação a C não é possível o corpo A está em movimento em relação ao corpo C.</i>
<i>Falso, pois se A e B estão em repouso em relação a um referencial, estará em repouso em relação a qualquer outro. Verdadeiro, pois A e B estão em movimento em relação um ao outro e A usando C como referencial pode está parado em relação a ele. Falsa, pois se B está em movimento em relação ao C, então estará em movimento, pois o C não está parado.</i>
<i>Pode estar em repouso em relação a "C" então "C" não pode estar em movimento em relação a ele. Se "A" em movimento a "B" que está em movimento a "C" é possível "A" está em repouso a "C". "A" não pode estar em repouso em relação a "C", pois está em repouso sobre "B" apenas.</i>
<i>É falso que dois corpos, A e B podem estar em repouso em relação a um terceiro corpo, C, em encontrar-se em movimento um em relação a um terceiro corpo C e encontrar-se em movimento um em relação ao outro.</i>
<i>Falso, porque se dois corpos (A, B) estão em repouso em relação a C, não poderão está em movimento com relação um ao outro. Verdadeiro, porque se o corpo A estiver com a mesma velocidade dos corpos C e B, ou então um pouco mais rápido ou devagar a perspectiva de visão será A em movimento para B, B em movimento para C e A em repouso para C. Não é possível, pois para A está em repouso para C todos tem que estar em repouso.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda questão avaliava a relação dos conceitos sobre movimento e repouso e aliava-se ao conceito de referencial para desenvolver suas assertivas. Verifica-se (QUADRO

12) que alguns alunos davam explicações para cada uma das assertivas, tendo o cuidado de exemplificar as situações analisadas e mostrar sobre o seu ponto de vista as noções sobre movimento e repouso que eles tinham.

Nem todos conseguiram organizar uma linha de pensamento para a explicação do real conceito científico que a questão pedia, mas o fato de boa parte da turma ter conseguido elaborar caminhos concretos para explicar o que seria movimento e repouso entre corpos mostra que houve avanço da aprendizagem dos conceitos, em comparação a avaliação dos conhecimentos prévios da primeira fase do PCMA.

Quadro 13 - Respostas para o item A da terceira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item A da terceira questão.
<i>Não, pois senão a lua em relação à terra estaria em repouso.</i>
<i>Errado, pois não fala em nenhum referencial.</i>
<i>Errado, pois não temos um dado referencial para dizer se está em movimento ou em repouso.</i>
<i>Errado, pois não tem nenhum referencial.</i>
<i>Não existe um referencial necessário.</i>
<i>Não contem um referencial.</i>
<i>Errado, pois nele não apresenta um referencial para dizer se está em movimento ou parado.</i>
<i>Falso, pois é relativo. A terra gira em torno do seu próprio eixo.</i>
<i>Não, pois se eu adotar minha visão como referência não vou ver a terra em movimento.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Na terceira questão verificou-se cada uma das sentenças que falavam de movimento e repouso em diferentes referenciais. Podem-se ver (QUADRO 13) as respostas dos alunos, onde predomina a ideia sobre a falta de um referencial que estabelecesse se a Terra estaria em repouso ou em movimento, o que demonstra a importância dada pelos alunos ao conceito de referencial para se estabelecer se corpos estão se deslocando ou parados um em relação ao outro.

Quadro 14 - Respostas para o item B da terceira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item B da terceira questão.
<i>Não, pois em relação a uma pessoa observando durante um tempo o sol está em movimento.</i>
<i>Errado, pois também não tem há referencial.</i>
<i>Errado, pois novamente não temos um referencial para dizer se está em repouso ou em movimento.</i>
<i>Errado, pois também não tem nenhum referencial.</i>
<i>Não há referencial para dizer.</i>
<i>Falso, pois o sol não está em repouso.</i>
<i>Errado, pois não apresenta o referencial.</i>
<i>O sol não está em repouso referente a nada.</i>
<i>Não, pois ao longo do dia eu vejo o sol se movimentando.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o item B da terceira questão, as respostas encontradas (QUADRO 14) mostram que na opinião de muitos dos alunos a relação do observador ou ponto de referência é necessário para estabelecer a informação precisa sobre o sol está em movimento ou em repouso. Novamente eles utilizaram o termo, não tem referencial. Outro citou o exemplo de diferentes pessoas observando o sol na tentativa de mostrar que dependendo do ponto referencial, ou observador, ele pode estar parado ou se movendo.

Quadro 15 - Respostas para o item C da terceira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item C da terceira questão.
<i>Nem sempre, pois em relação à pessoa dormindo a que está lá fora pode estar em movimento.</i>
<i>Falso, pois o avião está em movimento em relação a outro corpo, logo o passageiro dormindo está em movimento.</i>
<i>Errado, pois novamente não temos um referencial.</i>
<i>Errado, o avião está em movimento em relação a outro corpo.</i>
<i>Poderia ser verdadeiro somente se adotasse algo como referencial.</i>
<i>Não, pois o avião está em movimento.</i>
<i>Errado, pois não apresenta um referencial.</i>
<i>O avião está em movimento, por isso é falso.</i>
<i>Não, pois eu verei o avião se movimentando e junto com ele a pessoa dormindo.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas do item C da terceira questão (QUADRO 15) podem ser identificadas como uma ratificação dada às soluções dos demais itens, pois a opinião de boa parte da turma continua a mesma, sempre apresentando a ideia do movimento e repouso como conceitos que dependem do referencial adotado. Ao analisar o passageiro em um voo alguns citaram exemplos que possibilitavam o mesmo está em repouso para algum corpo ou observador, e em outros referenciais ele poderia estar em movimento.

Quadro 16 - Respostas para o item D da terceira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item D da terceira questão.
<i>Sim, pois tudo aquilo que troca de posição dependendo do referencial estará em movimento.</i>
<i>Correto, pois os dois estão em movimento em relação um ao outro.</i>
<i>Correto, pois os dois estão em movimento um em relação ao outro.</i>
<i>Correto, pois os corpos estão em movimento entre si.</i>
<i>Correto, pois diz o ponto A e o referencial para se basear (um corpo).</i>
<i>Verdadeiro, pois os dois estão em movimento entre si.</i>
<i>Correto, porque movimento e repouso são relativos, dependem do referencial. Por isso é correta, pois se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, o corpo B estará em movimento em relação ao A.</i>
<i>Correto, pois os dois corpos podem estar em movimento um em relação ao outro.</i>
<i>Sim, pois se só dois corpos se movimentam um estará em movimento em relação ao outro.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

O item D da questão três é a resposta correta de acordo com o conceito científico. Nele é encontrada a ideia de que para dois corpos estarem em movimento é necessária uma mudança de posição em relação ao tempo entre eles. Este conceito foi avaliado no questionário de conhecimento prévio da primeira fase, e muito foi discutido sobre essa noção entre está em movimento depender também da variação de posição entre os referenciais adotados.

Os alunos responderam muito pelo que eles conseguiram abstrair da primeira fase, quando foi realizada a correção da atividade. Os alunos na primeira fase, em sua maioria, não conseguiam assimilar inicialmente este conceito, pois, por exemplo, para eles um carro que passasse por um poste estaria em movimento, mas o poste estaria em repouso.

As resoluções apresentadas (QUADRO 16) serviram para identificar uma mudança na maneira de pensar dos alunos, convergindo para uma mudança conceitual já na segunda fase do PCMA. Também serviu para mostrar que o PCMA não é uma estrutura estática, mas dinâmica podendo mudar a sequência das fases em acordo com as necessidades que aparecem no percurso metodológico.

Quadro 17 - Respostas para o item E da terceira questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item E da terceira questão.
<i>Nem sempre, pois dependendo do referencial pode estar em movimento.</i>
<i>Errado, pois os corpos estão em movimento constante, então eles não estão parados e sim em repouso.</i>
<i>Errado, pois um pode está se movimentando em círculos, por exemplo, em relação ao outro.</i>
<i>Errado, pois os corpos estão em movimento constante, então eles não estão parados e sim em repouso.</i>
<i>Mesmo com distância constante eles não estão parados, estão em movimento como no caso de um movimento circular.</i>
<i>Falso, pois estão em repouso e não estão parados.</i>
<i>Errado, pois a pergunta foge do assunto abordado, e mesmo assim se for considerar por distância um estará em movimento em relação ao outro.</i>
<i>Falso, porque estão em movimento.</i>
<i>Não, pois os dois estarão parados e não somente um.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas para o item E da questão três apresentadas (QUADRO 17) colaboram para a reiteração da análise quanto à percepção que os alunos têm sobre o estudo do movimento. Apesar de todas as resoluções mostrarem que os estudantes compreenderam o assunto, ainda assim, eles apresentam dificuldades quanto a exemplificar a relação de movimento ou repouso entre corpos, pois neste item alguns deles compreendem que o corpo pode está em movimento, mas não conseguem dar exemplos que expliquem o conceito e se assemelhe a explicação científica.

Quadro 18 - Respostas para o item A da quarta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item A da quarta questão.
<i>Não, pois não depende da altura e nem do peso.</i>
<i>Errado, pois a altura não influencia na aceleração do corpo.</i>
<i>Errada, pois a altura não influenciaria e sim a velocidade.</i>
<i>Errado, pois a altura não influencia na queda dos corpos.</i>
<i>Falso, pois o que torna impossível não é altura da queda, é a gravidade.</i>
<i>Falsa, altura não influencia.</i>
<i>Errado, pois a altura não tem relação total na situação.</i>
<i>Falsa, pois a altura não influencia.</i>
<i>Nesse caso a altura não vai interferir na situação.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Na pergunta quatro os alunos avaliaram um conceito estabelecido de Galileu sobre queda livre, com aceleração constante e livre de resistência do ar ou algum elemento que impedisse os corpos em queda de progredir no movimento sobre a influência somente da força da gravidade.

As resoluções mostradas (QUADRO 18) apresentaram erros conceituais. Por exemplo, algumas respostas citaram que a altura não influencia na queda, mas afirmar isso é negligenciar a variação de velocidade ocasionada pela aceleração da gravidade, pois para alturas maiores, se tem grandes variações de velocidades, logo a altura influencia sim no movimento de queda.

Em outra resposta o aluno afirma não depender da altura e nem do peso do objeto. Nessa proposição, apresenta-se uma concordância com o conceito científico quando cita-se a não influência do peso com o aumento de variação de velocidade para quedas onde as resistências ao movimento são desprezadas.

Quadro 19 - Respostas para o item B da quarta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item B da quarta questão.
<i>Não, pois pra ele tudo cai na mesma velocidade.</i>
<i>Errado, pois o peso influencia na queda do corpo.</i>
<i>Errada, pois a resistência do ar é nula então o peso não influencia o que influencia é a gravidade.</i>
<i>Errado, pois a massa não influencia na queda dos corpos.</i>
<i>Falso, pois a massa não define a velocidade da queda (enquanto tem gravidade).</i>
<i>Falsa, pois a velocidade inicial é nula.</i>
<i>Errado, pois o corpo só por ser mais pesado, não cairá primeiro do que outro corpo mais leve.</i>
<i>Falso, porque a resistência do ar é nula.</i>
<i>O peso não modificará o movimento nem a velocidade.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas respostas trazidas (QUADRO 19) para o item B da questão quatro verificou-se que os alunos perceberam o papel da aceleração da gravidade na velocidade final dos corpos.

Indicaram que a massa ou o peso não influenciava na queda, por isso a velocidade entre os corpos ao longo do tempo era a mesma e não tinha como o feito do enunciado ser conseguido.

Quadro 20 - Respostas para o item C da quarta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item C da quarta questão.
<i>Não, pois pra ele depende do tempo.</i>
<i>Errado, pois a forma dos corpos não interfere na sua queda.</i>
<i>Errado, pois a resistência do ar é nula, e a forma não influencia.</i>
<i>Errado, pois a forma não interferirá na velocidade da queda.</i>
<i>Falso, pois a aceleração (tempo de queda) não depende das massas dos corpos.</i>
<i>Falsa, pois depende de uma forma e circunstância.</i>
<i>Errado, pois a forma de cada corpo não interferirá na situação.</i>
<i>Falsa, a resistência do ar é nula e não influencia.</i>
<i>A forma não modifica o tempo.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Apresentam-se as respostas (QUADRO 20) para o item C da questão quatro e constata-se que os alunos conseguiram relacionar a noção de tempo e a aceleração da gravidade na queda, respondendo como falso o item em questão, pois não era possível alterar o tempo de queda devido exclusivamente pelo formato do corpo e nem pelas massas envolvidas.

Quadro 21 - Respostas para o item D da quarta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item D da quarta questão.
<i>Sim, pois pra ele a massa não depende da gravidade, ou seja, a velocidade é a mesma.</i>
<i>Verdadeiro, pois a massa não interferirá na queda.</i>
<i>Correto, porque a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos.</i>
<i>Correto, porque a massa não interferirá na velocidade da queda dos corpos.</i>
<i>Verdadeiro, é impossível, somente porque a aceleração da gravidade independe das massas. (Como num experimento com a pena e o peso).</i>
<i>Verdadeira, pois a gravidade não depende da massa.</i>
<i>Correto, pois é impossível a gravidade ter aceleração pela massa dos corpos, a aceleração depende de outras coisas.</i>
<i>Correta, a aceleração dos corpos.</i>
<i>Possível já que a aceleração da gravidade não depende da massa dos corpos, então a massa do biscoito e do homem não vai afetar o cálculo.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

O item cientificamente correto se encontra no item D, no qual as respostas apresentadas (QUADRO 21) apresentam que os alunos conseguiram relacionar o conceito de movimento de queda para os corpos, permitindo observar que a gravidade influencia nas velocidades produzidas por cada um dos corpos e se forem considerados os movimentos

sendo iniciado em tempos diferentes, é verdade afirmar sobre a impossibilidade de o homem agarrar o biscoito.

Quadro 22 - Respostas para o item E da quarta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item E da quarta questão.
<i>Não, pois a gravidade segundo ele, não depende da massa.</i>
<i>Errado, pois de acordo com a gravidade os corpos não necessitam de seu peso para caírem juntos.</i>
<i>Errado, pois a gravidade não muda só o que muda é a força peso, mas não existe resistência do ar.</i>
<i>Errado, por conta que a aceleração da queda não varia e independe da massa.</i>
<i>Falso, a massa não varia a velocidade, é a gravidade que faz isso.</i>
<i>Falsa, a gravidade não varia.</i>
<i>Errado, pois a gravidade será a mesma para cada corpo e não depende da massa.</i>
<i>Está errada, pois está negando a afirmativa anterior e a gravidade não varia.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Mostram-se as respostas (QUADRO 22) dadas para o item E da questão quatro, apesar da percepção do item correto no quadro anterior, constata-se que algumas das soluções não contemplam o item avaliado em questão. Mas apesar disto, algumas das repostas contemplam a relação da gravidade apresentar-se constante para todos os corpos em questão.

Quadro 23 - Respostas para o item A da quinta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item A da quinta questão.
<i>Não, pois se a lua em relação a terra ou a pessoa olhando de lá estaria em repouso.</i>
<i>Errado, pois não tem referencial.</i>
<i>Errado, pois não existe um referencial.</i>
<i>Errado, pois não tem um referencial.</i>
<i>Precisa de referencial.</i>
<i>Errado, pois não há referência.</i>
<i>Errado, pois a terra está em movimento, mas ele não apresentou o referencial.</i>
<i>Não existe referencial.</i>
<i>A terra não está em movimento, pois não dá para quem tá na terra perceber o seu repouso.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

A quinta pergunta utilizada na segunda fase do PCMA pedia-se mais uma vez para serem analisadas sentenças sobre referencial e movimento. Mostram-se (QUADRO 23) as repostas dadas pelos alunos para o item A dessa questão. Constata-se novamente a ratificação do conceito sobre o que a necessidade de um ponto de referência para estabelecer se o planeta terra está em movimento ou em repouso.

Quadro 24 - Respostas para o item B da quinta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item B da quinta questão.
<i>Não, pois em relação a uma pessoa X estaria em movimento.</i>

<i>Errado, pois não tem referencial.</i>
<i>Errado, pois também não existe um referencial.</i>
<i>Errado, por conta que não há um referencial.</i>
<i>Precisa de referencial.</i>
<i>Falso, o pássaro está em movimento.</i>
<i>Errado, pois um pássaro voando estará em repouso ou movimento dependendo do referencial.</i>
<i>Não existe referencial.</i>
<i>Não, pois eu posso vê-lo em movimento.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas do item B para a quinta questão (QUADRO 24) avaliavam se uma ave em vôo estaria ou não em movimento. Novamente a resposta dada pela maioria dos alunos foi a respeito de uma falta de ponto referencial para estabelecer os conceitos de repouso ou movimento. Algumas das resoluções citaram exemplos para demonstrar o conceito analisado.

Quadro 25 - Respostas para o item C da quinta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item C da quinta questão.
<i>Não, pois ela pode estar em movimento a um referencial.</i>
<i>Errado, pois não tem referencial.</i>
<i>Errado, pois também não existe um referencial.</i>
<i>Errado, porque também não há referencial.</i>
<i>Precisa de referencial.</i>
<i>Não há referencial.</i>
<i>Errado, pois ele não mostra o referencial para a mulher.</i>
<i>Não existe referencial.</i>
<i>Depende do que eu adotar como referencial, se por acaso eu passar correndo por ela a mesma estará em movimento.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As repostas encontradas (QUADRO 25) convergem em sua maioria para uma relação do movimento com o referencial adotado para observar a mulher em questão. Ver-se então novamente a confirmação do conceito estabelecido entre os alunos sobre movimento relativo.

Quadro 26 - Respostas para o item D da quinta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item D da quinta questão.
<i>Nem sempre, pois um móvel em movimento em relação a qualquer outro referencial pode estar em repouso se estiver constante.</i>
<i>Errado, pois uma pessoa está em repouso em relação à outra e em movimento a um cachorro.</i>
<i>Errado, pode-se achar um referencial que esteja em repouso.</i>
<i>Errado, por exemplo, uma pessoa está em repouso em relação a outro em movimento em relação a um gato.</i>
<i>Pode existir um referencial que esteja em repouso.</i>
<i>Errado, Ex: um carro está em repouso ao motorista e os dois estarão em movimento em relação às outras pessoas.</i>
<i>Errado, pois nem todos os referenciais estarão em repouso.</i>
<i>Errado, pois são dois referenciais que não estão relacionados.</i>
<i>Não, pois ele poder estar em repouso para outro móvel que estiver no mesmo movimento que ele.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Apresentam-se respostas (QUADRO 26) bem elaboradas, pois as mesmas explicam, com exemplos, o item em questão. Outra vez relacionaram o referencial ao conceito de movimento e elaboraram situações do cotidiano para desconstruir e explicar a sentença analisada.

Quadro 27 - Respostas para o item E da quinta questão (2ª fase PCMA)

Respostas dadas para o item E da quinta questão.
<i>Sim, por exemplo: Uma pessoa dentro do ônibus olhando para pessoa que está sentado a sua frente.</i>
<i>Correto, pois os três referenciais estão em repouso entre si.</i>
<i>Correto, se existem dois referenciais em repouso um com o outro, outro referencial está em movimento em relação aos dois e não a um só.</i>
<i>Verdadeiro, pois os três referenciais estão em repouso entre si.</i>
<i>Verdadeiro, pois para estar parado ou repouso adota-se outro corpo em repouso.</i>
<i>Verdadeiro, pois os três referenciais estão em repouso entre si.</i>
<i>É correto, pois se um corpo A está em repouso a um corpo B, então o A estará em repouso a um corpo C se ele não se movimentar em relação a B.</i>
<i>Correto, pois outro referencial está em movimento em relação aos dois e não a um apenas.</i>
<i>Sim, pois se o outro referencial não se movimenta em relação ao outro o dois estarão em repouso.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

O último item da questão cinco pedia-se para analisar uma sentença no qual o aluno avaliaria se corpos distintos estariam em repouso de acordo com a situação apresentada. Nas respostas para este problema (QUADRO 27). Pode-se observar que os alunos apresentaram conhecimento sobre o conceito abordado, conseguiram caracterizar o item, explicar com exemplos ou conceitos, e apontar que ele era o conceito científico verdadeiro da questão.

APÊNDICE D - ATIVIDADE 3 DO PCMA – TEXTO BASE DO RPG *LEAGUE OF RELATIVITY*

Texto base – Narrador

Olá alunos da **turma do terceiro Eletro**, bem-vindos ao projeto *League of Relativity*! Vocês foram selecionados para participar de nossa viagem espacial juntamente a sua guilda. Teremos desafios, missões coletivas e individuais, confrontos entre guildas e inimagináveis situações onde suas habilidades e competências serão testadas. Agilidade, destreza, pensamento lógico, rapidez de raciocínio, trabalho em equipe e conhecimentos elementares de física são necessários. Comporta-se em favor do outro é o lema a ser seguido.

Para dar início vocês foram testados para selecionarmos os seus comandantes (líderes) e depois houve a inclusão dos demais em grupos por afinidade a liderança. Agora vocês serão testados novamente individualmente e coletivamente para saber se vocês estão hábeis para prosseguir na viagem. Para isso iremos testar seus conhecimentos sobre movimentos relativos e sobre alguns movimentos planetários e de naves espaciais.

A viagem acontecerá saindo do planeta TERRA ano 3050, em busca de um planeta habitável fora do sistema solar que nesta realidade está com seus dias contados. O sol está em processo de supernova e levará todos do sistema com ele. De acordo com os cálculos dos cientistas da Agência de inteligência de assuntos Interestelares –AIAI a terra só possui mais 100 anos de existência.

A missão é encontrar um planeta com características similares ao da terra e retornar a mensagem para a base em tempo hábil para que as providências de fuga do nosso planeta sejam realizada com sucesso e a população de animais e humanos sobrevivam.

Nossa tecnologia está bem avançada e nossas naves podem se deslocar com velocidades próximas a da luz. E todo nosso aparato tecnológico é suficiente para deslocamento do povo remanescente da terra, que hoje é de 300 mil pessoas.

Mas antes de decolarmos, é prudente que façamos algumas missões para nos capacitarmos e não prejudicarmos a viagem.

Que a força esteja com vocês!

Nobres desbravadores do universo a viagem irá começar e em vocês serão depositadas todas as esperanças dos terráqueos. Vocês têm a importante missão de encontrar um novo lá para os humanos. Confiamos em vocês.

Depois de saberem sobre os preparativos, nossa viagem já começará com desafios para nossa tripulação, pois é necessário que tudo transcorra bem no lançamento de nossa nave. A nave possui materiais que resistem muito bem ao atrito com a atmosfera de diferentes planetas, mas é necessário calcular precisamente a velocidade de lançamento para não haver danos irreparáveis, como por exemplo, a perda da vida de todos os tripulantes, e para não ocorrer gasto excessivo de combustível.

Outra possibilidade que precisamos evitar é que nosso foguete orbite na terra ou em qualquer planeta devido a um erro de precisão no cálculo de velocidade para o lançamento.

Para evitarmos tudo isto, iremos simular nossa partida através do Objeto de Aprendizagem – OA Fuga planetária, que nos auxiliará a calcular e testar quais as condições necessárias de lançamento. O simulador nos auxiliará não somente com o lançamento do foguete aqui da terra, mas também de condições atmosféricas de outros planetas conhecidos do nosso sistema solar, o que nos ajudará em cálculos futuros no reconhecimento de planetas possivelmente habitáveis.

O que a tripulação fará agora é:

Simular diferentes situações de lançamento em cada um dos planetas do simulador e anotar os dados e o que se pede no seguinte desafio: goo.gl/4pRP3T.

Meus parabéns, o primeiro teste foi realizado com sucesso e vocês estão aptos a continuar. Depois de realizado todos os testes necessários para o lançamento da nossa nave, nossa tripulação irá realizar agora uma simulação para o reconhecimento dos gases que constituem a atmosfera de alguns planetas conhecidos, pois assim poderemos reconhecer uma atmosfera que mais se assemelhe com a atmosfera encontrada na terra, nos dando condições claras para informarmos que encontramos um provável planeta habitável.

Para auxiliar com o reconhecimento dos gases atmosféricos dos planetas utilizaremos o OA – Atmosfera e resolveremos a atividade.

Depois de todos os testes e simulações, todas as tripulações desbravadoras estão aptas a partirem em viagem. Todos com a missão de desvendar o universo e encontrar um novo lá para a humanidade. Esperanças revigoradas sobre a confiança impostas e depositadas em todos vocês.

Ao longo da viagem o vislumbre do universo tênue e sereno, eloquente e surpreendente, complexo e uniforme.

Nossos tripulantes viajam de galáxia a galáxia analisando planetas que possuam atmosfera e substâncias semelhantes às existentes no nosso planeta. A viagem acontece a velocidades surpreendentes que espantam as tripulações a cada momento. O comportamento

das coisas e os referenciais observados aviva a curiosidade daqueles que vislumbram e pensa sobre aquilo que estão vendo.

Após longos 15 anos de viagem pelo universo (15 anos passados para aqueles que estão dentro da nave, pois na Terra já se passaram X anos), nossos tripulantes pareciam frustrados por não ter encontrado nenhum planeta semelhante a Terra. O universo parecia morto e inabitável. E o tédio tomava de conta, nada acontecia.

Mas quando as esperanças de encontrar um novo lugar para chamar de lá estão próximas de terminar e o ócio parecia tomar de conta da vida de todos, então o universo conspira a favor para com nossas tripulações. O inesperado acontece e algo mágico vem para ajudar e criar novas esperanças.

Nossos tripulantes ganham a capacidade de enxergar e acompanhar o deslocamento e movimento de um fóton de luz.

Nesse momento nossas tripulações são beneficiadas, mas não conseguem entender como funciona a nova capacidade, para isso precisamos estudar um pouco sobre o efeito fotoelétrico e o fóton. Segue a leitura (**Efeito fotoelétrico**) sobre o assunto e uma pequena atividade para desenvolvê-lo da nova capacidade.

Graças à nova capacidade adquirida por todos vocês e entendendo como ela funciona, prossigamos com a missão.

A tripulação reunida avista de dentro da nave um OVNI – Objeto Voador Não Identificado, com características de uma nave espacial bastante diferente daquelas em que viajavam. A nave emitia fótons de luz a todo o momento. Então, as equipes resolvem parar os propulsores da nave para observar o deslocamento do OVNI, para ver onde eles iriam.

Acontece o seguinte: com a nave parada observa-se os fótons fazerem o seguinte trajeto:

Então dentro da nave inicia-se o seguinte questionamento:

- Pelas minhas observações, graças à nova habilidade, estes fótons são emitidos de uma fonte no solo do OVNI até o teto da nave.

Outro tripulante especula si ao invés de estarmos dentro de nossa nave, estivéssemos dentro do OVNI, como veríamos a trajetória deste fóton?

- Se conseguíssemos acompanhar o OVNI e deixássemos nossas naves lado a lado com a mesma velocidade, como veríamos a trajetória do fóton de luz?

Considerando as especulações levantadas, o desafio para as tripulações é o seguinte:

Por que vemos a trajetória mostrada na figura?

Se conseguíssemos colocar a nave lado a lado com o OVNI e com a mesma velocidade, como veríamos a trajetória do fóton?

Se estivéssemos dentro do OVNI, como veríamos o fóton?

Qual a diferença entre os três pontos de vista?

Na primeira trajetória, a luz percorre um caminho maior. Sabendo que a velocidade do fóton de luz é constante, $c = 300.000 \text{ Km/s}$, discuta sobre o que acontece com o tempo.

- O tempo passa mais devagar para qual referencial?
- Se aumentar a velocidade, o tempo aumenta ou reduz?
- Quais as considerações que vocês podem fazer a respeito destas observações?

Obs: Lembre que para velocidade constantes, temos um movimento uniforme, onde $v = s/t$.

Agora iremos ver o que acontece com o tempo:

- Arquivo sobre dilatação do tempo e contração do espaço.

Após observarmos o deslocamento do OVNI, a tripulação decide acompanhá-lo para saber qual o destino seguido por eles. Seguiu-se de longe, pois não se sabia que tipo de seres eram aquele. Cerca de 2 anos terrestres e chegamos ao planeta destino do OVNI. Era um planeta verde azulado com duas luas, bem maior que o planeta Terra, localizado a 40 anos-luz da Terra. O planeta era habitado por vários seres vivos, havia árvores, animais, oxigênio e outros gases que constituíam semelhanças com as existentes no planeta Terra. A gravidade no planeta era ligeiramente maior que a do nosso planeta, e o mais incrível de tudo, podíamos manter-se vivos sem o uso de câmeras de oxigênio.

A muito tempo, os seres que estavam no OVNI sabiam que estavam sendo seguidos. Mas deixaram ser acompanhados e ao chegarmos em seu planeta fomos recebidos por eles amistosamente.

Perguntaram-nos de onde vínhamos e porque os seguíamos. Respondemos suas perguntas e explicamos nossa situação. Eles acabaram comovidos e reuniram a população para discutir sobre nossa situação.

A população ficou dividida em nos acolher com o restante dos terráqueos ou não. Eles não nos conheciam e não sabiam o que poderíamos ser capazes.

Depois de muito tempo de discussão e levantamentos, foi decidido o acolhimento, pois eles concordaram que o planeta tinha espaço suficiente para todos e aceitaram conviver com os terráqueos, desde que não destruíssemos o planeta com nossas ações e cuidássemos do ambiente em que viveríamos.

Descobrimos o nosso novo lar, fomos aceitos, mas ainda temos um problema: temos que enviar uma mensagem em tempo hábil para a Terra. E desde que começou a viagem, passou-se 30 anos, mas anos estes que se passaram tendo como referencial as pessoas que estavam dentro da nave. Sabendo sobre a teoria da relatividade e da dilatação do tempo para um referencial inercial, temos que calcular precisamente o tempo para que a mensagem chegue lá e para que a população possa escapar do sistema solar, antes de tudo se destrua no colapso previsto.

Vamos lá pessoal, para que a mensagem chegue a tempo de salvar a humanidade, qual o tempo que falta para a terra sumir do universo?

E qual a velocidade que a mensagem tem que ser enviada?

A nave foi enviada com a mensagem a uma velocidade de c. Depois deanos ela chegou no planeta Terra, e a população levou anos para escapar do sistema solar.

A missão foi concluída com sucesso, parabéns garotos, vocês são os responsáveis por salvar a humanidade da extinção, a força está com vocês.

Como último recurso para finalizar o jogo, construa sistematicamente o mapa conceitual de nossa missão.

APÊNDICE E – COMPETÊNCIAS E HABILIDADES – ÁREA CIÊNCIAS DA NATUREZA – COLEÇÃO ESCOLA APRENDENTE: MATRIZES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO

Área: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
Física 1º Ano

Competências e Habilidades

1. Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclaturas da linguagem científica.
2. Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.
3. Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.
4. Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.
5. Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.
6. Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.
7. Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.
8. Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.
9. Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.
10. Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.
11. Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.
12. Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

13. Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.
14. Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.