

UNESPAR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVÁÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

**LANÇAMENTO DE FOGUETES - UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Demétrio Aquino Torgan

DEMÉTRIO AQUINO TORGAN

**PARANAVÁÍ
2019**

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVÁI
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR – PPIFOR**

**LANÇAMENTO DE FOGUETES - UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

DEMÉTRIO AQUINO TORGAN

**PARANAVÁI
2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVÁÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR**

**LANÇAMENTO DE FOGUETES - UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada por Demétrio Aquino Torgan, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranaíba, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino.

Área de Concentração: Formação docente interdisciplinar.

Orientadora:

Profa. Dra.: Shalimar Calegari Zanatta

T682I Torgan, Demétrio Aquino
Lançamento de foguetes: uma unidade de ensino potencialmente significativa / Demétrio Aquino Torgan. – Paranavaí: Unespar, 2019. ix, 205 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Paraná, Campus de Paranavaí, Programa de Pós-Graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar - PPIFOR; área de concentração: Formação Docente Interdisciplinar.

Orientadora: Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta;

Banca examinadora: Prof. Dr. Michel Corci Batista, Profa. Dra. Marcia Regina Royer.

Bibliografia

1. Educação. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 3. Física. 4. Ensino. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino Formação Docente Interdisciplinar.

CDD 20. ed. 530.07

**LANÇAMENTO DE FOGUETES - UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (Orientador) –
UNESPAR

Prof. Dr. Michel Corci Batista – UTFPR – Campo Mourão

Profa. Dra. Marcia Regina Royer – UNESPAR

Data de Aprovação:

27/11/2019.

Dedico

Ao meu querido pai que nos deixou e que descansa em paz com Deus.

“Tudo quanto te vier à mão para fazer, faze-o conforme as tuas forças, porque na sepultura, para onde tu vais, não há obra nem projeto, nem conhecimento, nem sabedoria alguma” Eclesiastes 9:10.

Agradeço

Aos meus pais por seu eterno amor e por acreditarem em meu trabalho e dedicação.

À minha amada companheira Fabiola por sua paciência e compreensão.

À professora Dra. Shalimar Calegari Zanatta, por acreditar em meu trabalho e por sua infindável paciência em buscar compreender este trabalho.

Aos professores da banca examinadora Dra. Marcia Regina Royer e Dr. Michel Corci Batista por todas as correções e contribuições para este trabalho.

A todos os professores que contribuíram com minha formação.

“A essência do processo de aprendizagem significativa, tal como já se verificou, consiste no facto de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de matérias), de forma não arbitrária e não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo” (Ausubel 2002, p.71).

TORGAN, Demétrio Aquino. **Lançamento de Foguetes:** Uma unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 205 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí. Orientadora: Dra. Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2019.

RESUMO

Nesta pesquisa foi analisado como evoluiu a aprendizagem de alunos do oitavo ano do Ensino Fundamental em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que foi planejada, desenvolvida e aplicada em torno do experimento de lançamento de foguetes construídos com garrafas PET. Utilizou-se como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, com metodologia de investigação que se enquadra numa abordagem do tipo qualitativa, e fundamentada na experimentação em sala de aula. A coleta dos dados permitiu avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema em questão com profundidade, e a partir de uma análise de comparação entre os mapas conceituais elaborados pelos alunos ao início e final da unidade de ensino, foi possível observar a evolução na quantidade de conceitos utilizados pelo aluno, nos níveis hierárquicos dos mapas conceituais, na quantidade de ligações e exemplos utilizados. Isso possibilitou evidenciar uma evolução na representação dos conceitos, nas relações conceituais e na dependência de significados entre os conceitos físicos envolvidos no experimento de lançamento de foguete PET. Os resultados nos permitiram concluir que existem evidências de que o experimento de lançamento de foguete PET é uma atividade potencialmente significativa ao ensino de conceitos Físicos relacionados ao currículo do oitavo ano do Ensino Fundamental e que pode trazer novas possibilidades para o Ensino de Física, motivando novas formas criativas de aprendizagem, incentivando a evolução conceitual dos alunos e aprimoramento da linguagem matemática utilizada na resolução de problemas.

Palavras-chave: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), Aprendizagem Significativa, Ensino de Física.

TORGAN, Demétrio Aquino. **Lançamento de Foguetes:**Uma unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 205 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí. Orientadora: Shalimar Calegari Zanatta. Paranavaí, 2019.

ABSTRACT

This research analyzed how the learning of eighth graders students evolves in a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) which was designed, developed and applied around the PET bottle rocket launch experiment. The theoretical framework used was David P. Ausubel's Theory of Meaningful Learning, with a research methodology that fits into a qualitative approach, based on classroom experimentation. The data collection allowed to evaluate the students previous knowledge about the subject in depth, and from a comparison analysis between the concept maps elaborated by the students at the beginning and the end of the teaching unit, it was possible to observe the evolution in the quantity concepts used by the student, the hierarchical levels of the concept maps, the number of links and examples used. This made it possible to evidence an evolution in the representation of concepts, conceptual relationships and dependence on meanings between the physical concepts involved in the PET rocket launch experiment. The results allowed us to conclude that there is evidence that the PET rocket launch experiment is a potentially significant activity in the teaching of physical concepts related to the eighth grade curriculum and may bring new possibilities for physics education, motivating new ones. creative forms of learning, encouraging students' conceptual evolution and improvement of the mathematical language used in problem solving.

Keywords: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), Meaningful Learning, Physic's Learning.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 O Ensino de Ciências (Física) no Ensino Fundamental.....	23
2.2 A importancia das teorias de aprendizagem no Ensino Fundamental	27
2.3 Os conteúdos da Física Newtoniana para o lançamento de Projéteis e os conceitos matemáticos	31
2.4 Considerações sobre a aprendizagem significativa de David P. Ausubel no Ensino Fundamental.....	42
2.5 Unidade de Ensino Pontencialmente Significativa (UEPS)	53
2.6 Elementos e planejamento de uma UEPS: Aspectos metodológicos e teóricos... 60	
2.7 Mapas conceituais e o diagrama V	71
2.8 As diretrizes curriculares estaduais para o ensino da física no ensino fundamental.	80
2.9 Considerações sobre o uso das TICs – o caso do GeoGebra e Tracker.....	85
2.10 Modelo para o planejamento do material de instrução	89
3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	94
3.1 Etapas do desenvolvimento didático.....	95
3.2 Sobre a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) produzida para esta pesquisa.	101
3.3 Percurso metodológico.....	111
Aula 1.....	111
Aula 2.....	112
Aula 3.....	114
Aula 4.....	120
4. RESULTADOS E DISCUSÃO.....	123
4.1 Sobre uso das TIC na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa. ...	124
4.2 Resultados e avaliação da UEPS desenvolvida	126
4.3 Resultados da segunda aula.	129
4.4 Resultados da terceira aula	156
4.5 Resultados da quarta aula: Sobre a produção do mapa conceitual final	180
4.6 Sobre a avaliação da UEPS.....	186
5. Considerações Finais	194
REFERÊNCIAS.....	197
APÊNDICE A - ATIVIDADES DA AULA 2.....	194
APÊNDICE B - ATIVIDADES DA AULA 3	199

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Calculando o centro de massa C em relação a m_1 e m_2 . Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009).....	34
Figura 2: CM e CP conforme visto em Souza (2007)	36
Figura 3-Decomposição vetorial do vetor velocidade inicial.....	38
Figura 4: Diagrama V (MOREIRA 2013, p.57).....	78
Figura 5 Plano de elaboração de uma instrução na visão ausubeliana conforme visto em Moreira e Masini (2016).....	93
Figura 6: Etapas do processo pedagógico na perspectiva Teórica da Aprendizagem Significativa.....	102
Figura 7: Processo de Diferenciação e Reintegração. Fonte: O autor.	107
Figura 8: Diagrama V da UEPS proposta pela pesquisa, fonte: O Autor.....	108
Figura 9: Mapa Conceitual que será apresentado ao início e final da UEP., Fonte: O autor.	109
Figura 10: Mapa Conceitual da proposta de uma UEPS em torno do experimento de lançamento de foguetes PET. Fonte: O Autor.	110
Figura 11: Experimento do carro de Howitzer no software Tracker.....	117
Figura 12: Experimento do carro de Howitzer com plano inclinado Fonte: LivePhoto Physics Series (2008).	119
Figura 13: Produção dos dados da pesquisa em sala de aula.....	121
Figura 14: Gráfico do resultado da atividade 1 / Aula 1 sobre o teste de conhecimentos.	131
Figura 15: Um resultado significativo (QS) da representação da trajetória do foguete.	132
Figura 16: Resultado significativo produzido em sala de aula.....	134
Figura 17: Resultado significativo produzido em sala de aula sobre a trajetória do foguete.	134
Figura 18: Exemplo de resultado parcialmente significativo.	135
Figura 19: Exemplo de resultado não-significativo.....	136
Figura 20: Exemplo de resultado não-significativo.....	136
Figura 21: Solução significativa a Atividade 1 (apêndice I) sobre Movimento e Referencial.....	138
Figura 22: Asserção Significativa a Atividade 1 sobre Movimento e Referencial.	138
Figura 23: Asserção parcialmente significativa à Atividade 1.....	139
Figura 24: Asserção não significativa à atividade 1.....	139
Figura 25: Resultado dos conhecimentos prévios sobre Movimento e Referencial / Questão 1.....	140
Figura 26: Resultado sobre a investigação os conhecimentos prévios e referencial de um movimento.....	142
Figura 27: Resultado significativo da questão 5 sobre movimento relativo.	142
Figura 28: Resultado significativo da questão 5 sobre movimento aparente.	143
Figura 29: Exemplo de asserção significativa a questão 5 sobre movimento aparante dos astros.....	143
Figura 30: Asserção não significativa a questão 5.	143
Figura 31: Análise percentual das asserções realizadas pelos alunos à questão 5 sobre o movimento aparente dos astros.....	144
Figura 32: Resultado da investigação da questão 6 sobre referencial e movimento aparente dos astros.....	145
Figura 33: Resultado significativo da questão 7.....	146

Figura 34: Resultado significativo a questão 7.....	146
Figura 35: Resultado significativo da questão 7.....	146
Figura 36: Resultado parcialmente significativo da questão 7.....	146
Figura 37: Resultado parcialmente significativo da questão 7.....	147
Figura 38: Resultado final da análise das asserções feitas a questão 7.	147
Figura 39: Desempenho significativo das asserções realizadas pelos alunos durante a segunda aula, questões apêndice I.	148
Figura 40: Desempenho das asserções não-significativas observadas durante a segunda aula, questões em apêndice I.	148
Figura 41: Gráfico do resultado final das observações durante a segunda aula.	150
Figura 42: Resultado significativo da Questão 11.....	151
Figura 43: Resultado significativo da Questão 11.....	151
Figura 44: Resultado significativo da Questão 11.....	151
Figura 45: Resultado não-significativo da Questão 11.....	152
Figura 46: Resultado não-significativo observado na questão 11.	152
Figura 47: Resultado geral das asserções realizadas à questão 11.	152
Figura 48: Resposta não-significativa relacionada a Questão 14 sobre Plano Cartesiano e Trajetória.....	153
Figura 49: Resposta parcialmente-significativa relacionada a Questão 14 sobre Plano Cartesiano e Trajetória.....	154
Figura 50: Resposta do tipo significaitva a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.....	154
Figura 51: Resposta do tipo significativa relacionada a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.....	154
Figura 52: Resposta do tipo significativa relacionada a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.....	154
Figura 53: Resultado geral da Questão 14 que investigou a relação que existia na visão do aluno entre trajetória e plano cartesiano.	155
Figura 54: Resultado comparativo entre os resultados obtidos nas questões 14 e 11. .	156
Figura 55: Gráfico do resultado da quantidade de conceitos válidos observados na produção dos mapas conceituais durante a terceira aula.	159
Figura 56: Distribuição do percentual da quantidade de conceitos válidos na produção do mapa conceitual 1.	160
Figura 57: Gráfico da frequência observada dos conceitos usados na produção do primeiro mapa conceitual.	161
Figura 58: Gráfico da variação percentual no uso dos conceitos iniciais selecionados.	162
Figura 59: Gráfico dos resultados na produção do primeiro mapa conceitual durante a terceira aula.....	166
Figura 60: Variação do score observado na produção do primeiro mapa conceitual...	167
Figura 61: Figuras de Lissajous simuladas em GeoGebra e usadas como modelo de trajetória de um ponto P.	168
Figura 62: Resultado Significativo da Questão 1 sobre a trajetória de um ponto P – Aula 3.	169
Figura 63: Resultado Significaitvo - Questão 1 - Aula 3	169
Figura 64: Exemplo de solução não-significativa à questão 1 - Parte 3 - Aula 3.....	170
Figura 65: Exemple de solução não-significativa à questão 1 - Parte 3 - Aula 3.....	170
Figura 66: Resultado observado na questão 1 -Parte 3 - Aula 3 sobre trajetórias de um ponto P sobre o plano cartesiano e sua representação.	171
Figura 67: Organizador avançado para o estudo do ângulo de lançamento.	172

Figura 68: Organizador prévio em GeoGebra. Fonte : A pesquisa	173
Figura 69: Resultado sobre o conhecimentos prévios dos alunos a respeito da decomposição vetorial de um movimento balístico.	175
Figura 70: Estudo e Simulação da queda livre em sala de aula com o software Tracker.	177
Figura 71: Estudo e Simulação do movimento oblíquo com o software Tracker.	178
Figura 72: Gráfico do deslocamento em y(altura) em função do tempo. Experimento realizado no software Tracker.	179
Figura 73: Resultado dos fatores QM observados na produção do segundo mapa conceitual - MAPA 2 - AULA 4.	182
Figura 74: Variação do fator avaliativo QM que corresponde aos scores obtidos por cada aluno na produção do segundo mapa conceitual - AULA 4.	182
Figura 75: Comparação entre o resultado do primeiro e segundo mapa conceitual desenvolvido na UEPS.	183
Figura 76: Variação do coeficiente de evolução conceitual.	184
Figura 77: Resultado do modelo avaliativo desenvolvido e aplicado nesta UEPS.	185
Figura 78: Gráfico do resultado final de cada aluno durante a UEPS.	189
Figura 79: Variação da quantidade de asserções do tipo significativas durante a UEPS.	189
Figura 80: Aluno A8 com resultado final significativo do tipo QS.	190
Figura 81: Resultado final do aluno A12 do tipo NS.	191
Figura 82: Resultado final do aluno 10 do tipo parcial ou inconclusivo.	191

1. INTRODUÇÃO

As descobertas das Ciências e da Matemática são coadjuvantes da história da humanidade. No entanto, constata-se um abismo entre suas descobertas e seus processos de ensino em sala de aula. Os métodos de ensino não acompanharam as descobertas científicas e as evoluções tecnológicas recentes.

Neste contexto, geralmente, as leis das Ciências, como abordadas pelos professores de Ciências e os fundamentos da Matemática, como abordados pelos professores de Matemática, são apenas reproduzidos e devem ser memorizados pelos alunos. Existe uma profunda fragmentação do conteúdo para um aluno que é considerado um sujeito passivo (MOREIRA, 2008).

Uma das críticas sobre estas metodologias didático-pedagógicas ditas tradicionais é que o aluno não compreende o cerne das questões fenomenológicas e não consegue transferir os conteúdos ‘aprendidos’ para outras áreas do conhecimento.

A nossa experiência em sala de aula mostra exatamente isto. Podemos observar com frequência que o aluno não identifica as operações matemáticas de uma situação problema em sala de aula, mesmo que ele tenha domínio dessa ação em seu cotidiano. O inverso também pode ser verificado. Ou seja, o aluno domina os conteúdos matemáticos da escola, mas não consegue conferir ou fazer uma troca de dinheiro no supermercado. Podemos citar também que o aluno pode cometer erros básicos na resolução de problemas da Física porque não consegue transferir conceitos ‘aprendidos’ na matemática.

Outra questão relevante é a desmotivação dos alunos quando não conseguem visualizar a aplicação imediata dos conteúdos abordados em sala de aula. Restando ao aluno a tarefa de assimilar o conteúdo de forma fragmentada e isolada de seus conhecimentos prévios.

Afirmar o quanto as metodologias didático-pedagógicas são responsáveis por este resultado, não é escopo para este trabalho, mas podemos dizer que, em oposição a estas metodologias, ditas tradicionais, defende-se as metodologias do “aprender a aprender”, as quais encontram defensores e críticos.

O fato é que existe um descompasso entre o processo de ensino e o de aprendizagem. Os professores transmitem conhecimento, mas o objetivo em sala de aula é aprender apenas para a prova final, de forma que, todo conteúdo aprendido está fadado ao esquecimento (MOREIRA, 2013).

De acordo com Duarte (2000), as teorias pedagógicas do ‘aprender a aprender’ são discursos a mercê das políticas neoliberais que objetivam formar trabalhadores em detrimento de cidadãos críticos e preparados para a construção da sociedade.

Para o neoliberalismo é importante que a educação, ou melhor, o sistema educacional, se adeque ao mundo do trabalho, logo o mercado de trabalho é quem dita e orienta as decisões que serão tomadas nas políticas educacionais.

Neste contexto, desenvolver uma proposta didático-pedagógica se torna um desafio ainda maior. Se por um lado temos alunos desmotivados para a aprendizagem, por outro temos o compromisso de fazer da escola a responsável pela transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade. Este papel da escola é imprescindível porque apenas a ela foi atribuída esta tarefa social.

Portanto, a qualidade do processo ensino-aprendizagem é o resultado de um complexo conjunto de fatores dinâmicos no tempo, como motivação, conteúdos, metodologias didático-pedagógicas, políticas públicas educacionais, realidade social da escola, entre outros.

Nosso problema de pesquisa nasce com a observação feita por Zanatta e Leiria (2018) sobre uma tendência entre os professores de ciências em acreditar que os problemas de aprendizagem em sala de aula podem ser resolvidos por meio da realização de uma atividade experimental.

Segundo os autores, a pesquisa mostra que os estudos selecionados e analisados, não desfazem a crença de que atividades experimentais estão ligadas a resolução de problemas de aprendizagem sobre determinados conteúdos.

É importante destacar que os autores acreditam que este tipo de tendência na produção bibliográfica no Ensino de Ciências, reforça ainda mais uma visão empírico-indutivista das atividades experimentais.

Outro fato importante que os autores destacam é que foi observado uma escassez de materiais de aprendizagem específicos ao oitavo ano do Ensino Fundamental. Segundo Zanatta e Leiria (2018, p.142) constatou-se uma “ausência de atividades experimentais direcionadas para o Ensino Fundamental” e isso revela um “descaso com o ensino dos conteúdos de Física para esse nível, sendo que tal situação acarreta preocupação[...]”.

Dessa forma, esta pesquisa tomou como premissa que existe uma ausência na produção de materiais de aprendizagem específicos ao oitavo ano do Ensino Fundamental, e que é necessário uma discussão mais profunda sobre a natureza da

aprendizagem nesta etapa do ensino e como instruções específicas destinadas ao ensino de Física no Ensino Fundamental podem ser planejadas com base naquilo que os alunos sabem e conhecem sobre ciências.

Portanto, nosso trabalho se justifica nesta ausência observada e sobre a necessidade de trabalhos específicos sobre teorias de aprendizagem e atividades experimentais destinadas as séries finais do Ensino Fundamental.

Com base nesta premissa, observamos que vários temas curriculares de Física eram relevantes ao desenvolvimento de propostas pedagógicas no intuito de suprir a carência observada, porém, o tema que prevaleceu foi o experimento de lançamento de foguetes PET¹.

A escolha do tema se deu devido ao fato de possuímos experiência prévia com a proposta e também interesse em ampliar a pesquisa independente que realizávamos, enxergando na escrita desta dissertação uma oportunidade única em aprofundar e fundamentar teoricamente nosso trabalho.

O tema lançamento de foguete não é novidade, e tem se demonstrado de grande interesse por diferentes áreas do conhecimento e tecnologia. Atualmente a *National Aeronautics and Space Administration*² (NASA) disponibiliza vasta quantidade de material técnico e educacional dedicado ao estudo dos foguetes de garrafa PET amador e profissional.

Países como o Reino Unido reconhecendo a importância do tema à educação, possuem agências governamentais públicas destinadas a fomentar o estudo e a prática de atividades pedagógicas relevantes, e incentiva a construção e lançamento de foguetes PET em escolas e institutos de estudo pelo país, como exemplo, podemos citar a chamada *Department of Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS)* que promove anualmente o *Water Rocket Challenge*³ que reúne professores e alunos de todo o país em competições e demonstrações de inovações tecnológicas no desenvolvimento de foguetes de garrafa PET.

¹ O Politereftalato de Etileno, mais conhecido como **PET**, é um tipo de plástico muito utilizado na fabricação de **garrafas** (refrigerantes, água, sucos, óleos e etc.) e de alguns tipos de tecidos. Do ponto de vista químico, o **PET** é um polímero termoplástico. Fonte: <http://suapesquisa.com>

² No site [nasa.gov/stem-ed-resources/water-rocket-construction.html](https://www.nasa.gov/stem-ed-resources/water-rocket-construction.html) podemos obter material técnico e diversos projetos de foguetes de água disponibilizados gratuitamente.

³ No site <https://www.npl.co.uk/water-rockets> encontramos mais informações sobre o Water Rocket Challenge e sobre os órgãos que promovem o evento.

A aplicação do experimento de foguetes PET é ampla e irrestrita ao campo da Física, estudos de diversas áreas também utilizam o experimento como aporte de atividades experimentais (SOUZA; AMAURO 2015).

Em trabalhos anteriores é possível identificar uma grande diversidade de abordagens teóricas como por exemplo, em Silva (2016) onde vemos a abordagem da prática de lançamento de foguete por uma perspectiva Freiriana, ou ainda, como visto em Ferreira (2016) onde o tema foi abordado do ponto de vista da astronomia e astronáutica.

Mas o que torna o experimento de lançamento de foguetes PET tão interessante do ponto de vista pedagógico? Por que estudar o experimento de lançamento de foguete PET em Física? Acreditamos que estas perguntas se resumem no fato de que o experimento converge para várias áreas do conhecimento científico atual, e consequentemente a interdisciplinaridade no estudo do experimento é considerável.

Outro ponto que acreditamos despertar interesse por parte dos pesquisadores da área é que o experimento é simples, fácil, divertido e possui grande versatilidade de propelentes sendo ar comprimido, reação química ou água comprimida.

Outra pergunta que esta pesquisa busca responde é por que devemos estudar o experimento de lançamento de foguete PET no Ensino Fundamental? Vimos que existem estudos que apontam para uma carência de materiais específicos à prática experimental no Ensino Fundamental, em específico ao oitavo ano, portanto, esta pesquisa buscou desenvolver a partir do experimento de lançamento de foguetes PET, uma proposta de ensino significativo que buscasse contemplar os conhecimentos prévios dos alunos visando interação e aquisição de novos conteúdos de Física relacionados à Cinemática Escalar e associados ao experimento do foguete PET.

De forma mais específica, o fenômeno que desejávamos analisar era discutir a possibilidade de se construir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa⁴ (UEPS) em torno do experimento de lançamento de foguete PET.

Nosso interesse foi descrever como o experimento poderia ser desenvolvido como uma unidade significativa, reunindo vários conteúdos relacionados à Cinemática Escalar e que poderiam ser organizados, relacionados e aplicados ao estudo da trajetória do foguete PET.

⁴ Em nossa fundamentação teórica fizemos uma profunda análise bibliográfica sobre as ideias fundamentais de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e como se fundamentam conforme Moreira (2013).

Nosso interesse em abordar o experimento do ponto de vista da Cinemática Escalar, visava valorizar os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo de ciências que estudaram em séries anteriores, como por exemplo: Plano Cartesiano, Equação, Movimento aparente dos astros no céu, etc.

A abordagem do ponto de vista da Cinemática Escalar também se justifica, pois, temas como velocidade, aceleração, deslocamento, etc... São temas que também fazem parte do currículo de Física do oitavo ano.

É importante deixar claro que não é o experimento em si que possui a real importância, mas as potencialidades relacionadas à prática experimental que realmente nos interessam e que são alvo do debate neste estudo. Destacamos cinco pontos que acreditamos outorgar a prática de lançamento de foguetes o *status* de uma atividade pedagógica significativa, são eles:

1. Motivação no estudo da física aplicada em sala de aula.
2. Diversas formas de abordagens pedagógicas: Física, Matemática e Química.
3. Diversos conteúdos curriculares envolvidos: Cinemática Escalar, Dinâmica do movimento, Pressão, Equação do segundo grau, Plano Cartesiano, Unidades e grandezas métricas, Reações químicas, reciclagem de materiais, etc.
4. Atividade experimental específica de Física no Ensino Fundamental.
5. Possibilidade de novas discussões sobre interdisciplinaridade.

O enfoque de nossa pesquisa é demonstrar que vários aspectos teóricos envolvidos no experimento de lançamento de foguetes PET podem ser usados de forma significativa na aprendizagem de conteúdos relacionados à Cinemática Escalar. A pesquisa também buscou evidenciar que materiais de aprendizagem que valorizam conteúdos organizados e relacionáveis demonstram resultados interessantes ao processo de aprendizagem significativa em sala de aula (RIBEIRO, SOUZA E MOREIRA, 2008).

A pesquisa também busca demonstrar que de forma geral, os conteúdos envolvidos no experimento de lançamento de foguetes se mostram muito versáteis na elaboração de unidades de ensino que valorizem a interdisciplinaridade e inclusão de novos conteúdos relacionados.

Acreditamos ter apresentado a relevância de nosso tema, enfoque e motivação desta pesquisa, portanto, assim podemos definir nosso problema de pesquisa: Podemos ensinar física de modo eficiente para alunos do oitavo ano do Ensino Fundamental por meio do desenvolvimento de uma UEPS em torno do experimento de lançamento de foguetes PET?

Diante do problema de pesquisa definido, nosso objetivo foi:

1. Relatar como ocorreu o processo de aprendizagem dos alunos participantes diante da nova perspectiva de ensino proposta.
2. Apontar por meio dos registros dos alunos a evolução conceitual observada durante as aulas.
3. Analisar a versão conceitual apresentada pelo aluno em cada momento da unidade de ensino por meio da teoria da aprendizagem significativa.
4. Buscar padrões, correlações e similaridades observados em sala de aula com aspectos teoricamente previstos e descritos na literatura especializada selecionada⁵.

Como contorno e limite de pesquisa, nos limitamos a descrever de modo teórico com base na teoria da Aprendizagem Significativa, como ocorreu a interação entre os novos conhecimentos pretendidos pela UEPS e os conhecimentos prévios dos alunos, e, como por meio de atividades em sala de aula que valorizavam a visão e elaboração de soluções significativas, fomos capazes de abordar nosso problema de pesquisa e contribuir com a discussão de Zanatta e Leiria (2018) sobre atividades experimentais específicas no Ensino de Física do oitavo ano do Ensino Fundamental.

Assim, este trabalho apresenta uma UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA - UEPS, pautada na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel para o estudo da Cinemática Escalar de um foguete construído de garrafa PET.

Para melhor compreensão do leitor, abordaremos na seção 2 uma extensa revisão bibliográfica sobre os temas que foram relevantes para a construção deste trabalho, e como exemplo citamos: O Ensino de Ciências (Física) no Ensino Fundamental, os conteúdos da Física newtoniana para o lançamento de projéteis, considerações sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel no Ensino Fundamental, um estudo

⁵ A literatura especializada que nos referimos é composta pelo livro “Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva Cognitiva” e pelas obras do professor Marco Antônio Moreira (2010, 2013).

sobre o conceito e as ideias fundamentais sobre Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) bem como os elementos teóricos e planejamento de uma UEPS.

Apresentamos ainda uma análise sobre as diretrizes curriculares estaduais para o Ensino de Física no Ensino Fundamental, e por fim tecemos algumas considerações sobre o uso das TIC, especificamente sobre os aplicativos GeoGebra e Tracker no Ensino Fundamental.

Na seção 3, apresentamos os encaminhamentos metodológicos adotados por esta pesquisa, inicialmente apresentamos um modelo de preparação de material de ideias de aprendizagem, elucidando os objetivos e motivações na produção de uma UEPS na escolha e seleção do conteúdo destinado à sala de aula.

Em seguida, apresentaremos nosso planejamento da UEPS desenvolvida em torno do experimento de lançamento de foguetes PET, esclarecendo os aspectos teóricos e metodológicos envolvidos na elaboração e aplicação desta unidade de ensino.

Afim de auxiliar o leitor a respeito das etapas de desenvolvimento na UEPS, bem como os detalhes e objetivos momento a momento nas aulas, apresentamos na seção 3.3 um quadro detalhado sobre cada uma das etapas cumpridas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Neste quadro descrevemos as tarefas desenvolvidas, os objetivos e ainda a motivação teórica de cada momento das aulas ministradas. A fim de clarificar nosso percurso metodológico de preparação desta UEPS, reunimos na figura 6 da seção 3.2 todas as etapas que foram observadas e realizadas.

Na seção 3.4 apresentamos os detalhes teóricos da UEPS produzida nesta pesquisa, elucidando seus elementos constituintes bem como sua aplicação em sala de aula.

Nas seções 4 e 5, apresentamos os resultados atingidos por esta pesquisa com base em uma análise estatística dos dados produzidos em sala de aula pelos alunos, realizando uma avaliação somativa com base nos resultados obtidos com a produção de mapas conceituais.

De forma mais específica, nossa abordagem levou em consideração a produção de um mapa conceitual inicial e outro final, com o objetivo de evidenciar evoluções conceituais quantitativas, como a diferença na quantidade de conceitos usados na produção do mapa final, ligações entre conceitos, exemplos e hierarquias usadas.

Todas essas informações foram reunidas e dispostas de forma a revelarem um padrão evolutivo conceitual dos alunos participantes da UEPS, mais detalhes sobre a metodologia utilizada podem ser vistos na seção 3.3.

Por meio de gráficos e tabelas de registro das atividades realizadas pelos alunos em sala de aula, foi possível justificar nossa avaliação e parecer sobre os resultados atingidos com o desenvolvimento da UEPS e relatados na seção 4.

Reconhecemos que este trabalho não encerra a temática, pelo contrário, abre espaço para mais discussões a respeito da relação entre a qualidade do processo educacional e as metodologias de ensino utilizadas no Ensino de Ciências.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção aborda algumas temáticas consideradas relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. De acordo com Zanatta e Leria (2018) as atividades experimentais descritas em artigos científicos, disponíveis na rede mundial de computadores, são essencialmente direcionados ao Ensino de Física para alunos do Ensino Médio. De fato, podemos observar da literatura pertinente que as pesquisas se detêm nas questões que envolvem esta etapa de ensino. No entanto, segundo informações da fundação Lemann⁶ de 2017, existem 48,8 milhões de alunos na Educação Básica, sendo que 39,8 milhões estão matriculados na Rede Pública de Ensino. Para atender a esta demanda o mesmo estudo informa que existem atualmente cerca de 186 mil escolas e 2,2 milhões de professores. Ou seja, a maior densidade de alunos está na escola pública e no Ensino Fundamental, etapa esquecida pelos pesquisadores da área de ensino.

O Ensino Fundamental é dividido em duas fases características subsequentes próprias, chamadas atualmente de anos iniciais (com cinco anos de duração e estudantes entre 06 a 10 anos de idade) e os anos finais (com quatro anos de duração e estudantes entre 11 a 14 anos).

Nesta última etapa do Ensino Fundamental o objetivo é a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da economia, da tecnologia, das artes, da cultura, no desenvolvimento de habilidades e a aquisição de conhecimentos gerais. Assim sendo, não há compromisso com o conhecimento específico, o que pode justificar a escassez de pesquisa para esta etapa.

⁶ Os dados podem ser vistos no estudo “Como está nossa educação Básica?”.

No entanto, acreditamos que, mesmo com estas características generalistas, é importante investigar o processo educacional para esta etapa de ensino.

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS (FÍSICA) NO ENSINO FUNDAMENTAL

O ensino de física

Desde o início do século XIX, o Ensino de Física no Brasil estava presente na escola secundária. O objetivo deste ensino, era a formação de mão de obra qualificada para atender os interesses da corte portuguesa nas áreas da engenharia e medicina (PARANÁ 2008, p.45).

Em 1837, com a inauguração do Colégio Pedro II, o Ensino de Física passa reproduzir as principais tendências dos manuais franceses de ensino, voltados a uma problemática puramente europeia e descontextualizada com a realidade do Brasil.

Neste contexto, o Ensino de Física, na metade do século XIX, era constituído em sua totalidade por traduções e adaptações dos métodos de ensino europeus, voltados basicamente a um ensino reprodutivista e mecânico.

Com o advento da primeira Guerra Mundial, a busca por novas tecnologias de guerra e a corrida armamentista após a segunda Guerra Mundial, levou as potências emergentes do pós-guerra a dedicarem investimentos na área da educação para formação de mão de obra qualificada, neste período o Ensino de Ciências passou a ser visto com grande otimismo, e como caminho para um futuro tecnológico promissor.

Em 1946, foi criado o Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura (IBECC), cujo objetivo era promover a formação científica dos alunos que ingressavam nas instituições de ensino superior, e sua contribuição mais importante foi construir materiais para laboratórios e livros didáticos (PARANÁ 2008, p.46).

Em 1957 com o lançamento do primeiro satélite soviético – o Sputnik -o Ensino de Ciências passou a ser visto como responsável pelos avanços tecnológicos e científicos da União Soviética. Assim, a discussão por um Ensino Científico de melhor qualidade tomou novamente a posição central nos interesses dos EUA.

Essa demanda por novos métodos educacionais voltadas ao Ensino de Ciências, levou em 1959 a criação de projetos de ensino. Neles, o aluno era considerado um pequeno cientista e deveria se comportar como tal. Para o Ensino de Física o projeto *Physical Science StudyCommitte* – PSSC, elaborado e dissipado para vários países pelos

Estados Unidos foi o mais significativo. A Inglaterra, compartilhando das mesmas crenças, elaborou seu próprio projeto, o Nuffield.

Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB n. 4.024 de 21 de Dezembro de 1961, as escolas ganharam a liberdade de escolha dos conteúdos de ensino. Na ocasião, o IBECC favoreceu e consolidou a visão de ensino difundido pelo programa norte americano PSSC nos cursos colegiais. Esta visão de ensino era voltada a implementação de *kits* e materiais para aulas experimentais, auxiliado por manuais didáticos para onde o professor acompanhava as atividades dos alunos (PARANÁ 2008, p. 47).

Estes projetos impactaram o Ensino de Física no Brasil especificamente, porque alterou drasticamente a relação professor aluno. De metodologias diretivas de transmissão do conteúdo do professor para o aluno, estes projetos colocaram o aluno no centro do processo. Aos professores cabiam apenas o papel de acompanhantes da execução das atividades propostas. Na tentativa de adaptar o projeto PSSC para a realidade brasileira, foi desenvolvido vários projetos brasileiros mantendo as características metodológicas básicas. Como exemplo, temos o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física - Getef, criado em 1964 e mantido vivo até hoje na forma de livros para o Ensino Médio. Podemos citar também o Projeto de Ensino de Física – PEF, elaborado pelo instituto de física da USP e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física - PBEF (PARANÁ 2008, p. 47).

Neste sentido, durante a década de 1970, o Ensino de Física estava voltado a produção de mão de obra qualificada, destinada ao mercado de trabalho, de modo geral o governo militar buscava consolidar a educação como fonte de progresso econômico, inspirados nos exemplos norte-americanos (PARANÁ 2008, p. 48).

Com reabertura política ao fim do regime militar em 1985, novas discussões são inseridas no debate educacional e muitos puderam manifestar um discurso político em defesa dos menos favorecidos. Neste contexto, surge a partir das ideias do teórico Demerval Saviani a pedagogia histórico-crítica que foi implementada primeiramente, na prefeitura de Curitiba e, depois na Rede Estadual de Ensino do Paraná.

Derivado desses movimentos, surge o Currículo Base e os documentos de Reestruturação do ensino do antigo 2^o grau, incluindo a disciplina de física.

A proposta de reestruturação do ensino, inclusive de Física para as escolas paranaenses, buscava “propiciar ao aluno uma sólida educação geral voltada à

compreensão crítica da sociedade para enfrentar as mudanças e atuar sobre elas, condição improvável sem a aquisição do conhecimento científico” (p.48).

Segundo essa visão, como contribuição para o desenvolvimento do senso crítico dos alunos, o processo de elaboração da ciência e sua aplicação há tecnologia, não era visto como uma verdade única ou dogma que não pode ser questionado, mas como um processo humano e ligado ao contexto histórico-social.

Já em 1990 com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDBEN n. 9 394/96, esse projeto foi interrompido devido às orientações e modelos educacionais pautados por organismos financeiros internacionais, e a educação deveria estar voltada agora à competitividade e as competências.

Desta forma, com a LDBEN n. 9.394/96 ficou determinado que projeto educacional destinado a rede pública, deveria visar a formação de cidadãos polivalentes, criativos e capazes de “adaptação permanente às novas formas de produção, e reorientação quanto à formação e a qualificação profissional para que se alcance a qualidade e a competitividade” (p.49).

Em 2003, foi proposta uma mobilização coletiva para a elaboração de novas diretrizes curriculares estaduais, buscava-se agora, um documento que refletisse a visão crítica para a orientação pedagógica nas escolas paranaenses. Foram propostos encontros para discussão curriculares valorizando a visão do professor e seu campo de conhecimento específico.

Estas Diretrizes buscam construir um ensino de física centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que esta não é somente fruto da racionalidade científica (PARANÁ 2018, p.49).

As DCE buscam reforçar a ideia de que o Ensino de Física não pode ser uma disciplina curricular voltada somente ao formalismo matemático e cientificista, mas deve educar para cidadania, sempre considerando a dimensão crítica do conhecimento. Deve levar o aluno a conscientização da não-neutralidade desse conhecimento, evidenciando aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais (PARANÁ 2008, p.50).

Veremos em seguida que esta perspectiva metodológica de ensino deve buscar definir a posição do professor em sala de aula, bem como potencializar a aprendizagem com os recursos didáticos e experimentais que o professor tem a sua disposição.

Considerações sobre o ensino de Física atual no Ensino Fundamental

Para acompanhar o estado da arte do Ensino de Física nas séries do Ensino Fundamental, a seguir apresentaremos uma breve discussão com base em dois artigos científicos específicos da área, que são, “Ensino de física nas séries iniciais: Concepção prática” publicado na revista “Investigação e Ensino de Ciências, ” de 2007 e “Uma análise de atividades experimentais publicadas em artigos científicos” da revista “Revista Multidisciplinar de licenciatura e formação docente” de 2018.

Os resultados serão apresentados levando-se em conta a diferença do período cronológico que existe entre os estudos analisados, destacando apenas os resultados e informações mais relevantes à nossa pesquisa. Todas as informações foram organizadas em um mapa conceitual para fins de análise e interpretações mais precisa dos fatos destacados.

Em “Ensino de física nas séries iniciais: Concepção da prática docente” um estudo de Rosa, Perez e Drum (2007), os autores relatam os resultados obtidos em uma pesquisa que investigou trinta e quatro professores da rede pública da região sul do Brasil. O foco desta pesquisa foi sobre como o Ensino de Ciências é desenvolvido entre a primeira e quarta séries do Ensino Fundamental. Ou seja, os autores mapearam como o Ensino de Física se relacionava com o Ensino de ciência na prática pedagógica dos professores entrevistados. Os autores ainda buscaram investigar a formação do professor e as suas dificuldades para assimilar os conteúdos de física durante o período de formação.

Como dificuldades para a efetivação do Ensino de Física no Ensino Fundamental, Rosa, Perez e Drum (2007) apontam:

1. Excesso na abordagem de conceitos de Biologia na matriz curricular, dominando por completo o âmbito de atuação do professor.
2. Ausência de atividades específicas destinadas ao Ensino de Física no Ensino Fundamental.
3. Metodologias de formação de professores no estudo da física sendo aplicadas ao ensino de alunos do Ensino Fundamental.
4. Dificuldades de implementação do Ensino de Física ligadas a problemas de formação dos profissionais devido sua própria dificuldade de compreensão dos conceitos físicos.

De fato, um dos problemas apontados por Rosa, Perez e Drum (2007) sobre a ausência de atividades experimentais específicas para o Ensino de Física no Ensino Fundamental continua sendo verificado atualmente e, talvez justificado pela deficiência na formação dos professores específicos de Ciências. Estes autores resumem os desafios para a implementação do Ensino de Física, como:

1. Formação pedagógica inadequada dos entrevistados: Cursos de Licenciaturas não possuem maneiras eficientes de produzir professores com capacidade de transmissão de conteúdo.
2. Os entrevistados alegam que durante seu período de formação tiveram contato de forma mecânica com a disciplina.
3. Os entrevistados alegam que se sentem desmotivados em abordar temas de física durante as aulas.

Os resultados encontrados nesses estudos posteriores, motivaram um investigação mais cuidadosa a respeito dos conteúdos presentes no livro didático de Ciências adotado atualmente na escola pública, os resultados de nossa pesquisa podem ser visto em na seção 4 e complementam a ideia de um panorama do Ensino de Física atual no Ensino Fundamental.

2.2 A IMPORTANCIA DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO FUNDAMENTAL

Silva (2018) estudou a correlação que existe nos últimos anos entre “Ensino de Física” e “Teorias de Aprendizagem” e confirma que durante o período de 2008 a 2018, no Estado do Paraná, apenas um trabalho específico destinado ao tema foi produzido.

Embora não seja nosso objetivo discutir a formação do professor do Ensino Fundamental II, este parâmetro é relevante para determinar o panorama do Ensino de Física e, faz parte dos desafios e problemas a serem superados. A formação do professor pode interferir na sua crença epistemológica da Ciência e, isto interfere em suas metodologias didático-pedagógicas, principalmente durante a execução das atividades experimentais, com maior impacto do que as teorias de aprendizagem Hashweh *apud* Zanatta e Leiria (2018).

A crença de uma Ciência positivista com ênfase no empirismo-indutivismo leva o professor a desenvolver atividades em que o aluno precisa observar o fenômeno para intuir, por sim mesmo, uma teoria subsequente.

Chalmers (1993) define a Ciência positivista como resultado da aplicação do Método Científico onde o empirismo (observação) representa a base de construção do conhecimento científico que é obtido pela indução ou generalização do fenômeno observado. Acreditamos ser essa, uma possível explicação para a excessiva ênfase às aulas com atividades experimentais. Muitos professores apontam seu insucesso em ensinar Ciências pela ausência de laboratórios na escola.

Além de, essa Ciência ser criticada pelos epistemólogos do século XX, ela afiança um ensino com metodologias reprodutivistas, as quais consideram os alunos como tábulas rasas com observações destituídas de conceitos prévios. Acreditamos também que esta crença epistemológica da ciência está alinhavada com o ‘Construtivismo’.

Uma busca bibliográfica em artigos pertinentes mostra que não há consenso do que seja o construtivismo nem mesmo entre aqueles que o defendem. Na verdade existem várias correntes construtivistas dando diferentes interpretações.

Para Moreira (1999), o construtivismo é uma posição filosófica cognitivista interpretacionista para o processo de aprendizagem e tem sido confundido com metodologias construtivistas para o ensino.

Para Duarte (2000), as ideias disseminadas com relação ao construtivismo podem ser assim resumidas: 1) aquilo que o indivíduo aprende por si mesmo é superior, em termos educativos e sociais, àquilo que ele aprende através da transmissão por outras pessoas, 2) o método de construção do conhecimento é mais importante do que o conhecimento já produzido socialmente, 3) a atividade do aluno, para ser verdadeiramente educativa, deve ser impulsionada e dirigida pelos interesses e necessidades dele e 4) a educação deve preparar os indivíduos para acompanharem a sociedade em acelerado processo de mudança. Conforme o próprio autor, trata-se de um lema que sintetiza uma concepção educacional voltada para a formação da capacidade adaptativa dos indivíduos. No entanto, o mesmo autor alerta sobre os problemas didáticos pedagógicos que envolvem essas crenças e a construção de um currículo que atenda a transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade.

O Construtivismo surge como forte oposição às metodologias ditas tradicionais que priorizam a transmissão do conhecimento diretivo do professor para o aluno.

Neste contexto, a aprendizagem significativa pode ser interpretada como um processo de desenvolvimento de atividades experimentais, consideradas cruciais para a aprendizagem (por exemplo, plano inclinado de Galileu) ou como conteúdos com

significados no cotidiano do aluno. Acreditamos que se o conhecimento científico, como compartilhado pela comunidade científica, não pode ser *transmitido*, como os aprendizes se *apropriarão* deles em um curto intervalo de tempo? É importante ressaltar que o desenvolvimento da Física Clássica ocorreu quando o homem abandonou suas percepções cotidianas, oriundas do senso comum.

Na verdade, os professores se dizem construtivistas muito mais pelo processo de sedução dos textos de autores construtivistas do que ao processo de convencimento racional e teoricamente fundamentado.

Não queremos fazer uma crítica específica ao movimento Construtivista, mas provocar uma reflexão do professor quanto a eficácia de seus métodos de Ensino de Ciências. Até porque entendemos que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências se soma a outras variáveis, tornando esta dinâmica um desafio maior do que simplesmente aqueles traduzidos pelas metodologias didáticas.

O fato é que o Ensino de Física deve ser repensado e aprimorado com diversas ações para seu efetivo desempenho.

Para Rosa, Perez e Drum (2007), a melhoria do Ensino de Física não implica em apenas incluir os fenômenos nos currículos escolares, mas superar o paradigma educacional atual em que o aluno não é estimulado a estudar e investigar.

Acreditamos que o Ensino de Física ainda é algo discutido apenas entre as elites acadêmicas e reservado a trabalhos de dissertação de mestrado, conforme observa Moreira (2013, p.66) :

As teorias de aprendizagem sugerem outras abordagens. Os resultados da pesquisa básica em ensino também, mas nem umas nem outros chegam às salas de aula. Não se trata aqui de culpar psicólogos educacionais, educadores, pesquisadores, professores e alunos, mas o fato é que o modelo da narrativa é aceito por todos – alunos, professores, pais, a sociedade em geral – como “o modelo” e a aprendizagem mecânica como “a aprendizagem”. Na prática, uma grande perda de tempo.

Assim, podemos elencar resumidamente os principais aspectos do Ensino de Física

1. Ênfase nas atividades experimentais visando produzir o que consideram ser a aprendizagem significativa;
2. As atividades experimentais se baseiam na utilização do Método Científico;
3. Os conteúdos representam descobertas de gênios e estão prontos e acabados, por isso devem ser memorizados;

4. A aprendizagem é representada pela memorização, por isso, o professor que detêm os conceitos e as fórmulas, é o detentor do conhecimento;
5. A participação do aluno como protagonista é reduzida à reprodução do conhecimento, dos passos experimentais, da pesquisa, e da elaboração do seu próprio conhecimento.

Estes cinco pontos enumerados constituem o que chamamos de eixo dos aspectos teóricos do Ensino de Física atual.

Desta forma, acreditamos ter apresentado o quadro onde nosso trabalho se insere. Acreditamos que ao nos dedicarmos ao estudo específico da física envolvida em experimentos como o lançamento de foguete PET, estaremos discutindo sobre as bases fundamentais nas quais o próprio Ensino de Física deve estar fundamentado, visto que, existe uma necessidade evidente em se discutir a natureza epistemológica do conhecimento de física que se pretende ensinar aos alunos, bem com analisar o próprio processo de aprendizagem.

2.3 OS CONTEÚDOS DA FÍSICA NEWTONIANA PARA O LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS E OS CONCEITOS MATEMÁTICOS

A Física é a ciência que investiga as relações que determinam o comportamento do universo. Dada sua extensão de domínio, do ponto de vista didático, os livros apresentam conteúdos segregados e desconectados. Por exemplo, a mecânica clássica que aborda o movimento de corpos macroscópicos com velocidades inferiores a 10% a velocidade da luz, se divide em Cinemática, Estática e Dinâmica como se fossem conteúdos distintos. Como consequência disto, o aluno não consegue compreender a relação que existe entre os conteúdos históricos e científicos que envolvem as teorias, a simetria apresentada pelo comportamento da natureza ou a ordem implícita no universo.

Aqui apresentamos as leis de Newton num contexto histórico e sem nos preocupar com as divisões da mecânica como trazida pelos livros didáticos de Ciências e Física.

Leis de Newton

Um italiano nascido em Pisa entre (1564-1642), chamado Galileu Galilei, realizou um experimento chamado “plano inclinado” que foi crucial para compreender como os corpos caem em queda livre. Ele mostrou que a aceleração é a mesma, independentemente de suas massas. O que contradizia a teoria aristotélica em que afirmava que corpos mais ‘pesados’ caem mais rápido do que corpos mais leves.

Desde que se despreze as contribuições da resistência do ar, o plano inclinado de Galileu contribuiu para compreender que:

- 1) O movimento da queda livre;
- 2) O movimento bidimensional, como o lançamento oblíquo, pode ser decomposto em um movimento uniforme, ao longo de um plano horizontal, e um movimento uniformemente variado ao longo de um eixo na vertical;
- 3) A trajetória do objeto com lançamento oblíquo é um segmento de parábola.

O experimento de Galileu ficou bastante conhecido porque além de derrubar as leis da física aristotélica, mostrava a importância da experimentação e da criatividade para o desenvolvimento da ciência.

Segundo **Marques (2001)** a trajetória em parábola ainda não era conhecida na época de Galileu, e tal fato pode ser comprovado nas falas do personagem Simplício do livro escrito por Galileu: *O Diálogo*. Ainda segundo Marques (2001) o primeiro

teorema de Galileu pode ser assim definido: “Um projétil dotado de um movimento uniforme horizontal, composto por um movimento acelerado naturalmente (movimento uniforme acelerado) na direção vertical, descreve uma curva que é uma semiparábola” (p.2).

Galileu ao propor seu modelo, oferecia uma alternativa as ideias de Aristóteles, que buscava uma explicação alternativa no conceito de agente externo. Tal agente externo impulsionaria os projéteis em direção ao centro da terra.

Para Galileu, qualquer que fosse o mecanismo deste movimento, ele seria simples, e este princípio de simplicidade também deveria se aplicar no comportamento da aceleração, o que levou Galileu a concluir que esta aceleração deveria ser constante (MARQUES 2001, p.3).

É neste cenário que surge Isaac Newton. Nascido em Woolsthorpe (Inglaterra), no dia 4 de janeiro de 1643. O gosto pela leitura e o desenvolvimento das habilidades matemáticas o levaram a desvendar um universo: O Universo Mecânico!

As leis de Newton não foram resultados isolados, mas completaram as ideias que modificaram o paradigma aristotélico. A Física de Aristóteles (~350 a.C) era baseada em observações e raciocínio sem o processo experimental da comprovação. Suas afirmações foram se distanciando das observações mais precisas com o desenvolvimento de equipamentos ou aumento da precisão.

Tais leis são responsáveis por descrever qualquer movimento de corpos que se movem com velocidades até 10% da velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Por qualquer movimento podemos entender o movimento de corpos macroscópicos em translação, rotação ou circular.

Newton definiu uma grandeza chamada de Momento Linear, simbolizada por um vetor Q ou P e dada por:

$$Q = p = m \cdot v$$

Onde m é a massa e v é a velocidade de deslocamento de um corpo.

Newton percebeu que esta grandeza é conservada durante uma colisão, o que justifica o uso do cinto de segurança para todos os integrantes de um veículo em movimento.

Quando há variação da velocidade podemos dizer que o momento linear varia, então existe uma aceleração constante. Ou seja, o corpo varia sua velocidade de maneira uniforme. Newton definiu:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \cdot \frac{dm}{dt}$$

Essa expressão é conhecida como 2ª Lei de Newton e define força como uma grandeza vetorial que promove uma variação de velocidade ou aceleração. Muitos estudantes confundem o conceito de Força com Impulso! Quando um corpo em repouso sofre um impulso, na ausência de força resultante, seu movimento apresenta velocidade constante.

Por outro lado, a 2ª Lei como apresentada para os estudantes, considera a massa constante, portanto o termo onde aparece a variação da massa com o tempo é nulo, assim:

$$\mathbf{F} = m \cdot \vec{a}$$

Observe que a expressão acima é mais simples, porém de uso restrito. Por exemplo, o lançamento de foguetes espaciais obedece às Leis de Newton, porém, devido a variação de sua massa com o tempo à medida que sobe, este fato torna as equações que descrevem seu movimento complicadas exigindo simplificações. A saída é considerar que a massa m do foguete é constante, o problema é que o estudante não tem acesso a essa discussão.

Compreendemos que existem restrições em apresentar os conceitos de derivada de uma função para alunos do Ensino Fundamental, mas uma situação é o professor discutir conceitos e outra é cobrar manipulações matemáticas. O professor deve apresentar o todo e apontar as simplificações e justificá-las. É importante dizer que a modelagem apresentada é uma *aproximação do problema*, e que o modelo matemático descreve apenas uma pseudo-realidade idealizada pelo modelador, em nosso caso, todo o raciocínio e discussão anterior se aplica ao experimento de lançamento do foguete PET.

Ressaltamos que existem outros conceitos que muitas vezes são apenas citados pelos professores sem que sua real importância seja dada. Neste contexto, podemos citar o centro de massa e o referencial inercial.

Centro de massa e Centro de Pressão

Durante a construção do foguete PET, deve-se levar em conta aspectos de estabilidade de voo como por exemplo, centro de massa do foguete, pois conhecendo-se

este ponto, podemos tomar algumas medidas que podem auxiliar a estabilidade do foguete durante o voo.

Em Souza (2007) vemos como os pontos de centro de massa (CM) e centro de pressão (CP) podem ser usados para se obter um melhor desempenho do foguete durante o voo.

Para o autor supracitado o centro de massa do foguete PET pode ser definido como: “O CM é o ponto de equilíbrio das forças gravitacionais que agem sobre o foguete e está relacionado com a massa de cada parte que o compõe” (p.6).

O centro de massa é calculado levando-se em conta a posição e o momento de cada componente do sistema.

De forma geral, Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) definem o cálculo do centro de massa da seguinte forma:

Considere dois pontos materiais, 1 e 2 de pesos \vec{P}_1 e \vec{P}_2 , localizados num eixo horizontal Ox. Sejam x_1 e x_2 , respectivamente, suas abscissas. Vamos localizar um ponto C do eixo Ox, de abscissa x_c , em relação ao qual é nula a soma dos momentos de \vec{P}_1 e \vec{P}_2 como visto na figura 1.

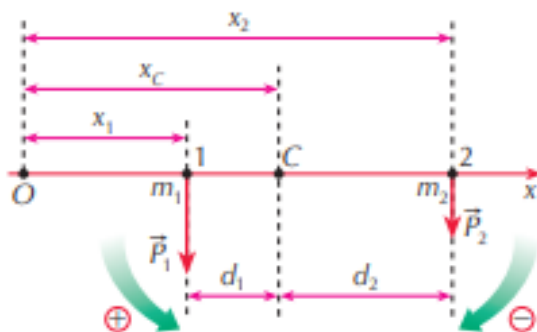


Figura 1: Calculando o centro de massa C em relação a m_1 e m_2 . Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (2009).

Dessa forma temos:

$$M_{p_1} + M_{p_2} = 0$$

E conseqüentemente

$$x_c = \frac{P_1 x_1 + P_2 x_2}{P_1 + P_2}$$

A mesma ideia é aplicada por Souza (2007) usando-se a ordenada y para expressar os centro de massa de cada componente do foguete. Segundo Souza (2007) a posição do centro de massa do foguete é bem definida e pode ser calculada por

$$y_{cm} = \frac{\sum y_i m_i}{\sum m_i}$$

Onde y_i é a ordenada (ou altura) do CM da parte i (aletas, nariz do foguete, fuzelagem, etc...) do foguete e m_i sua massa correspondente. Dessa forma, a soma total das partes, corresponde a massa total do foguete.

É interessante notar que existe uma possibilidade de investigar essas expressões de forma mais empírica e experimental, porém nos restringimos a apresenta-las, mas acreditamos que seja possível desenvolver conteúdos específicos a tais temas no estudo do lançamento de foguetes PET.

Avançando nossa discussão sobre o centro de massa do foguete PET, Souza (2007) acrescenta que existe uma relação entre a propulsão do foguete e o CM:

Como a propulsão do foguete se dá em sua parte traseira, qualquer perturbação que possa ocorrer, seja por rajadas de vento ou má distribuição de massa, fará com que o foguete gire em torno de seu CM, como se esse ponto fosse um pivô (p.7).

Uma vez superado a preocupação do centro de massa na construção do foguete, devemos nos ater agora as forças aerodinâmicas que agem sobre as partes do foguete do durante o vôo.

Segundo Souza(2007, p.7) “isso faz com que o foguete gire em uma dada direção, dependendo se a intensidade da pressão exercida pelo ar for maior ou menor na região acima ou abaixo do CM”.

Com a intenção de melhorar a aerodinâmica do voo do foguete, o professor deve introduzir um estudo específico ao centro de pressão do foguete, segundo Souza (2007), o centro de pressão (CP) pode ser definido como: “O CP é o ponto de equilíbrio das forças aerodinâmicas exercidas sobre as partes do foguete, e é importante por equilibrar os torques gerados por essas forças” (p.7).

De forma mais específica, Souza (2007) defini o centro de pressão como sendo a razão entre:

$$y_{CP} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i}$$

Onde y_i é a coordenada do centro do elemento de área retangular ou triangular i , e sendo A_i sua área correspondente e $\sum A_i$ a soma das áreas dos elementos formados pela projeção do foguete em plano horizontal.

Dessa forma, com o estudo do CM e CP, reunimos ao estudo de desenvolvimento dos foguete PET, os conceitos físicos de centro de massa e centro de pressão, possibilitando uma oportunidade de diferenciação para conceitos mais específicos. Acreditamos que neste momento, o que muda a abordagem do professor é a natureza das forças envolvidas, o CP está envolvido com a forma e área das partes do foguete, já o CM está relacionado a distribuição da massa do sistema. A figura 2 representa um esquema do centro do elemento de área do foguete PET.

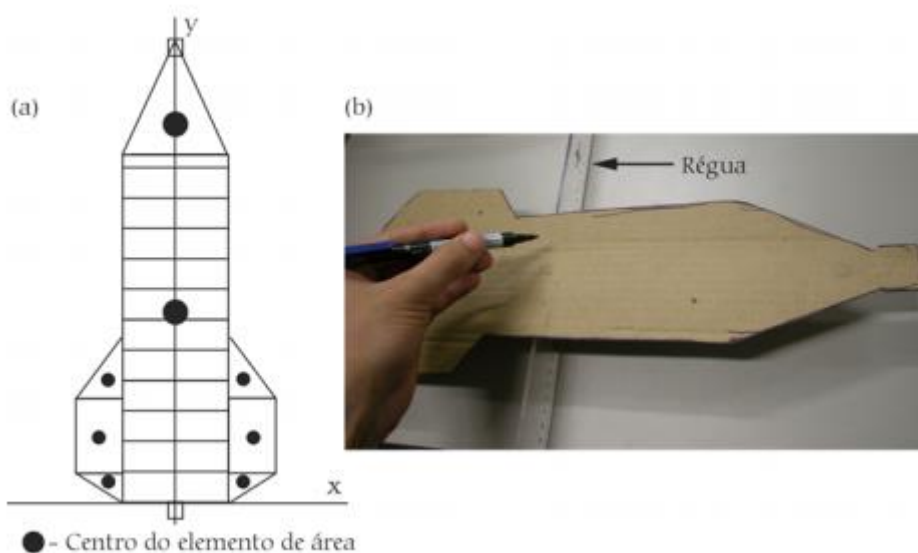


Figura 2: CM e CP conforme visto em Souza (2007)

Referencial Inercial

Newton entendeu que suas leis são válidas apenas para pontos ou referenciais denominados de inerciais. Entender o que é um referencial inercial não é tão simples e aqui reside um problema para as leis de Newton que ele próprio observou. Para Newton um bom referencial inercial está nas 'estrelas fixas'. Alguns estudiosos discutem sobre o que significava isso para Newton. Porém, hoje sabemos que o universo está em expansão. Ou seja, todas as estrelas se afastam uma das outras e não podemos determinar pontos onde as estrelas são fixas. Isto é um problema sério! Oras se as leis de Newton são válidas para referenciais fixos nas estrelas fixas, que não existem, então poderíamos supor que as leis de Newton não são válidas?

Compreender esta questão permite o estudante perceber os limites das poderosas leis de Newton.

A saída encontrada foi estabelecer que um referencial inercial está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (MRU) com um ponto fixo no planeta Terra. Essa consideração tem funcionado para curtos intervalos de tempo.

Então não utilize as leis de Newton para descrever bolinhas que deslizam sobre plataformas girantes, em carros fazendo curvas ou para descrever o movimento de corpos por um longo período de tempo, nestas situações, elas não funcionam!

Primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia

“Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme (MRU) a menos que seja obrigado a mudar o seu estado por forças resultantes atuantes sobre ele.”

De acordo com a física newtoniana quanto maior o corpo, ou maior sua massa, mais difícil será colocá-lo em movimento ou, quando em movimento, pará-lo. Ou seja, a massa de um corpo é a medida de sua inércia. Em outras palavras, a inércia é a dificuldade de variar a velocidade de um corpo. Por exemplo, o sistema de freio e o motor de arranque de um caminhão não poderiam ser o mesmo de um fusca. É muito mais difícil parar um caminhão, quando este está em movimento, do que um fusca. Por outro lado, é muito mais difícil colocar um caminhão em movimento do que colocar um fusca, quando ambos estão em repouso.

Uma discussão sobre os conceitos matemáticos envolvidos no lançamento do foguete PET, revisão e aprofundamento para o professor.

A situação física que o experimento descreve é a seguinte: Um foguete PET é lançado de um ponto num certo instante de tempo. Desprezando-se a resistência do ar, e considerando que o movimento é descrito conforme o modelo de Galileu, encontre as equações que descrevem a posição do foguete PET em sua trajetória para cada instante de tempo.

Sejam as coordenadas cartesianas do ponto de lançamento do projétil

$$(x_0, y_0)$$

E o instante de tempo seja dado por $t = t_0$. Vamos admitir ainda que o foguete seja lançado com uma velocidade inicial v_0 , de forma que, $\vec{v}(t_0)$ possa ser escrita como uma combinação linear de:

$$\vec{v}(t_0) = v_{0x}\vec{i} + v_{0y}\vec{j}$$

Onde $v_{0x}\vec{i}$ e $v_{0y}\vec{j}$ são as componentes do vetor velocidade inicial $\vec{v}(t_0)$ no plano cartesiano. O vetor $\vec{v}(t_0)$ está representado na figura 3.

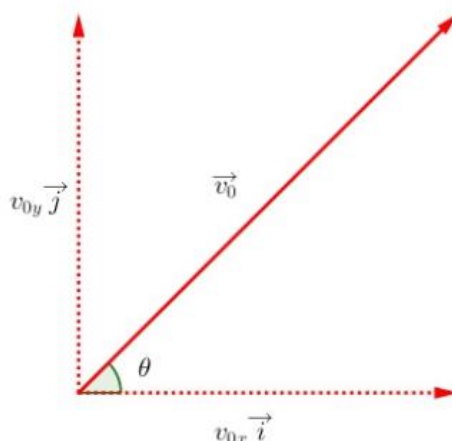


Figura 3-Decomposição vetorial do vetor velocidade inicial.

O ângulo θ formado pelo vetor $\vec{v}(t_0)$ com a horizontal (eixo x), é definido como ângulo de tiro e também poderá ser usado como uma das condições iniciais do problema. Portanto as condições iniciais do problema podem ser dadas por: $(x_0, y_0, \vec{v}(t_0), \theta)$.

Portanto, conhecendo-se a posição inicial (x_0, y_0) , a velocidade inicial de lançamento $\vec{v}(t_0)$ e o ângulo de tiro θ formado com a horizontal, pode-se saber tudo sobre o movimento.

Nosso objetivo agora será encontrar as equações que descrevem o movimento fornecendo-nos a possibilidade de conhecer a posição do foguete PET em qualquer instante da trajetória, bem com sua velocidade.

O problema geral pode assim ser resumido: O problema geral do movimento do foguete PET é determinar a posição e a velocidade do foguete em cada instante de tempo, tomando como hipótese simplificadora de que a força da gravidade é constante durante a trajetória.

A segunda lei de Newton e as equações do movimento

Para a análise do movimento do foguete PET, adota-se um sistema inercial referencial onde o eixo das abscissas é paralelo à superfície terrestre, e o eixo das ordenadas é perpendicular à mesma.

Considera-se ainda que a superfície terrestre é perfeitamente plana, e que a força da gravidade atua sempre na direção do centro da terra. Assumindo-se que a única força que atua no foguete durante o voo é a força da gravidade. Pela segunda lei de Newton podemos escrever:

$$\vec{F} = -(mg)\vec{j}$$

Neste caso, a força peso aponta na direção perpendicular ao eixo x e para baixo, portanto as componentes \vec{F}_x (*horizontal*) e \vec{F}_y (*vertical*) em módulo são:

$$|\vec{F}_x| = 0$$

$$|\vec{F}_y| = -mg$$

Portanto, o movimento do foguete pode ser descrito por meio destas duas componentes, e se aplicarmos a segunda lei de Newton temos:

Para a componente de direção horizontal:

$$\vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x = 0$$

Para a componente da direção vertical do eixo y :

$$\vec{F}_y = m \cdot \vec{a}_y = -m\vec{g}$$

Dois consequências imediatas podem ser evidenciadas, a primeira é que como

$$\vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x = m \cdot \frac{d\vec{v}_x}{dt} = 0$$

Que implica em

$$\frac{d\vec{v}_x}{dt} = 0$$

Logo a velocidade na direção x ao longo do movimento é constante, ou seja, o foguete na direção horizontal encontra-se em M.R.U.

A segunda consequência imediata que obtemos, é que a aceleração do foguete PET é igual à aceleração da gravidade, visto que, pela segunda lei de Newton temos:

$$|\vec{F}_y| = |m \cdot \vec{a}_y| = -|m \cdot \vec{g}| \Leftrightarrow |\vec{a}_y| = -|g|$$

Portanto

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g$$

Com isso chegamos a dois resultados importantes até agora:

$$\frac{dv_x}{dt} = 0$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -g$$

As equações acima são do tipo separáveis e integrando-se ambos os lados com respeito a variável t , todas as equações que descrevem o movimento na direção x e y podem ser obtidas. Passemos ao processo de integração.

A equação do movimento na direção do eixo x

Podemos rescrever a equação anterior como sendo

$$\frac{dx}{dt} = v_x(t_0)$$

Integrando-se ambos os lados em relação ao tempo:

$$\int_{t_0}^t dx = v_x(t_0) \int_{t_0}^t dt$$

Obtemos:

$$x(t) - x(t_0) = v_x(t_0) \cdot (t - t_0)$$

Reescrevendo os termos de forma adequada:

$$x(t) = x(t_0) + v_x(t_0) \cdot (t - t_0)$$

Portanto como previsto por Galileu, o movimento descrito na direção horizontal é do tipo M.R.U. Para a posição inicial podemos escrever que $x(t_0) = x_0$ e que a velocidade inicial é dada por $v_x(t_0) = v_0$, dessa forma () pode ser reescrita como:

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0)$$

As equações do movimento na direção y

Integrando-se a equação () com respeito ao tempo obtemos

$$\int_{t_0}^t dv_y = -g \int_{t_0}^t dt$$

$$v_y(t) - v_y(t_0) = -g \cdot (t - t_0)$$

Ou de modo equivalente

$$v_y(t) = v_y(t_0) - g(t - t_0)$$

Chamando $v_y(t_0) = v_{0y}$ temos

$$v_y(t) = v_{0y} - g(t - t_0)$$

Dessa forma, a equação () pode ser usada para obtermos o deslocamento na direção y do movimento. Reescrevendo () em termos de diferenciais temos:

$$\frac{dy}{dt} = v_{0y} - g(t - t_0)$$

E integrando novamente em respeito ao tempo:

$$\int_{t_0}^t dy = \int_{t_0}^t [v_{0y} - g(t - t_0)] dt$$

Obtemos:

$$y(t) - y(t_0) = v_{0y}(t - t_0) - \frac{g}{2}(t - t_0)^2$$

Logo:

$$y(t) = y(t_0) + v_{0y}(t - t_0) - \frac{g}{2}(t - t_0)^2$$

Que comodamente pode ser rescrita como

$$y(t) = y_0 + v_{0y}(t - t_0) - \frac{g}{2}(t - t_0)^2$$

Fazendo $y(t_0) = y_0$ em ().

Com esta discussão observamos que dadas a posição inicial e a velocidade inicial do foguete, e conhecendo-se o valor da aceleração da gravidade g , podemos determinar a posição e a velocidade em qualquer instante t depois do lançamento. Conforme pretendíamos com nosso problema inicial.

Estendendo os resultados encontrados até o momento podemos obter a equação da trajetória e a altura máxima.

Escrevendo o tempo como dependente da coordenada x obtemos:

$$(t - t_0) = \frac{x - x_0}{v_{0x}}$$

Substituindo a expressão em () encontramos a equação para a trajetória:

$$y(x) = y_0 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}}(x - x_0) - \frac{g}{2(v_{0x})^2}(x - x_0)^2$$

Vemos que a equação acima descreve uma parábola, o que novamente concorda com o modelo de Galileu.

O apogeu do foguete

O apogeu do foguete ocorre quando a componente da velocidade na direção y é zero, portanto:

$$0 = v_{0y} - gt_m \rightarrow t_m = \frac{v_{0y}}{g}$$

E para a altura máxima podemos substituir o valor de t_m encontrado para o apogeu:

$$y_{max} = y_0 + \frac{(v_{0y})^2}{2g}$$

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NO ENSINO FUNDAMENTAL.

Acreditamos que o Ensino de Física destinado ao Ensino Fundamental, possui especificidades que devem ser consideradas. Para entendermos como a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel trata e lida com tais especificidades, esta pesquisa destaca três princípios chaves que nos ajudam a entender como a aprendizagem ocorre nesta fase escolar.

Mas primeiro devemos esclarecer como o princípio das dimensões concreto *versus* abstrato são consideradas no ensino destinado ao Ensino Fundamental atual. Convencionalmente é comum encontramos entre os profissionais da educação, afirmações que concordem em uma superação destas dimensões por meio de um processo construtivo, pelo qual o aluno deve passar para obter alguma nova generalização específica.

Esta visão de senso comum defende a ideia de que para essa nova generalização (novo aprendizado) ocorrer factualmente, é necessário que aja sempre um sentido lógico do concreto para o abstrato nos materiais de aprendizagem, ou ainda, que existe uma dicotomia que deve ser superada por meio de materiais concretos. Neste caso, o material concreto “auxilia” o aprendiz em seu processo de abstração. Veremos que esta tendência mecanicista e de senso comum, e a suposição de que as dimensões concreto *versus* abstrato devam estar separadas no material de ensino é equivocada segundo a visão ausubeliana! E não concorda com os princípios que Ausubel (2002) busca privilegiar na produção de materiais de ensino potencialmente significativos.

Em seguida, discutiremos sobre importância do princípio da diferenciação progressiva de Ausubel em sala de aula, e como este princípio pode auxiliar o professor a produzir melhores materiais de aprendizagem.

Esta discussão será importante para o terceiro e último conceito que acreditamos ainda não ser bem definido no contexto atual de aprendizagem, a aprendizagem por recepção significativa.

Acreditamos que o objetivo de melhores materiais de aprendizagem é privilegiar uma relação substantiva e não –arbitrária entre o material de aprendizagem e a estrutura cognitiva do aprendiz.

Atrelado a este princípio (de que deve haver uma relação significativa entre o material de aprendizagem e o aprendiz) encontra-se a própria natureza da aquisição de conceitos conforme a teoria da aprendizagem significativa prevê, e como esta nos fornece uma visão mais precisa na representação do aprendido que devemos esperar em sala de aula.

Por fim, acreditamos ter apresentado nosso aporte teórico por um ensino que privilegie uma aprendizagem por recepção significativa em sala de aula conforme Ausubel (2002), bem como os fatores que favorecem o surgimento desta aprendizagem, buscando fornecer ainda uma perspectiva sobre a natureza e a importância da mesma.

Concreto versus Abstrato

Muito se fala em ludicidade e construtivismo nas propostas didáticas que são destinadas ao Ensino Fundamental na disciplina de ciências (FOUREZ 2003; CACHAPUZ et al 2005). Porém, uma análise mais cuidadosa destes trabalhos, revela que pouco tem se discutido sobre a importância que existe na abordagem entre as dimensões concreto *versus* abstrato para a elaboração e planejamento de um ensino específico para o Ensino Fundamental.

Segundo a teoria de Ausubel (2002, p.24) é preferível que na relação concreto *versus* abstrato, as ideias mais gerais, inclusivas e explicativas, juntamente com o material factual de aprendizagem, estejam unidas no exercício de aprendizagem. Sobre esse posicionamento Ausubel comenta:

A questão do concreto versus abstracto é relevante quando as ideias gerais e explicativas, por um lado, e o material factual relativamente específico, por outro, estão presentes no mesmo exercício de aprendizagem e influenciam a estrutura cognitiva do aprendiz, assim como se incorporam na mesma.

Note que Ausubel trata como relevante aquele exercício de aprendizagem no qual estão presentes ambas as dimensões citadas, tanto a concreta como a abstrata, e

mais, podemos notar que Ausubel se preocupa se estas relações também podem se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz. Caso isso seja possível, Ausubel teoriza que a própria relação entre concreto e abstrato se incorpora na estrutura cognitiva do aprendiz.

Neste caso, segundo a teoria de Ausubel, as ideias mais gerais e explicativas se assimilam primeiro, antes das ideias mais factuais e específicas do material de aprendizagem. Por sua vez, tais conceitos mais gerais quando disponíveis na estrutura cognitivas do aluno, passam a auxiliar na assimilação de novos conceitos, neste caso, dizemos que os conceitos assimilados anteriormente passam a subsumir as novas informações que serão assimiladas. Segundo Ausubel (2002, p.24):

Neste caso, um pressuposto razoável seria que, caso as ideias gerais e explicativas se assimilassem em primeiro lugar (antes das factuais), também ficariam disponíveis para subsumir (assimilar) e, logo, facilitar a aprendizagem subsequente do material factual (ibidem).

Ausubel (2002, ibidem) conclui que seria “óbvio que este não seria o caso se utilizasse a ordem contrária da apresentação”, ou seja, caso o material factual seja apresentado primeiro, em nada as ideias mais gerais e explicativas garantem uma melhor assimilação do conteúdo, ou ainda, o processo de subsunção não estaria garantido conforme Ausubel postula.

Esta aparente importância de uma “direção” na diferenciação sobre um material de aprendizagem que Ausubel(2002) deixa transparecer, está associado a uma importante discussão que ele realiza em sobre o problema de Underwood (1959, apud AUSUBEL 2002, p.22), que trata sobre a necessidade de uma superação do ensino puramente mecanicista.

Embora Ausubel (2002, p.22) acredite que sejam defensáveis algumas atividades de memorização em sala de aula, o autor relata-nos que o paradigma educacional de sua época não via importância em discutir o tema:

Por conseguinte, é de facto difícil encontrarem-se testemunhos de apoio à afirmação de Underwood (1959) de que ‘grande parte do nosso esforço educacional se dedica a tornar significativas unidades verbais relativamente sem sentido’.

Pode-se notar que na questão concreto *versus* abstrato, o mesmo princípio se aplica. Dessa forma, acreditamos que o esforço que o professor deve desempenhar, é o de possibilitar que o conteúdo de aprendizagem pretendido seja articulado, favorecendo

que unidades verbais sem sentido e desconectadas no material de aprendizagem sejam melhores assimiladas e incorporadas pela estrutura cognitiva do aprendiz.

Podemos notar que Ausubel (2002) se preocupa em deixar claro que na superação das dimensões concreto *versus* abstrato, deve-se levar em consideração se a condição de subsunção está contemplada. Ou seja, desde que seja possível ao aprendiz obter e dispor conceitos em sua estrutura cognitiva de forma que possuam capacidade de subsumir novos conceitos mais factuais e específicos do material de aprendizagem, a superação concreto *versus* abstrato ocorre.

Sobre esse possível “sentido” de uma diferenciação que busca a superação do problema concreto *versus* abstrato, Ausubel (2002) nos apresenta uma de suas visões. Ele conclui sua abordagem, valendo-se do princípio da diferenciação para explicar como os psicólogos da educação de sua época interpretavam esta discussão.

O autor considera que basicamente a diferença entre o ensino neobehaviorista e o construtivista de sua época, se resume em tratar a ordem desta diferenciação de forma ascendente ou descendente. Portanto, segundo a visão de Ausubel, o ensino neobehaviorista valorizava em seu processo de diferenciação, um sentido ascendente partindo de um material fatorial e específico buscando termos gerais e inclusivos ao final.

Já a abordagem construtivista valoriza uma abordagem do processo descendente, ou seja, de conceitos mais gerais e inclusivos para mais específicos. Segundo Ausubel (2002, p.24):

Contudo, os psicólogos educacionais têm tendência a dividir, de forma imprevisível, a ordem de apresentação ‘descendente’ ou ‘ascendente’ e subsequente organização na estrutura cognitiva. De um modo geral, os psicólogos de orientação neobehaviorista têm favorecido a ordem ascendente e os construtivistas a descendente.

Veremos mais adiante que segundo a teoria de Ausubel (MOREIRA; MASSINI 2001, p.20) tanto o processo de diferenciação descendente ou ascendente são importantes e fazem parte de um processo único dentro da teoria da aprendizagem significativa chamada de diferenciação progressiva e reintegração conciliadora.

Esta capacidade de diferenciação está diretamente ligada ao fato da assimilação de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do aprendiz. Sobre o surgimento de novos conhecimentos, Ausubel (2002) comenta que “[...] deve ficar claro que a aprendizagem verbal significativa constitui o meio principal para se aumentar o armazenamento de conhecimentos do aprendiz, quer dentro, quer fora da sala de aula” (p.22).

Concluimos que um ensino que concorda em buscar a superação concreto *versus* abstrato observando o princípio geral da diferenciação conforme Ausubel(2002), propõe um ensino que privilegia o processo de subsunção por meio de conceitos mais gerais e inclusivos, evoluindo ao final do processo para uma elaboração conceitual mais factual e específica do conteúdo de aprendizagem pretendido.

O princípio de diferenciação progressiva de Ausubel contribui para a produção de melhores materiais de aprendizagem

A segunda justificativa teórica que este trabalho adota para um Ensino de Física específico ao ensino fundamental, está diretamente ligada ao princípio de diferenciação discutido anteriormente. Ou seja, é preferível que os termos gerais e conceitos mais inclusivos sejam priorizados no início da aprendizagem, de forma que, tais conceitos mais gerais e inclusivos auxiliam no processo de subsunção de novos conhecimentos mais específicos e factuais.

Segundo Moreira e Masini (2001, p.29)

Do ponto de vista ausbeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade.

Nosso objetivo neste momento é esclarecer como este processo pode ser útil na preparação e elaboração de novos materiais de aprendizagem, visando facilitar a aprendizagem significativa em sala de aula.

Segundo Moreira e Masini (2001, p.32) “Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina”.

É importante ressaltar que nesta visão, o professor também passa a fazer parte do processo de aprendizagem como o agente que opera no campo conceitual, identificado, sistematizando e constituindo um sistema de informações sobre a disciplina, além de apresentar a disciplina como um conjunto de informações particular e sua capacidade de resolver problemas.

Acrescendo-se a isso, Moreira e Masini (2001) comentam que segundo a visão de Novak, ambos os sentidos de diferenciação propostos por Ausubel devem ser

privilegiados, ou seja, deve-se valorizar tanto uma diferenciação dos conteúdos de forma descendente (dos conceitos mais gerais para os mais específicos) como uma reconciliação integrativa (dos mais específicos para os mais gerais). Para Moreira e Masini (2001) isso caracteriza um ensino do tipo “desce-sobe” no processo de diferenciação conforme proposto por Ausubel (2002, p.32):

[...]Novak (1977) argumenta que , para atingir-se a reconciliação integrativa de forma mais eficaz, deve-se organizar o ensino “descendo e subindo” nas estruturas conceituais hierárquicas, à medida que a nova informação é apresentada.

É importante ressaltar que na preparação de materiais de aprendizagem que se propõem a estarem de acordo com a recomendação de Novak, o planejamento e a atuação do conhecimento do professor é essencial.

Visto que, para se produzir um material de aprendizagem que valorize os conceitos mais gerais, e clarifique os conceitos diretamente subordinados na diferenciação progressiva de conceitos mais específicos, é uma tarefa que demanda talento, empenho e, principalmente conhecimento profundo dos conteúdos por parte do professor.

Uma vez concluído esta primeira etapa, retoma-se o processo agora no sentido inverso, buscando uma reconciliação integrada do conteúdo, neste momento o professor deve procurar por significados hierarquicamente de ordem superior, que unifiquem o conteúdo anteriormente diferenciado.

O princípio da diferenciação progressiva e sua importância na preparação de materiais de aprendizagem potencialmente significativas, está associado à forma como ocorre a aquisição de novos conceitos conforme explica a teoria da aprendizagem significativa.

Mas quais são os processos psicológicos envolvidos na aquisição e uso dos conceitos durante o processo cognitivo da aprendizagem humana? Segundo Moreira e Masini (2001) a aquisição de conceitos se distingue em duas modalidades principais: formação e assimilação.

Para Moreira e Masini (2001) a “formação de conceitos é característica da aquisição indutiva e espontânea de ideias genéricas pela criança em idade pré-escolar, a partir da experiência empírico-concreta” (ibidem). Ou seja, durante a fase pré-escolar da criança, a maioria dos conceitos se dão de forma direta com a experiência. Segundo Moreira e Masini (2001) “Para chegar ao conceito de casa, a criança passa por inúmeras

experiências que a levam a diferentes percepções de casa: grande, pequena, diferentes formas, cores, materiais, estruturas, etc.”(p.37).

Neste processo os aspectos comuns e essenciais de uma classe de objetos ou eventos, variam contextualmente, e passam por um processo de abstração final. Segundo Moreira e Masini (2001) Ausubel considera a formação de conceitos um tipo de aprendizagem por descoberta que engloba diversos processos, os quais fogem ao escopo de nossa pesquisa.

Porém segundo Moreira e Masini (2001), após a infância e principalmente no âmbito escolar, os atributos criteriosais dos conceitos “não são descobertos indutivamente por um processo de formação de conceitos, mas são apresentados ao aprendiz como definição ou estão implícitos no contexto onde são usados” (p.38).

Portanto, somos levados a concluir que a *aquisição de conceitos* em crianças com idade escolar e adultos, se dá basicamente por *assimilação de conceitos*, e o tipo de aprendizagem em sala de aula, segundo a teoria da aprendizagem significativa, é do tipo por *recepção*.

Podemos notar que para Ausubel (2002) uma aprendizagem significativa é basicamente uma aprendizagem por recepção:

[...] a aquisição de conhecimentos de matérias em qualquer cultura é, essencialmente, uma manifestação de aprendizagem por recepção. Ou seja, geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve apreender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível quer para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro (p.6).

Portanto, concluímos que uma proposta de Ensino de Física destinada ao Ensino Fundamental que satisfaça as condições do princípio da diferenciação progressiva, busca fornecer um ensino por meio de materiais de aprendizagem que sejam organizados e hierarquizados conceitualmente, favorecendo uma aprendizagem por recepção significativa.

Busca ainda fornece a possibilidade de uma relação não-arbitrária e significativa entre o conteúdo de aprendizagem pretendido e a estrutura cognitiva do aprendiz, visando-se uma aprendizagem por meio de subsunçores mais gerais e inclusivos.

Por fim, acreditamos que a observância do princípio de diferenciação progressiva na elaboração de materiais de aprendizagem, fornece novas possibilidades

na organização e preparação de materiais de aprendizagem potencialmente significativos.

Em seguida, veremos que a terceira justificativa teórica que adotamos neste trabalho, trata sobre a importância de um Ensino de Física associada às potencialidades de uma aprendizagem por recepção significativa em sala de aula.

A aprendizagem por recepção significativa

A segunda modalidade de aquisição de conceitos conforme Moreira e Masini (2001) apresentam, é definida como assimilação de conceitos. Esta modalidade é caracteristicamente semelhante à forma pela qual crianças mais velhas e adultos adquirem novos conhecimentos.

Segundo Moreira e Masini (2001, p.20) “os conceitos não espontâneos, manifestado através de significado categórico generalizado, passam a predominar, somente próximo à adolescência e em indivíduos que passam por processo de escolarização”.

Segundo Moreira e Masini (2001, p.20) é nesta fase que:

[...] O indivíduo pode adquirir conceitos de modo muito mais eficientes e passa, significativamente, a relacionar os atributos criteriais do novo conceito à sua estrutura cognitiva, sem necessitar relacioná-los anteriormente a instâncias particulares que o exemplifiquem.

O aspecto mais relevante no processo de assimilação descrito acima envolve a necessidade de uma relação do tipo “substantiva” e “não-arbitrária” entre o material de aprendizagem e a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Moreira e Masini (2001, p.21) o novo significado que emerge como produto dessa interação deve refletir:

- a) O conteúdo real dos atributos criteriais do novo conceito e das “ideias-âncoras”, às quais se relacionam.
- b) O tipo de relação estabelecida entre eles (derivada, elaborada, qualificada ou superordenada).

Devemos entender que uma relação do tipo substantiva entre o aprendiz e um material de aprendizagem potencialmente significativo, equivale a uma interação de

natureza pessoal e intencional do mesmo, deve haver interesse e engajamento por parte do aprendiz em assimilar e incorporar o conteúdo de aprendizagem pretendido.

Já uma relação do tipo não-arbitrária, significa que deve existir uma ordem e uma hierarquia no material apresentado. Isso significa que o princípio da diferenciação progressiva está satisfeito e pode ser explorado.

Moreira e Masini (2001) ressaltam que:

A aquisição de conceitos por meio de aprendizagem receptiva não é apenas um processo passivo de internalização. Apesar de não ser do mesmo tipo do da formação de conceitos, é basicamente caracterizada por um processo ativo de interação com os conceitos já adquiridos (p.21).

Portanto, é importante ressaltar que do ponto de vista da aprendizagem significativa, o Ensino de Física que esperamos, é um ensino que valoriza aspectos substantivos e relevantes na assimilação do conteúdo pretendido, bem como privilegia um processo de ensino estruturado e hierarquizado dos conhecimentos pretendidos.

Sobre a importância deste princípio, Moreira e Masini (2001) comentam: “Segundo a teoria de Ausubel, o problema principal da aprendizagem consiste na aquisição de um corpo organizado de conhecimento e na estabilização de ideias inter-relacionadas que constituem a estrutura desse conhecimento” (p.47).

Entendemos que apenas por meio do princípio da diferenciação progressiva, podemos tratar como relevante a discussão sobre um ensino por recepção significativo em sala de aula.

Ainda segundo os autores: O problema, pois, da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo (MOREIRA; MASINI 2001, p.47).

Acreditamos que nosso ensino atual de física, é destinado a tornar pequenos elementos factuais e criteriosos da física, em algo significativo por meio de um processo de descoberta ou assimilação, o que em nossa visão contraria a proposta de Ausubel.

Como exemplo, podemos tomar o conceito de trajetória que é comumente ensinado nas séries finais do Ensino Fundamental, neste caso específico, o aluno deve aprender o conceito de trajetória como sendo um elemento factual da disciplina de Cinemática escalar, sem ao menos fazer ideia do significado de movimento ou da própria natureza conceitual da Cinemática.

Vemos que neste caso, no modelo atual de ensino, o aprendiz deve por meio de processos de descoberta ou assimilação de exercícios puramente mecânicos e arbitrários, reconstruir toda a ordem de raciocínio hierárquico envolvido no estudo de trajetórias.

Acreditamos que uma das potencialidades da aprendizagem por recepção significativa conforme Ausubel (2002) é que o processo de abstração entre um ente conceitual de uma disciplina e o conjunto global de conceitos e hierarquias que esta compõe, pode ser usado para promover uma aprendizagem por recepção significativa.

Mas afinal do que se trata a aprendizagem por recepção significativa? Para respondermos a esta pergunta, primeiro é necessário entendermos o que *não* é uma aprendizagem por recepção significativa.

Ao contrário do senso comum que se formou entre os educadores atuais, de que uma aprendizagem receptiva verbal é meramente um processo de memorização, ou ainda, um processo passivo de aprendizagem do tipo bancária conforme os termos freerianos (Pedagogia do Oprimido). Ausubel (2002, p.5) defende a ideia da utilização de métodos expositivos que estejam baseados nas condições e considerações de uma aprendizagem por recepção, segundo o autor:

Também contrariamente a convicções expressas em muitos âmbitos educacionais, a aprendizagem por recepção verbal não é necessariamente memorizada ou passiva (tal como o é frequentemente na prática educacional corrente), desde que se utilizem métodos de ensino expositivos baseados na natureza, condições e considerações de desenvolvimento que caracterizam a aprendizagem por recepção significativa.

Portanto, defendemos um ensino que possua a natureza e as condições necessárias que caracterizam um ensino destinado à aprendizagem por recepção significativa. Ainda segundo Ausubel (2002) a aprendizagem por recepção significativa deve ser considerada ativa, pois exige no mínimo três características fundamentais em seu desenvolvimento:

1. O aluno deve realizar uma análise cognitiva para se averiguarem quais são os aspectos da estrutura cognitiva existente mais relevante para novo material apresentado.

2. Deve ser realizada uma reconciliação entre as ideias existentes na estrutura cognitiva e aparentes (ou reais) contradições que emergem com o novo material de aprendizagem.
3. Reformulação do material de aprendizagem em termos idiossincráticos e do vocabulário do aprendiz.

Ausubel (2002) comenta que o paradigma educacional de sua época, atribui uma equivocadamente e profunda insatisfação nos métodos expositivos e de instrução verbal, destacando que os novos métodos de ‘auto-descoberta’ da aprendizagem e ‘resolução de problemas’ são advindos desta insatisfação. Ausubel (2002, p.6) comenta:

Porém, poucos mecanismos pedagógicos dos nossos dias têm sido tão inequivocamente repudiados pelos teóricos educacionais como o método de instrução verbal expositiva. Em muitos locais, está em voga caracterizar a aprendizagem verbal como recitação semelhante à do papagaio e como memorização de factos isolados e rejeitá-la, desdenhosamente, como vestígio arcaico da tradição educacional desacreditada.

Sobre os novos métodos que foram propostos devido a frustração com os métodos expositivos, Ausubel (2002, p.22) comenta:

Ao longo das últimas cinco décadas, introduziram-se em larga escala programas de actividades, métodos de projectos, várias formas de se maximizar a experiência não verbal na sala de aula e uma ênfase da ‘autodescoberta’ e da aprendizagem para e através da *resolução de problemas*, em resposta à vasta insatisfação em relação às técnicas de instrução verbal.

Segundo o autor, esse abandono de um ensino expositivo que busca fornecer uma aprendizagem verbal significativa, recorre em dois erros graves. Primeiro, erroneamente, atribui-se a resolução de problemas, como sendo o único método eficaz de se adquirir generalizações significativas, e que tais generalizações não podem ser simplesmente ‘dadas’ ao aluno (AUSUBEL 2002, p.6).

Ainda segundo o autor, o segundo erro que os teóricos educacionais comentem é considerar que toda tentativa de se dominar os conceitos e preposições verbais, resume-se em um formalismo vazio, a menos que o aluno possua alguma experiência anterior (AUSUBEL 2002, p.7).

Tais equívocos levaram, conseqüentemente ao abandono do ensino expositivo e conseqüentemente, esse tipo de aprendizagem foi rebaixado ao nível de uma reprodução vazia conforme, comentou Ausubel.

Portanto, um ensino que busca observar e garantir o princípio de diferenciação progressiva de seu conteúdo, e utiliza recursos que facilitem a aprendizagem por recepção significativa em sala de aula, propõe uma nova perspectiva de ensino–aprendizagem para além da discussão sobre os verbalismos vazios e desconexos que até então o ensino expositivo está reduzido.

Buscamos ainda contribuir para com o debate acadêmico sobre a importância desta discussão, evidenciando as vantagens e limitações desta abordagem, bem como quais são as condições que Ausubel (2002) estabelece para um ensino expositivo desta natureza e da aprendizagem por recepção significativa.

Acreditamos que esta perspectiva teórica contempla os anseios e objetivos da educação atual, bem como nos fornece uma visão direcionada sobre a aprendizagem por recepção significativa, e como esta teoria pode nos fornecer melhores perspectivas na elaboração de materiais de ensino e novos tipos de análise da aprendizagem em sala de aula.

2.5 UNIDADE DE ENSINO PONTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

O que é uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa? De forma resumida, uma UEPS é uma sequência didática fundamentada na teoria de aprendizagem significativa, tal proposta parte da premissa que não há ensino sem aprendizagem, e ainda defende a ideia de que a aprendizagem é o meio e o ensino é o fim (MOREIRA, 2013).

Segundo Moreira (2013) a intenção do desenvolvimento de uma UEPS é contribuir para modificar a situação atual do tipo de aprendizagem que é produzida em sala de aula. Segundo o autor uma UEPS é uma sequência didática voltada para a aprendizagem significativa, não mecânica e que pode estimular a pesquisa aplicada em ensino.

Cabe-nos agora direcionar nossa pesquisa ao questionamento que Moreira (2013) levanta sobre a natureza da aprendizagem em sala de aula conforme o modelo atual de ensino. Segundo o autor, existe um mecanicismo de aprendizagem (AUSBEL 2003) inerente à natureza do ensino que se estabeleceu na escola moderna, e que é perfeitamente aceito entre educadores e pais. Este mecanicismo é constituído de três

elementos essenciais, o ensino do professor, a aprendizagem do aluno e a avaliação do processo de ensino/aprendizagem.

Para Moreira (2013), seja na escola fundamental, média ou profissional, existe o processo natural em que o professor apresenta o conhecimento que deve ser aprendido pelo aluno, os alunos memorizam este conteúdo, e por fim, o professor avalia todo o processo, de onde são tiradas todas as conclusões sobre o conhecimento que se pretendia aprender. Outra etapa deste processo que Moreira (2013) destaca é o fatídico fato de que quase sempre, todo conteúdo aprendido em sala de aula é esquecido, visto que, o próprio *mecanismo* envolvido favorece o surgimento de conhecimentos do tipo mecânico e não-significativo.

De forma mais precisa, os conteúdos que são apresentados nem sempre favorecem uma interação entre o que o aluno já sabe e o que o professor pretende ensinar, o que implica em um processo de aprendizagem por memorização de fraca retenção. Segundo Ausubel (2002, p.VI):

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

Portanto, conforme definimos no início deste texto, o *mecanismo* atual de aprendizagem é essencialmente um processo mecânico, e acreditamos ser possível classificar este tipo de aprendizagem com sendo um mecanismo de assimilação e retenção de materiais de aprendizagem que valoriza a forma memorística e de baixa interação entre os significados prévios e novos significados pretendidos.

Como consequência desta constatação de Moreira (2013), acreditamos que o interesse em se produzir uma UEPS específica sobre um determinado campo conceitual, é por sua vez, questionar a natureza e eficácia do *mecanismo* de aprendizagem que se busca propor em sala de aula, e como esse mecanismo pode ser melhor “operado”, buscando-se novos resultados. Sobre este ponto de vista, Ausubel (2002, p.10) comenta dois pontos importantes a serem destacados:

Por conseguinte, e em suma, em qualquer disciplina a estrutura cognitiva do aprendiz pode ser influenciada (1) de forma substantiva, através do carácter inclusivo, do poder de explicação e das propriedades integradoras dos conceitos e princípios específicos e unificadores apresentados ao aprendiz; e (2) de forma sistemática,

através de métodos apropriados de apresentação, disposição e avaliação da aquisição significativa da matéria, através da utilização adequada de material de instrução organizado e pré-testado e através da manipulação adequada das variáveis quer cognitivas, quer sociais de motivação da personalidade.

Dessa forma, ao buscarmos uma interpretação mais sólida sobre a natureza epistemológica da produção de uma UEPS, estaremos discutindo a própria natureza e epistemologia do mecanismo de aprendizagem envolvido na prática docente em sala de aula.

Queremos dizer com isso que buscamos por meio da produção de uma UEPS, mostrar que é perfeitamente possível teorizarmos sobre novos mecanismos de aprendizagem que superem o paradigma da aprendizagem mecânica que comumente ocorre em sala de aula.

Vale ainda ressaltar, que o processo de esquecimento natural não é ignorado nesta visão, conforme Moreira (2013) grande parte do conteúdo aprendido em sala de aula, conseqüentemente estará fadado ao esquecimento natural.

Portanto, nosso interesse é deixar claro que com o conceito de UEPS, estamos primeiro entendendo que de uma perspectiva teórica, é possível descrever os limites e asserções que podem ser realizadas a um determinado conteúdo de ensino, e quais resultados esperar, levando-se em conta todo ambiente e as variáveis cognitivas envolvidas no processo de aprendizagem em sala de aula.

Note que o enfoque de uma UEPS é utilizar diversas ferramentas teóricas que fornecem varias opções na produção de dados e análise de conteúdo produzido em sala de aula, e não meramente uma prova de memorização de conteúdos escolares.

Nosso intuito neste momento foi localizar nosso foco de discussão e relatar ao leitor a importância da produção de uma UEPS na superação das limitações e variáveis envolvidas na pesquisa aplicada há sala de aula, bem como evidenciar novas possibilidades na produção dos dados e análise do conteúdo escolares em sala de aula.

Por que as UEPS são importantes para a pesquisa aplicada em sala de aula?

Acreditamos ser possível evidenciarmos algumas características históricas e epistemológicas importantes na proposta das UEPS como modelo de produção e análise de dados na pesquisa aplicada em sala de aula.

Para iniciarmos nossa discussão sobre possíveis contribuições das UEPS à pesquisa em sala de aula, devemos iniciar nossa discussão resgatando alguns fatos históricos que fazem alusão à motivação de superação que existe na proposta das unidades significativas de ensino.

Acreditamos que a proposta de UEPS faz alusão a uma motivação de superação do paradigma educacional mecanicista por um conjunto de conhecimentos significativos e bem articulados, de forma que, tal conjunto possua estabilidade e longevidade, possuindo ainda uma capacidade maior de recuperação pela memória.

Ou seja, as UEPS trazem embarcadas em sua motivação, a superação de um ensino mecânico e que não possua uma articulação significativa de forma pessoal entre os conteúdos que constituem o material de aprendizagem pretendido em sala de aula.

Podemos entender de forma mais precisa que a motivação de uma UEPS é uma tentativa de fornecer ao aluno um material de aprendizagem articulado e estruturado que possua pontos de ancoragem (conhecimentos prévios) suficientes para permitir ao aluno identificar, relacionar e modificar o que ele já sabe (conhecimentos prévios) com o que o professor deseja ensinar (material de aprendizagem).

Defendemos que historicamente, essa motivação de superação do modelo de ensino mecanicista está bem retratado no entendimento que como a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel desenvolveu sua própria forma de aprender e como a ciência pode assentar esse processo para o entendimento comum.

No início do século XX nos Estados Unidos, Ausubel em seus primeiros trabalhos, enfrentou o problema de propor uma Teoria de Aprendizagem para além de seu paradigma educacional estabelecido na época.

Segundo Hilgard (1973) o paradigma behaviorista era dominante no período acadêmico de Ausubel, nesta época, o behaviorismo possuía algumas teorias concorrentes, mas sem grandes mudanças teóricas significativas, visto que, tais concorrentes se resumiam em versões modificadas do behaviorismo. Eis uma definição de aprendizagem neste paradigma educacional segundo Hilgard (1973, p.3):

Aprendizagem é o processo pelo qual uma atividade tem origem ou é modificada pela reação a uma situação encontrada, desde que as características da mudança de atividade não possam ser explicadas por tendências inatas de respostas, maturação ou estados temporários do organismo (por exemplo, fadiga, drogas, etc).

É importante ressaltar que o próprio autor nas linhas seguintes considera esta definição vaga, mas diz possuir elementos interessantes a pesquisa futura sobre a investigação da aprendizagem. Ou seja, está claro que o paradigma behaviorista estava voltado inteiramente ao estudo do comportamento e suas especificidades laboratoriais, buscando-se ampliar tais resultados a generalizações de como ocorre à aprendizagem em seres humanos, e o que é mais conflitante, como sabemos isso foi levado para dentro da sala de aula.

Ausubel durante sua atividade acadêmica, buscou transpor seu paradigma educacional imposto por sua época, bem como apresentar propostas de superação do paradigma educacional vigente, o que resultou no que conhecemos hoje com a Teoria da Aprendizagem Significativa verbal (MOREIRA E MASSINI, 2010).

Mais especificamente Ausubel (2003, p.27) não concordava com a visão estabelecida em sua época quando diz:

A tendência entre os psicólogos educacionais para extrapolarem, de forma não crítica, os resultados da investigação dos estudos laboratoriais de situações de aprendizagem simplificadas para o ambiente de aprendizagem da sala de aula explica, em grande parte, a falta de conhecimentos acerca dos processos de aprendizagem escolar [...].

Não é difícil perceber que essa observação de Ausubel emerge como uma luz na busca de uma explicação científica para os estudos aplicados a sala de aula. Perceba que Ausubel nos chama atenção sobre uma *crise epistemológica* gritante entre o tipo de ciência usada em sua época e o objeto a ser estudo por esta ciência, neste caso a aprendizagem em sala de aula.

Para Ausubel é absurda a ideia de se generalizar experimentos psicológicos e de aprendizagem animal restrita a fatores limitantes de laboratório como fome, dor, espaço à um ambiente de aprendizagem escolar. Ou seja, para Ausubel dentro do paradigma científico estabelecido em sua época, não era possível conceber análises e previsões confiáveis sobre o estudo da aprendizagem que ocorria em uma sala de aula, pois existia um abismo epistemológico intransponível entre o que se pretendia estudar(objeto) e a “ciência básica” a ser usada para a produção e análise dos dados (neste caso os estudos behavioristas laboratoriais).

Portanto, Ausubel se refere à psicologia behaviorista e seus métodos de produção e análise de dados como incompatíveis, e era necessário uma transposição

deste paradigma, o que direcionou seus esforços na produção da teoria da aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel (2003), a constatação desta crise pelo meio científico de sua época apenas reforçou a crise que o paradigma behaviorista de ensino enfrentava a partir dos anos 1970, e que foi ainda agravado com a ascensão do movimento construtivista na educação. Essa ideia fica reforçada quando lemos em prefácio a seu livro *“The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view”* quando diz:

A preparação desta monografia surgiu, em grande parte, da necessidade de resposta ao colapso virtual da orientação teórica neobehaviorista da aprendizagem durante os últimos quarenta anos; bem como do aumento meteórico, nos anos setenta e seguintes, das abordagens construtivistas da teoria da aprendizagem (AUSUBEL 2003, p. IX).

Ou seja, vemos que Ausubel concentra seus esforços de pesquisa em explicar e propor novas maneiras de interpretar e analisar a aprendizagem que ocorre em sala de aula, sem recorrer aos métodos ortodoxos que o paradigma vigente de época estabeleceu.

De forma mais precisa podemos nos referir ao período chamado de “ciência revolucionária” por Thomas Kuhn para retratar os esforços científicos quando uma ciência atingi seu auge de desenvolvimento, e os cientistas não recorrem aos métodos ortodoxos para produzir e analisar seus dados.

Citando Chalmer (1993, p.129):

Uma análise das características de um período de crise na ciência exige tanto a competência de um psicólogo quanto a de um historiador. Quando as anomalias passam a apresentar problemas sérios para um paradigma, um período de ‘acentuada insegurança profissional começa. As tentativas de resolver o problema tornam-se cada vez mais radicais e as regras colocadas pelo paradigma para a solução dos problemas tornam-se progressivamente mais frouxas.

Em um sentido mais amplo, o que Ausubel (2003) propõe é uma teoria que explique de uma perspectiva cognitivista os mecanismos de aprendizagem que estão envolvidos em sala de aula, sobre esta afirmação, podemos notar que ainda em prefácio a seu livro, agradece a seu colega e professor George Richard Wendt, pois através dele pode perceber que seria possível postular e teorizar de maneira substancial sobre mecanismos de aprendizagem quando lemos:

À memória de George Richard Wendt, que me deu a conhecer pela primeira vez, em 1938, o entusiasmo intelectual de postular

mecanismos de explicação dos processos psicológicos de aprendizagem e de retenção humanas, que acabaram por se transformar na teoria da assimilação(AUSUBEL 2003, p. III).

Desta forma, acreditamos ter chegado ao núcleo central da discussão levantada por Moreira (2013) sobre a natureza do processo de ensino e aprendizagem envolvido no paradigma atual da educação, e diz respeito sobre o questionamento da *natureza do mecanismo* envolvido no processos de ensino-aprendizagem em sala de aula.

Acreditamos que grande parte do problema de ensino que existe hoje não apenas em física, é sobre a falta de estudos específicos que direcionem para melhores mecanismos de aprendizagem. De forma mais específica Ausubel (2003, p.72) nos diz:

Uma razão por que os alunos desenvolvem frequentemente um mecanismo de aprendizagem memorizada numa matéria de aprendizagem potencialmente significativa prende-se ao facto de aprenderem, a partir de lamentáveis experiências anteriores, que as respostas substancialmente correctas que não estejam em conformidade, de forma literal, com aquilo que o professor ou manual escolar afirmam não têm qualquer crédito por parte de alguns professores.

Devemos relembrar que nesta perspectiva ainda permanecem os três elementos essenciais de uma aula, o professor, o conteúdo a ser ensinado e o aluno que deseja aprender, porém com a proposta de Ausubel (2003), insere-se ainda uma base epistemológica cognitiva que é suficiente para analisar de modo científico e mais preciso os resultados produzidos neste ambiente.

Devido a base epistemológica cognitivista da teoria de Ausubel (2003) todos os elementos envolvidos na produção e análise dos dados provenientes de um ambiente de aprendizagem que configure uma sala de aula, estarão bem fundamentos para análise e crítica científica.

De forma geral, vemos que com a proposta de Ausubel(2003) temos um avanço na crise imposta pelo paradigma behaviorista, superando a aberração de uma não conformidade entre a ciência básica (neste caso a psicologia educacional behaviorista da época) e o objeto ou evento de estudo desta ciência(que neste caso é a aprendizagem em sala de aula). Sobre isso Ausubel (2003) apresenta as consequências desta visão equivocada do uso das ciências mais gerais e básicas ao estudo e análise de situações aplicadas de aprendizagem. Sobre o uso indiscriminado desta tendência acadêmica o autor comenta:

[...] Reflecte o fascínio que muitos investigadores sentem em relação à abordagem da ‘ciência básica’ para a investigação nas ciências aplicadas, bem como o fracasso concomitante dos mesmos em verificarem as limitações inerentes à mesma (p.9).

Essa discussão sobre a superação do paradigma behaviorista mostrou-se de vital importância para a fundamentação epistemológica de nosso trabalho, bem como revela a potencialidade de novas discussões que podem surgir e existem neste tipo de análise.

Segundo Moreira (2003) as UEPS superam as limitações que existem no ambiente de aprendizagem escolar de sala de aula, *não* valorizando atividades puramente mecânicas ou de baixa interação entre professor, aluno e conteúdo, mas ao contrário, busca favorecer uma aprendizagem do tipo significativa e de interação substancial.

Por fim, acreditamos ter superado uma discussão inicial e mais geral sobre o tema das UEPS abordando as justificativas de uso na pesquisa aplicada em educação e uma breve fundamentação teórica sobre a elaboração de uma UEPS ao nosso objetivo de pesquisa, produção e análise de dados.

Passaremos agora a uma discussão mais específica sobre o tema das UEPS e usaremos como referência o trabalho do professor Marco Antônio Moreira em “Aprendizagem Significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas” como referência para esta análise.

2.6 ELEMENTOS E PLANEJAMENTO DE UMA UEPS: ASPECTOS METODOLÓGICOS E TEÓRICOS.

Daremos agora nossa visão sobre a construção de uma UEPS conforme visto em Moreira (2013). Apenas por efeito didático, identificamos três momentos principais na elaboração de uma UEPS:

1. O primeiro momento na elaboração de uma UEPS é destinado à definição dos objetivos e da base teórico-epistemológica a ser usada na elaboração da unidade, bem como a definição dos recursos teóricos que estabelecem os princípios norteadores da produção e execução da unidade de ensino.
2. O segundo momento busca estabelecer os aspectos sequencias da unidade de ensino, cuidando ainda do processo de diferenciação do conteúdo e abrangido aspectos transversais como: estratégias de diversificação do conteúdo, a elaboração de atividades que propiciem reflexão e síntese sobre o conteúdo aprendido, além de atividades colaborativas.

3. O último momento na elaboração de uma UEPS é destinado à representatividade desde conhecimento em termos clareza, organização e significado como um todo. Essa etapa do desenvolvimento é guiada pela utilização de ferramentas como Mapa Conceitual e Diagramas V, que representam e organizam conjuntos de conhecimentos e informações.

De forma geral e resumida, esses três momentos exibem os critérios necessários a serem usados na produção de uma unidade de ensino conforme a visão de Moreira (2013).

Devemos agora realizar uma breve discussão sobre cada um desses momentos, revelando suas particularidades e a importância na nossa pesquisa. E por fim, discutimos como o experimento de lançamento de foguete pode ser configurado como uma unidade de ensino.

Etapa 1: Levantamento dos princípios teóricos e o planejamento do pensar

Segundo a ordem apresentada por Moreira (2013), a primeira tarefa que inicialmente deve ser resolvida na elaboração de uma UEPS é a definição dos limites teóricos e o enfoque conceitual com o qual a unidade em ensino será produzida. Portanto, esta etapa destina-se ao assentamento teórico que fundamenta toda prática pedagógica bem como a definição clara e precisa dos objetivos com a produção da unidade de ensino.

Para Moreira (2013) o objetivo de uma unidade de ensino em primeiro lugar é atuar como facilitador e de um processo de aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento ou procedimentos.

Os limites teóricos são definidos pela filosofia embarcada na proposta de construção da unidade ensino, e neste sentido, este primeiro momento é destinado a uma discussão e clarificação da motivação filosófica e epistemológica na qual este ensino será preparado.

A visão que Moreira (2013) defende é a de que só há ensino quando há aprendizagem, e reforça a ideia de que o ensino é o meio, e a aprendizagem o é fim. Portanto, a motivação básica de produção de uma unidade de ensino deve ser o de aprender, e aprender com significado.

O autor observa ainda que matérias de aprendizagem que busquem essa finalidade devem ser potencialmente significativas, ou seja, deve haver possibilidade do aluno relacionar o novo conhecimento com algum conhecimento prévio relevante em sua estrutura cognitiva.

Toda esta motivação inicial na produção deve ser ater no marco teórico que é estipulado pelo professor.

Como exemplo da fundamentação de teórica de sua proposta, Moreira (2013, p.67) cita como marco teórico de sua proposta particular:

Marco teórico: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).

Note que o marco teórico que Moreira (2013) usa para fundamentar sua proposta, está baseada principalmente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, as teorias educacionais de Novak e Gowin e a teoria interacionista de Vygotsky, além de incluir novas teorias de aprendizagem do século XX .

Por fim, a delimitação do tema, a definição dos objetivos, os princípios filosóficos implícitos ao ensino e o marco teórico de uma UEPS, definem os princípios que irão guiar o desenvolvimento, execução e análise dos resultados produzidos em sala de aula.

De forma geral, Moreira (2013) destaca dezesseis princípios que devem ser observados na produção de uma UEPS os quais citaremos brevemente.

O primeiro princípio que Moreira (2013) destaca é sobre a importância dos conhecimentos prévios do aluno:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (MOREIRA 2013, p.67).

Outro princípio que Moreira (2013) destaca que deve ser observado neste momento é sobre a importância do uso de organizadores prévios, segundo o autor:

- Organizadores prévios mostram a associabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- Situações-problemas podem funcionar como organizadores prévios.

Outro princípio que o autor destaca é sobre a importância de se observar e realizar um processo de diferenciação progressiva no conteúdo pretendido: “a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel)” (MOREIRA 2013, p.67).

Sobre o aspecto avaliativo da unidade de ensino, Moreira (2013) defende a ideia de se buscar *evidências* de uma aprendizagem significativa ao invés de se produzir resultados mecânicos e vazios de significado, segundo Moreira (2013, p.68):

- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno.

Sobre o princípio da interação social e linguagem, Moreira (2013) defende a visão de que:

- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino.
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica.

E por fim, sobre a natureza do ensino em sala de aula o autor acrescenta o princípio da aprendizagem significativa crítica:

[...] a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (MOREIRA 2013, p.68).

Portanto, o que realizamos neste momento foi uma breve apresentação dos cinco princípios gerais que devem ser observados na elaboração de uma unidade de ensino (UEPS) destinada a uma aprendizagem significativa de conteúdos, que são:

1. O princípio dos conhecimentos gerais.
2. O princípio dos organizadores prévios.
3. O princípio da avaliação da aprendizagem significativa.
4. O princípio da interação social.
5. O princípio da aprendizagem significativa crítica.

A seguir, vamos abordar o segundo momento de produção de uma UEPS que são definidos como os *aspectos do fazer*, ou metodológico da unidade de ensino.

Etapa 2: Levantamento dos aspectos sequencias e o planejamento do fazer.

Moreira (2013) defende oito **aspectos sequencias** que uma UEPS deve contemplar, tais aspectos compõem o conjunto de ações a serem articuladas em toda sequência de ensino, buscando atrelar ao material de aprendizagem estabilidade, clareza e definir um tipo de hierarquização específico dos conceitos envolvidos no conhecimento a ser ensinado/aprendido em sala de aula.

Para realizar nossa análise, dividimos os oito princípios apresentados por Moreira (2013) em três grupos gerais, e que segundo nossa visão assim podem ser definidos:

1. Aspectos sequencias em relação aos conhecimentos prévios
2. Aspectos sequenciais em relação ao processo de diferenciação e reintegração do conhecimento a ser aprendido.
3. Aspectos sequências em relação à avaliação da unidade de ensino.

Portanto, na elaboração de uma UEPS os aspectos gerais sobre os conhecimentos prévios, os processos de diferenciação/reintegração e avaliação do

processo, devem ser observados como um todo, esse tipo de atenção dizemos fazer parte dos aspectos metodológicos ou do fazer.

Dessa forma, nossa tarefa neste momento é analisar de forma breve e geral cada um desses aspectos sequenciais previstos por Moreira (2013), buscando revelar a importância da observação dos aspectos metodológicos em uma UEPS.

De forma geral, temos:

Grupo de aspectos sequenciais que definem uma UEPS:

1.1 Definir com clareza os tópicos a serem abordados.

1.2 Criar situações problemas (discussão, leitura, mapa conceitual) onde o aluno possa apresentar seus conhecimentos prévios sobre o problema de interesse sem que necessariamente seja uma resposta aceita ou não no contexto da matéria de ensino.

1.3 A aplicação de organizadores prévios.

Dessa forma, este grupo de aspectos corresponde ao conjunto de preocupações relacionadas aos conhecimentos prévios dos alunos e sua relação com a unidade de ensino. Para Moreira (2013), ao finalizar a primeira aproximação do conteúdo por meio dos conhecimentos prévios, a segunda etapa é tratar do conteúdo em si, iniciando o processo de diferenciação.

Segundo Moreira (2013), nesta etapa o professor deve abordar inicialmente os aspectos mais gerais, fornecendo uma visão do todo, daquilo que é mais importante na unidade, exemplificando e deixando para partir para os aspectos mais específicos ao final.

Neste momento de produção da unidade de ensino Moreira (2013) recomenda:

[...] a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo (p.68).

Ao realizar esta primeira aproximação, busca-se em seguida, uma síntese entre aquilo que o aluno sabe e a nova informação que está aprendendo, portanto neste momento busca-se uma reorganização e ampliação das ideias existentes e o novo conteúdo aprendido.

Para realizar este processo Moreira (2013) recomenda que o conteúdo seja retomado por meio de recursos orais ou computacionais, porém deve-se buscar uma maior complexidade e organização em relação ao primeiro momento e aos resultados obtidos.

Moreira (2013) acrescenta ainda que nesta etapa as atividades devem ser propostas em nível crescente de dificuldade, buscando-se por meio de estudos individualizados ou em grupos uma primeira síntese da aprendizagem ocorrida entre os conhecimentos prévios e o novo conteúdo apresentado. As atividades sugeridas são:

[...] esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente (p.68).

Ao encerrar esta etapa de construção de uma síntese sobre o que os alunos aprenderam, Moreira (2013) acredita deve-se partir para a conclusão da unidade. Neste encerramento, deve constar uma revisão geral sobre os principais tópicos estudados, clarificar a relação existente entre os tópicos e partir para uma reintegração conciliadora do conteúdo, buscando resolver conflitos que impeçam a visão novamente do todo estudado.

Sobre as recomendações deste momento de reintegração do conteúdo Moreira (2013) recomenda:

[...]isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; (p.69).

Porém, o fato mais relevante que o autor nos chama a atenção é que neste momento não é a estratégia em si que é importante, mas o princípio de busca por uma reintegração das partes estudadas individualmente, ou seja, fornecendo uma visão global de fatos gerais associados aos factuais, fornecendo novas reorganizações e ampliações de fatos antes aprendidos.

Sobre esta importância da observação do princípio da reintegração-conciliadora Moreira (2013) comenta: “o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade;” (p.69).

Por fim, o último aspecto sequencial trata sobre a questão da avaliação da unidade de ensino. Defendemos a ideia de que talvez este seja o aspecto mais difícil e importante a ser definido na elaboração de uma sequência didática nesta perspectiva, visto a sua relação antagônica com o paradigma atual de ensino e aprendizagem estabelecido.

Queremos dizer que é difícil avaliar uma aprendizagem significativa, visto que, o aprender significativo não está limitado ao âmbito da sala de aula, mas a produção criativa do aluno mediante os novos desafios intelectuais que resolveu em sala.

Devemos lembrar que estamos tratando de uma teoria que busca evidenciar aprendizagens significativas, ou seja, busca-se evidências de aprendizagens que não são facilmente observáveis nos modelos atuais de ensino e avaliação. Para sermos mais precisos buscamos evidenciar aprendizagens que sejam do tipo:

- Transferíveis e não meramente reproduzíveis,
- Que sejam bem articuladas ou que o aluno possa explicar com desenvoltura o que aprendeu, sem necessariamente decorar elementos factuais.
- Deve haver longevidade nas aprendizagens realizadas,
- O conteúdo aprendido deve ser facilmente recuperado (lembrado).
- Deve haver evidências de compreensão do conteúdo, evidências de captação de significados.

Portanto, não é uma tarefa trivial planejar e elaborar uma sequência didática que cuide de todas essas variáveis, o problema se torna mais complexo ainda quando levamos em conta o fato de se avaliar uma aprendizagem do tipo *criativa e inventiva* sobre fatos relevantes a um determinado conhecimento científico de modo a ser observada e ainda quantificada! O que nitidamente extrapola e muito o paradigma de elaboração de uma prova tradicional com resultados certos e errados nos moldes atuais.

Para superarmos esse desafio de produção e avaliação de uma unidade de ensino Moreira (2013) recomenda:

[...] avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; (p.69).

Para Moreira (2013) o ensino/aprendizagem em UEPS pode ainda ser levado em conta os modos de avaliação formativa e somativa conforme as necessidades do professor em definir um modo de avaliação.

No primeiro caso, a avaliação formativa corresponderia à avaliação do aluno em sala de aula, mais especificamente, levando-se em conta sua atuação nas atividades, anotações de aula do professor, e ainda no engajamento e elaboração de resoluções dos problemas de tarefas colaborativas ou individuais durante a unidade de ensino na sala de aula.

No segundo caso, a avaliação somativa corresponde à avaliação individual do aluno em questões/situações que evidenciem compreensão, captação de significados e capacidade de transferência.

Sobre a combinação entre avaliação formativa e somativa, Moreira (2013, p.69) comenta:

[...] a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa.

Por fim, o último princípio apresentado em Moreira (2013) sobre a avaliação de uma UEPS, é sobre foco geral de avaliação que se pretende realizar com a unidade de ensino.

Neste caso, Moreira (2013) reforça a ideia de que tais aprendizagens devem ser munidas de significado e capacidade de explicar, atrelado ao fato de que esta aprendizagem deve ser capaz de resolver problemas, e não meramente uma prova bimestral.

Neste sentido, nossa pesquisa reforça mais uma vez de que esta etapa na elaboração de uma UEPS deve ser cuidadosamente planejada, caso isso não ocorra, os resultados não representam o universo de dados esperados por uma pesquisa em aprendizagem significativa.

Moreira (2013) aconselha que na avaliação de uma UEPS deve-se averiguar se existe evidências de uma aprendizagem significativa no sentido que discutimos acima e não meramente comportamentos finais ou mecânicos de aprendizagem durante a aula, Moreira (2013, p.69) comenta:

A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema.

Sobre a necessidade da ênfase em se promover atividades que exijam uma interação substancial entre o aluno e o material de aprendizagem, a avaliação da mesma deve ser dada na forma de um processo que exige domínio e compreensão progressiva do conteúdo pretendido, portanto não cabe-nos questionar quantos acertos ou erros aconteceram durante a aula, mas se os conceitos a serem aprendidos realmente aparecem nas asserções feita pelo aluno ao resolver as situações/problemas colocadas pelo professor, e ainda avaliar qual o tipo de relação que existe entre o estágio atual do conhecimento e o que se pretende atingir.

Sobre esse complexo processo de avaliação do processo de aprendizagem significativa, Moreira (2013) aconselha: “A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais” (p.69).

Por fim, acreditamos ter encerrado nossa discussão sobre o último grupo sequencial identificado por nossa pesquisa bem como suas sérias implicações ao processo avaliativo de uma UEPS.

A seguir avançaremos nossa análise sobre os elementos teóricos que constituem uma UEPS apresentando os aspectos do *executar* uma unidade de ensino, os quais Moreira (2013) chama de *aspectos transversais* na elaboração de uma UEPS.

Os aspectos transversais de uma UEPS

Os aspectos transversais que devem ser observados em uma UEPS dizem respeito a um conjunto de atitudes e técnicas de organização do trabalho pedagógico em sala de aula, ou seja, tais aspectos dizem respeito à natureza do “fazer” e do “pensar” em sala de aula.

Inicialmente identificamos dois grupos gerais sobre os aspectos transversais apresentadas por Moreira (2013), e que assim podem ser definidas:

1. **Aspectos sobre o fazer:** Estratégias de diversificação da abordagem, autoquestionamento e capacidade de fazer perguntas relevantes e atividades colaborativas ou individualizadas.

2. **Aspectos sobre o pensar:** Uso de estratégias de representação conceitual com o emprego de mapas conceituais e diagrama V, o objetivo é representar como este conhecimento se organiza e como está epistemologicamente estruturado pelo aluno.

O primeiro grupo de aspectos que chamamos neste trabalho de “*aspectos do fazer*”, se relaciona com o conceito discutido anteriormente dos conhecimentos prévios e que deve ser considerada na elaboração e planejamento dos problemas a serem resolvidos durante a unidade de ensino. Essa diversificação da abordagem, busca em tese, garantir que o conteúdo interaja de modo não arbitrário e substancial com a estrutura cognitiva do aluno, fornecendo organização, reconfiguração e estabilidade do conhecimento pretendido.

Outro aspecto relacionado ainda ao primeiro item é a necessidade da existência de um momento onde ocorre uma primeira síntese entre o que o aluno sabe, e o que se está aprendendo. Neste momento, Moreira (2013) sugere que a capacidade de realizar perguntas relevantes ao problema deve ser estimulada, seja de forma individualizada ou em grupo.

O segundo grupo de aspectos que chamamos de aspectos do “*pensar*”, está ligado à produção e organização do material de aprendizagem apresentado em sala de aula, seja na forma de trabalhos individualizados ou em grupos, o objetivo deste aspecto seria entender melhor como este conhecimento até o momento pode estar epistemologicamente organizado e representado na estrutura cognitiva do aluno.

Neste momento Moreira (2013) recomenda a aplicação de um diagrama V que mostra como esse conteúdo está organizado e estruturado de um ponto de vista teórico e metodológico, dessa forma, uma análise epistemológica mais precisa por ser realizada pelo professor sobre o estágio de desenvolvimento do aluno.

Resumidamente os aspectos do fazer e do pensar, desencadeiam o processo avaliativo do aluno, devemos lembrar que nesta perspectiva metodológica, o aluno em questão, é um indivíduo dotado de movimento, inicialmente o movimento de saber algo relevante ao conteúdo apresentado, depois o movimento de interação e assimilação do conteúdo apresentado, e por fim, a avaliação. Sendo esta uma busca por evidências de uma aprendizagem significativa no sentido de resolver, elaborar ou questionar sobre um determinado conteúdo intelectualmente estruturado.

Devido à importância deste tópico, e a grande dimensão teórica do “pensar” em uma UEPS, e ainda sobre a necessidade do emprego dos mapas conceituais e diagramas V em uma UEPS, continuaremos nossa análise em uma segunda seção que corresponde a nossa pesquisa sobre o uso e aplicação dos diagramas V e mapas conceituais em sala de aula.

2.7 MAPAS CONCEITUAIS E O DIAGRAMA V

Neste momento apresentaremos nossa revisão literária sobre mapas conceituais e diagramas V, nosso objetivo é apresentar a motivação teórica no uso destas ferramentas e como se aplicam a construção de uma UEPS.

Veremos que os mapas conceituais são destinados a fornecer subsídio metodológico à avaliação e ao planejamento de uma UEPS, e ainda que mapas conceituais podem ser usados como recurso didático facilitador de aprendizagens significativas.

Veremos que este recurso baseia-se em uma análise epistemológica sobre a questão-foco, buscando fornecer ao leitor uma visão clara da relação entre a dimensão teórica e a dimensão metodológica envolvida na resolução da *questão –foco*, e como vimos a atuação destas dimensões sobre a questão-foco pode ser entendida como a dimensão do pensar e do fazer.

Sobre os mapas conceituais

De modo geral, um mapa conceitual ou mapa de conceitos, são diagramas indicando relações entre conceitos, que possuem uma organização hierárquica exibindo setas que indicam o sentido de ligação entre os conceitos, formando ou não proposições. Mais especificamente sobre mapas conceituais e proposições semânticas, segundo Moreira (2013) temos:

Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Isso também os diferencia das redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos e não obrigatoriamente incluem apenas conceitos (p.41).

Sobre as associações livres que podem ser feitas, Moreira (2013) reforça a ideia de que um mapa conceitual deve conter além de ligações entre conceitos uma hierarquia implícita a esta associação:

Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são livres, associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente (p.41).

Portanto, um mapa conceitual se diferencia dos demais tipos de diagramas e organogramas conhecidos devido a sua especificidade, de forma que, além de apresentar um conjunto de conhecimento interligado, busca-se ao mesmo tempo uma estrutura conceitual na forma de hierarquias, onde os conceitos mais gerais e inclusivos são destacados dos mais específicos e diferenciados.

Outra especificidade que está presente na concepção e perspectiva de uso dos mapas conceituais em sala de aula é sua motivação teórica. Segundo Moreira (2013) a teoria que esta por de traz dos mapas conceituais é a teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel, e “[...] trata-se de uma técnica desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos” e acrescenta: “ Ausubel nunca falou de mapas conceituais em sua teoria” (p.45).

Ou seja, de forma histórica os mapas conceituais constituem-se em uma extensão natural da teoria de Ausubel, e um grande avanço nos métodos de avaliação de aprendizagem significativa.

Sobre a avaliação em sala de aula e mapas conceituais: Como vimos anteriormente, a aprendizagem significativa implica uma interação entre o novo material de aprendizagem e a estrutura cognitiva de quem aprende, dessa forma, o resultado de uma aprendizagem significativa evidencia-se em reconfigurações e ampliações da área de conhecimento envolvido.

E isso está perfeitamente de acordo com a elaboração de mapas conceituais no processo de aprendizagem em sala de aula, visto que, acreditamos que quando uma determina área de conhecimento passa por um processo de diferenciação e ampliação, isso também será refletido na capacidade do aluno em organizar, relacionar e ampliar determinados conteúdos específicos desta aprendizagem em mapa conceitual.

Neste sentido, acreditamos que construir um mapa conceitual é uma atividade cognitiva que demanda esforço e intenção de relacionar aquilo que o aluno sabe com aquilo que está aprendendo, evidenciando que este tipo de aprendizagem se distancia de um processo avaliativo mecânico.

Outro fator importante na elaboração de um mapa conceitual como organizador de uma determinada área do conhecimento, é que este fornece uma leitura personalizada das possíveis associações que o aluno pode realizar e quais conceitos esperados estão presentes ou não.

Esse fato é tratado por Moreira (2013) como sendo uma característica idiossincrática da construção do conhecimento, ou seja, não existem dois mapas conceituais iguais, pois o mesmo conhecimento pode ser entendido de várias formas.

Acreditamos que é interessante notar que é essa possibilidade de poder organizar um mesmo conteúdo de várias formas, garante ao professor a oportunidade de realizar um “recorte epistemológico” adequado à fase de desenvolvimento de seus alunos, podendo direcionar o processo de diferenciação e ampliação deste conhecimento.

Portanto, isso garante ao professor produzir evidências que corroborem a hipótese de que sua aula produziu algum resultado significativo de aprendizagem, por meio de reconfigurações e ampliações que este conjunto organizado de conhecimentos sofre durante o processo de aprendizagem.

Acreditamos ter demonstrado brevemente o que são os mapas conceituais, como se relacionam com a teoria de Ausubel e qual sua importância no processo de avaliação e facilitação da aprendizagem significativa.

Passaremos agora a discutir sobre os elementos constitutivos de um mapa conceitual, comentando sobre a função de cada elemento dentro do espectro funcional da teoria dos mapas conceituais.

Os elementos constitutivos de um mapa conceitual

Segundo Moreira (2013) um mapa conceitual deve possuir uma organização hierárquica, conceitos escritos em balões ou retângulos, setas embora ressalte o autor que não indiquem necessariamente sequência, temporalidade ou direcionalidade.

Segundo Moreira (2013) devemos nos ater que: “Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais [...]” (p.41).

Sobre a ligação entre os conceitos em um mapa conceitual, Moreira (2013) chama a atenção de que não se busca uma mera associação ao acaso, mas ao contrário, uma relação de significado pertinente entre os conceitos.

Sobre o modelo hierárquico Moreira (2013) recomenda que neste tipo de mapa, os conceitos mais gerais sejam posicionados na parte superior do mapa, partindo-se para conceitos mais específicos a baixo (parte inferior).

Porém, o que constatamos durante nossa pesquisa é que existe uma enorme variedade de tipos de mapas conceituais, um estudo específico sobre isso pode ser visto em Tavares (2007). Não abordaremos de forma específica os tipos de mapas, pois acreditamos estar fugindo de nossa proposta.

Embora Moreira (2013) acredite que não exista uma necessidade rígida de se obedecer a apenas um modelo específico de construção, o autor defende apenas a ideia de que o mapa deve indicar *significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos*.

Sobre esses dois itens básicos de observância, o autor acrescenta:

O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos (p.42).

Veremos a seguir, que Moreira (2013) divide em algumas categorias de atuação o uso dos mapas conceituais em sala de aula, basicamente o recurso busca contemplar o campo da avaliação em sala de aula, desenvolvimento de currículo especializado e organizadores prévios em sala de aula.

De forma geral nossa pesquisa divide o tema de mapas conceituais como:

Sobre o uso dos mapas conceituais: Nossa pesquisa identificou três grandes áreas da pesquisa aplicada a educação em sala de aula e que podem ser contempladas com o uso dos mapas conceituais. São elas:

- 1) A investigação da avaliação de aprendizagem em sala de aula.
- 2) Planejamento de material de aprendizagem especializado.
- 3) Mapas conceituais como organizadores prévios e auxiliares de aprendizagens significativas.

Sobre o uso de mapas conceituais na avaliação: Como vimos anteriormente, existe um grande interesse em se discutir do ponto de vista da teoria da aprendizagem significativa, aprendizagens que evidenciem novas ampliações e reconfigurações de conhecimentos durante o processo de aprendizagem, e ainda conhecimentos aprendidos e aplicados à resolução de novos problemas de maneira significativa. Estudos neste sentido podem ser visto em Moreira (2013) sobre o uso de mapas conceituais na avaliação de unidades de ensino, neste estudo os pesquisadores mostram como foi possível utilizar os mapas conceituais para investigar evidências de aprendizagens significativas durante a aplicação de uma UEPS sobre o conteúdo matemático *razões trigonométricas* em alunos do ensino médio.

Sobre o planejamento de materiais de aprendizagem: De forma geral, os mapas conceituais podem atuar junto ao professor no planejamento especializado de currículo e a produção de organizadores avançados no auxílio de aprendizagens significativas.

Segundo Moreira (2013) em termos de significado, a construção de um mapa conceitual promove no conjunto de conhecimento a ser aprendido/ensinado:

[...] 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; (p. 46).

Acreditamos que esses três princípios formam as bases motivacionais de planejamento de qualquer material de aprendizagem que seja direcionado a uma perspectiva de aprendizagem significativa.

Dessa forma, na fase de planejando o princípio da identificação dos conceitos formais e aceitos, identificação de subsunçores e significados prévios devem estar presentes, e esta tarefa pode ser facilitada com a criação de um mapa conceitual.

Sobre mapas conceituais e organizadores prévios: Objetivo de introduzir elementos que favoreçam aprendizagens significativas ao invés de mecânicas. Segundo a teoria de Ausubel (apud MOREIRA, 2013) esses elementos facilitadores podem ser na forma de um organizador prévio:

[...] organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA 2013, p.46).

Não é nosso interesse aprofundar o tema dos organizadores prévios, visto que fugiria de nosso tema inicial, mas o que nos interessa neste momento é destacar a funcionalidade que os mapas conceituais podem ter na pesquisa aplicada a sala de aula.

Acreditamos que com essa discussão até o momento, abrangemos um considerável universo contextual ao qual o tema mapas conceituais pertence, e como esta perspectiva teórica agrega valor à nossa pesquisa.

Em seguida vamos discutir o último conceito que Moreira (2013) destaca na produção de uma UEPS, a utilização de um diagrama V para a clarificação dos processos do pensar (teórico) e do fazer (metodológico) envolvido na questão-foco a qual a UEPS pretende responder.

Sobre o Diagrama V

Segundo Moreira (2013) um diagrama V pode ser usado como instrumento heurístico facilitador de uma aprendizagem significativa. De uma perspectiva epistemológica, por meio de um diagrama V é possível realizar uma análise mais precisa do conhecimento a ser ensinado/aprendido em sala de aula, o autor comenta:

Diagrama V é um instrumento heurístico proposto, originalmente, por D.B. Gowin (1981; Gowin e Alvarez, 2005), para a análise do processo de produção de conhecimento (ou seja, análise das partes desse processo e a maneira como se relacionam) ou para "desempacotar" conhecimentos documentados em artigos de pesquisa, livros, ensaios, etc.. (p.55).

O autor acrescenta ainda que o diagrama V também pode ser entendido com V epistemológico ou Vê de Gowin.

Ainda segundo Moreira (2013) um diagrama V é inspirado nas “cinco questões de Gowin” que constituem uma maneira simples e direta de se analisar a produção de conhecimento e assim se definem:

1. Qual a questão foco?

2. Quais os conceitos-chave?
3. Qual a sequência de passos usados para se resolver a questão foco?
4. Qual o conhecimento produzido?
5. Qual é o valor do conhecimento produzido?

Para Moreira (2013) essas perguntas constituem o embrião das ideias de Gowin ao propor um diagrama na forma de V que represente o processo de interação entre o campo do saber e o do fazer, este diagrama pode ser entendido na forma de um Vê epistemológico:

[...] a forma de V é muito útil porque mostra claramente a produção de conhecimentos como resultante da interação entre dois domínios, um teórico-conceitual e outro metodológico, para responder questões, que são formuladas envolvendo esses dois domínios, a respeito de eventos ou objetos de estudo sobre os quais convergem tais domínios (p.56).

Na figura 4 podemos ver como o diagrama V é aplicado no processo de análise do conhecimento, reforçando novamente a ideia apresentada por Moreira (2013) de um “desempacotador” de conhecimento científico.

Primeiro podemos notar que o diagrama V é composto de três partes essenciais, o domínio teórico (lado esquerdo), metodológico (lado direito) e questão foco (centro).

No centro do diagrama a questão-foco ou situação/problema diz qual é o interesse de estudo do diagrama, dizendo ainda o que em essência está sendo pesquisado.

Ao lado esquerdo do diagrama estão representados aspectos teóricos como filosofia, teoria, princípios e conceitos. Tais aspectos dizem respeito à natureza epistemológica do conhecimento e como este está organizado.

Ao lado direito do diagrama estão representados os aspectos metodológicos associados às asserções de valor, conhecimento e processos metodológicos da questão-foco, como por exemplo, tabelas de dados, gráficos, análises estatísticas e outras formas organizadas de registros.

Ao final do diagrama está o evento ou objeto estudado, e indica o alvo da interação entre os domínios conceituais e metodológicos, ou seja, ao final o evento ou objeto de interesse será interpretado à luz desta interação, observando-se os limites teóricos estabelecidos inicialmente.

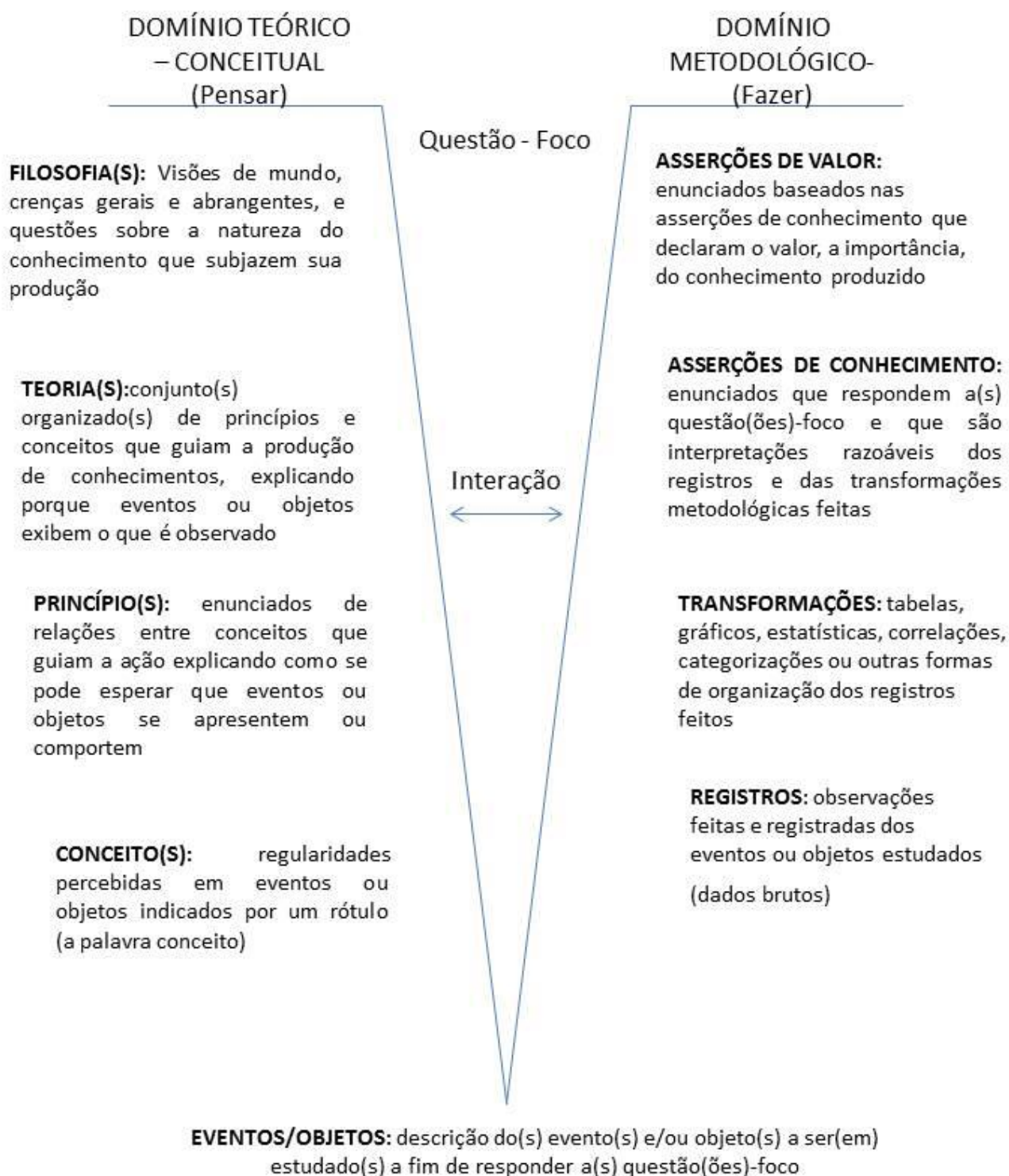


Figura 4: Diagrama V (MOREIRA 2013, p.57)

Entendido a importância de um diagrama V, sua estrutura básica e sua lógica interna, devemos agora voltar nossa discussão sobre os aspectos mais factuais na elaboração de uma UEPS, para isso, Moreira (2013) nos apresenta um diagrama V sobre

o processo de elaboração de uma UEPS. Mais especificamente sobre os elementos constituintes de uma UEPS, apresentamos a seguir uma ideia resumida sobre a elaboração deste diagrama:

- i) Sobre a pergunta-foco de uma UEPS temos:
- Fenômeno de interesse: ensino e aprendizagem.
 - Pergunta-foco: como construir unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental? (MOREIRA 2013, p.71).

É importante ao analisarmos a questão-foco, termos em mente que para Moreira (2013) existe uma diferença entre hipótese e questão-foco. Para Moreira (2013) o conceito de hipótese deve ser observado de forma técnica associado à ideia indutivista da ciência: “Questão-foco não é o mesmo que hipótese. Para Gowin, hipótese é um enunciado técnico do tipo "se...então", ou ainda, "mudando tal condição então acontecerá isso ou aquilo" (p.56).

Já sobre a questão-foco o autor defende a ideia de que deve estar implícito a intenção de organizar e dar sentido ao pensamento que se busca consolidar durante a unidade de ensino.

Questão-foco é uma questão que organiza e dirige o pensamento que dá sentido ao que está sendo feito. Para ele, a formulação e testagem de hipóteses está vinculada ao conhecimento técnico enquanto a busca de respostas a questões-foco leva à produção de conhecimento (MOREIRA 2013, p.56).

- ii) Sobre o domínio conceitual ou o “domínio do pensar” em uma UEPS, podemos assim defini-lo segundo Moreira (2013):
1. **Sobre a filosofia:** O autor parte da ideia de que a única aprendizagem que realmente vale a pena é a significativa, ou seja, só interessante investirmos tempo e esforço em conhecimentos que podem ser relacionados aos conhecimentos prévios dos alunos.
 2. **Sobre a teoria:** O autor se baseia na perspectiva teórica de Ausubel, Novak, Gowin, Vygotsky, Vergnaud, modelos mentais de Johnson-Laird e a aprendizagem significativa crítica de Moreira.
 3. **Princípios:** Moreira (2013) apresenta nove princípios que tratam sobre os conhecimentos prévios dos alunos, a importância de uma interação substantiva entre aluno e material de aprendizagem, valorização de atividades não-

mecânicas de aprendizagem e avaliação com evidências de aprendizagem significativa.

4. **Conceitos:** Moreira (2013) definiu como conceitos a serem observados à aprendizagem significativa, aprendizagem mecânica, negociação de significados, captação de significados, diferenciação progressiva e reintegração conciliadora, mediação, organizadores prévios e aprendizagem crítica.

iii) Sobre o domínio o metodológico ou “domínio do fazer” em UEPS assim podemos definir:

1. **Asserção de Valor:** O maior valor de uma UEPS reside no fato de ser uma sequência didática teoricamente fundamentada e estruturada para ser potencialmente significativa, ou seja, busca-se de modo deliberado uma relação não arbitrária e substancial entre o conhecimento a ser aprendido e a estrutura cognitiva do aprendiz.
2. **Asserção de conhecimento:** Produção de evidências de uma aprendizagem significativa, que contenha capacidade de transferência, organização, estabilidade e clareza entre os conteúdos assimilados.
3. **Transformações:** Uma UEPS deve ser implementada levando-se em conta os princípios de aprendizagem significativa.
4. **Registros:** Devem constar os conhecimentos específicos a serem trabalhadas em situações formais de ensino e produções de alunos durante a unidade.

Dessa forma, acreditamos ter encerrado nossa análise conceitual sobre as unidades de ensino e a relação que existe entre os domínios teóricos e metodológicos na produção e elaboração dos elementos constituintes de uma UEPS.

A seguir apresentaremos uma breve discussão sobre a perspectiva teórica e metodológica presente nas Diretrizes Curriculares do Paraná evidenciando pontos interessantes a nossa pesquisa e que concorde com uma visão significativa da aprendizagem.

2.8 AS DIRETRIZES CURRICULARES ESTADUAIS PARA O ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL.

As Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE)

As Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE) surgiram da cooperação mútua entre os professores da Rede Estadual de Ensino durante os anos de 2004 a 2008, e se apresentam como os fundamentos para o trabalho pedagógico na Rede Pública de ensino até o momento.

Neste período, a Secretaria de Estado e Educação promoveu vários encontros com o objetivo de consultar os núcleos regionais de educação e promover simpósios e semanas de estudos pedagógicos para a elaboração do texto. O resultado foi um documento que expressa os fundamentos teóricos e metodológicos da visão dos professores que colaboraram com a discussão, e representa um marco no encaminhamento metodológico, motivacional e de direção das propostas pedagógicas desenvolvidas nos livros didáticos e em sala de aula a partir de 2008.

O documento é constituído basicamente por três eixos conceituais gerais, e seu objetivo é fundamentar o trabalho pedagógico do professor e contribuir com o fortalecimento da Educação Pública Estadual do Paraná.

O primeiro eixo conceitual que o documento aborda, é sobre as formas históricas de organização curricular e a apresentação de uma proposta curricular para a Rede Pública Estadual.

O enfoque deste eixo conceitual é apresentar uma proposta de currículo com base nas discussões realizadas sobre a dimensão histórica do conhecimento, conteúdos escolares, interdisciplinaridade, contextualização e avaliação.

O segundo eixo conceitual que pode ser identificado no documento, busca privilegiar a discussão sobre a disciplina de formação/atuação do docente, clarificando a relação que existe entre os aspectos históricos de formação do conhecimento e a contextualização dos interesses políticos, econômicos e sociais que interferiam na seleção de tais conhecimentos nas práticas de ensino da educação básica.

E por fim, como terceiro eixo conceitual, o documento apresenta os fundamentos teórico-metodológicos dos conteúdos estruturantes que organizam o trabalho docente na educação básica. O documento ainda apresenta um anexo dos conteúdos considerados básicos para as séries do Ensino Fundamental e Médio, e aconselham que o currículo apresentado deva ser o ponto de partida para a organização das Propostas Pedagógicas Curriculares das escolas da Rede Estadual de Ensino.

Nosso objetivo neste momento é apresentar os principais tópicos abordados nas Diretrizes Curriculares que são relevantes a esta proposta de pesquisa e como se definem.

Iniciaremos com uma breve apresentação do panorama pedagógico trazido pelas Diretrizes Curriculares sobre o Ensino de Física no Brasil, para em seguida apresentarmos a motivação e a proposta de formação do currículo que foi adotado nas

escolas públicas da Rede de Ensino do Estado do Paraná, bem como a importância da figura do professor neste processo.

O trabalho pedagógico

Nosso interesse neste momento, é discutir sobre a prática pedagógica conforme defende as DCEs. Devemos entender seu ponto de partida, seus aspectos gerais e o âmbito no qual ocorre essa aprendizagem, sobre tais características as Diretrizes Curriculares defendem que:

O ponto de partida da prática pedagógica são os conteúdos estruturantes, propostos nestas Diretrizes Curriculares com base na evolução histórica das ideias e dos conceitos da Física. Para isso, os professores devem superar a visão do livro didático como ditador do trabalho pedagógico, bem como a redução do ensino de Física à memorização de modelos, conceitos e definições excessivamente matematizados e tomados como verdades absolutas, como coisas reais (PARANÁ 2008, p.50).

As Diretrizes Curriculares defendem a ideia da necessidade da pesquisa como fonte do conhecimento em sala de aula, dessa forma, o professor ao preparar sua aula, deve-se preocupar com os fundamentos históricos e epistemológicos envolvidos no conteúdo pretendido.

Essa atitude do professor de agregar valor histórico e epistemológico a suas aulas, expande o campo de conhecimento e abrange novas áreas até então desconhecidas pelo aluno.

É importante destacar que as Diretrizes Curriculares valorizam o trabalho do professor na elaboração e preparação do trabalho pedagógico, e o posiciona no centro da aprendizagem do aluno, colocando sob responsabilidade do professor o sujeito, o processo de seleção e socialização dos conteúdos escolares e o processo de avaliação.

Sobre a seleção e abordagem dos conteúdos de ensino, as Diretrizes Curriculares defendem a ideia da necessidade de considerar a sociedade e o contexto histórico em que o conhecimento é produzido. Neste sentido, é trabalho do professor considerar de forma mais geral as teorias científicas a luz de seu tempo, bem como elucidar suas motivações histórico-científicas.

De forma geral, as Diretrizes Curriculares, defendem uma prática pedagógica voltada a produção histórica vinculada a interesses sociais, econômicos, culturais e políticos, e pode ser resumida em questionar três pontos básicos:

1. Quais eram as relações de produção na sociedade onde o conhecimento em estudo foi produzido?
2. Quais ideais predominavam no tempo histórico em que esse conhecimento foi produzido?
3. Como o cientista/pesquisador desenvolveu sua teoria?
4. Que interesses orientam as instituições que apoiam e sustentam a pesquisa?

Portanto, a ideia defendida pelas Diretrizes é que um ensino que esteja ligado ao seu contexto político-econômico, pode auxiliar o educador a apresentar uma visão crítica aos seus alunos e contribuir com a transposição de seus conhecimentos prévios a um conhecimento científico.

As Diretrizes Curriculares defendem a ideia de que o processo de ensino e aprendizagem em ciências, não deve ser visto como algo finalizado e baseado em verdades únicas, mas propõe trazer uma reflexão sobre a forma de como a ciência se aproxima da realidade, e como essa expressa a complexidade do mundo físico. Sobre esta perspectiva de ensino, temos:

Ao preparar sua aula o professor deve ter em vista que a produção científica não é uma cópia fiel do mundo ou da realidade perceptível pelo senso comum, mas uma construção racional, uma aproximação daquilo que se entende ser o comportamento da natureza (PARANÁ 2008, p.56).

Para que o ensino em sala de aula atenda a essa perspectiva metodológica, três pontos-chaves são destacados nas Diretrizes Curriculares: 1. O conhecimento prévio do aluno deve ser valorizado, bem como suas concepções alternativas devem ser relevantes para o caráter inicial da abordagem que será realizada pelo professor em sala de aula. 2. O professor deve valorizar a experimentação, pois dessa forma, estará privilegiando as relações entre os conceitos pretendidos, e proporcionando novas oportunidades de desenvolvimento cognitivo. 3. O rigor matemático deve ceder lugar a uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos, para além de um mero formalismo matemático (embora as Diretrizes reconheçam que este quesito seja indispensável ao estudo da física).

Sobre a defesa dos conhecimentos prévios e sua importância no processo de aprendizagem, as Diretrizes Curriculares defendem a ideia de que a superação do senso

comum para o conhecimento científico contemporâneo depende de uma ruptura entre, o conhecimento científico e aquilo que se pode tocar (ou aquilo que é imediato), visto que a ciência atual é uma construção da realidade.

Esse rompimento tem que começar em relação ao real imediato. Para o senso comum, a realidade é aquilo que pode ser tocado, manejado; mas, para aprender o conhecimento científico atual é necessária a ruptura com essa realidade imediata e adentrar num mundo onde o real é uma construção e não se constitui num mundo dado (PARANÁ 2008, p.56).

Portanto, o professor possui como ponto de partida para o ensino em sala de aula, os conhecimentos prévios de seus alunos, e este deve buscar relacioná-los com os conceitos e princípios físicos que pretende ensinar.

O papel e o ponto de vista do professor no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula ficam bem definidos nas Diretrizes Curriculares quando lemos:

A aprendizagem somente é possível através da interação com o professor, detentor do conhecimento físico. Nestas diretrizes, recoloca-se o professor no centro do trabalho pedagógico como o sujeito indispensável nesse processo (PARANÁ 2008, p.56).

Ressaltam ainda que o ensino resultante deste processo deve ser uma educação científica que seja indispensável à participação política, capacitando-os a uma atuação crítica na sociedade, para além de uma compreensão do funcionamento teórico da disciplina.

Sobre o objetivo desta proposta político pedagógica, assim se definem o âmbito e os aspectos gerais da aprendizagem que é esperada no ensino de física:

Assim, esta proposta político-pedagógica implica que o ensino de física aborde os fenômenos físicos lembrando que suas ferramentas conceituais são as de uma ciência em construção, porém com uma respeitável consistência teórica. É importante compreender, também, a evolução dos sistemas físicos, suas aplicações e suas influências na sociedade, destacando-se a não-neutralidade da produção científica (PARANÁ 2008, p.57).

Nota-se que o âmbito geral na qual esta aprendizagem deve ocorrer, se dá em um contexto de uma ciência em constante mudança, sempre realizando constantes revisões dos conceitos que foram anteriormente aprendidos, com uma notável importância ao registro teórico.

Por fim, os aspectos gerais de aprendizagem que são esperados nesta proposta, estão ligados a fatores políticos no qual o conceito físico-histórico se encontra. A aprendizagem resultante deve ser capaz de relacionar não somente o conceito físico em si, mas incluir as implicações sociais e históricas envolvidas no descobrimento e na aceitação deste princípio físico pela comunidade científica de sua época.

2.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DAS TICS – O CASO DO GEOGEBRA E TRACKER.

As Tecnologias de Informação e Comunicação, conhecidas abreviadamente por TIC, estão sendo coadjuvantes em muitas metodologias didático-pedagógicas para o Ensino de Física e Matemática.

Assim, nossa pesquisa analisou como estão sendo direcionadas e quais são as motivações teóricas que justificam o uso das novas tecnologias em sala de aula.

Como resultado geral, observamos que o uso das TIC se concentram, basicamente na reprodução de um determinado conteúdo ou conceito para alunos ou para a formação de professores em novas metodologias de ensino. Ou seja, as ‘novas tecnologias’ assim como são chamadas, reproduzem as velhas metodologias que enfatizam a reprodução do conteúdo.

Buscando no *google acadêmico* sobre “TIC e ensino de física” selecionamos cinco trabalhos: HERMEL et al., 2018; FILHO et al., 2017; BEZZERA JR. et al. 2012; LEITÃO, TEIXEIRA E ROCHA 2010; MARINHO E POMBO, 2009) que nortearam nossa leitura e análise sobre a motivação entre os pesquisadores no uso das novas tecnologias.

A cronologia de publicação dos artigos foi um parâmetro importante, pois, possibilitou observar se houveram mudanças ou não, no uso e motivações das TIC em sala de aula, por parte dos pesquisadores da área.

Quando analisamos estes artigos e algumas citações deles, constatamos que existe um consenso entre os pesquisadores em defender e valorizar o uso das TIC para as aulas de Ciências.

Para Martinho e Pombo (2009) as TIC contribuem como “[...] um elemento valorizador da prática pedagógica, adicionando mais flexibilidade no conteúdo e diversidade de tratamento e apresentação do mesmo” (p.528). Para estes autores as TIC motivam a aprendizagem dos alunos. Porém, o fato mais preocupante, como apontado

por eles, é a necessidade de uma discussão específica sobre a habilidade (ou não) do professor em manusear tais ferramentas tecnológicas.

[...] a incorporação destas tecnologias nas aulas supõe um desafio para os professores que encontram inúmeras barreiras para a sua utilização. Neste caso, exigiu da professora competência dos materiais necessários e da sala de informática, o que por vezes implicou negociação entre pares (MARTINHO E POMBO, 2009;p. 537).

Sobre essa observação, acreditamos que ambos os lados, tanto professor como aluno, devem ser motivados para desempenharem atividades que utilizem as TIC. Isso se justifica, pois, para se desenvolver atividades que sejam relevantes e dirigidas ao aprendizado em sala de aula, deve haver por parte do professor, certo conhecimento sobre a ferramenta tecnológica que pretende usar e como este deseja relacionar esta ferramenta ao conteúdo pretendido.

A profundidade desta discussão por si só renderia uma nova pesquisa, mas vamos nos ater aos fatos de que existem limitações na implementação de fato das mídias tecnológicas devido à falta de especialização.

Apenas como observação final ao estudo clássico de Martinho e Pombo (2009), sentimos a necessidade de clarificar nossa posição sobre a ideia de que um material de aprendizagem envolvendo novas tecnologias, também deve ser potencialmente significativo, ou seja, acreditamos que é possível desenvolvermos uma prática didática que corresponda a uma perspectiva de aprendizagem significativa.

Acreditamos que de forma ideal, precisamos optar por materiais de aprendizagem tecnológicos que envolvam possibilidades do aluno relacionar seus conhecimentos prévios com o novo material de aprendizagem pretendido em sala de aula, caso isso não seja possível, apenas estaremos reproduzindo um conhecimento de forma mecânica.

Após a leitura dos artigos selecionados, notamos que nossos apontamentos dividiam o uso das TIC em dois grupos de informações distintos em nosso plano de pesquisa:

- *Grupo 1:* Estudos que buscam descrever e discutir novas possibilidades no ensino por meio das TIC. Neste grupo os estudos buscam relatar os fundamentos históricos e metodológicos sobre uma proposta de ensino baseada nas TIC.

- *Grupo 2*: Estudos dirigidos especificamente a produção e elaboração de materiais de aprendizagem por meio da vídeo-análise em sala de aula. Em específico, são trabalhos que discutem o uso do programa Tracker em sala de aula. Os estudos discutem ainda como a vídeo análise pode ser usada nas experimentações e análise de dados por meio do programa Tracker.

Portanto, nos preocupamos em observar, qual é a motivação por parte dos pesquisadores no uso de um determinado recurso tecnológico? Visa *facilitar* o processo de aprendizagem significativa ou não meramente *ilustrar* ou *fazer* com que o aluno apenas *reproduza atividades tecnológicas* sem sentido no computador.

Acreditamos que não é interessante que o aluno apenas reproduza figuras geométricas em um determinado programa de computador, mas que este recurso sirva para *manipular* tais formas e chegar a *novas descobertas*. Como por exemplo, a soma interna de qualquer triângulo é sempre 180° . Ou ainda, o diâmetro de uma circunferência é duas vezes o raio desta circunferência, entre tantas possibilidades de manipulação e descoberta por resolução de problemas.

A pesquisa de Hermel et al. (2018) foi realizada com base nos trabalhos publicados nos anais do XI Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências (XI ENPEC), que por meio de uma análise temática selecionaram 62 trabalhos publicados que contemplaram o tema sobre TIC e o Ensino de Ciências, duas categorias foram identificadas pelos autores, são elas: “O papel das TIC na formação de professores de ciências” e “Estratégias de ensino de ciências e as TIC”.

O objetivo do estudo era apresentar um estado do conhecimento sobre as tecnologias de informação e comunicação na formação docente. Portanto, este estudo se revelou de grande importância para essa pesquisa, pois apresenta uma síntese de vários estudos realizados com ênfase na motivação do uso das TIC como estratégias de ensino.

Neste estudo, os autores defendem a ideia de que a literatura sobre o tema de modo geral, defende uma superação da visão apenas técnica e instrumental, e busca passar a discussão à uma reflexão sobre as potencialidades que podem emergir do contexto de um ensino voltado ao uso das tecnologias de informação (HEMEL et al., 2018).

Ainda, segundo Hemel et al. (2018) os estudos da primeira categoria identificada, apontam para a necessidade de uma melhor articulação entre os conhecimentos a serem abordados e uma melhor compreensão entre as metodologias.

Sobre a segunda categoria analisada por Hamel et al. (2018), os autores classificaram-na como as estratégias que podem ser desenvolvidas para o ensino em sala de aula por meio das TIC. Segundo Hemel et al. (2009), nesta categoria destaca-se a ideia de um ensino voltado as TIC que valorize a participação do aluno.

Os autores defendem novamente a ideia de que tais atividades devem estar de acordo com o conteúdo pretendido, ou seja, deve-se trazer novas oportunidades de exploração do conteúdo em sala de aula por meio do uso das novas tecnologias, possibilitando novos tipos de interação entre alunos e conteúdo pretendido.

Defendemos a ideia de que o professor deve observar que para além do fator empírico das atividades realizadas por meio de programas de computador, está o caráter motivador, tornando a relação entre conteúdo e aluno em algo mais dinâmico e produtivo, com o qual o aluno pode criar e desenvolver e explorar novos modos de abordar os problemas em sala de aula.

Por fim, os autores concluem seu estudo comentando sobre o escasso número de trabalhos publicados que abordam o tema de estratégias em sala de aula utilizando TIC, e ainda, sobre as TICs na formação de professores.

É importante destacar que usaremos os resultados deste estudo para propor e justificar a utilização dos programas *GeoGebra* e *Tracker* em nossa pesquisa.

Sobre o software GeoGebra em sala de aula

Sobre o *software* GeoGebra é gratuito, acessível em (www.geogebra.com) e possibilita o desenvolvimento de atividades que relacionam geometria e álgebra. Foi criado em 2001 pelo austríaco prof. Dr Markus Hohenwarter que buscava desenvolver um software de matemática dinâmica que valoriza a representação gráfica e algébrica de um mesmo objeto matemático (NIEHUES 2013, p. 6).

Segundo o professor Hohenwarter, a contribuição mais notável que o programa fornece, é a possibilidade de uma percepção dupla dos objetos, que pode ser entendida como um dicionário, elementos geométricos podem ser “traduzidos” em linguagem algébrica e vice-versa.

Segundo Niehues (2013):

Esta característica de visualização do que está sendo trabalhado, oportuniza realizar um aspecto fundamental da matemática que é a experimentação, onde o aluno passa a descobrir formas menos triviais de encontrar a solução do problema (p.7).

Acreditamos que com a ferramenta GeoGebra, o professor fica munido da possibilidade de levar o aprendiz à formas mais interessantes de abordagem de um determinado problema. Por meio da visualização geométrica e algébrica do problema, novas oportunidades de interpretação são criadas, agregando-se novos significados à atividade em sala.

Sobre os resultados atingidos com o uso das TIC em sala de aula, na secção 4 apresentamos nossas considerações no uso das novas tecnologias em sala de aula conforme a perspectiva da aprendizagem significativa.

Sobre o software Tracker em sala de aula

O *software* Tracker também é um software livre e pode ser acessado em (www.physlets.org/tracker).

O programa foi desenvolvido pelo professor Douglas Brown da faculdade de Cabrillo College Santa Cruz, Califórnia, EUA.

Trata-se de um software para análise de vídeo, utilizado para o ensino de física e modelagem científica, sua vantagem é que este aplicativo pode ser utilizado em qualquer sistema operacional.

Como vimos anteriormente, alguns estudos definem a vídeo-análise como um importante recurso estratégico de investigação em sala de aula. Pode-se por meio dos recursos disponíveis, proporcionar ao aluno, a oportunidade de interagir de forma significativa com o conteúdo pretendido, investigando e analisando de forma experimental conceitos específicos durante a resolução de problemas.

Este tema será abordado especificamente na seção 3 onde descrevemos na aula 3 duas atividades realizadas em sala da sala, bem como discutimos mais profundamente a relevância do uso deste tipo de tecnologia.

2.10 MODELO PARA O PLANEJAMENTO DO MATERIAL DE INSTRUÇÃO

Para Moreira e Masini (2016) o planejamento da instrução é parte essencial no sucesso de evidenciação de uma aprendizagem significativa em sala de aula. O material de aprendizagem a ser apresentado aos alunos deve ser bem articulado, possuir ideias-âncoras que permitam uma interação entre o que o aluno sabe e o que deve aprender.

Ainda segundo os autores, para Ausubel, o problema central da aprendizagem reside na “aquisição de um corpo organizado de conhecimentos” e ainda acrescenta que

é necessária uma “estabilização de ideias inter-relacionadas” formando uma estrutura bem organizada e estável de conhecimento (p.47).

Dessa forma o problema de aprendizagem em sala de aula se resume na utilização de recursos que “facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo” (p.47).

Devemos destacar que essa constatação nos leva a uma definição mais precisa do trabalho do professor na sala de aula, segundo Moreira e Masini (2016) o professor deverá “[...] auxiliar o aluno a assimilar a estrutura das matérias de ensino e a reorganizar sua própria estrutura cognitiva, mediante a aquisição de novos significados que podem gerar conceitos e princípios” (p.47).

Para Moreira e Masini (2016) o professor pode facilitar a aprendizagem significativa em sala de aula de duas formas: Substantivamente e programaticamente.

De forma geral, os autores defendem a ideia de que a aprendizagem significativa pode ser melhor evidenciada quando atributos relevantes da estrutura de conhecimento que se pretende assimilar, são manipulados de forma deliberada, buscando-se uma visão hierárquica e de significado entre as partes.

Contribuição Substantiva: Com o propósito de organização e de integração do material de aprendizagem, o professor deve buscar conceitos e proposições unificadores de uma disciplina, deve ainda valorizar os conceitos que possuem maior poder de inclusividade, ou ainda, destacar os tópicos da disciplina que possuam maior relevância a temas interdisciplinares.

É importante neste tipo de manipulação destacar as ideias básicas, os conceitos que definem de forma simples o que se pretende estudar, visando não sobrecarregar o aluno com formalismos desnecessários nesta etapa de aprendizagem.

Deve-se ainda privilegiar temas de integração e unificação do assunto em diversos níveis, descendo e subindo no sentido de diferenciação da matéria.

Contribuição Programática: O professor deve empregar princípios programáticos adequados à ordenação da disciplina em sala, privilegiando uma ordem interna, estabelecendo organização e lógica, além de incluir exemplos e exercícios adequados e motivadores.

Segundo Moreira e Masini (2016) para se planejar uma instrução conforme a proposta ausubeliana, a primeira e mais difícil etapa a se conquistar seria esta etapa de identificação e manipulação adequada do conteúdo estruturando de uma disciplina. Os

autores ainda acrescentam que, uma vez superado este obstáculo inicial, deve-se partir para outros aspectos na produção da instrução desejada, como sendo, o arranjo-sequencial das unidades componentes, produção de mapas conceituais e elaboração de organizadores avançados.

Os princípios básicos à programação do conteúdo na visão ausbeliana

De forma geral, Moreia e Masini (2016) definem quatro princípios que definem uma instrução na visão ausbeliana, são eles: Diferenciação progressiva, reintegração integrativa, organização sequencial e consolidação.

Sobre os conceitos de diferenciação progressiva e reintegração integrativa já foram abordados, vamos comentar brevemente sobre os princípios de organização e consolidação.

Quando à organização sequencial a ideia é privilegiar a disponibilidade de ideias-âncoras relevantes na instrução verbal e de aprendizagem por recepção, segundo os autores isso pode ser feito tirando-se proveito da dependência natural que alguns conceitos possuem dentro da disciplina, onde a compreensão de um fato depende de outro mais geral ou mais específico.

Já sobre a consolidação os autores argumentam que Ausubel defendia uma posição de necessidade de se chegar a maestria do que se está aprendendo. Segundo os autores essa maestria deve ser buscada antes da apresentação de novos materiais. De forma geral, não se passa para “frente” no aprendizado sem aprender o de “agora!”.

Neste modelo, a instrução é planejada levando-se em conta os diversos conceitos e recomendações que foram destacados durante esta seção. Segundo esse modelo, primeiramente identificamos os conceitos e relações de hierarquia entre os temas de física pretendidos no experimento de lançamento de foguete PET, buscando evidenciar uma ordem descendente de inclusividade, tanto entre as unidades como dentro de cada uma delas.

Em particular, nosso intuito era tirar vantagem das dependências naturais e sequências entre os tópicos do lançamento de foguetes, buscando promover o princípio da Diferenciação Progressiva, elaborando atividades que demandam esforços na exploração entre os conceitos pretendidos e reorganização conceitual.

Para Moreira e Masini (2016)

[...] esses princípios programáticos organizacionais destinam-se a tornar os materiais instrucionais potencialmente significativos para os aprendizes, e organizadores prévios devem ser usados sempre que necessário (p.50).

De forma mais específica na figura 5 pode ser visto um plano de produção de uma instrução na visão ausbeliana da aprendizagem significativa de uma instrução.

Neste plano, podemos observar o sentido de produção e os aspectos envolvidos em cada etapa de produção. Na seção 3 daremos detalhes da produção da sequência didática desenvolvida para esta pesquisa com base neste modelo.

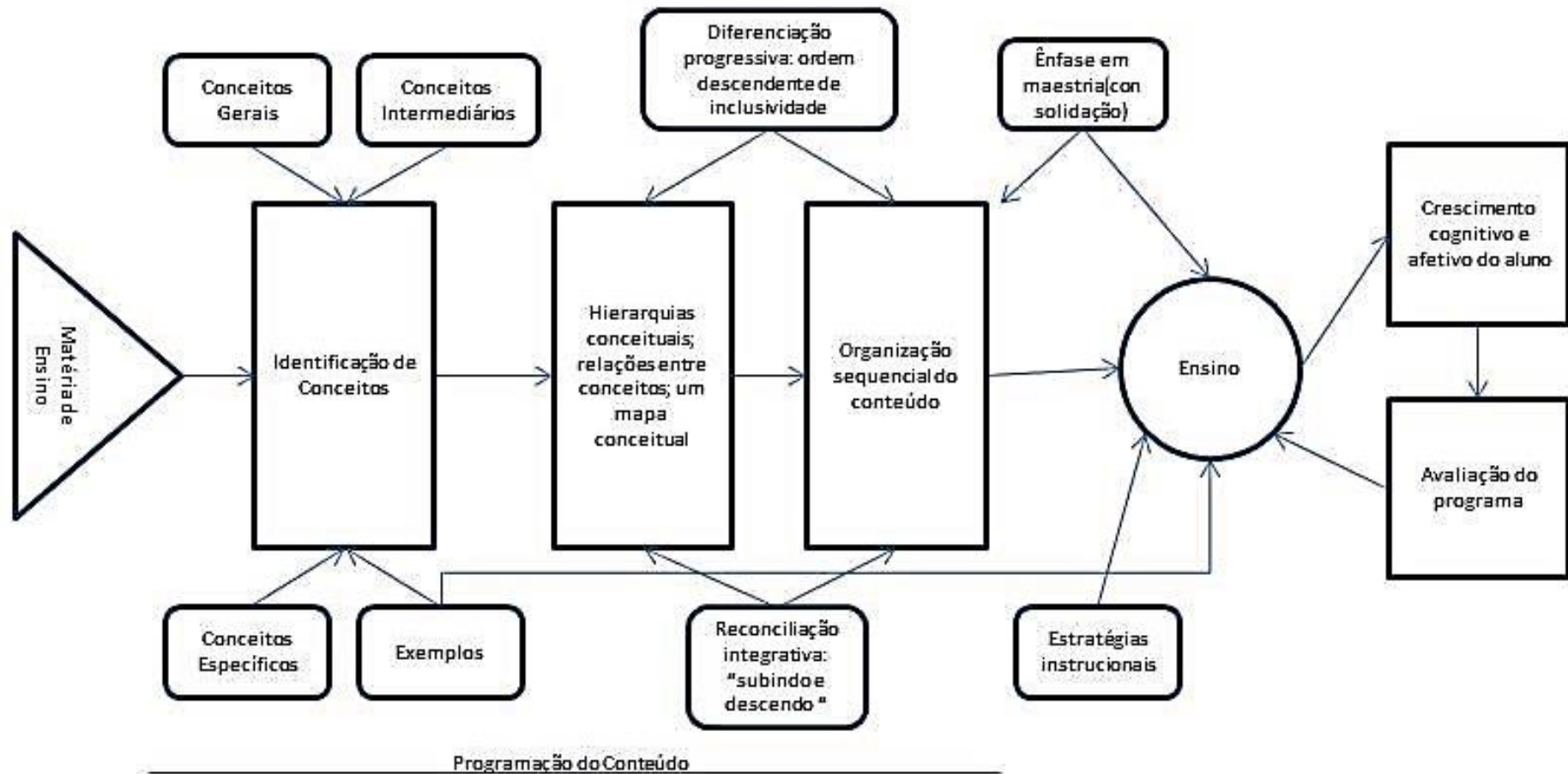


Figura 5: Plano de elaboração de uma instrução na visão ausubeliana conforme visto em Moreira e Masini (2016)

3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Frente à questão abordada por esta pesquisa, consideramos a abordagem metodológica qualitativa de carácter interpretativo, como sendo a mais adequada para a coleta e tratamento dos dados desta pesquisa. Os sujeitos da investigação foram alunos do 8^o ano (Turma A) do Ensino Fundamental de uma escola da rede privada do município de Nova Londrina –PR. As aulas ocorreram no período matutino nos dias 24 a 26 de abril e dias 02 e 03 de Maio de 2018, participaram 15 alunos com idades entre 12 e 13 anos e foram realizadas 5 aulas de 50 min no total.

Com os alunos dessa classe, foi desenvolvida uma sequência didática a partir do tema “Lançamento de Foguetes PET”, por acreditar que se trata de uma temática de interesse motivacional por parte dos alunos. Acreditamos ainda que a temática contemplava diversas áreas do conhecimento científico, e que poderiam ser utilizadas de maneira significativa no ensino/aprendizagem de conceitos físicos e matemáticos relacionados ao currículo escolar específico de Ciências no oitavo ano do Ensino Fundamental.

Vale destacar ainda que a temática possui uma ampla interdisciplinaridade, favorecendo o desenvolvimento de capacidades e atitudes necessárias a esta fase de aprendizagem.

Os dados da pesquisa foram produzidos durante o desenvolvimento da sequência didática com o uso dos seguintes instrumentos: observação e registro de sala do professor, gravação em áudio do relato dos alunos, registros escritos dos alunos, e testes de diagnósticos em sala.

As gravações foram transcritas nos comentários sobre a resolução das atividades propostas em sala, foi ainda elaborado um protocolo de observação participante, tomado como referência de Moreira e Caleffe (2008). Esse protocolo foi utilizado pelo professor para anotações descritivas e reflexões sobre êxitos e fracassos com o planejamento da sequência didática.

A análise dos dados foi formalizada após a realização da unidade de ensino, agregando ainda intervenções e modificações do professor durante o período de aulas. Buscou-se no referencial de Ausubel (2002) e Moreira e Masini (2016) o aporte teórico para as reflexões a partir de conceitos como: Aprendizagem Significativa, Diferenciação Progressiva, Reintegração Conciliadora e mapa conceitual.

3.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DIDÁTICO.

Com base no modelo proposto e discutido na seção 2.9, apresentamos no quadro 1, o encaminhamento metodológico obedecido por esta pesquisa. Constatamos na tabela 1 as etapas do processo pedagógico definido por esta pesquisa, as fases do desenvolvimento da pesquisa, os objetivos individuais de cada etapa perseguida e por fim, a perspectiva teórica conforme a teoria de Ausubel em cada momento.

Resumidamente a primeira etapa diz respeito ao registro e análise dos conhecimentos prévios dos alunos em sala de aula, buscando evidenciar se existia a possibilidade de uma interação significativa ou entre os conhecimentos prévios dos alunos e os conceitos básicos que se pretendia ensinar.

Na segunda etapa apresentamos alguns conceitos físicos importantes à compreensão do experimento de lançamento do foguete PET.

Na terceira etapa nosso objetivo foi preparar a primeira síntese do aluno poderia realizar, nesta etapa reorganizamos os conceitos aprendidos de forma mais clara e objetiva, para que por fim, na quarta e última etapa da pesquisa, fosse finalizado o registro dos dados e o mapa conceitual resultante da sequência didática.

A seguir descrevemos com detalhes as etapas, aulas, objetivos específicos de cada momento de produção dos dados em sala de aula e a perspectiva teórica contemplada.

Etapa 1

No quadro 1 descrevemos as etapas seguidas por esta pesquisa na elaboração da primeira aula da sequência didática planejada. Apresentamos os conteúdos ministrados, objetivos específicos desta aula e a perspectiva teórica adotada.

Etapa do Processo Pedagógico	Análise e coleta dos Conhecimentos gerais e iniciais do aluno.
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> • Formação das equipes de trabalho para lançamento e coleta dos dados. • Primeiras instruções de lançamento do foguete e sobre captura de vídeo para análise em Tracker. • Primeiras instruções sobre coleta de dados do lançamento. • Apresentar exemplos de análise de vídeos em Tracker. • Apresentar simulações em GeoGebra.

	<p>PARTE 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introdução e análise sobre os conhecimentos prévios dos alunos relacionados a: <ol style="list-style-type: none"> 1. Movimento 2. Referencial 3. Trajetória <p>PARTE 2:</p> <p>Lançamento do foguete PET e coleta dos dados.</p>
Objetivos específicos desta aula:	<p>Neste primeiro encontro pretendia-se construir os primeiros conceitos sobre o lançamento do foguete e ainda preparar os elementos mais essenciais para a análise posterior dos resultados do lançamento do foguete.</p> <p>Este primeiro encontro pode ser iniciado com uma oficina sobre mapas conceituais com vários exemplos e a construção de um mapa conceitual de tema livre ou escolhido com o professor para a explicação das principais ideias e objetivos de um mapa conceitual.</p> <p>Apresentamos os primeiros exemplos de análise de vídeo com Tracker e simulações em GeoGebra bem como os equipamentos que foram usados no dia do lançamento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Base de Lançamento. 2. Bomba de Pneu de Bicicleta. 3. Fita métrica. 4. Foguete PET. <p>Os primeiros conceitos que foram introduzidos na discussão do tema sobre cinemática foram Movimento, Referencial e Trajetória.</p> <p>Como organizador avançado apresentamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma breve abordagem sobre espaçomodelismo • Dois vídeos relevantes à prática de lançamento de foguetes de água: Vídeo do record mundial de lançamento de foguetes de água e uma seleção dos melhores vídeos do canal <i>Air Comand</i> na plataforma YouTube. • Vídeo sobre movimento e referencial do canal Ponto Azul da plataforma YouTube. <p>Nesta aula clarificamos ao aluno sobre as etapas do voo do foguete de água e seu lançamento. E verificar se existia ou não conceitos potencialmente significativos em relação aos conceitos de referencial e trajetória.</p> <p>Por meio do estudo do vídeo sobre o voo em parábola, foi possível introduzirmos os primeiros conceitos de posição,</p>

	<p>deslocamento, altura máxima da trajetória e trajetória em arco de parábola.</p> <p>Buscamos através da análise de vídeo no software Tracker demonstrar os conceitos em cinemática de posição e sua representação em coordenadas cartesianas bidimensionais.</p> <p>A aula se encerra com a demonstração em Geogebra do mesmo experimento, porém, agora de forma específica, pois agora poderemos representar de forma mais direta e específica sobre o plano cartesiano os conceitos de: Ponto material, posição inicial, posição final, alcance e velocidade inicial de lançamento.</p>
Perspectiva Teórica	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar os termos desconhecidos. • Evidenciar os conhecimentos pessoais a respeito do experimento. • Fornecer os subsunçores necessários iniciais.

Quadro 1: Do processo pedagógico no planejamento da unidade de ensino, primeira etapa.

Etapa 2

No Quadro 2 descrevemos as etapas seguidas por esta pesquisa na elaboração da segunda aula da sequência didática planejada. Apresentamos os conteúdos ministrados, objetivos específicos desta aula e a perspectiva teórica adotada.

Etapa do Processo Pedagógico:	Finalização da análise dos conhecimentos prévios.
Aula 2	<p>PARTE 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa conceitual sobre os conceitos de cinemática estudados nesta aula. • Atividade investigativa sobre o conceito de ação e reação do foguete. • Introdução ao estudo de referencial de um movimento. <p>PARTE 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O voo em parábola 2. A trajetória oblíqua e o plano cartesiano 3. Estudo da relação que existe entre ângulo de lançamento e alcance. <p>PARTE 3 Demonstração em Geogebra: Lançamento Horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trajetórias e o Plano Cartesiano • Trajetórias em coordenadas cartesianas de um ponto material.

	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo sobre tipos de trajetória: Retilínea Curvilínea Elíptica Parabólica
Objetivos específicos desta aula	<p>A aula se iniciou com um estudo investigativo sobre a relação entre ângulo de lançamento e alcance. Neste estudo o aluno atuou de duas formas, primeiro o aluno foi apresentado ao problema do ângulo de lançamento, e o pesquisador buscou levar o aluno a perceber que esta relação não é do tipo diretamente proporcional e que existe um ângulo com alcance máximo que é o ângulo de 45°.</p> <p>Em seguida o aluno foi convidado a participar de forma direta a interagir com o experimento. Neste momento o aluno pode experimentar e analisar de forma pessoal este tipo de relação por meio de uma demonstração usado um jogo produzido em GeoGebra especificamente para este momento. O jogo foi planejado para ser um tiro ao alvo em parábola, e buscava demonstrar que existe uma grande dificuldade em se acertar o alvo quando não conhecemos a trajetória do objetivo lançado, de forma geral, a atividade busca apresentar ao aluno a importância de se conhecer a trajetória de um lançamento balístico.</p> <p>Em seguida foi apresentado ao aluno as chamadas figuras de Lissajous que serão simuladas em Geogebra. O objetivo desta atividade é levar ao aluno perceber que é possível utilizarmos o plano cartesiano como referência de um movimento. Neste caso o pesquisador chamou a atenção de que a trajetória descrita por um ponto material no plano cartesiano é descrito por um par coordenado (x,y).</p> <p>Em seguida apresentamos a simulação em Geogebra do lançamento de uma carga por um avião. Esta simulação reproduz o clássico exercício de descrição da trajetória em arco de parábola e retilínea do lançamento horizontal dependendo do referencial adotado.</p> <p>Apresentamos ainda uma análise de vídeo do experimento chamado de carro de Howitzer, onde buscamos demonstrar ao aluno a possibilidade de uma decomposição do movimento em uma componente vertical e uma componente horizontal.</p> <p>A aula se encerra as atividades relacionadas aos conceitos de distância e deslocamento.</p>
Perspectiva Teórica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organizadores avançados 2. Valorização dos conceitos potencialmente significativos relacionados ao lançamento de foguetes

	PET para futura diferenciação na sequência didática.
--	--

Quadro 2: Do processo pedagógico no planejamento da unidade de ensino, segunda etapa.

Etapa 3

No Quadro 3 descrevemos as etapas seguidas por esta pesquisa na elaboração da terceira aula da sequência didática planejada. Apresentamos os conteúdos ministrados, objetivos específicos desta aula e a perspectiva teórica adotada.

Etapa do Processo pedagógico	Início do processo de Diferenciação Progressiva
Aula 3	<p>PARTE 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de trajetória e movimento bidimensional , revisão e aprofundamento. • O carro de Howitzer <p>PARTE 2</p> <p>Exercícios sobre deslocamento, distância e Posição.</p>
Objetivos específicos desta aula	<p>Nesta etapa da sequência didática, pretendíamos investigar se existem subsunçores diferenciados em relação ao conceito de decomposição vetorial do movimento. Desejávamos também investigar se para nossos alunos é significativo a ideia de se decompor um movimento em duas componentes: Uma horizontal e outra vertical. Para isso aplicamos uma simulação em GeoGebra do lançamento de uma caixa por um avião e ainda comparamos com a análise de vídeo do experimento do carro de Howitzer.</p> <p>Objetivo desta atividade é evidenciar se é vantajoso do ponto de vista teórico da diferenciação de Ausubel, introduzirmos aspectos da decomposição de movimento de Galileu e sua aplicação para o movimento balístico.</p>
Perspectiva Teórica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continuar o processo de diferenciação progressiva, partindo para aspectos mais factuais como a decomposição do movimento de Galileu. 2. Desenvolver a ideia de consolidação e maestria do conhecimento pretendido.

Quadro 3: Do processo pedagógico no planejamento da unidade de ensino, terceira etapa.

Etapa 4

No Quadro 4 descrevemos as etapas seguidas por esta pesquisa na elaboração da quarta aula da sequência didática planejada. Apresentamos os conteúdos ministrados, objetivos específicos desta aula e a perspectiva teórica adotada.

Etapa do processo pedagógico	Processo de Reintegração Conciliadora e produção do mapa conceitual final
Aula 4	<p>PARTE 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retomada dos principais conceitos relacionados ao lançamento do dia anterior e a ampliação do mapa conceitual de cinemática construído na segunda aula. O mapa deverá ser ampliado no sentido de acrescentar as novas informações relacionadas ao experimento do lançamento do foguete. <p>PARTE 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Apresentação do problema de pesquisa.</i> <p>Realizar a elaboração do mapa conceitual com todas as informações reunidas durante a sequência didática.</p>
Objetivos específicos desta aula	<p>Neste encontro realizamos a versão final do mapa conceitual que foi construído anteriormente na aula 2, porém agora, solicitamos aos alunos para que reúnam as informações adicionais obtidas durante a sequência didática e ampliem o mapa conceitual inicial.</p> <p>Nosso objetivo foi obter após a ampliação dos mapas, evidências de uma evolução ou não-evolução do aluno durante o desenvolvimento da sequência didática sobre os conteúdos pretendidos.</p>
Perspectiva Teórica	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender os enunciados. • Elaborar explicações para: Trajetória, ponto de máximo da trajetória e equação horário do deslocamento em relação ao eixo x do plano cartesiano. • Selecionar explicações • Identificar falhas e limitações nas soluções até então estabelecidas

Quadro 4: Do processo pedagógico no planejamento da unidade de ensino, etapa 4.

Os quadros 1, 2, 3 e 4 representam todo o conteúdo que pretendíamos aplicar em sala de aula devidamente sequenciado e planejado. Com base neste planejamento didático e seguindo as instruções de Moreira (2013) apresentadas na seção 2.9, apresentamos a seguir, nossa proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa com base no planejamento acima apresentado.

3.2 SOBRE A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PRODUZIDA PARA ESTA PESQUISA.

Conforme visto anteriormente, devemos ter claro em nossa proposta, quais são nossos objetivos e etapas a serem cumpridas por nossos alunos em sala de aula, de forma resumida apresentamos na figura 6 uma visão geral do processo planejado para esta unidade de ensino.

Inicialmente, o planejamento da unidade de ensino deve privilegiar os conhecimentos prévios dos alunos sobre temas relacionados ao experimento de foguete de forma direta ou indireta.

Neste momento inicial busca-se uma primeira aproximação que representa aquilo que o aluno “já sabe” sobre o experimento de lançamento de foguetes. Esta etapa é definida pelo conhecimento espontâneo do aluno e como este entende e compreende o problema.

A segunda do planejamento é caracterizada pelo conhecimento cientificamente estruturado, ou seja, inicia-se um processo de apresentação, assimilação e consolidação de conceitos e físicos cientificamente aceitos no lançamento de foguetes. Neste momento o pesquisador deverá questionar se o que foi definido para ser levado à sala de aula está de acordo com o que está estabelecido teoricamente e é conhecido pela comunidade científica.

Nesta fase do processo de aprendizagem, o professor deve atentar-se que o objetivo agora é reorganizar e reestruturar aquele conhecimento prévio de forma mais precisa, clara e coerente com o conhecimento científico da disciplina.

Ao final desta etapa inicia-se o processo de busca por uma primeira síntese entre o que o aluno sabe e o conhecimento apresentado pelo professor. Essa etapa foi nesta pesquisa como a *primeira síntese do aluno*, que representa uma aproximação intencional do aluno sobre o tema no qual está trabalhando.

Neste sentido, o aluno deve ser levado a realizar uma apresentação daquilo que foi capaz de assimilar até o momento presente da unidade de ensino. Encerrado esta terceira etapa, inicia-se a etapa definida por Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2016) como sendo a busca pela maestria ou consolidação do conhecimento ou habilidade pretendida.

Todas etapas apresentadas anteriormente podem ser vistas na figura 6 onde representamos todo o processo de aprendizagem de aprendizagem significativa conforme Moreira (2013).

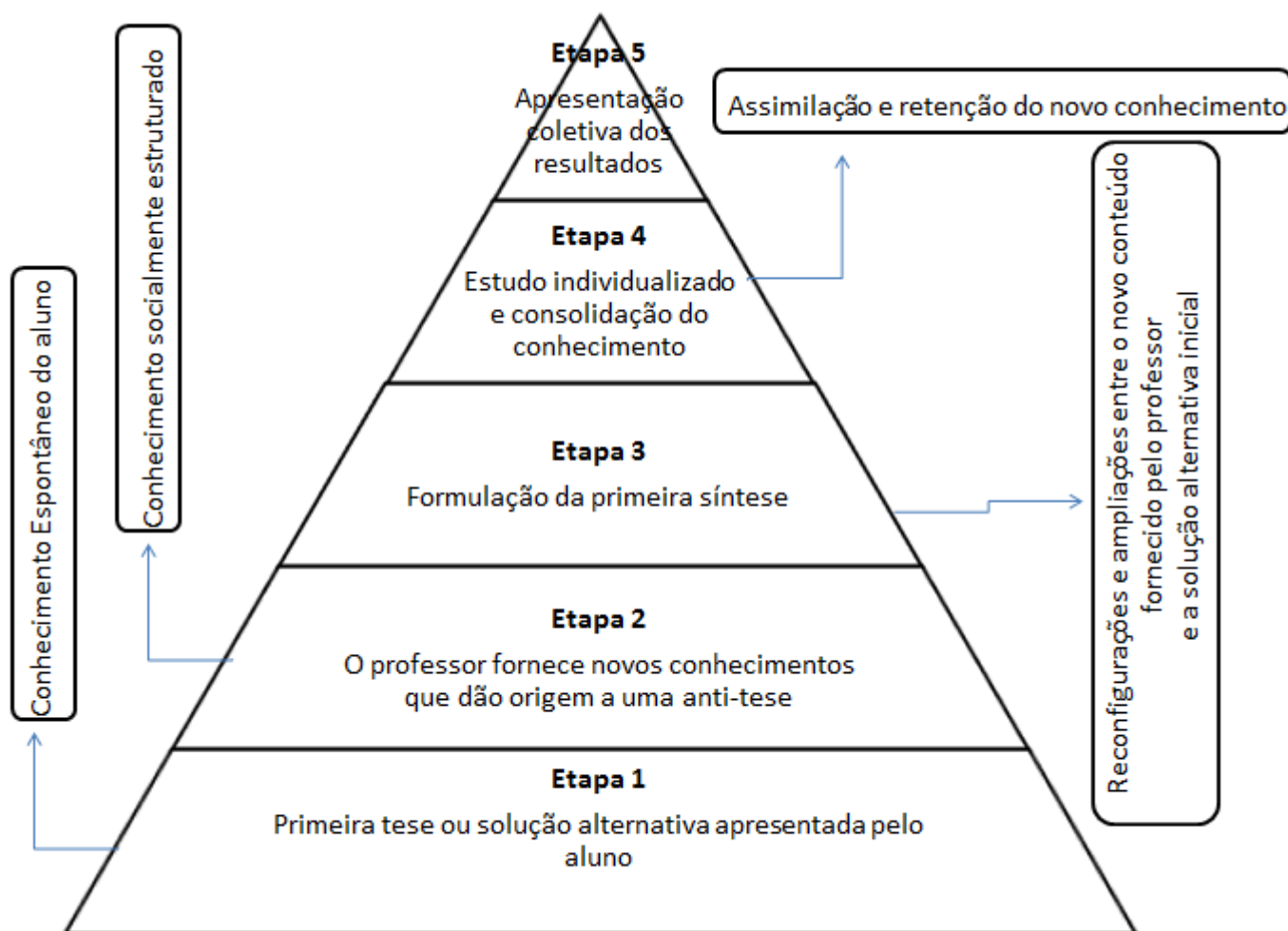


Figura 6: Etapas do processo pedagógico na perspectiva Teórica da Aprendizagem Significativa

A estrutura básica proposta por Moreira (2013) para uma UEPS no ensino de física pode ser entendida como:

1. Objetivo
2. Sequência da unidade didática
 - 2.1 Sequência inicial
 - 2.2 Situações-Problemas iniciais
3. Aprofundamento do conhecimento
4. Novas situações
5. Diferenciando progressivamente
6. Avaliação
 - 6.1 Avaliação da UEPS

Inspirado neste modelo e com base nos princípios discutidos na seção 2.9, apresentamos no Quadro 5 nossa proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa desenvolvida em torno do experimento de lançamento de foguete PET.

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
Nome: A Física no lançamento de foguetes PET
Autor: Demétrio Aquino Torgan
Data: 03/04/2019
Local: Colégio Santo Agostinho / Nova Londrina – PR
Série: 8 ^o ano
Duração: 4 aulas
Participantes: 15 alunos
Objetivo: Facilitar a aquisição de significados de conceitos básicos de Cinemática Escalar aplicada ao experimento de lançamento de foguete.
<p>1. Sequência da Unidade didática:</p> <p>De forma geral, a unidade será composta por três etapas, na primeira etapa, a unidade buscará descobrir e organizar os conhecimentos prévios dos alunos sobre foguetes PET e conceitos básicos sobre cinemática escalar. Na segunda etapa, o professor irá aprofundar o conhecimento por meio de novas situações, buscando ampliações de significados e reorganizando o novo conhecimento que está sendo assimilado.</p> <p>Nesta etapa irá se privilegiar a abordagem do problema do lançamento oblíquo com novas situações, buscando-se associações e transferências dos conhecimentos aprendidos até o momento de maneira significativa.</p> <p>E por fim, a última etapa destina-se à avaliação da UEPS como um todo, neste momento o professor deverá demandar esforço em recuperar e reintegrar o material de aprendizagem, destacando a relação que existe entre os principais conceitos estudados. A avaliação será por meio de um mapa conceitual, onde o aluno deverá produzi-lo levando-se em conta todos os conceitos aprendidos durante a unidade de ensino. O método avaliativo será conforme apresentado por Ribeiro, Souza e Moreira (2018) e planejado conforme Moreira e Masini (2016) conforme detalhado anteriormente.</p> <p>2. Situação inicial</p> <p>Na primeira etapa da sequência didática, buscamos privilegiar a versão pessoal do aluno sobre uma possível solução ao problema da trajetória do foguete PET, neste momento o professor buscará usar e valorizar todo o conhecimento prévio disponível na estrutura cognitiva do aluno buscando leva-lo a formular uma <i>primeira tese</i> ou <i>primeira aproximação</i> da solução do problema proposto.</p> <p>Os problemas a serem resolvidos inicialmente pelos alunos serão:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Após realizar o lançamento do foguete, como você faria para mostrar para alguém que não viu o experimento a trajetória do foguete durante o voo? 2) Indique no desenho que você fez no item anterior o ponto mais alto da trajetória do foguete durante o voo. 3) Existe alguma relação matemática entre a pressão de lançamento do foguete e o alcance atingido?

3. Situações- problemas iniciais

Atividades:

1. Apresentação do mecanismo de lançamento: Base de lançamento, bomba de pneu de bicicleta e o foguete de garrafa PET.
2. Breve apresentação sobre a modalidade de espaço modelismo.
3. Vídeo sobre o recorde mundial de lançamento de foguetes de água.
4. Vídeo motivacional sobre o lançamento de foguete de água dos pesquisadores da *Air Command*.
5. Investigação inicial sobre o uso dos conceitos *ação* e *reação* no entendimento pessoal dos alunos sobre o uso destes termos na explicação do experimento de lançamento do foguete.
6. Avaliação dos conhecimentos prévios sobre Cinemática Escalar:
 - i) Referencial
 - ii) Trajetória de um ponto material
7. Vídeo sobre o voo em parábola e atividade de investigação sobre os conhecimentos prévios de:
 - i) Trajetória Parabólica
 - ii) Leitura de gráfico

4. Diferenciando progressivamente-

Encerrado o primeiro momento de abordagem dos conhecimentos prévios é necessário diferenciarmos para elementos mais específicos para o estudo da física envolvida no lançamento de foguetes.

Neste momento o professor buscará diferenciar os conceitos de trajetória, movimento bidimensional, trajetória balística, posição, plano cartesiano como referencial de um movimento, deslocamento, distância e equação horária da trajetória.

Processo de diferenciação: O professor parte de conceitos mais gerais e abstratos de trajetória para definir os tipos de trajetórias, acreditamos que o ideal seria trajetória retilínea, trajetória em arco-de-parábola, trajetória curvilínea e circular. Em seguida investigaremos a estabilidade do subsunçor trajetória sobre a trajetória em arco-de-parábola para diferenciarmos os elementos factuais do lançamento balístico. Decidimos acrescentar a atividade em análise de vídeo para reorganizarmos o conceito trajetória e os elementos factuais do lançamento balístico como altura máxima, deslocamento e velocidade tangencial.

Devemos agora nos ater que devido à especificidade do problema de pesquisa que encaramos, surgem dois caminhos de diferenciação possíveis, um para os elementos específicos do movimento na direção vertical, e neste caso, necessitaríamos usar recursos matemáticos que nossos alunos desconhecem, e a segunda opção seria diferenciar para os elementos mais factuais e específicos do movimento na direção horizontal, ao qual de fato dedicaremos nosso esforço daqui em diante. Tratamos desse tema com mais detalhes em nosso encaminhamento metodológico.

Na figura 7 apresentamos o mapa conceitual que expressa o processo de diferenciação descrito acima.

Atividades nesta etapa:

1. Tipos de Trajetória e Movimento Bidimensional: Atividade em GeoGebra.
2. Atividade investigativa sobre o subsunçor trajetória parabólica: Atividade em GeoGebra.

Aprofundando os conhecimentos:

3. Estudo sobre o carro de Howitzer: Atividade em Tracker

4. Deslocamento, Distância e Posição.
5. O plano cartesiano como referencial de um movimento: Atividade em Tracker do Lançamento horizontal.

5. Avaliação individual

Neste momento o professor dedicará toda esta aula para retomar os principais tópicos envolvidos durante a unidade de ensino, esclarecer dúvidas, elucidar novas associações, criar oportunidades de apresentação de sugestões de associações, e apresentar um mapa conceitual dos conceitos físicos e matemáticos envolvidos no experimento do lançamento de foguete. Apresentamos na figura 9 o mapa que será apresentado aos alunos.

6. Avaliação da UEPS

Será realizado nesta etapa, uma avaliação individual na forma de mapa conceitual através de livre associação com auxílio se necessário do professor, sobre os conceitos envolvidos durante a sequência didática. Como comando da atividade, o professor fornecerá sete conceitos chaves para durante a sequência didática com um todo, e então os alunos deverão ligar e ampliar os conceitos fornecidos com novos conceitos aprendidos. Os conceitos fornecidos serão:

1. Cinemática
2. Física
3. Plano Cartesiano
4. Movimento
5. Referencial
6. Trajetória
7. Lançamento

Conforme definido anteriormente, os resultados serão analisados conforme a metodologia de apresentada em Moreira (2013).

7. Diagramas da UEPS

A fim de cumprir com o que solicita Moreira (2013) como requisito na elaboração de uma UEPS, apresentamos nas figuras 7 e 8 os mapas conceituais que serão usados na elaboração e finalização da UEPS.

8. Avaliação

Nosso modelo avaliativo foi inspirado em Ribeiro, Souza e Moreira (2008) que usaram a produção de dois mapas conceituais um inicial e outro final para realizar uma análise de evolução conceitual em relação a quantidade de conceitos usados, ligações entre os conceitos, exemplos e hierarquias utilizadas.

Levaremos também em consideração a produção individual dos alunos ao longo do desenvolvimento da UEPS, realizando uma avaliação somativa.

Para avaliarmos os mapas conceituais produzidos, usaremos a fórmula:

$$Q_M = \frac{1}{9}(Q_C + 5Q_H + 2Q_L + Q_E)$$

Onde QM representa o score final obtido pelo aluno com a produção do mapa conceitual; QC representa a quantidade de conceitos válidos; QH a quantidade de hierarquias utilizadas; QL quantidade de ligações cruzadas e; QE quantidade de exemplos utilizados.

Os resultados serão avaliados com base nos conceitos potencialmente significativos relacionados ao tema e podem ser vistos na figura 9 e 10.

Com base neste escore inicial e final dos mapas conceituais produzidos pelos alunos, obtemos o que chamamos de coeficiente de evolução conceitual ΔQ , representa a evolução observada na produção dos mapas conceituais.

E por meio destes dados realizaremos uma análise qualitativa sobre os resultados atingidos, levando em consideração aspectos individuais e gerais na UEPS realizada.

Quadro 5: Roteiro da UEPS desenvolvida nesta pesquisa.

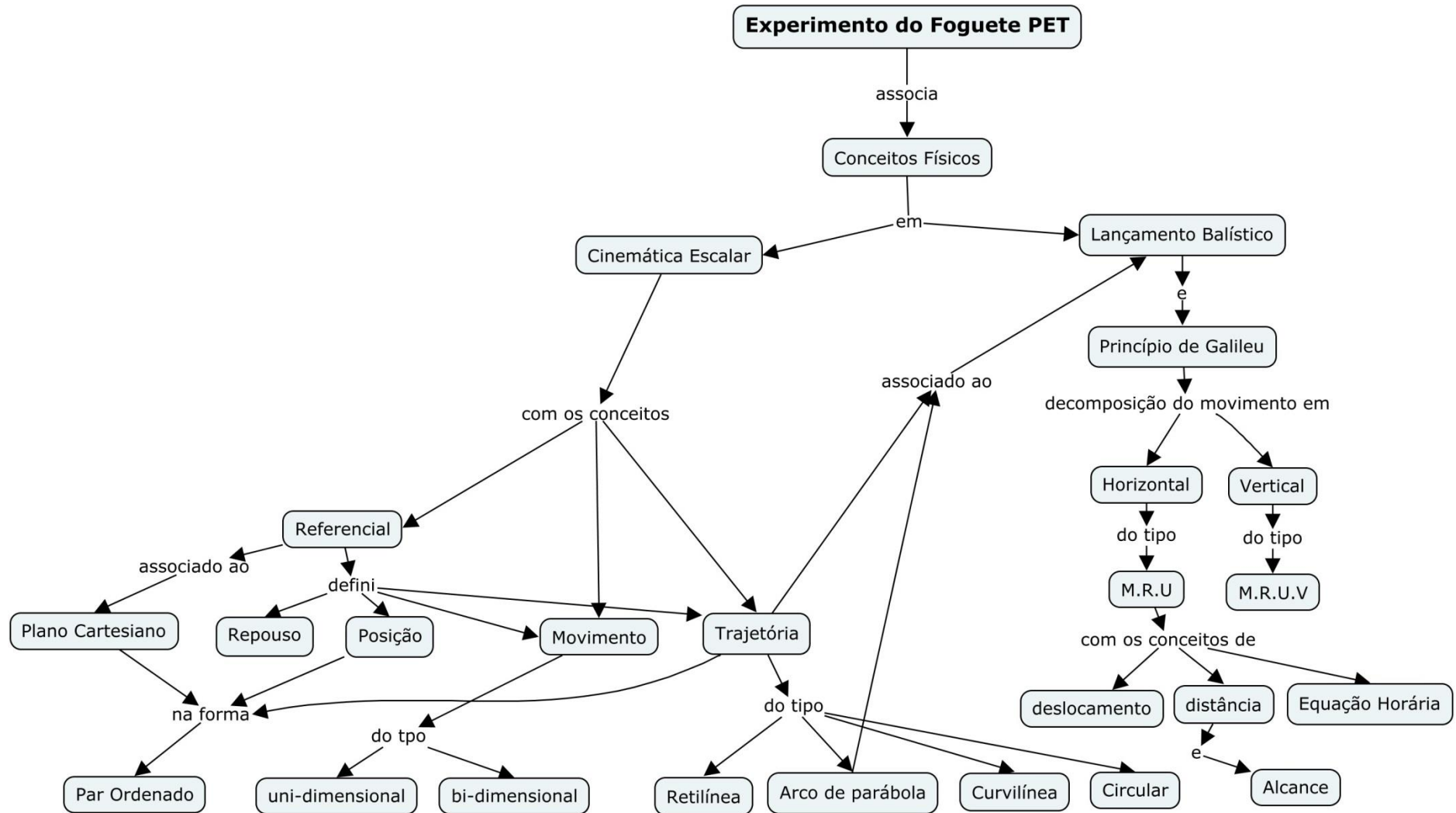


Figura 7: Processo de Diferenciação e Reintegração. Fonte: O autor.

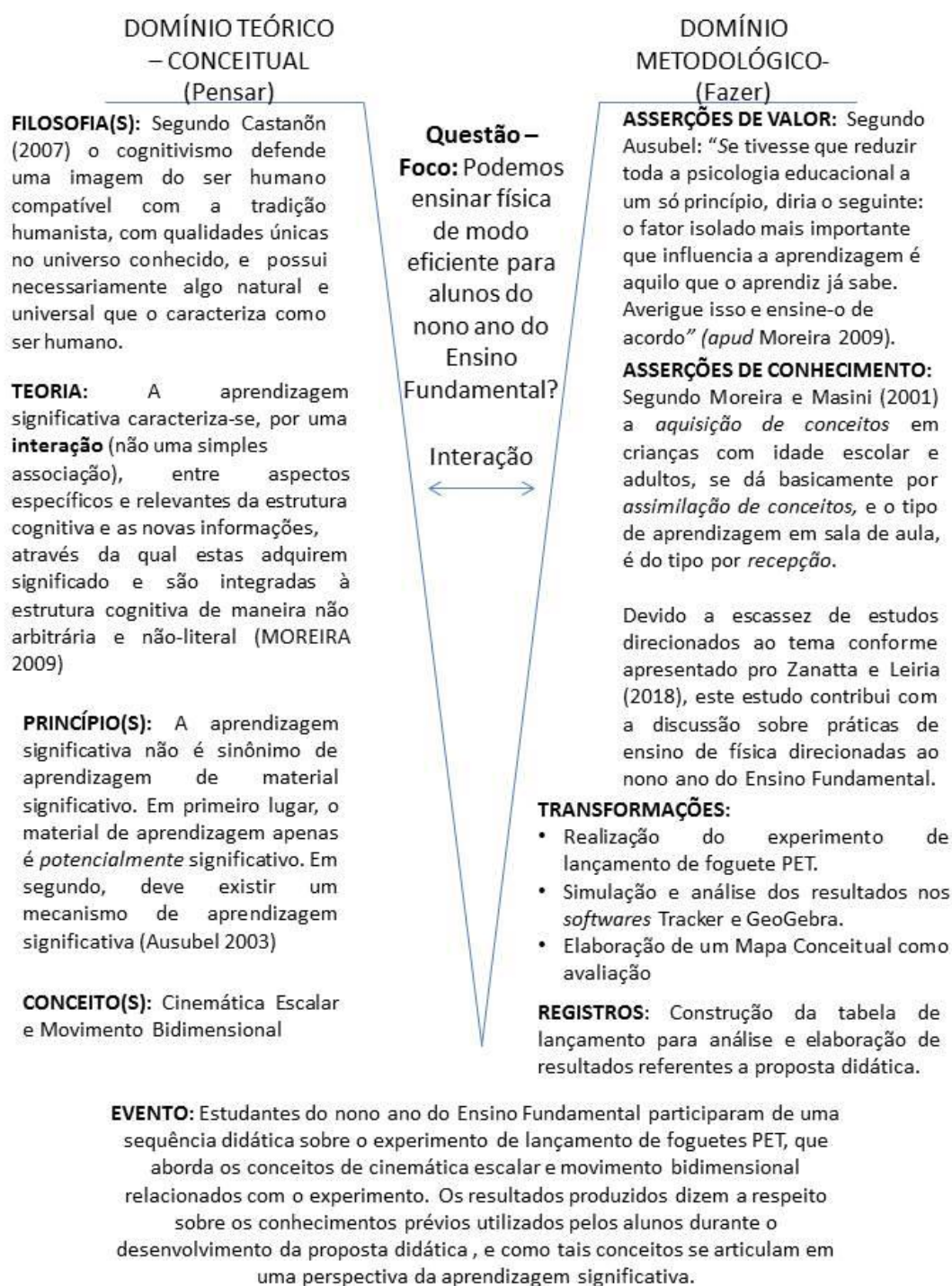


Figura 8: Diagrama V da UEPS proposta pela pesquisa.

Fonte: O Autor

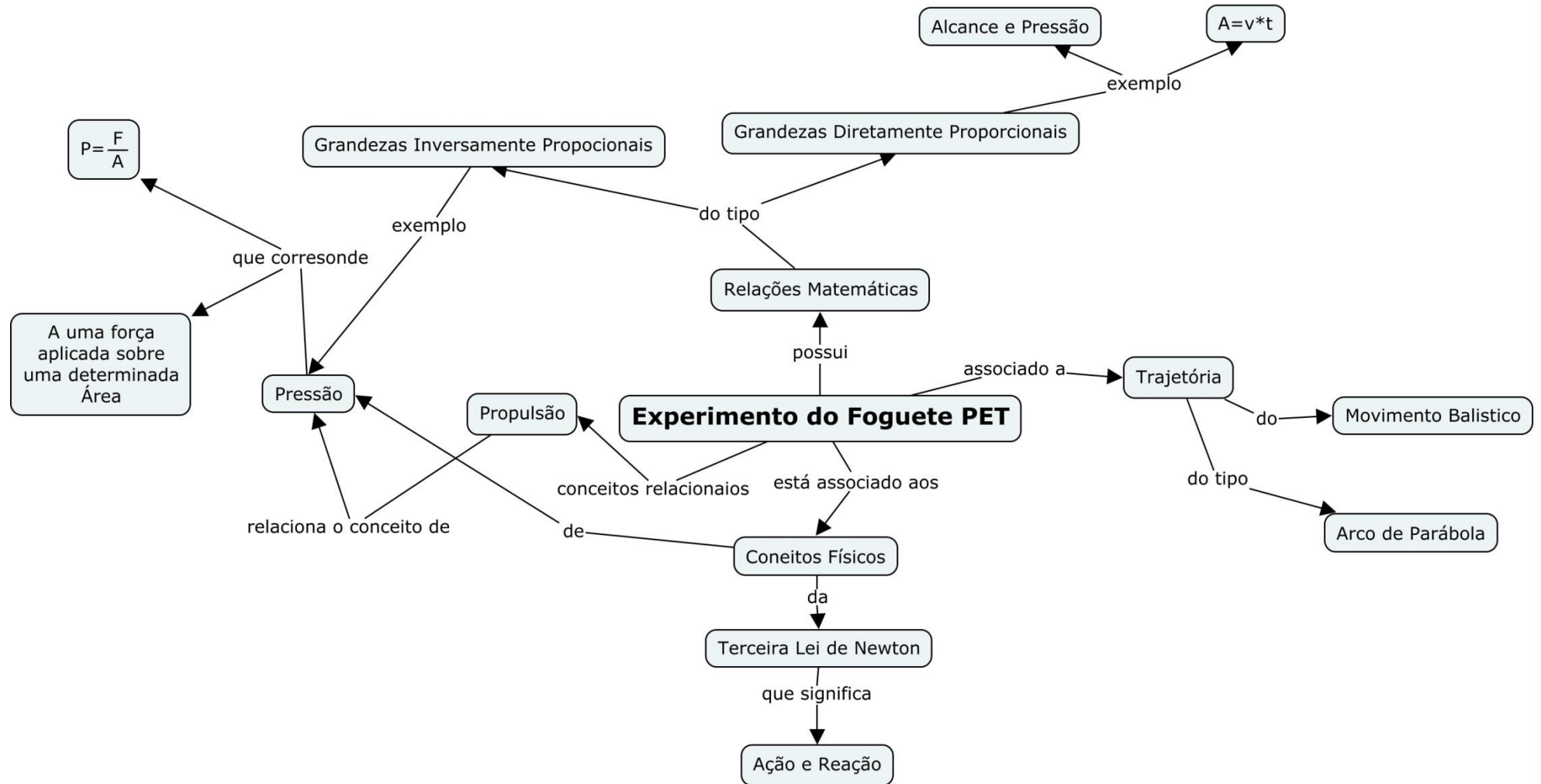


Figura 9: Mapa Conceitual que será apresentado ao início e final da UEP., Fonte: O autor.

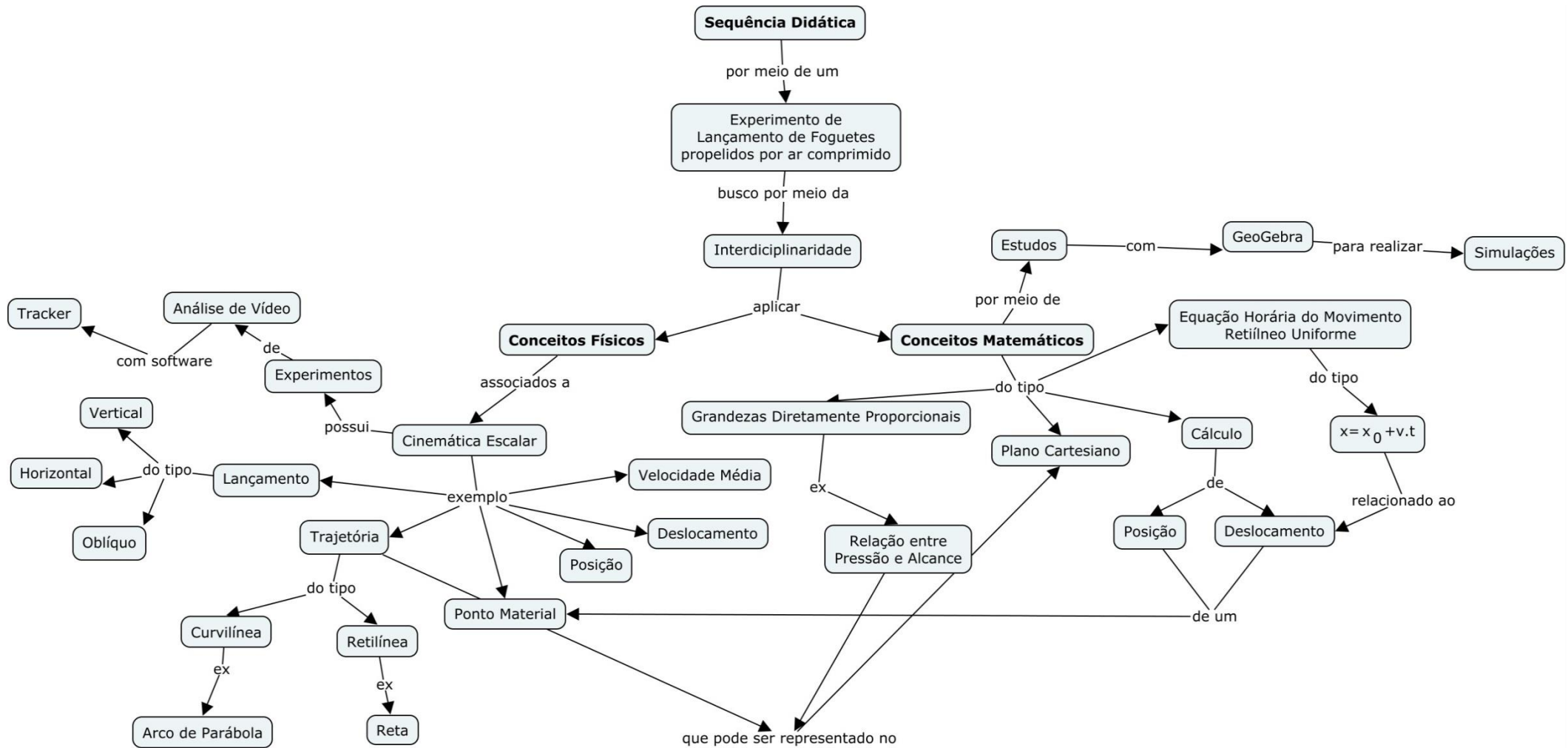


Figura 10: Mapa Conceitual da proposta de uma UEPS em torno do experimento de lançamento de foguetes PET. Fonte: O Autor.

3.3 PERCURSO METODOLÓGICO

Nesta seção apresentamos o percurso metodológico realizado por esta pesquisa em sala de aula. Ao todo foram desenvolvidas quatro aulas que buscaram interagir de forma significativa os conhecimentos prévios dos alunos com novos conhecimentos relacionados ao experimento de lançamento de foguete PET.

Para o planejamento e desenvolvimento desta sequência de aulas, adotamos inicialmente o aporte teórico das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas e a avaliação por meio dos mapas conceituais (MOREIRA, 2013).

Todo o conteúdo estruturante da UEPS foi discutido na seção 3.2 e 3.1 e todas as informações adicionais podem ser vistas nas figuras 09 e 10.

Neste momento nos dedicamos a relatar os principais fatos relacionados às quatro aulas ministradas nos períodos de Abril a Maio de 2019 e esclarecer qual foi nosso objetivo, motivação e interesse científico nas atividades desenvolvidas em cada aula.

AULA 1

Nesta primeira aula, buscávamos motivar nossos alunos a conhecer e interagir com o experimento de lançamento de foguete, nosso objetivo era motivar os alunos a perceberem e evidenciar atributos físicos e matemáticos que estão presentes neste tipo de atividade.

Após a ambientação e experimentação inicial, partimos para a proposta desta aula, que foi levar nossos alunos a investigarem a trajetória descrita pelo foguete PET. Outro objetivo deste primeiro momento foi evidenciar a presença ou não de subsunçores que poderiam ser usados na elaboração de ideias mais complexas sobre representação gráfica de uma trajetória de um ponto material.

A atividade proposta para esta aula consistiu de três perguntas:

- 1) Após realizar o lançamento do foguete, como você faria para mostrar para alguém que não viu o experimento a trajetória do foguete durante o voo?
- 2) Indique no desenho que você fez no item anterior o ponto mais alto da trajetória do foguete durante o voo.
- 3) Existe alguma relação matemática entre a pressão de lançamento do foguete e o alcance atingido?

O intuito desta atividade inicial era investigar se os alunos possuíam algum conhecimento prévio útil à representação de uma trajetória bidimensional. Os resultados desta aula podem ser vistos na seção 4.

AULA 2

Nesta aula foram introduzido as primeiras noções sobre espaçomodelismo relacionado à prática de lançamento de foguetes PET, junto com os conceitos de referencial de um movimento e trajetória em arco de parábola.

A aula se iniciou com uma breve apresentação sobre curiosidades históricas e fatos científicos sobre a ciência aeroespacial.

Esta aula foi planejada em torno dos exercícios e testes de conhecimentos prévios e gerais sobre cinemática escalar. Todos os exercícios aplicados nesta aula podem ser vistos no apêndice A. Os resultados podem ser vistos na seção 4.

Roteiro desta aula:

- 1) Breve apresentação sobre espaçomodelismo
 - O que é espaçomodelismo?
 - Como faço para praticar espaçomodelismo?
 - Sobre os Foguetes de Água
 - Fazer atividade sobre as etapas do voo.
 - O recorde de foguete de água
 - Mostrar vídeo do lançamento.
 - Mostrar sequência de montagem do foguete
 - Vídeo sobre lançamento de foguetes de água
- 2) Avaliação prévia dos conhecimentos gerais dos alunos sobre conceitos sobre cinemática e lançamento balístico.
- 3) Resolução de atividades (Apêndice A)

É importante destacar que neste segundo encontro buscou-se apresentar ao aluno o espaçomodelismo como uma atividade muito interessante e motivadora, procuramos também mostrar a relevância que o tema tem para a ciência e como consequência para a escola e o aprendizado em geral.

Reforçamos que com o estudo do lançamento de foguetes, podemos aprender sobre como a matemática e física são aplicadas na construção de modelos com máxima eficiência e novas tecnologias.

De forma geral, a prática da construção e lançamento de foguetes PET na escola, possibilita uma grande interdisciplinaridade entre matemática e física, permitindo aplicar de forma prática conceitos como velocidade média, deslocamento e representação gráfica de uma trajetória.

Tradicionalmente, os conceitos sobre cinemática que envolvem posição, deslocamento, trajetória, velocidade média, e demais conceitos relacionados, são dados de forma quase pronta e finalizada, sem uma atenção mais cuidadosa no sentido de clarificar e readequar alguns significados que usamos na física ao nosso cotidiano.

O experimento de lançamento de foguete PET trata de assuntos que necessitam de mais cuidado pedagógico, como por exemplo, a questão do movimento e a necessidade da adoção de um referencial, ou ainda, da necessidade de levarmos em conta o observador do movimento, etc.

Outro assunto que carece de atenção nos anos finais do ensino fundamental está relacionado ao conceito de trajetória.

Buscamos diferenciar esse conceito a partir daquilo que o aluno sabe, sobre “possíveis caminhos” que podem ser percorridos de um ponto A até um ponto B. Neste sentido, nosso objetivo é favorecer que o aluno realize sua síntese sobre trajetórias usando uma das ferramentas conceituais matemáticas que ele também já conhece, que é a representação de pontos no plano cartesiano.

Portanto, a síntese que o professor busca com seus alunos diz respeito aos seus conhecimentos intuitivos sobre trajetórias e que podem agora serem representados através de coordenadas bidimensionais no que ele conhece como “plano cartesiano”.

Acreditamos que não basta dizer o que é uma trajetória, mas antes, o professor e aluno, juntos devem verificar como convivem os significados que ambos trazem para aula. A partir desta análise entre o que concordamos ou não sobre trajetória, é que então poderemos dizer o que é uma trajetória em sala de aula.

Neste sentido, toda a atividade foi planejada e pautada neste princípio, o de negociação e análise de significado, buscando neste segundo momento, que os alunos realizassem junto com o professor sua primeira aproximação, não buscamos neste momento respostas completas e prontas, apenas queremos “negociar” significados sobre alguns conceitos que queremos aprender e corrigir durante a sequência didática.

Neste sentido se o professor deseja ensinar os conceitos de equação horária da trajetória o professor antes de apresentar o material que o aluno deverá assimilar, este deverá ter certeza que todo o material que ele está recebendo é potencialmente significativo, ou seja, deve existir uma grande chance do aluno poder compreender e assimilar aquele conteúdo.

Isso acontece pois, a aprendizagem neste caso acontece por subsunção, ou seja, conhecimentos prévios que o aluno possui em estrutura cognitiva irão se ligar a novos

conceitos originando novos significados e ampliações da estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA; MASINI, 2016).

Neste caso, dizemos que houve uma aprendizagem significativa, no sentido de que o aluno pode de forma não-litera, assimilar, ampliar e demonstrar uma nova habilidade, compreensão verbal, ou ainda síntese originada entre a interação do novo com aquilo sabia.

Sendo assim, queremos explorar ao máximo os conhecimentos prévios de nossos alunos favorecendo ao máximo sua versão, mesmo que esta ainda não seja satisfatória do ponto de vista científico ainda. É necessário neste momento que o aluno tenha a oportunidade de reunir tudo o que sabe e sintetizar esse conhecimento.

Neste segundo momento devemos dar total atenção ao fato de que buscamos uma aproximação inicial entre nossos alunos e o conteúdo científico relacionado, nosso desejo foi de que ao final desta aula, a intenção do professor tenha sido captar e potencializar algum conhecimento que os alunos saibam e que seja útil ao estudo do lançamento de foguetes PET. Todas as atividades realizadas neste encontro podem ser vistas em apêndice A.

AULA 3

Roteiro desta aula:

1. Revisão e aprofundamento dos tipos de trajetórias, atividade em GeoGebra.
2. Resolução de atividades sobre trajetória.
3. Atividade sobre o carro de Howitzer: O movimento oblíquo e a decomposição de seu movimento.
4. Atividades sobre posição, deslocamento e distância.

Todas as atividades podem ser vistas no apêndice B. Nesta aula vamos aprofundar o conceito de trajetória buscando diversificar nossa abordagem, nosso interesse é evidenciar se nossos alunos estão familiarizados com os termos discutidos na aula anterior e se podiam aplica-los para explicar outras situações.

A aula se iniciou com uma revisão dos principais conceitos sobre movimento e referencial da aula passada, e em seguida apresentamos a atividade sobre figuras de Lissajous⁷, que possibilita ao professor demonstrar diversos tipos de trajetórias e como uma trajetória pode ser entendida na física.

⁷ No estudo das equações paramétricas que descrevem um movimento harmônico existe a família de curvas que foram estudadas pelo matemático francês Jules Antoine Lissajous em 1857.

Esta atividade buscava despertar nos alunos a ideia de referencial de um movimento bidimensional usando o plano cartesiano. Com as figuras de Lissajous foi possível demonstrar vários tipos de trajetórias usando-se como referencial o plano cartesiano.

De forma mais geral, nosso objetivo com esta atividade foi auxiliar os alunos a compreenderem a possibilidade do uso do plano cartesiano como referencial de um movimento que pode ser descrito por coordenadas x e y .

A atividade é composta de quatro tarefas e os alunos representaram a trajetória e o sentido do movimento de um ponto material nos seguintes casos:

1. O Ponto material descreve uma trajetória retilínea
2. O ponto material descreve uma trajetória parabólica
3. O ponto material descreve uma trajetória circular
4. O ponto material descreve uma trajetória curvilínea

É importante destacar que nesta atividade os alunos representaram a mão livre a trajetória que um ponto material realizava em uma simulação computacional feita em GeoGebra. De forma livre, os alunos tinham que observar o movimento do ponto material que era projetado e sobre um plano cartesiano fornecido pelo pesquisador desenhar a trajetória que melhor representava cada situação. Destacamos ao final da atividade alguns pontos importantes das trajetórias estudadas, como por exemplo, o sentido da trajetória, posição inicial, posição final, intersecção com o eixo x , intersecção com eixo y , etc.

O pesquisador também pode chamar a atenção dos alunos sobre o fato de algumas trajetórias intersectarem a origem do plano cartesiano ou não, ou seja, se a trajetória possui o ponto $(0,0)$ esta “passa” pela origem do sistema de coordenadas.

Portanto neste exercício pretendíamos dar ao aluno a noção de movimento bidimensional e como representa-lo no plano cartesiano.

Não é nosso interesse que o aluno faça enfadonhos exercícios de representação ponto a ponto de uma trajetória em coordenadas cartesianas, mas que ele compreenda o sentido e os pontos mais relevantes da trajetória, e que estes podem ser facilmente reconhecidos.

Devemos destacar que nesta aula, desejávamos introduzir o conceito de trajetória usando como subsunçor o que os alunos conhecem por plano cartesiano. Portanto nesta aula, queríamos que o aluno percebesse que o plano cartesiano pode ser usado na física como um sistema referencial de um movimento. Nosso intuito era levar os alunos a perceberem que através desta ferramenta matemática qualquer trajetória bidimensional pode ser representada usando-se os pares x e y .

De forma mais precisa, o que queríamos ao decorrer desta aula é introduzir nesta fase de aprendizagem os conceitos mais gerais e abstratos sobre trajetórias que corresponde a uma curva parametrizada em coordenadas cartesianas em um dado no intervalo $[t_0, t_f]$. Não é nosso objetivo obrigar o aluno a fazer enfadonhos exercícios de representação cartesiana de uma trajetória ponto a ponto, ou ainda apresentar formalmente o conceito de curva parametrizada, mas acreditamos que é suficiente evidenciar que nosso aluno compreende pontos importantes de uma trajetória (como por exemplo: posição inicial, posição final, altura máxima, etc) a determinadas coordenadas do plano cartesiano, como por exemplo:

$$(0,0) \rightarrow \text{Ponto de lançamento}$$

Outro fato que é importante destacar é que nesta aula, realizamos o primeiro mapa conceitual da UEPS, e será este mapa que sofrerá as ampliações durante as aulas seguintes. Portanto foi muito importante que este mapa fosse realizado com atenção, sempre buscando deixar claro e evidenciar aquilo que o aluno compreendeu e assimilou das informações recebidas até o momento.

No início desta seção fornecemos um roteiro com as atividades que foram realizadas durante esta aula, a seguir apresentamos um breve comentário sobre cada os momentos 2, 3 e 4.

Atividade 2: Nesta atividade buscamos demonstrar ao aluno que uma trajetória pode ser entendida como a união de infinitos pontos, com esta atividade queríamos ampliar o conceito trajetória obtido na aula anterior para uma ideia mais geral e abstrata.

Atividade 3: Nesta atividade o professor buscava visualizar como o conceito de trajetória até o momento está sendo empregado. Esperava-se que o aluno representasse a trajetória de um lançamento oblíquo como um arco de parábola e possa identifica-lo como tal.

Atividade 4: A atividade 4 foi o clássico exercício sobre a trajetória de lançamento horizontal de um avião lançamento uma deixando cair uma caixa de mantimentos. Desejávamos ampliar a representatividade deste exercício por meio de uma simulação em GeoGebra, queríamos investigar como o conceito de trajetória neste caso seria empregado pelo aluno e se era possível ao aluno fazer alguma associação com o que foi aprendido até o momento.

Ao final desta atividade perguntamos se é possível ao aluno perceber alguma relação entre o movimento de queda da caixa lançada pelo avião na direção vertical e seu movimento para frente na direção horizontal. O objetivo era investigar se o aluno possuía ideias relevantes em sua estrutura cognitiva associada à decomposição do movimento. Para reforçar

e clarificar a ideia da decomposição de um movimento em componentes horizontais e verticais, realizamos em seguida uma análise no software Tracker do experimento chamado o carro de Howitzer, que é uma atividade complementar a atividade 4.

A Atividade do Carro de Howitzer:

Na figura 11 vemos a atividade investigativa realizada nesta aula utilizando-se o software Tracker com o experimento chamado de o “carro de Howitzer”.

O professor iniciou a aula questionando os alunos sobre o motivo do carrinho sempre conseguir chegar “ao mesmo tempo” da bola. O professor chamou a atenção dos alunos para o fato de que o experimento podia ser entendido por meio de uma composição de dois movimentos: Movimento horizontal (o carro se move para frente) e Movimento vertical (a bola se move para cima e para baixo).



Figura 11: Experimento do carro de Howitzer no software Tracker

Outro conceito importante que pode ser visto no experimento de Howitzer é o fato da posição da bola em relação ao solo, ser a mesma do carro em relação à bola em cada instante do seu deslocamento. Ou seja, durante o lançamento da bola, sua posição relativa ao carro não se altera, isso acontece, pois, a componente v_x da bola é a mesma componente v_x do carro.

Esta atividade foi importante pois, aprofundou a discussão que se iniciou no exercício anterior que simulava o lançamento de uma caixa por um avião, fato que foi indiretamente explorado e agora pode ser mais abertamente comentado e discutido com os alunos.

Portanto o professor teve que encarar esse novo experimento como um aprofundamento das ideias anteriormente não diferenciadas, pois acreditávamos que a explicação para o fato da bolinha acertar o carro passava pelo crivo da ideia de que existe uma decomposição do movimento nos objetos envolvidos (carro e bola).

É interessante notar que este experimento reforçou a ideia de lançamento com trajetória parabólica, conceito importante para nossa UEPS, pois, possibilitou ao professor introduzir os termos de decomposição de movimento.

Visto que foi possível ao professor demonstrar que o movimento neste caso foi decomposto em componentes verticais e horizontais, o movimento ascendente (para cima) e horizontal(para frente) revelou-nos o motivo da bola sempre atingir o carro, neste caso um justificativa física e matemática para o fato observado é que ambos (bola e carro) possuem na direção horizontal a componente v_x com mesma intensidade.

Não foi nosso interesse representar esta decomposição por meio de vetores, visto que este conceito é inexistente para nossos alunos. Porém, o que a atividade reforçou é a ideia da possibilidade do professor começar a trabalhar os conceitos de decomposição do movimento e componentes verticais e horizontais de forma mais abstrata e genérica, o que equivale ao conceitos de vetores e sua aplicação ao estudo da cinemática de uma forma mais geral e inclusiva, fornecendo possíveis novos subsunçores futuros.

A atividade ainda contou com um segundo momento, que foi inserir um pequeno desafio motivacional ao alunos participantes. Resumidamente, analisamos novamente o experimento do carro de Howitzer, mas agora inclinando o plano horizontal onde o carro se deslocava, e perguntaremos se isto afetaria o alcance da bolinha no experimento, de forma mais direta queríamos saber: Inclinando-se o plano horizontal onde o carro se desloca a bolina ainda continuaria acertando o carrinho ao final da trajetória? Na figura 12 está representada a situação-problema investigada no software Tracker.

Isso foi interessante pois acreditávamos que caso os alunos respondessem que sim, ou seja, “a bolina continuará acertando o carro”, isso nos indicava que existia fortes evidências de que a decomposição vetorial era significativa aos nossos alunos, pois aceitávamos que os alunos intuitivamente supunham que a velocidade não seria influenciada pelo plano incliando. Caso respondam que não, a recíproca contrária era corroborada, ou seja, não existia evidência suficiente para dizer que nossos alunos intuitivamente percebiam o deslocamento (carro e bola) como objetos que possuíam componentes de velocidades iguais. O exemplo utilizado pode ser visto na figura 12.

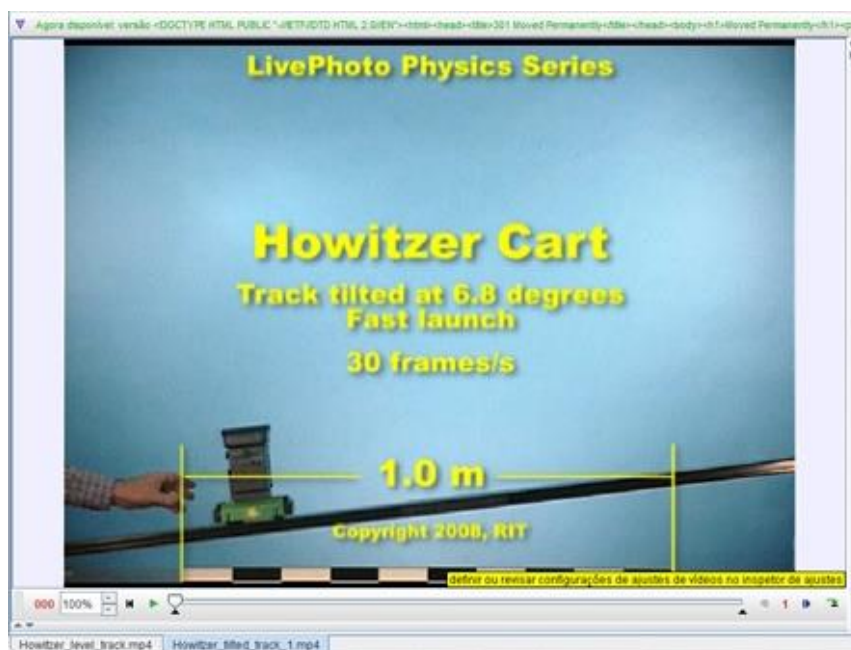


Figura 12: Experimento do carro de Howitzer com plano inclinado Fonte: LivePhoto Physics Series (2008).

Os resultados desta aula podem ser vistos na seção 4 e os exercícios aplicados em sala de aula podem ser vistos no apêndice A.

Sobre as atividades de posição, deslocamento e distância.

Ainda na quarta parte desta aula, apresentamos os conceitos de deslocamento e distância em trajetórias retilíneas. Para isso, preparamos três atividades que introduziram este conceito.

A atividade 1 é sobre um ciclista que se desloca em uma trajetória retilínea onde é indicado sua posição e o tempo durante o percurso. Queríamos que o aluno percebesse que o conceito de distância está associado a uma grandeza escalar, ou seja, um número que representa o deslocamento total. Já para o conceito de deslocamento, queríamos demonstrar que o sentido de percurso é importante, ou seja, necessitamos de um número que represente seu deslocamento vetorial ou “a distância do centro ao sentido de seu deslocamento”.

A atividade 2 buscava demonstrar como a posição de um ponto material depende do tempo. Esse tipo de atividade foi importante para apresentássemos os conceitos de equação horária da trajetória no movimento retilíneo uniforme e o conceito de posição em função o tempo.

Outro fato importante sobre este tipo de atividade é que forneceu ao professor recursos para questionar aos alunos sobre em quais partes da trajetória a formiga andou mais rápido ou mais lento, por meio do conceito de velocidade média.

Sobre a atividade 3 queríamos reforçar as duas ideias anteriores, ou seja, relacionar deslocamento, distância e posição em uma trajetória qualquer. Nesta atividade buscamos uma primeira aproximação dos alunos sobre os conceitos de distância e deslocamento em física e sua formulação matemática. Essa aproximação foi importante pois visava servir de um subsunçor para os conceitos futuros que poderiam ser aplicados na resolução de problemas relacionados ao lançamento de foguetes. Todas essas atividades desta aula podem ser vistas em apêndice B e os resultados conferidos na seção 4.

AULA 4

Nesta aula, nosso objetivo inicial foi reunir e revisar todo conteúdo trabalhado em sala de aula, buscando esclarecer possíveis dúvidas que restaram e realizar o trabalho de reintegração de todo conhecimento aprendido até o momento.

Para realizar este objetivo apresentamos novamente o mapa conceitual da figura 7 que contém todos os elementos físicos estudados durante a UEPS buscando inicialmente evidenciar as relações entre os elementos envolvidos e discutidos em sala de aula.

Após esta revisão, o professor colocou no quadro novamente os sete itens selecionados na elaboração do primeiro mapa conceitual realizado durante a segunda aula, mas agora o professor pediu aos alunos que ampliassem este mapa com novos conceitos que aprenderam durante as aulas.

É importante destacar que buscamos encerrar nesta aula, um processo que se iniciou na primeira aula que é o processo de criação e expansão da estrutura de conhecimentos que o aluno esteve reunindo até o momento.

Seguimos as orientações de Moreira e Caleffe (2008) ao buscarmos aporte teórico para realizarmos esta metodologia específica. A ideia geral é a seguinte: Com o primeiro mapa elaborado na segunda aula e agora com a ampliação deste mapa realizado na quarta aula, podemos estabelecer um peso individual para cada mapa para representar o ponto de partida e o ponto de chegada deste aluno durante o processo de ensino. Desta forma, com o mapa de entrada e o mapa de saída esperamos registrar este acréscimo específico que servirá de suporte para nossa análise e considerações sobre o desenvolvimento da UEPS.

Portanto, esta aula encerra uma importante etapa de nossa UEPS que é a produção dos dados que foram analisados no processo de avaliação pedagógico do conteúdo produzido em sala de aula durante o desenvolvimento da UEPS. Na figura 13 apresentamos o modelo de

produção e avaliação dos dados desta pesquisa conforme Moreira e Caleffe (2008) e os apontamentos realizados na seção 2.9.



Figura 13: Produção dos dados da pesquisa em sala de aula.

De forma resumida, durante a primeira e segunda aula todos os conhecimentos prévios relacionados aos conceitos físicos do lançamento de foguete PET foram reunidos, em seguida, os alunos participantes realizaram a construção do primeiro mapa conceitual da UEPS. Com o desenvolvimento e acréscimo de novos conteúdos e conceitos relacionados ao experimento de lançamento de foguetes PET deu-se a construção do segundo mapa conceitual da UEPS que buscou reunir todo conhecimento prévio anterior, mas agora, ampliado e com novos conhecimentos aprendidos durante a UEPS

Sobre o processo de avaliação

Como visto anteriormente na seção 2.1 e 2.9 é uma tarefa difícil avaliar aprendizagens significativas. Como aporte teórico para o processo de avaliação dos resultados obtidos em sala de aula com o desenvolvimento da UEPS, tomamos como referência os apontamentos feitos por Franco (2013) sobre a conceptualização epistemológica do processo de avaliação educacional.

Nosso ponto de partida para elaboração do processo de avaliação desta pesquisa buscou definir como prioridade três aspectos básicos para a avaliação:

1. A produção do conhecimento se dá centrada no indivíduo e na análise da interação professor-aluno no âmbito restrito da sala de aula.

2. Neste modelo não existe preocupação explícita de garantir a objetividade do conhecimento. Ao contrário, declara-se que ele é parcial e determinado pelo sujeito que conhece, a partir de suas experiências e valores.
3. Neste modelo a preocupação volta-se para a apreensão do entendimento cognitivo refletidas nos produtos demonstráveis, trata-se de captar o subjetivo da “caixa preta” dos processos cognitivos envolvidos no processo de aprendizagem em sala de aula.

A fim de operacionalizar estes três princípios avaliativos básicos estipulados por esta pesquisa, utilizamos três categorias básicas onde as asserções feitas pelos alunos como solução dos problemas propostos podem ser classificadas.

1. QS – Asserções que representam uma solução significativa esperada ao problema proposto.
2. PS – Asserções do tipo que representam apenas parcialmente uma solução esperada ao problema proposto.
3. NS - Asserções do tipo que não representam uma solução significativa a solução do problema.

Esse modelo de análise foi utilizado para todas as questões da pesquisa a fim de produzir um caráter quantitativo de análise, essas categorias foram abreviadas nos gráficos que foram utilizados no intuito de quantificar os resultados produzidos em sala de aula.

Sobre os elementos avaliativos selecionados por esta pesquisa

A fim de evitar contradições, o item 2 merece um comentário especial, sobre a necessidade de optarmos por buscarmos respostas não pré-determinadas vem da necessidade de observação do princípio ausbelianos da preservação dos conhecimentos prévios e iniciais do aluno. Acreditamos que uma aprendizagem significativa necessariamente passa pelo crivo dos conhecimentos prévios como subsunçores da aprendizagem, neste caso, neste caso, optar por um sistema avaliativo que mede acertos e erros em uma prova pré-determinada os dados gerados neste caso, não refletiriam nossa motivação teórica.

Ao optarmos por um modelo de avaliação subjetivista estamos buscando observar o princípio teórico que enunciamos e valorizando a neutralidade dos resultados.

Segundo Franco (2013) se por um lado este modelo trouxe avanços para o processo de avaliação educacional por outro tornou questionável a fragmentação da realidade em análises locais e abstratas.

Sobre os pontos positivos desta análise avaliativa Franco (2013, p.65) comenta:

No que se refere aos procedimentos e aos instrumentos de coleta de dados, abriu-se maior espaço para a elaboração de questões abertas ou divergentes, para a utilização de opinionários e entrevistas, nos quais o sujeito constrói sua própria resposta ao invés de submeter-se a uma escolha entre alternativas já fabricadas.

A seguir apresentamos os resultados gerais de nossa pesquisa bem como os resultados atingidos em cada aula. Ao final realizamos uma avaliação final da UEPS desenvolvida bem como os resultados dos mapas conceituais produzidos.

4. RESULTADOS E DISCUSÃO

Passamos agora a apresentação dos resultados da análise feita sobre os materiais obtidos em sala de aula conforme nossa metodologia descrita na seção 3.

Inicialmente apresentaremos nossas considerações a respeito do uso das TIC durante a unidade de ensino e quais foram os resultados e observações em sala de aula sobre o uso das novas tecnologias. Em seguida, apresentaremos os resultados relacionados às quatro aulas ministradas e a análise realizada com o material produzido em sala de aula.

Com os resultados da primeira e segunda aula, destacamos os resultados obtidos com a aplicação de um teste de conhecimento prévio produzido na intenção de representar uma medida inicial da evolução do aluno durante a unidade de ensino. Neste teste de conhecimentos buscávamos entender como o aluno representava e compreendia o experimento de lançamento de foguete PET, reforçando a ideia de um ensino a partir daquilo que o aluno sabe.

Em seguida apresentaremos a segunda etapa do teste de conhecimentos prévio buscando avaliar os conhecimentos relacionados aos conceitos de movimento, trajetória e plano cartesiano.

Os resultados da terceira e quarta aula são relativos aos dados produzidos na parte final da unidade de ensino. Durante a terceira aula, vários dados foram produzidos durante o processo de diferenciação do conteúdo destacando-se a produção do primeiro mapa conceitual. Já os dados da quarta aula, se referem à produção do segundo mapa conceitual, o que nos possibilitou uma rica análise da evolução conceitual dos alunos participantes.

4.1 SOBRE USO DAS TIC NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

Defendemos neste trabalho a ideia de que para uma abordagem didática estar de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, é necessário que o material de aprendizagem seja articulado e organizado, deve-se ainda levar em consideração que o aluno deve participar ativamente do processo, interagindo e criando hipóteses.

Por meio do GeoGebra, foi possível explorar a característica de interação entre professor, material de aprendizagem e aluno. Nosso interesse foi fornecer materiais potencialmente significativos que interajam com os conhecimentos prévios e disponíveis dos alunos.

Assim, o GeoGebra, foi empregado para além de uma visão reprodutivista-metodológica, caracterizando-o como um *organizador avançado*, conforme proposto por Ausubel (2003). Por meio deste organizador avançado foi possível criar ou fortalecer os subsunçores necessários à compreensão de determinados conteúdos do lançamento de projéteis e resolução de exercícios, que possibilitou a criação de um ambiente de aprendizagem e permitiu uma melhor e mais direta interação do aluno com o problema pretendido.

Acreditamos que isso direcionou a criação de hipóteses e formulação de respostas, valorizando os fatores investigativos e criativos da aprendizagem.

Acreditamos ainda que isso possibilita ao professor reorganizar e configurar melhor o conteúdo pretendido conforme o conhecimento prévio dos alunos, e não incorrendo no uso do programa GeoGebra como ferramenta de reprodução de conteúdo específico, o que implica consequentemente em uma aprendizagem mecânica.

Isso também possibilitou ao professor definir o nível de profundidade com o qual trabalhou os conceitos mais factuais e específicos do conteúdo. Em nossa pesquisa, as atividades desenvolvidas, visavam em primeiro lugar, superar o formalismo matemático que impedia com que conceitos como decomposição vetorial e trajetória bidimensional exigiam dos alunos, visto que, tais conceitos ainda não estão disponíveis ao mesmo.

Vimos que ao invés de abordar os conceitos matemáticos factuais envolvidos no problema de lançamento de projéteis (que seria impossível a esta fase de aprendizagem), com a utilização do GeoGebra, foi possível contornarmos a situação abordando os mesmos conceitos de forma geral e investigativa, possibilitando ao professor investigar os conhecimentos prévios dos alunos nestes conteúdos específicos.

Com este estudo queremos defender a ideia de que podemos falar e ensinar sobre trajetória bidimensional de um foguete PET e seus conceitos mais básicos, sem exigir grandes formalismos matemáticos o que dificulta o aprendizado de conceitos básicos.

No lançamento de projéteis, como verificado em 2.2, existe um forte apelo à linguagem vetorial (mesmo que seja rudimentar em alguns casos) e demonstrações enfadonhas envolvendo as equações de Newton. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, nesta fase de aprendizagem, é mais interessante apresentar os conceitos gerais relacionados ao problema do que pontos factuais e isolados de sua resolução.

Neste sentido, é mais “vantajoso” gastarmos nossos esforços em sala de aula nas etapas da educação básica buscando uma valorização dos conceitos relacionados ao currículo escolar que sejam inicialmente mais gerais e inclusivos. Por exemplo, seria muito mais interessante nesta fase de aprendizagem, nossos alunos terem contato com o significado de trajetória de um ponto material, velocidade, aceleração, movimento bidimensional e deslocamento por meio de atividades motivadoras e interativas, ao invés de incentivarmos um ensino reprodutivista baseado em conceitos arbitrários e factuais com pouco ou nenhum significado aos alunos, tais atividades estão desconexas de uma problemática associada.

Vale destacar que todo o conteúdo matemático e físico implícito teoricamente no experimento não foi desconsiderado, pelo contrário, nos interessa trazer *significado* a termos que surgem arbitrariamente no estudo da física do Ensino Fundamental, associadas a práticas de ensino não articuladas e dirigidas à uma aprendizagem não-significativa.

Acreditamos ter sido importante selecionar os conceitos mais inclusivos e gerais no caso específico do experimento de lançamento de projéteis, aplicado o uso do GeoGebra como uma extensão natural do encaminhamento metodológico proposto pelo professor, visando explorar as diversas possibilidades que o tema exige à sua compreensão.

Atualmente, os livros didáticos tratam o problema de lançamento de projéteis como sendo um conteúdo exclusivo do Ensino Médio, isso acontece pois se demanda um grande esforço em selecionar e decidir quais conceitos são viáveis ou não ao Ensino Fundamental no ensino de lançamento de projéteis.

Isso nos levou a concluir que os conceitos de cinemática escalar como referencial, trajetória, movimento bidimensional, ponto material, velocidade e aceleração, são encobertos pelo formalismo matemático, porém os mesmos conceitos podem ser abordados de maneira inclusiva e geral com o uso do GeoGebra, possibilitando a criação de subsunçores com maiores significados e úteis nas generalizações futuras em determinados momentos.

Ou seja, defendemos a ideia de que o lançamento de projéteis possui grande relevância no Ensino de Física no Ensino Fundamental, pois, como vimos existem conceitos que podem ser trabalhados de forma significativa, usando-se a experimentação, simulação e práticas de ensino articuladas, sem a necessidade de um formalismo matemático exacerbado neste momento.

E como é de nosso interesse que em tais atividades a investigação e a experimentação estejam presentes, o uso de softwares como o GeoGebra foi fundamental, pois, o experimento pode ser simulado em ambiente controlado e planejado, satisfazendo todas as condições clássicas impostas na elaboração do problema de lançamento de projéteis com a vantagem de que todo rigor e formalismo matemático cede lugar aos elementos geométricos e gráficos do problema e que podem agora ser exibidos ao aprendiz.

De fato, a real compreensão e generalização dos conceitos matemáticos envolvidos no lançamento de projéteis, dependem de um processo ativo de assimilação por parte do aluno, e a mera reprodução de tais elementos seja no livro ou no computador não garantem flexibilidade e capacidade de transferência de tais conceitos.

Acreditamos que apenas por meio de um processo de aprendizagem articulado e substancial entre o material de aprendizagem pretendido e a estrutura de conhecimento do aprendiz, é que estaremos diante da possibilidade de uma aprendizagem significativa dos termos matemáticos envolvidos no lançamento de projéteis, bem como a realização de práticas de ensino que sejam transferíveis a novas situações.

Com o GeoGebra acrescentou-se em sala de aula, a oportunidade de se explorar a nova dimensão da simulação, permitindo ao professor expor uma variedade de novas situações que puderam ser investigadas e exploradas pelo aluno.

4.2 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA UEPS DESENVOLVIDA

Passa-se agora a apresentação dos resultados obtidos em sala de aula e a avaliação da UEPS como um todo. Inicialmente apresentaremos os resultados obtidos com o experimento do lançamento do foguete PET que foi realizado durante a primeira aula e contou com a participação dos alunos divididos em cinco grupos.

Na seção 4.3 apresentaremos os resultados da segunda aula divididos em dois momentos, o primeiro trata sobre o teste de conhecimento prévio aplicado aos alunos a respeito do experimento realizado e o segundo trata da investigação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre movimento, referencial de um movimento e plano cartesiano.

Apresentamos na seção 4.4 os resultados da terceira aula que tratou sobre a produção do primeiro mapa conceitual da UEPS e sobre os conteúdos de movimento bidimensional, lançamento oblíquo, horizontal e ainda aplicações no software GeoGebra e Tracker.

Na seção 4.5 apresentaremos os resultados da quarta aula que tratou da ampliação do mapa conceitual produzido na terceira aula, apresentaremos os resultados obtidos e nossas considerações sobre o resultado alcançado com o desenvolvimento da UEPS.

A seção 4.6 apresenta os resultados gerais da UEPS desenvolvidos como base em uma análise qualitativa dos dados observados em sala de aula.

Resultados da primeira aula: Sobre os resultados da atividade experimental de lançamento de foguete PET.

Conforme planejado e visto na seção 3.3, as duas primeiras aulas da UEPS foram destinadas a reunirem os conhecimentos prévios dos alunos sobre o experimento de lançamento de foguetes PET e temas relacionados ao lançamento de projéteis.

A primeira tarefa dada aos alunos nesta foi a de realizar o lançamento e coleta dos dados do foguete PET. De forma geral, essa aula buscava fornecer ao pesquisador uma visão geral sobre os conhecimentos prévios dos alunos e investigar se a atividade do experimento de lançamento de foguete PET era relevante e motivacional. Esta primeira atividade também serviu de subsunçor para as demais atividades, além de servir como referencia prática pra diversos conceitos que foram abordados durante o desenvolvimento da UEPS.

Os resultados dos lançamentos foram tabelados pelos alunos para posterior análise e discussão dos resultados. Estas tabelas informam as medições realizadas pelos alunos com o experimento de lançamento de foguetes PET.

A atividade foi realizada na quadra de esportes do colégio e teve duração de 50 min. Para realização desta atividade a sala foi dividida em cinco grupos, cada grupo realizou o experimento e registrou os dados em uma tabela.

O resultado de cada grupo pode ser visto nas tabelas 1,2,3,4 e 5 e informam o alcance e o tempo de voo do foguete no experimento realizado.

AULA 1 / Atividade 1: Tabela de lançamento Grupo1		
Lançamento	Alcance	Tempo de voo
1	15,5m	1,67s
2	14m	1,54s
3	17,5m	1,74s

4	17,5m	1,50s
---	-------	-------

Tabela 1: Dados de lançamento do grupo 1

AULA 1 / Atividade 1: Tabela de lançamento Grupo2

Lançamento	Alcance	Tempo de voo
1	14m	1,87s
2	14,5m	1,76s
3	15m	1,95s
4	17m	2,10s

Tabela 2: Dados de lançamento do grupo 2

AULA 1 / Atividade 1: Tabela de lançamento Grupo3

Lançamento	Alcance	Tempo de voo
1	10,5m	1,87s
2	11m	1,94s
3	13,5m	2,04s
4	15,5m	2,30s

Tabela 3: Dados de lançamento do grupo 3

AULA 1 / Atividade 1: Tabela de lançamento Grupo 4

Lançamento	Alcance	Tempo de voo
1	15,5m	1,67s
2	14m	1,54s
3	17,5m	1,74s

Tabela 4: Dados de de lançamento do grupo 4

AULA 1 / Atividade 1: Tabela de lançamento Grupo1

Lançamento	Alcance	Tempo de voo
1	11,5m	1,97s
2	13m	1,88s
3	12,5m	1,59s

Tabela 5: Dados de lançamento do grupo 5

Esta atividade exigiu o tempo disponível da primeira aula que era de 50 min e a atividade foi realizada na quadra do colégio. Nesta aula os objetivos esperados foram alcançados fornecendo os subsídios necessários à segunda aula.

4.3 RESULTADOS DA SEGUNDA AULA.

Ao finalizarem a prática do lançamento de foguete PET na aula anterior, os alunos realizaram as atividades propostas e que foram descrita na seção 3.3 que tratava das situações iniciais da UEPS.

Inicialmente devemos destacar que a segunda aula foi dividida em três momentos distintos. O primeiro tratou de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do experimento realizado na primeira aula, o segundo avaliou os conhecimentos prévios dos alunos participantes em relação aos conteúdos de movimento e referencial, e por último, um momento dedicado a avaliar os conhecimentos prévios em relação aos conteúdos de trajetória e plano cartesiano.

Todas as atividades desenvolvidas constam no apêndice A e assim foram divididas para esta aula:

- Momento 1: Análise dos conhecimentos prévios do experimento realizado anteriormente: Atividade em sala de aula sobre a representação do experimento realizado na aula anterior por meio de um desenho livre (ATIVIDADE 1).
- Momento 2: Análise dos conhecimentos prévios relacionados a movimento e referencial: QUESTÕES 1 a 7.
- Momento 3: Análise dos conhecimentos prévios sobre trajetória e plano cartesiano: QUESTÕES 8 a 14.

Primeiro momento da segunda aula: Sobre os resultados da atividade 1 que representam os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao experimento de lançamento de foguete PET.

Os resultados individualizados de cada aluno na atividade 1 pode ser visto na tabela 11. Os nomes dos alunos foram preservados e substituídos pelas indicações A1, A2, A3,... que representam os alunos participantes da atividade. A atividade foi realizada em sala de aula e teve duração de 25 minutos aproximadamente, os alunos realizaram individualmente a atividade e sem consulta ao colega ou professor.

As indicações QS, PS e NS⁸ na tabela 11, representam o modelo de solução produzido pelo aluno e segue a classificação estabelecida na seção 3.3 de nosso encaminhamento metodológico e considerações sobre o processo de avaliação.

O objetivo desta atividade era realizar um desenho que representasse da melhor forma possível o experimento realizado na aula anterior. Os detalhes desta atividade foram descritos na seção 3.1. Os resultados foram dispostos na tabela 6 e representam os resultados obtidos com a primeira atividade em sala de aula.

AULA 1 / Atividade 2 :			
Representando o Lançamento			
Aluno	QS	OS	NS
A1	×		
A2			×
A3	×		
A4			×
A5	×		
A6	×		
A7		×	
A8	×		
A9			×
A10	×		
A11	×		
A12			×
A13			×
A14	×		
A15	Não fez		
Total	8	1	5
Percentual (%)	57%	7%	36%

Tabela 6: Quadro de resultado da Atividade 2 / Aula 1.

⁸ Conforme definido na seção 3.3 as soluções dos alunos podem ser classificadas em três categorias: 1 – QS questões significativas, 2- OS parcialmente significativas, 3- NS não significativa.

O resultado mostra que 57% dos alunos participantes mostraram conhecimentos prévios disponíveis ao estudo do lançamento de projéteis. Por outro lado, 36% não pode relacionar o experimento realizado de maneira significativa aos seus conhecimentos prévios.

É importante destacar que não estamos dizendo que 57% dos alunos participantes fizeram “corretamente” a atividade proposta ou ainda que 36% fizeram “errado” a atividade, mas ao contrário, acreditamos que esses números apenas representam o quão familiar ou potencialmente significativo o experimento pode ser aos participantes. Neste caso, acreditamos que existe uma chance de até 60% da atividade realizada na aula anterior da aula ter representado uma tarefa significativa.

Na figura 14 apresentamos a distribuição percentual dos resultados encontrados na atividade 2.

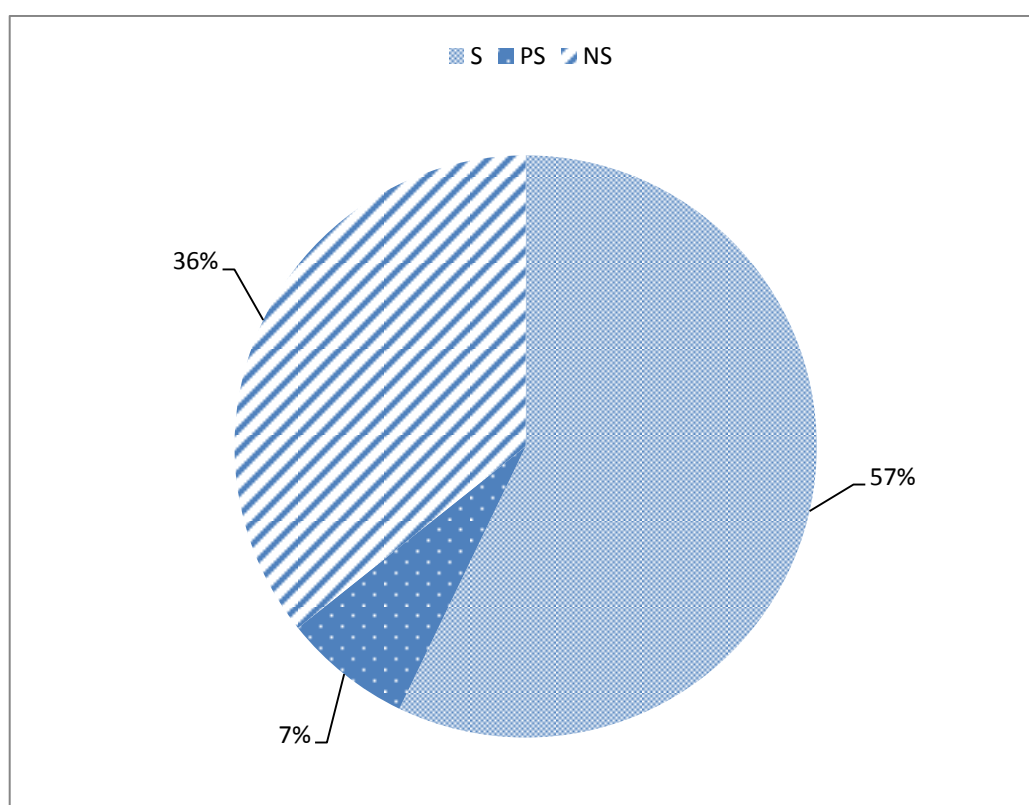


Figura 14: Resultado da atividade 1 / Aula 1 sobre o teste de conhecimentos.

Portanto, nosso estudo aponta que existem evidências de que o experimento de lançamento de foguetes PET realizado na aula anterior, foi uma atividade potencialmente significativa aos alunos participantes, visto que, esses foram capazes de representar significativamente o experimento.

É importante ressaltar que esta atividade não buscava respostas “certas” ou “erradas” mas averiguar se os alunos participantes possuíam em seus conhecimentos prévios a representação de uma trajetória bidimensional e parabólica.

A atividade mostrou que mais de 50% da sala usou a ideia de trajetória em arco de parábola para representar o movimento do foguete PET, concordando com o que esperávamos encontrar. É interessante notar que mesmo sem o professor falar, ou citar a trajetória parabólica, uma parte considerável dos participantes pode associar e aplicar esta ideia ao caso estudado.

A seguir apresentaremos os critérios usados na avaliação da atividade 1 e construção da tabela 11, descrevendo como foram aplicados os conceitos avaliativos estipulados na seção 3.3 de nosso encaminhamento metodológico.

Sobre os critérios de avaliação da atividade 1: Avaliando os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos na segunda aula.

Na figura 15 apresentamos um caso onde a representação dos alunos foi significativa à atividade 1, pois, podemos perceber que usou uma representação bidimensional da trajetória do foguete, além de destacar o alcance e o ponto mais alto da trajetória.

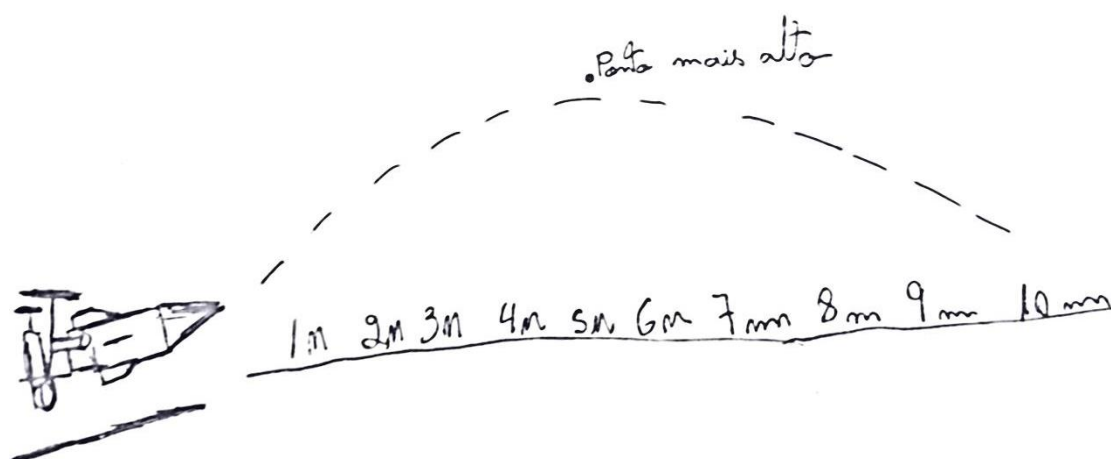


Figura 15: Um resultado significativo (QS) da representação da trajetória do foguete.

Na figura 15 notamos que para a representação do alcance do foguete PET o aluno utilizou a marcação 1m, 2m, 3m... Isso mostra que a representação do alcance no eixo X do plano cartesiano pode ser significativa, visto que, basta “transportarmos” essa ideia para a

formalização do conceito de deslocamento sobre o eixo X que representa a ideia de alcance no problema.

Notamos também que o aluno marcou com muita propriedade os pontos inicial e final da trajetória além de representar o ponto mais alto da trajetória durante o voo.

A figura 16 representa um tipo de asserção significativa ao problema proposto, visto que atende a todas as expectativas do pesquisador quando a identificação dos aspectos mais formais do problema estudado, visto que, todos os aspectos teóricos a serem diferenciados no problema estão presentes na representação feita pelo aluno.

Neste sentido, de modo algum o resultado apresentado pelo aluno está de acordo com o conhecimento científico aceito e formalizado, porém, o que nos chama a atenção é que aspectos básicos e relevantes à compreensão científica deste problema estão presentes na resolução do aluno na forma de uma “aproximação” ou “asserção significativa”, bastando ao professor dar continuidade a todo conteúdo que este aluno necessita diferenciar e aprender sobre movimento balístico e trajetórias em arco-de-parábola.

Isto está de acordo com a visão de Ausubel (2003, p.9) quando diz:

[...] é provável que as propriedades da estrutura de conhecimentos existente na altura da aprendizagem (variáveis da estrutura cognitiva) sejam a consideração mais importante. Visto que esta envolve, por definição, o impacto de todas as experiências de aprendizagem anteriores com relevância para os processos de aprendizagem actuais, é co-extensiva com o problema da transferência.

Em relação à explicação dos alunos exibirem a capacidade de representar o experimento por meio de um desenho que contenha a ideia de movimento bidimensional e trajetória em arco-de-parábola Ausubel (2003, p.10) defende que:

Já se colocou a hipótese de que todas as experiências de aprendizagem passadas influenciam, ou exercem efeitos positivos ou negativos sobre, a nova aprendizagem significativa e a retenção, devido ao impacto sobre as propriedades relevantes da estrutura cognitiva.

Ou seja, defendemos a ideia de que os conceitos de movimento bidimensional e trajetória parabólica foram potencialmente significativos a mais de 50% dos alunos participantes, pois seus conhecimentos prévios de alguma forma influenciaram na representação do experimento, trazendo a mente a imagem do foguete se movimentando em um plano bidimensional descrevendo uma trajetória em arco-de-parábola. Embora tais conceitos ainda não estejam formalmente disponíveis na estrutura cognitiva do aluno na forma cientificamente aceita, podemos criar hipóteses sobre a potencialidade desses conteúdos para esses alunos.

A seguir apresentamos nas figuras 16 e 17 mais dois exemplos produzidos nesta aula onde podemos levantar hipóteses sobre a potencialidade do experimento realizado. Nesses exemplos também pode ser encontrado indicações de representação de um movimento bidimensional, e ponto de máximo da trajetória.

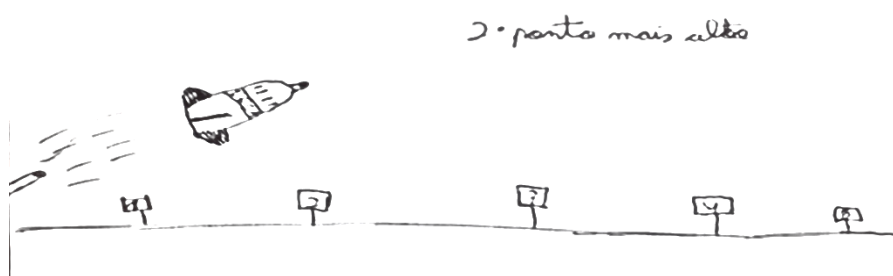


Figura 16: Resultado significativo produzido em sala de aula.

Na figura 17 observamos que o aluno teve a preocupação em representar o ponto inicial de lançamento, a trajetória prevista, os estágios durante o voo, o ponto de apogeu da trajetória e o ponto de chegada.

Neste caso este exemplo possui todas os indicadores que procuramos nos resultados produzidos, o aluno pode mostrar conhecimentos prévios relevantes sobre o experimento realizado e representado nesta atividade em sala de aula.

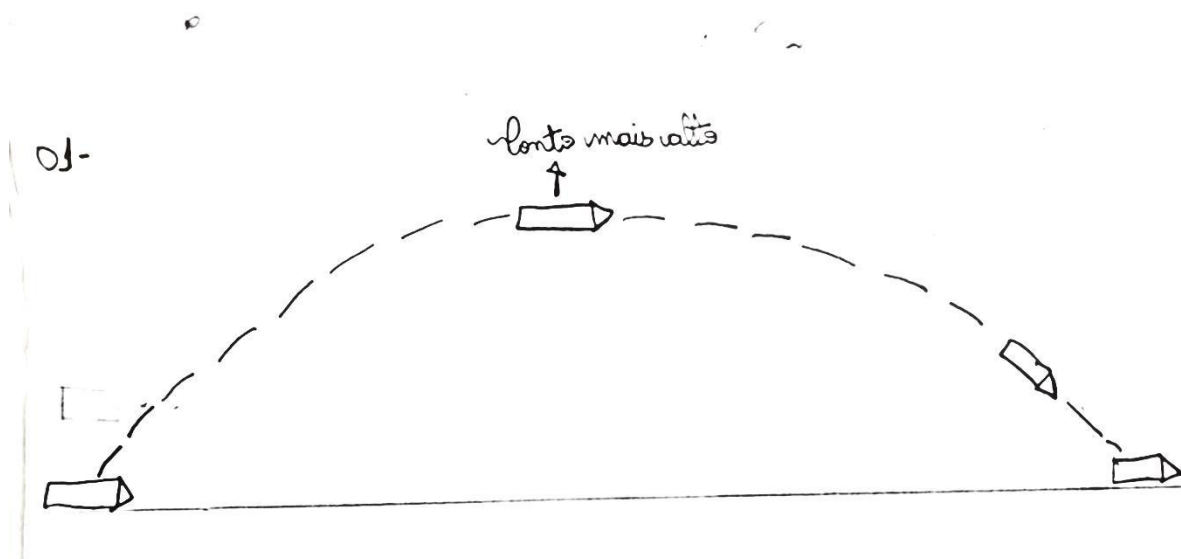


Figura 17: Resultado significativo produzido em sala de aula sobre a trajetória do foguete.

Por outro lado, apresentamos na figura 18 um exemplo produzido nesta atividade onde os indicadores esperados não podem ser constatados como no caso anterior. Neste caso acreditamos que existe um intervalo de confiança pequeno para que o professor possa definir se o aluno possui subsunçores relevantes ao experimento realizado. Neste caso acreditamos

que apenas o experimento realizado não é suficiente ao entendimento e compreensão significativa do aluno.

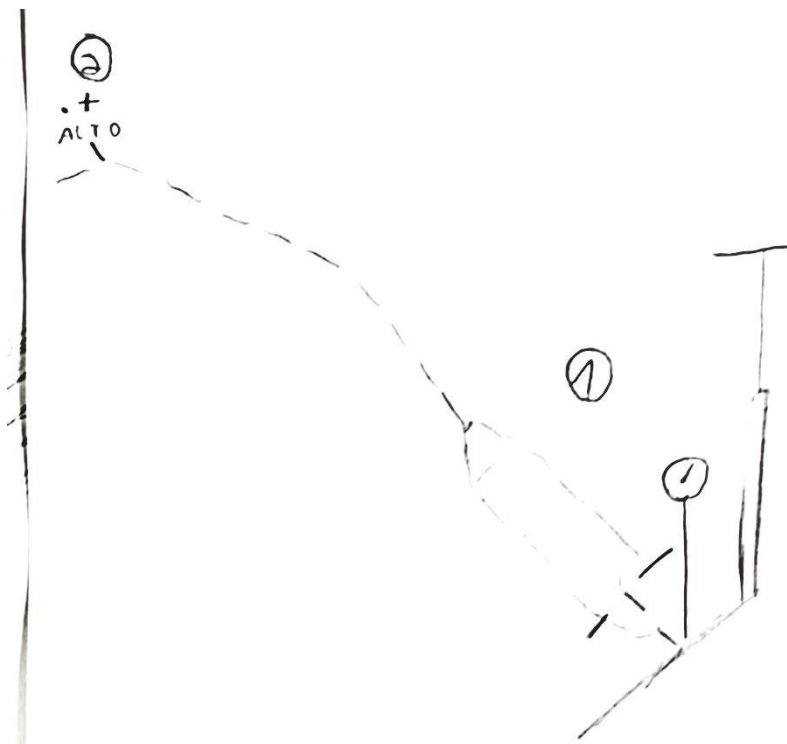


Figura 18: Exemplo de resultado parcialmente significativo.

A classificação como parcialmente significativa quer dizer que o aluno apresentou de forma parcial os indicadores buscados pela pesquisa, neste caso não podemos identificar com clareza se a trajetória representada é um arco-de-parábola como nos casos anteriores, embora seja possível identificar que o aluno buscou representar a situação vivenciada de forma pessoal, porém, o ponto mais alto da trajetória representado não corresponde ao esperado.

De mesma forma os exemplos apresentados nas figuras 19 e 20 representam exemplos de resultados não-significativos para a pesquisa, visto que, o resultado não corresponde aos indicadores esperados.

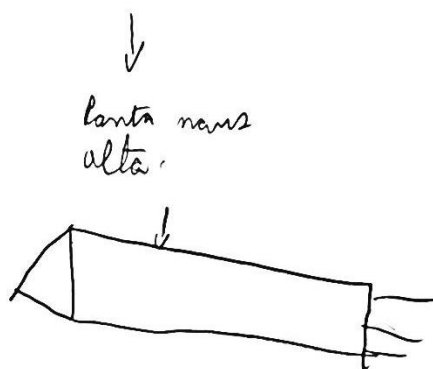


Figura 19: Exemplo de resultado não-significativo.

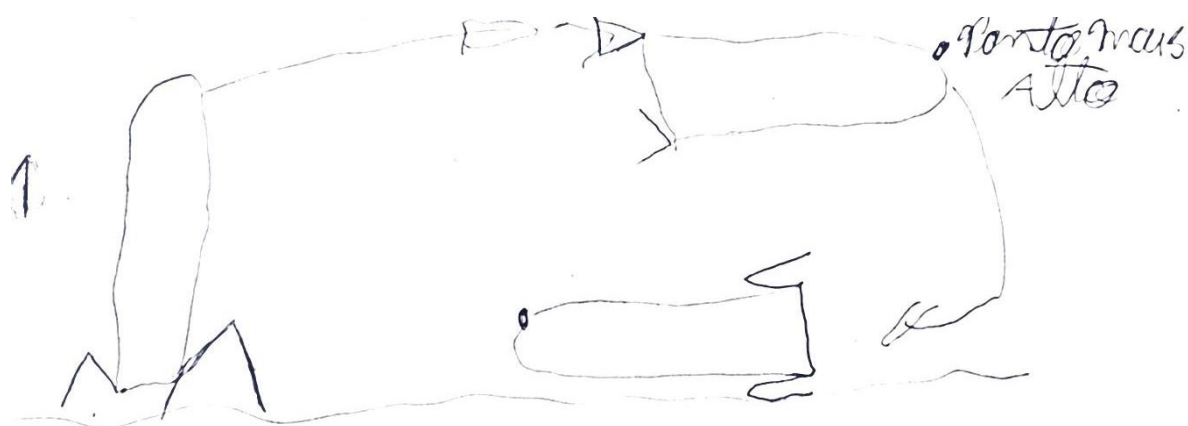


Figura 20: Exemplo de resultado não-significativo.

Na figura 19 vemos que o aluno se preocupou apenas em representar o foguete sem se ater a direção do voo, ponto de lançamento, ponto de chegada e trajetória. Já na figura 20 vemos que apesar do aluno ter tentado representar as etapas do voo (lançamento, ponto mais alto e aterrissagem) o aluno não pode representar de maneira significativa sua trajetória conforme o esperado.

Como vimos anteriormente o percentual observado deste tipo de resposta foi de 36% contra 57% dos resultados favoráveis.

Por fim, esta atividade pode revelar ao professor que novas atividades neste sentido eram necessárias em sala de aula, e que uma parcela significativa dos alunos participantes estavam aptos a iniciarem o desenvolvimento da UEPS.

A respeito dos alunos que ainda necessitavam de novas atividades, decidimos inserir durante as aulas seguintes, novas atividades experimentais que valorizassem os atributos teóricos de trajetória e deslocamento.

Encerra-se aqui os resultados da atividade 1 e do primeiro momento da segunda aula. Como vimos na figura 24 os resultados apontam que existiu uma chance de até 60% dos alunos terem relacionados de forma significativa o experimento realizado, com uma margem de 40% ainda necessitando de novos esclarecimentos e atividades relacionadas.

A seguir apresentaremos os resultados e observações realizados pelo pesquisador ainda nesta aula a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos sobre movimento e referencial de um movimento, além de investigar conceitos relacionados ao plano cartesiano.

As informações a respeito deste estudo constituem o segundo e terceiro momento desta aula e encerra o estudo dos conhecimentos prévios dos alunos reunidos pelo pesquisador em sala de aula durante o desenvolvimento da UEPS.

Sobre os momentos finais da segunda aula e mais dois estudos sobre os conhecimentos prévios dos alunos.

O segundo conjunto de resultados obtidos com a aula 2 estão relacionados ao estudo dos conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos didáticos de movimento e referencial de um movimento, além de reunir informações sobre o conhecimento dos alunos sobre o conceito de plano cartesiano .

Neste momento final buscamos investigar as asserções realizadas pelos alunos ao explicarem fatos relacionados ao movimento de pessoas, aviões, ônibus etc. E como o estudo do plano cartesiano pode influenciar a representação da trajetória do foguete PET.

Todos os exercícios realizados podem ser consultados no apêndice A e os resultados aqui apresentados tratam das soluções apresentadas pelos alunos em sala.

Neste momento buscamos investigar como os alunos lidavam com as situações apresentadas e como suas asserções explicavam os problemas propostos.

Segundo momento da segunda aula: Estudo dos conhecimentos prévios dos alunos sobre movimento e referencial.

Iniciamos o segundo momento desta aula apresentado aos alunos a seguinte charada: “Você sabia que os mortos podem estar em movimento?” Essa charada visava favorecer uma discussão sobre *observador* e o *referencial* de um movimento. Caso a posição do observador esteja fixa no sol, este observador verá a terra se deslocar em sua trajetória orbital, e consequentemente, verá tudo que está sobre a superfície terrestre se mover.

Neste caso, os alunos foram levados a refletir sobre a importância do observador em um movimento, e em seguida trabalharmos o conceito de movimento e referencial em três situações diferentes:

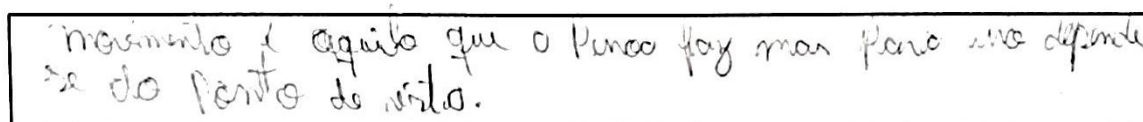
1. Duas pessoas dentro de um ônibus.
2. Dois paraquedistas em queda livre.
3. O movimento aparente dos astros no céu.

Nosso objetivo era observar se a ideia de *observador* e *referencial* de um movimento era significativa aos alunos participantes, para isso, planejamos as atividades de 1 a 7 que podem ser vistas no apêndice A e que tratam do estudo dos conhecimentos prévios dos alunos sobre movimento e referencial. Vamos aos resultados.

Questão 1

A primeira questão limitou-se a perguntar: O que é movimento? Como você explicaria para uma pessoa que um objeto está parado ou em movimento?

Na figura 21 apresentamos uma resposta do tipo significativa à pesquisa, pois, existem evidências de que os elementos utilizados pelo aluno na formulação da solução do problema indica que a ideia é potencialmente significativa e possui carácter transferível e não-mecânico.

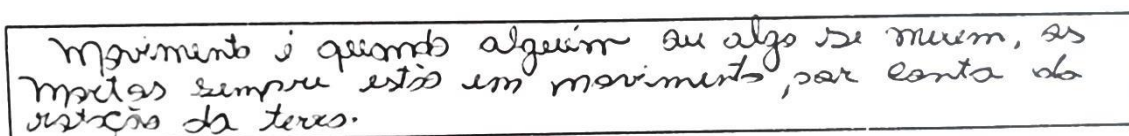


movimento é aquilo que o Penca faz mas Penca não depende se do ponto de vista.

Figura 21: Solução significativa a Atividade 1 (apêndice A) sobre Movimento e Referencial.

Esse tipo de asserção é significativa pois contempla a ideia de observador e referencial de um movimento, vemos que o aluno ao dizer: “Movimento é aquilo que a pessoa faz mas para isso depende-se do ponto de vista” traz a consigo a ideia de observador.

Na figura 22 apresentamos outra asserção significativa à pesquisa e que contempla a ideia de referencial.



movimento é quando alguém ou algo se move, as coisas sempre estão em movimento, por conta da visão da terra.

Figura 22: Asserção Significativa a Atividade 1 sobre Movimento e Referencial.

Já na figura 23 apresentamos um tipo de asserção que a pesquisa classificou como sendo parcialmente significativa, pois, não deixa clara a ideia de observador ou referencial de um movimento.

A rectangular box containing the handwritten text "Uma Criação, com exemplos". The handwriting is in black ink on a white background.

Figura 23: Asserção parcialmente significativa à Atividade 1.

Por fim, na figura 24 apresentamos um tipo de asserção não significativo a esta atividade, visto que, não apresenta as condições mínimas de interpretação positiva ao conceito de referencial e movimento relativo.

A rectangular box containing the handwritten text "mostro como que não está parado e não se medindo". The handwriting is in black ink on a white background.

Figura 24: Asserção não significativa à atividade 1.

De forma geral, na figura 25 podemos observar os resultados da atividade 1.

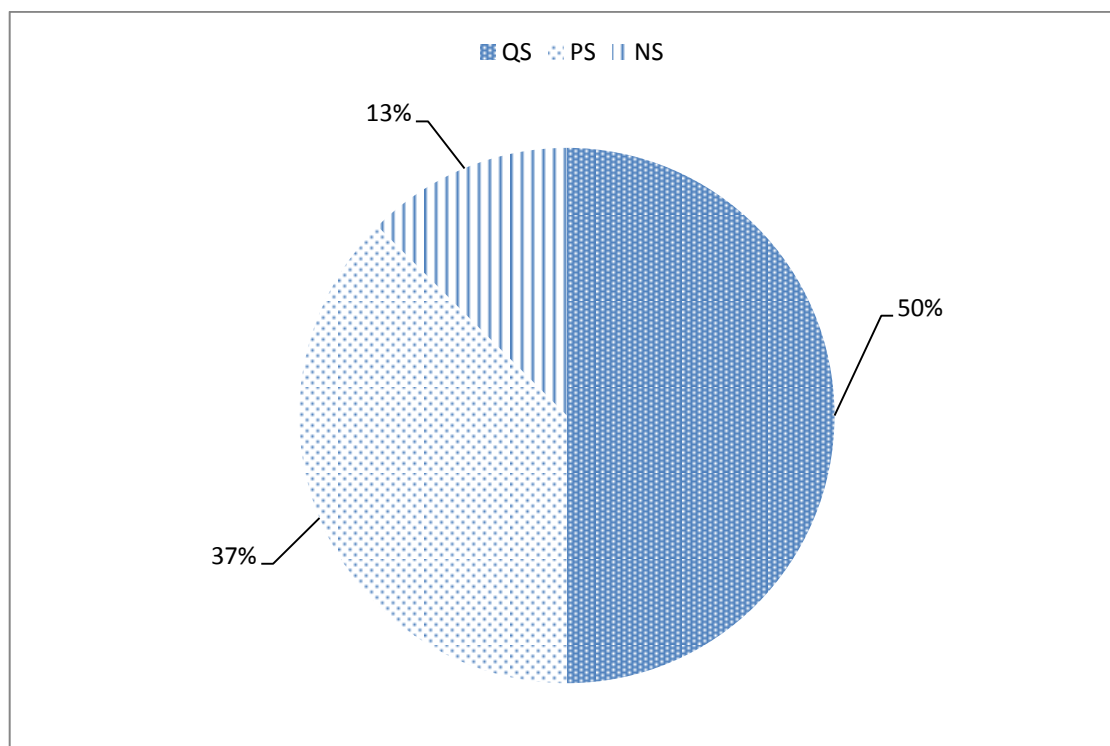


Figura 25: Resultado dos conhecimentos prévios sobre Movimento e Referencial / Questão 1.

Vemos que 50% da sala apresentou uma resposta satisfatória ao que o pesquisador esperava, neste caso, o percentual de 50% corresponde às respostas do tipo que apresentarão menção a ideia de *observador* ou *referencial* como asserção a questão.

A segunda etapa desta atividade foi direcionada a investigar se este mesmo padrão de observação dos alunos se mantinha no caso de movimentos relativos em queda livre.

Questão 2

Não foi possível obter resultados satisfatórios com a questão 2, que tratava da observação do movimento aparente em relação a um referencial, neste caso passageiros e ônibus. Acreditamos que a tema deveria ser mais explorado, porém, não foi possível aprofundarmos o tema devido ao tempo escasso disponível e prosseguimos a aula.

Questões 3 e 4

As questões 3 e 4 trabalhadas neste momento e que podem ser vistas no apêndice A, trataram de investigar as asserções dos alunos em relação ao movimento de queda livre de dois paraquedistas.

A questão investigava a relação que existe entre o observador e a direção do movimento observado no momento em que um dos paraquedistas aciona o paraquedas e o outro permanece em queda livre.

Nosso enfoque foi investigar como seriam as asserções dos alunos em relação a direção do movimento observado pelo paraquedista B que continua em queda livre ao ver seu companheiro A acionar o paraquedas.

O objetivo desta atividade era discutir o movimento aparente do paraquedista A em relação ao paraquedista B, e por isso ocorria.

De forma geral, a discussão girou em torno da tentativa de explicar o fato do paraquedista B (que está em queda livre) ver o paraquedista A (que aciona o paraquedas) se “movimentar para cima” no momento da abertura do paraquedas.

Esperávamos encontrar nas respostas o fato de que esse movimento aparente da ascensão do paraquedista A ao acionar o paraquedas está no fato de que o paraquedista B (observador) se toma como referencial do movimento, o que explica o fato do paraquedista B ver o paraquedista A “subir” no momento do acionamento.

De forma geral, observamos que a maioria dos alunos relatou que o paraquedista B iria ver o paraquedista A “subir” no momento do acionamento do paraquedas, porém, não pode ser observado nas citações dos alunos, ideias relevante a respeito do observador B se colocar como referencial do movimento.

Sobre o percentual de alunos que observaram o fato esperado podemos notar que mais de 80% da sala pode responder satisfatoriamente, porém em nenhuma dessas respostas foi possível inferir alguma relação com o fato do paraquedista B se colocar como referencial do movimento.

A figura 26 apresenta o percentual de respostas parciais e não-significativas a questão proposta e nenhuma asserção do tipo significativa.

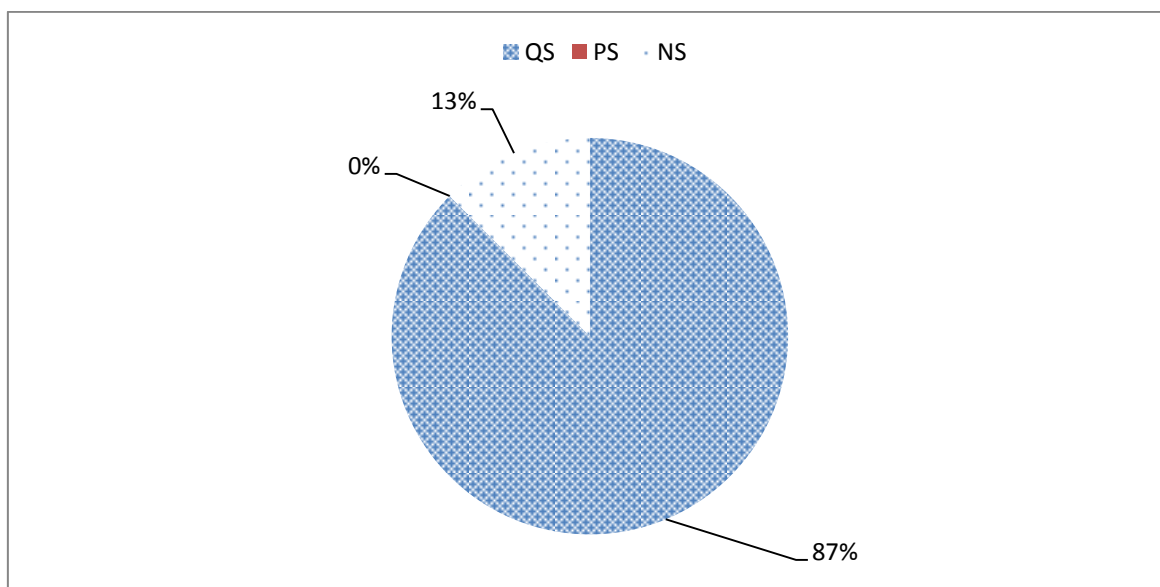


Figura 26: Resultado sobre a investigação dos conhecimentos prévios e referencial de um movimento.

As próximas questões investigaram a relação que existia entre os conhecimentos prévios dos alunos e o movimento aparente dos astros no céu.

Neste momento desejávamos investigar como os alunos tratavam a questão do movimento aparente dos astros e se estes conhecimentos faziam alusão à ideia de referencial e observador.

Questões 5, 6 e 7

As atividades desenvolvidas para este momento podem ser vistas nas questões 5, 6 e 7 do apêndice I e neste momento trataremos dos resultados.

Na atividade 5 nos limitamos a investigar sobre utilização da ideia da terra como referencial do movimento aparente do sol pela abóboda celeste. Na figura 27 vemos um exemplo de asserção significativa a esta questão.

Porque vemos o sol mover em relação ao prédio

Figura 27: Resultado significativo da questão 5 sobre movimento relativo.

Consideramos essa asserção significativa pois, o aluno utilizou a ideia de referencial para justificar sua resposta, visto que, o sol se move em relação ao referencial prédio.

Na figura 28 vemos outro tipo de asserção significativa, pois, também apresenta a ideia de referencial.

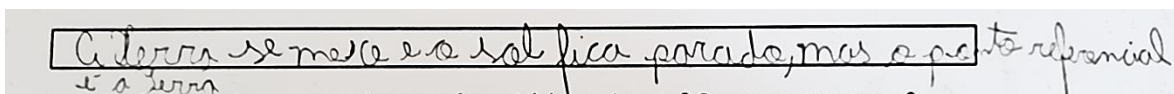


Figura 28: Resultado significativo da questão 5 sobre movimento aparente.

Neste caso vemos que a ideia de referencial foi usada explicitamente pelo aluno para explicar o fato do aparente movimento do sol, ou seja, o sol se move pois tomamos a terra como referencial imóvel.

Na figura 29 também apresentamos um exemplo onde o aluno usa de forma explícita a ideia de a terra ser o referencial do movimento aparente dos astros quando diz: “Porque a gente é o referencial”, se referindo ao fato de nos tomarmos como referencial do movimento.

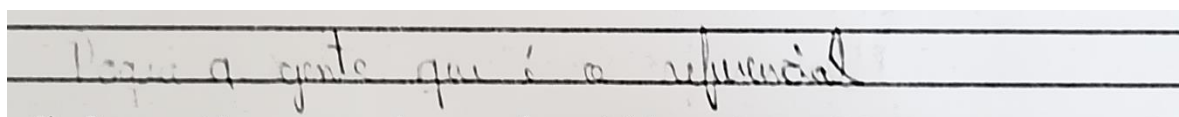


Figura 29: Exemplo de asserção significativa a questão 5 sobre movimento aparente dos astros.

Já no caso da figura 30 vemos que o aluno utiliza a ideia de referencial de maneira equivocada quando diz: “ O sol é meu ‘referencial’”.

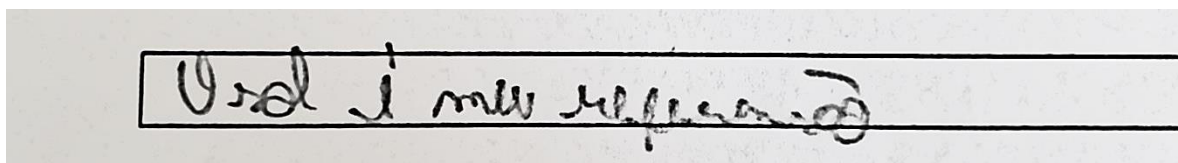


Figura 30: Asserção não significativa a questão 5.

De modo geral o resultado das atividades 5 e 6 do apêndice A pode ser visto nas figuras 30 e 31 que exibem o percentual das respostas significativas (QS), parcialmente significativas (OS) e não-significativas (NS) observadas nestas questões.

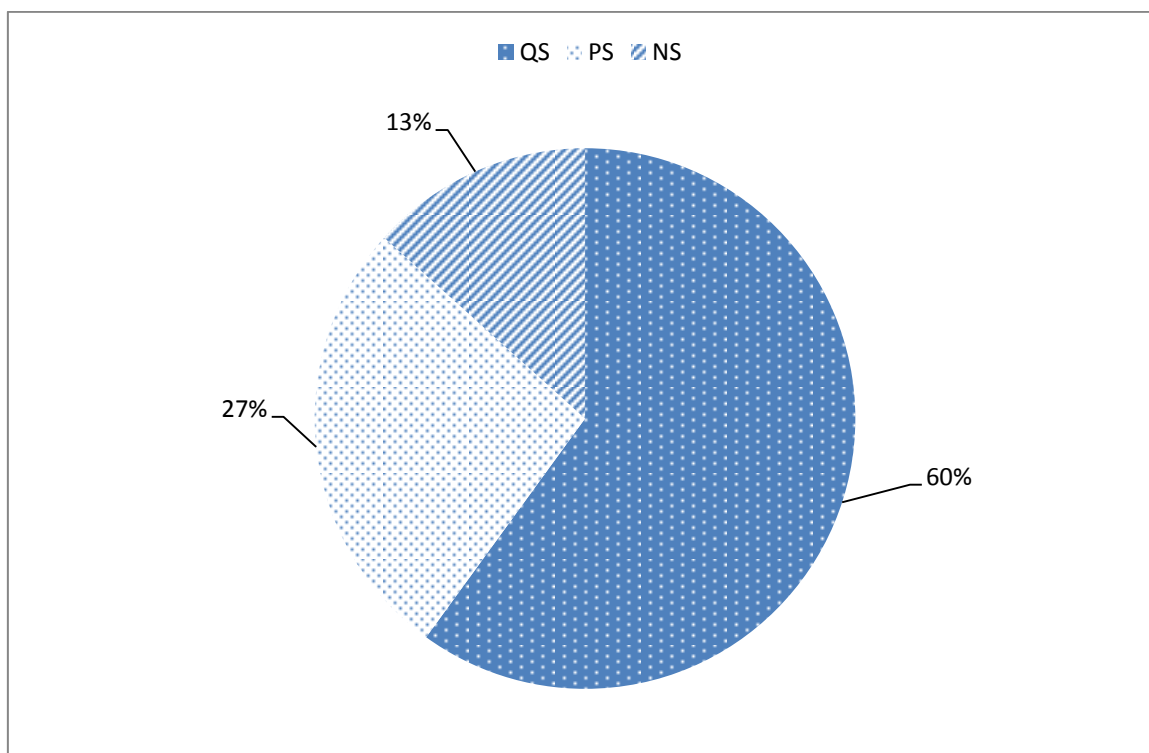


Figura 31: Análise percentual das asserções realizadas pelos alunos à questão 5 sobre o movimento aparente dos astros.

Da mesma forma, os resultados da atividade 6 também corroboram a ideia de que os alunos participantes possuem conhecimentos prévios relevantes ao estudo dos conceitos de movimento e referencial. Na questão 6 acrescentamos a ideia de posicionar o observador no sol e o que isso afetaria nossa análise do movimento dos astros.

Os resultados mostram que houve um acréscimo de até 20% nas respostas significativas, o que mostra evidências de que os alunos participantes utilizam a ideia de referencial para explicar os movimentos aparentes dos astros. O resultado pode ser visto na figura 32.

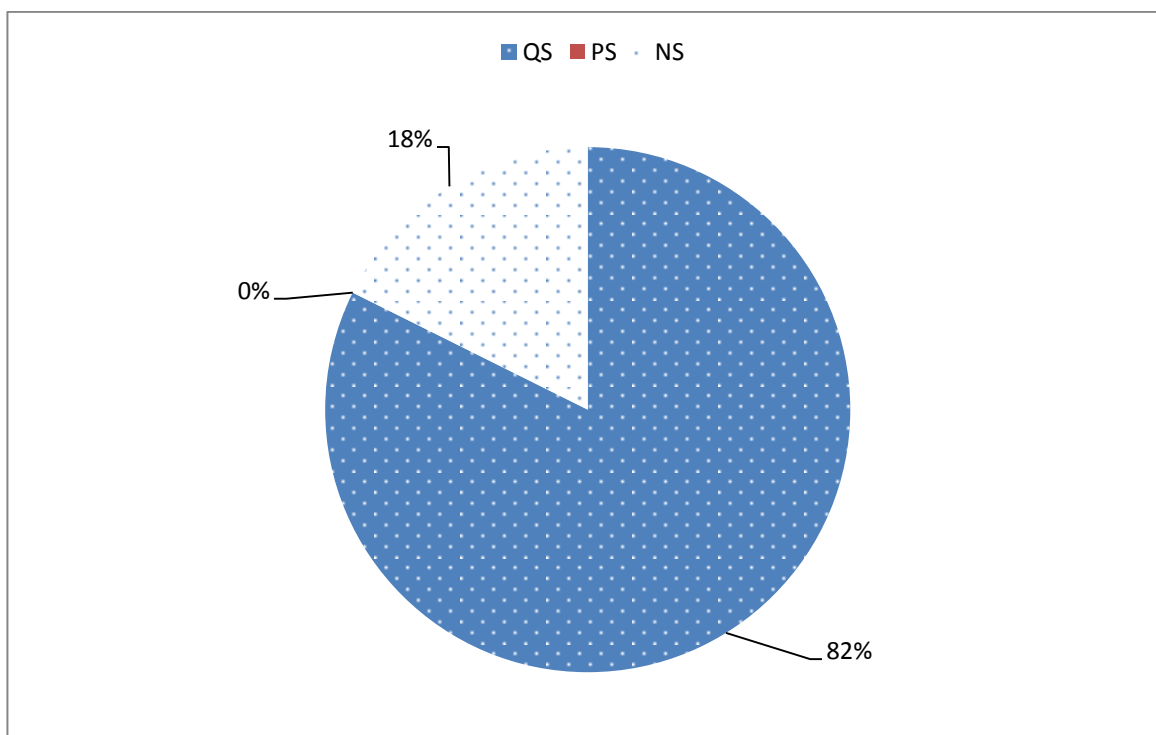


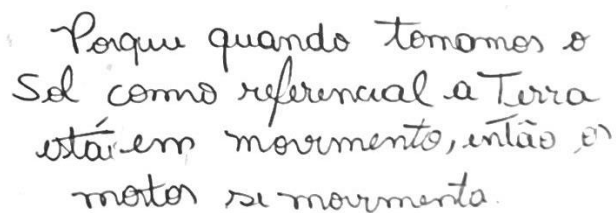
Figura 32: Resultado da investigação da questão 6 sobre referencial e movimento aparente dos astros.

A próxima questão planejada (QUESTÃO 7), retomada a charada apresentada no início da aula. Nosso objetivo era analisar se o estudo e discussão sobre fatos e temas relacionados ao conteúdo de movimento e referencial interagiram de forma significativa na elaboração da resposta a charada.

De maneira direta, buscávamos investigar qual era o percentual inicial e final que podia ser observado nas asserções dos alunos em relação a problemas que envolviam a ideia de movimento e referencial.

Essa tarefa foi destinada a Questão 7 do apêndice A e tratou de registrar a visão dos alunos sobre o problema proposto no início da aula.

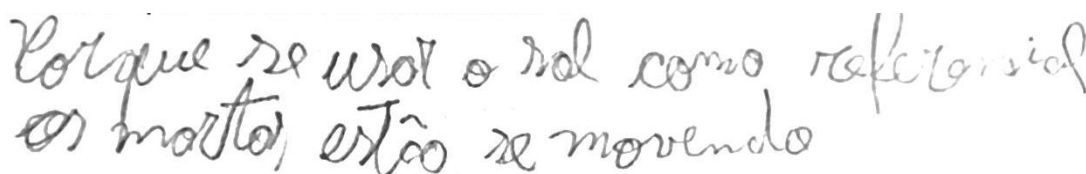
Na figura 33 apresentamos um exemplo de asserção realizada por um aluno que foi classificada como significativa, visto que o aluno descreve explicitamente que a resposta da charada proposta pelo pesquisador pode ser explicada no fato da escolha dos referenciais do movimento.



Porque quando tomamos o Sol como referencial a Terra está em movimento, então os outros se movem.

Figura 33: Resultado significativo da questão 7.

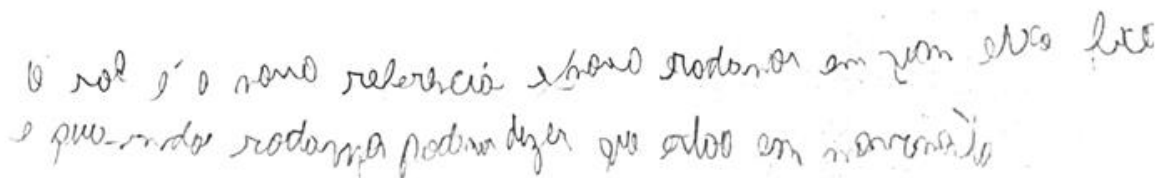
Outro exemplo significativo pode ser visto na figura 34 que também representa uma asserção contendo todos os elementos esperados pelo pesquisador.



Porque se usamos o sol como referencial os outros, estão se movendo.

Figura 34: Resultado significativo a questão 7.

De forma geral todas as asserções significativas realizadas pelos alunos seguiram este modelo de resposta com algumas variações como no caso da figura 35, quando o aluno diz: “O sol é nosso referencial e nós rodamos em um eixo (...) e quando rodamos podemos dizer que estão em movimento”.



O sol é o nosso referencial e nós rodamos em um eixo e quando rodamos podemos dizer que estão em movimento.

Figura 35: Resultado significativo da questão 7.

Já na figura 36 podemos observar um resultado parcialmente significativo, visto que, o aluno faz menção do movimento da terra, porém, não cita a ideia de referencial.



Porque a terra se move.

Figura 36: Resultado parcialmente significativo da questão 7.

Outro tipo de asserção observada é a do tipo que não traz especificada a ideia de referencial corretamente. No exemplo da figura 37 podemos ver que o aluno não relacionou de forma correta a ideia de movimento e referencial quando diz: “Depende do referencial está parado ou ‘em’ movimento”.

Dependêta e Referencial estô pensado ou entendido

Figura 37: Resultado parcialmente significativo da questão 7.

De forma geral o resultado deste último momento pode ser visto na figura 38 onde apresentamos a distribuição parcial das asserções realizadas pelos alunos.

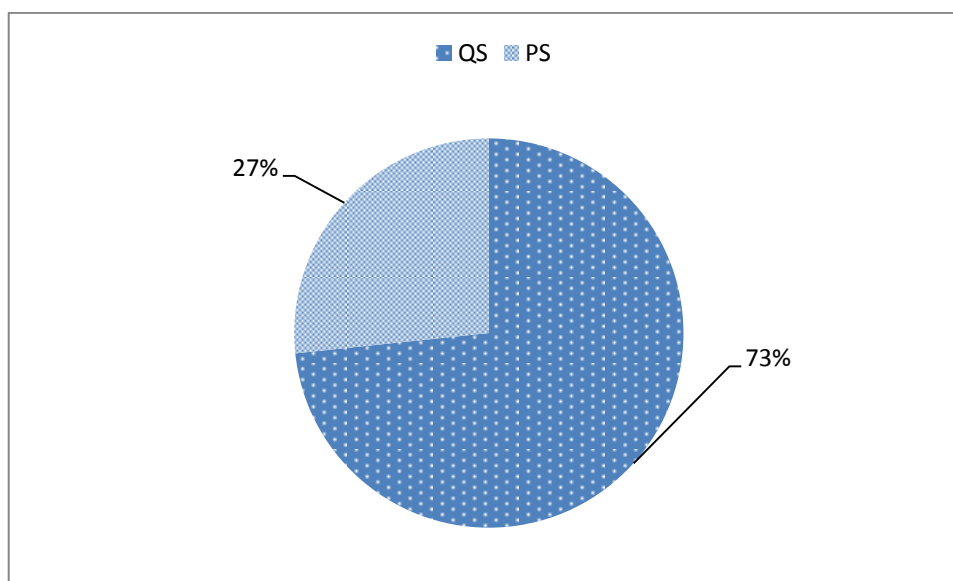


Figura 38: Resultado percentual observado ao final da análise das asserções feitas a questão 7.

Como podemos observar a questão proposta no início da aula passou por um processo de reorganização e diferenciação durante a aula e encerrou com 73% de respostas favoráveis ao desafio proposto. Acreditamos que foi significativa as asserções realizadas pelos alunos visto que inicialmente havia uma margem de 50% de entendimento a certa da ideia de referencial contra 73% ao final da atividade.

De forma mais precisa, na figura 39 observamos a evolução desta aula com os resultados iniciais e finais com base nas questões de 1 a 7 do apêndice A.

A figura 39 apresenta o desempenho geral dos participantes em função do percentual significativo das asserções realizadas nesta atividade.

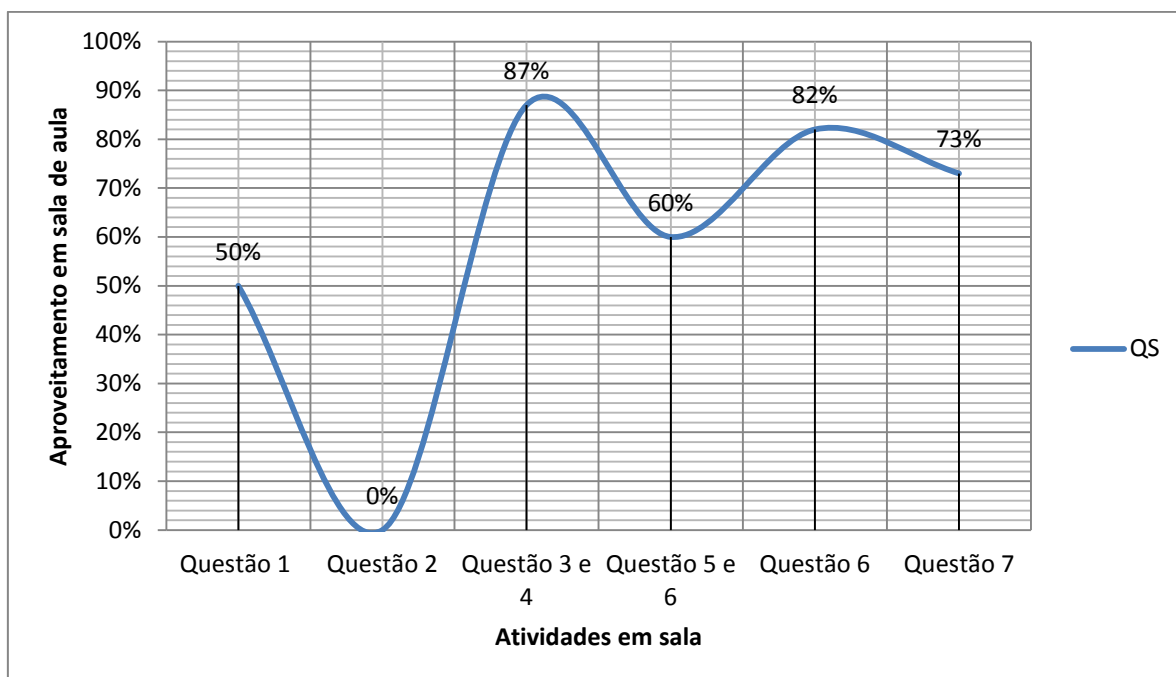


Figura 39: Desempenho significativo das asserções realizadas pelos alunos durante a segunda aula, questões do apêndice A.

Por outro lado, na figura 40 apresentamos o desempenho das questões não-significativas que foram observadas em sala de aula.

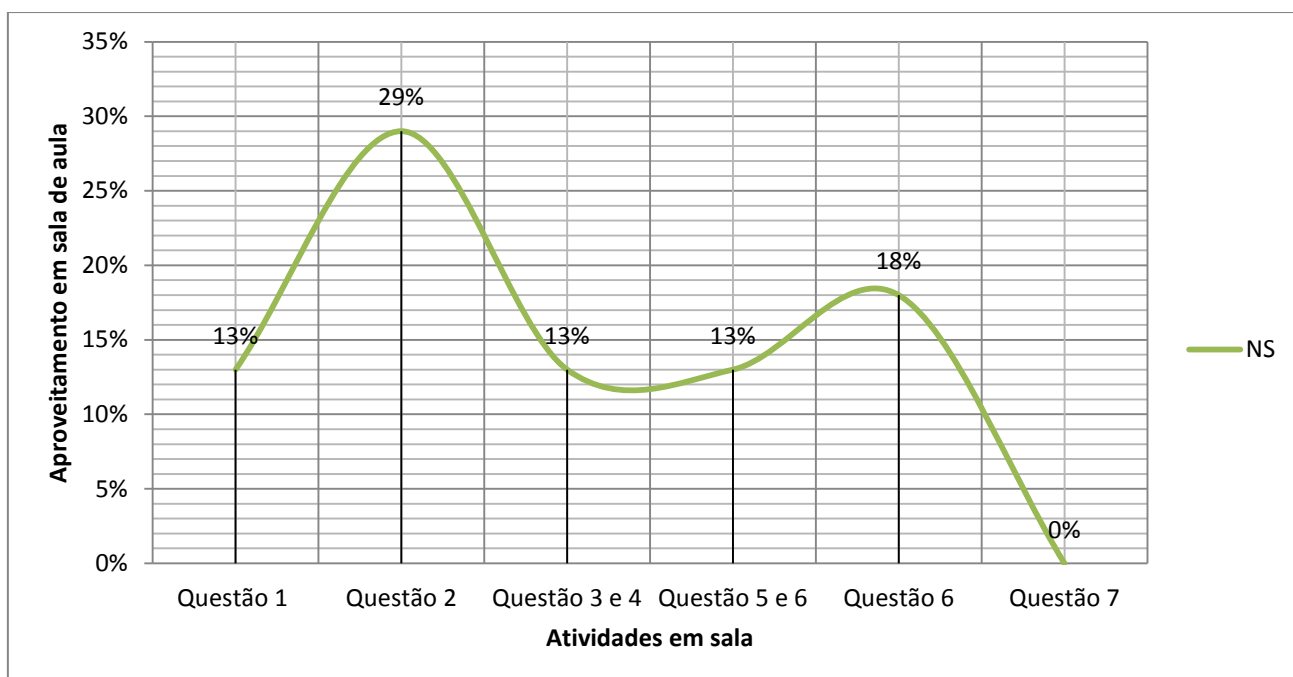


Figura 40: Desempenho das asserções não-significativas observadas durante a segunda aula, questões do apêndice A.

Uma análise mais cuidadosa deve ser feita a respeito dos gráficos 39 e 40 que representam o desempenho observado em sala de aula dos resultados significativos e não-significativos esperados para esta aula.

Vemos que no gráfico 39 iniciamos com um percentual de 50% de asserções significativas realizadas, devemos lembrar que a questão 1 do material didático preparado para esta aula tratava da tentativa do professor em reunir tudo aquilo que os alunos sabem sobre movimento. Em seguida vemos que houve uma forte queda passando por um abrupto crescimento, isso aconteceu pois os alunos não compreenderam de forma significativa a questão número 2, acreditamos que isso deve ter ocorrido por falta de compreensão da leitura ou ainda falha da exposição da proposta pretendida.

Em seguida, observamos que na questão 3 houve um acentuado número de asserções satisfatórias a questão proposta que tratava da discussão do movimento de queda livre dos paraquedistas.

Por fim, a partir das questões 5, 6 e 7 a média de asserções satisfatória se manteve em torno dos 60%. Corroborando a ideia de uma aprendizagem voltada a fatos e ideias significativas relacionadas ao estudo de movimento e referencial.

Já na figura 50 vemos o desempenho do percentual de alunos que apresentaram durante esta aula uma aprendizagem de natureza mecânica e não-significativa.

Podemos observar que os registros em sala de aula, apontam para um percentual inicial de 13% nas asserções do tipo não-significativa, seguido de uma variação de 20% que se manteve até a questão 6.

Importante destacar que após a questão 6 houve uma queda significativa no número de asserções do tipo mecânicas, acreditamos que isso ocorreu devido ao fato de que a charada proposta como estratégia no início da aula, passou por diversas interações e reorganizações de significados e que puderam ser evidenciados nas respostas finais dos alunos nesta aula.

Acreditamos que levando em consideração os resultados obtidos na figura 49 e 50, podemos dizer que existe evidências de que as estratégias desenvolvidas para esta aula, bem como os objetivos iniciais estabelecidos foram atingidos. Na figura 41 apresentamos uma análise estatística que leva em consideração os dados dos gráficos 39 e 40 e que mostram o desempenho das asserções significativas (QS) comparadas às questões do tipo parcialmente significativas (PS) e mecânicas (NS).

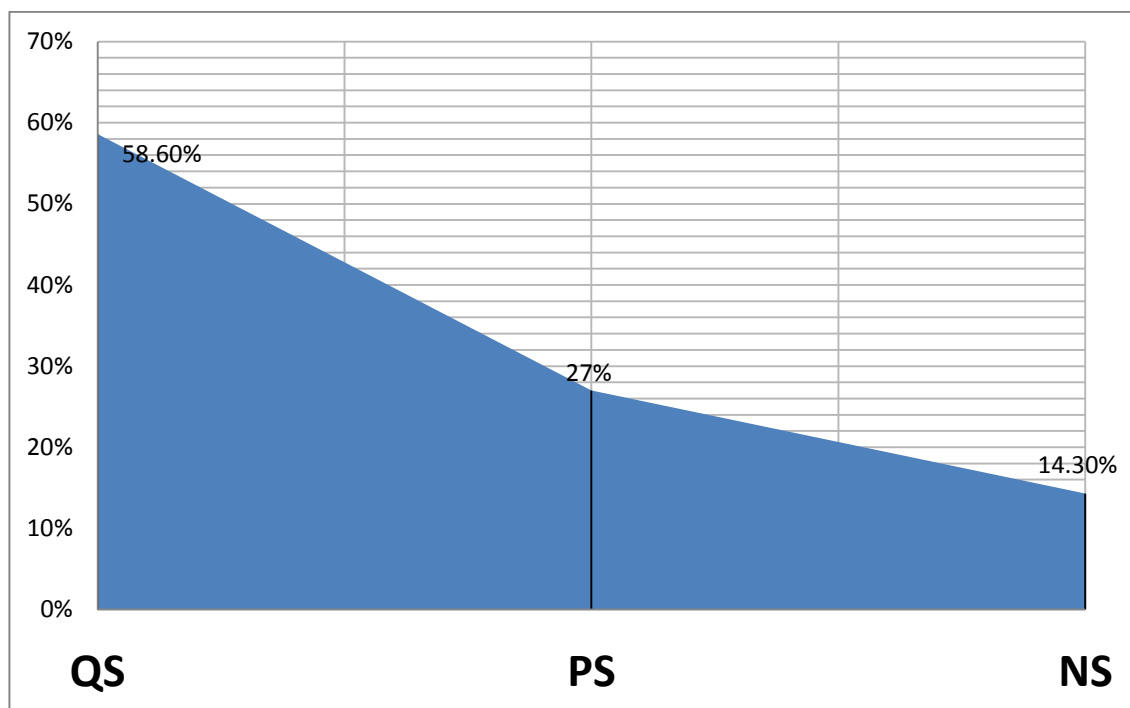


Figura 41: Resultado das observações durante a segunda aula.

Terceiro momento da segunda aula: Estudo dos conhecimentos prévios dos alunos sobre plano cartesiano e lançamento horizontal.

O terceiro momento da segunda aula se iniciou com a apresentação de um vídeo sobre o voo em parábola. Neste vídeo o educador inglês Tom Scott⁹ realiza um voo em parábola a bordo do avião Zero- G desenvolvido para o treino de astronautas e realização de experimentos em microgravidade.

A atividade desenvolvida pode ser vista Questão 8 do apêndice I. O objetivo desta atividade era apresentar novas ideias e reunir os conhecimentos prévios dos alunos sobre trajetórias.

A atividade foi realizada em sala de aula e as questões foram resolvidas com o auxílio do professor utilizando informações do vídeo. Ao final desta atividade realizamos uma investigação sobre como o plano cartesiano pode ser utilizado para representar trajetórias, as questões 9, 10, 11 e 12 tratam das asserções feitas pelos alunos ao visualizarem uma animação em GeoGebra que representava um lançamento horizontal.

Especificamente investigamos como o aluno relacionava a ideia de tempo e deslocamento e ainda se era possível ao aluno explicar de forma pessoal como o plano cartesiano poderia ser usado para representar uma trajetória. Vamos aos resultados.

⁹ Thomas Scott é um artista britânico, educador, YouTuber, desenvolvedor web e ex-apresentador de Gadget Geeks no Sky One.

Resultados observados na Questão 11: Relação entre tempo e trajetória na visão do aluno.

Na questão 11 nos limitamos a perguntar qual era a relação que existe (na visão do aluno) entre tempo e deslocamento de um objeto. De forma mais precisa perguntamos: “Você consegue perceber como trajetória e tempo estão relacionados?”. Na figura 42 apresentamos um exemplo de asserção observada que esta pesquisa considerou como significativa.

trajetoria, tempo e movimento, em você fazer um movimento você se move e isso tem um tempo

Figura 42: Resultado significativo da Questão 11.

Acreditamos que quando o aluno diz: “Trajetória, tempo e movimento em você fazer um movimento você se move e isso tem um tempo”, está relacionado ao fato de que o aluno tem como significativo a ideia de dependência entre as grandezas tempo e deslocamento.

Já na figura 43 vemos o uso explícito da ideia de dependência entre tempo e deslocamento.

~~Trajetoria~~ trajetoria precisa de tempo
tempo precisa de posição, posição tem trajetoria

Figura 43: Resultado significativo da Questão 11.

A ideia de dependência também pode ser observada na figura 44 quando o aluno diz: “Tudo está relacionado, pois enquanto eu ando gasto tempo e faço uma trajetória”.

Tudo está relacionado, pois enquanto eu ando gasto tempo e faço uma trajetória

Figura 44: Resultado significativo da Questão 11.

Por outro lado, os resultados não-significativos observados durante este momento da aula foram os resultados do tipo que pode ser visto na figuras 45, onde não foi observado resultado significativo devido ao fato da redundância usada pelo aluno quando diz: “Tempo e trajetória estão tudo relacionado”.

O tempo de viagem não muda de modo

Figura 45: Resultado não-significativo da Questão 11.

Já na questão 46, observamos que houve asserções do tipo inconclusivas, não sendo possível fazer nenhum tipo de análise, verificação ou comparação.

Uma trajetória.

Figura 46: Resultado não-significativo observado na questão 11.

De forma geral, o resultado entre asserções significativas e não-significativas podem ser vistas na figura 47.

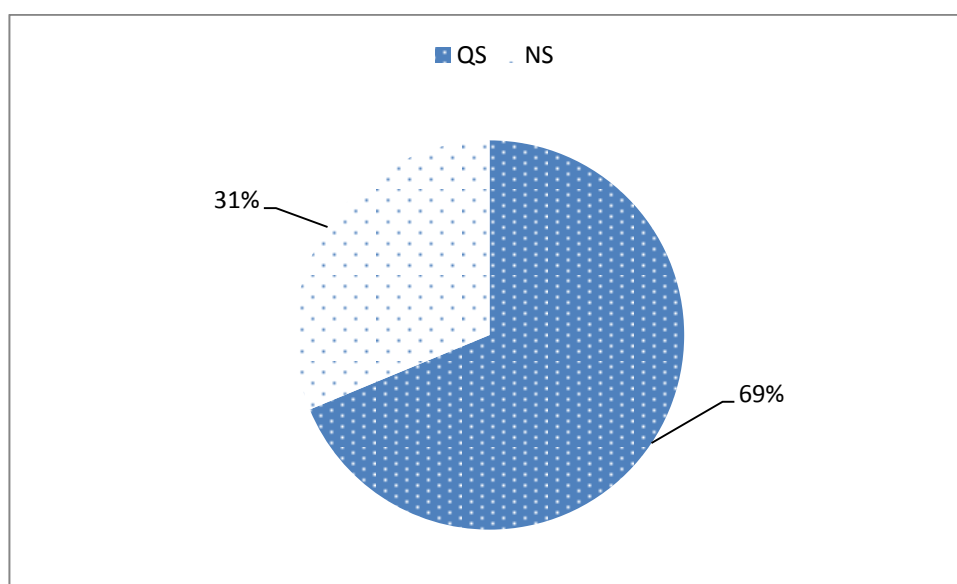


Figura 47: Resultado geral das asserções realizadas à questão 11.

Esse resultado foi importante, pois, na terceira aula introduzimos a ideia de equação horária do movimento, e, portanto, foi importante sabermos se a ideia de relação e dependência entre duas grandezas como tempo e distância era potencialmente significativa aos alunos.

Sobre a simulação em GeoGebra de um lançamento horizontal e os dados do terceiro momento da segunda aula.

Conforme o resultado observado na figura 56, houve uma chance de 70% da ideia de trajetória descrita em função tempo ter sido significativa aos alunos participantes. Afim de consolidar o conhecimento reunido até este momento, realizamos a última atividade desta aula, e buscávamos desenvolver nos alunos a ideia de trajetória no plano cartesiano.

A proposta pode ser vista na questão 14 e contava com o apoio de uma simulação realizada em GeoGebra que simulava um lançamento horizontal. O objetivo desta atividade foi desenvolver os subsunçores iniciais a ideia de trajetória descrita por pares ordenados no plano cartesiano e de equação horária da trajetória, temas que seriam abordados na próxima aula.

Solicitamos aos alunos participantes que pensassem a respeito da relação que existe entre trajetória e plano cartesiano, nosso objetivo era investigar se o conceito de representação de uma trajetória usando o plano cartesiano como referencial inercial era potencialmente significativo.

Vamos agora relatar como se deu a resposta dos alunos frente a nossa indagação sobre a relação que existe entre plano cartesiano e trajetória de um objeto. A questão investigada é a questão 14 do apêndice A e separamos as respostas observadas nos tipos QS, PS e NS.

Na figura 48 vemos uma resposta do tipo NS, na qual o aluno diz “Que ele cai pro lado negativo do plano”. Neste caso nada do que esperávamos pode ser observado e classificamos essa resposta como sendo do tipo NS.

Que ele cai pro lado negativo do plano

Figura 48: Resposta não-significativa relacionada a Questão 14 sobre Plano Cartesiano e Trajetória.

Já na figura 49 vemos uma resposta do tipo PS, na qual o aluno apenas faz uma alusão ao que pretendíamos observar que é a relação de referencial e trajetória no plano cartesiano.

Para ter um ponto de vista melhor

Figura 49: Resposta parcialmente-significativa relacionada a Questão 14 sobre Plano Cartesiano e Trajetória.

Por outro lado na figura 50 vemos um resposta do tipo significativa, pois evidencia que o aluno possui a intenção deliberada de usar o plano cartesiano como referencial de um movimento e descrição de uma trajetória pré-determinada.

Para localizar todos pontos da trajetória

Figura 50: Resposta do tipo significaitva a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.

Na figura 51 vemos um exemplo onde o aluno usou a ideia de “tradução” para se referir a utilização do plano cartesiano na descrição de um movimento. Neste caso, o aluno idealizou a utilização do plano cartesiano como um “tradutor de movimento”.

Para ser o tradutor e o trajectorio do movimento do objeto

Figura 51: Resposta do tipo significativa relacionada a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.

Na figura 52 vemos outro exemplo de resposta significativa relacionada à questão 14.

Sim, como ponto de referencia para localizar

Figura 52: Resposta do tipo significativa relacionada a questão 14 sobre Plano cartesiano e trajetória.

Os resultados desta atividade podem ser vistos na figura 53 onde mostramos os resultados significativos, parcialmente-significativos e não-significativos.

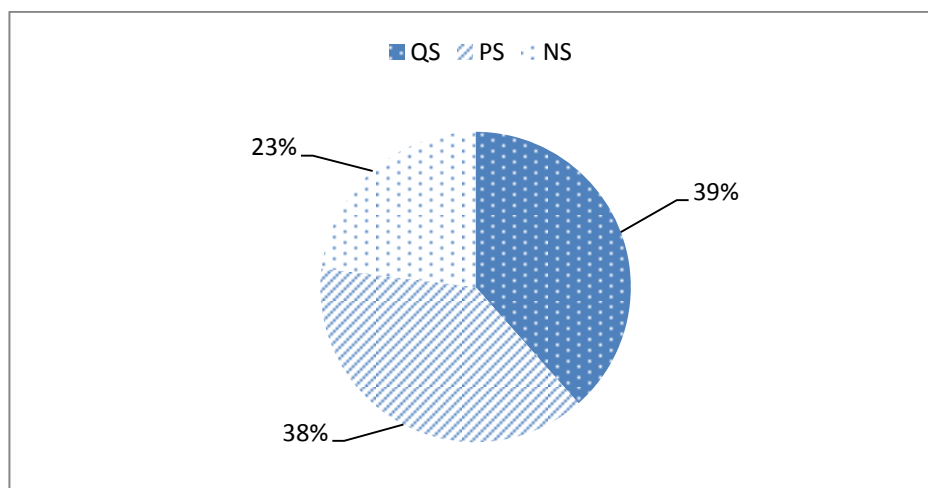


Figura 53: Resultado geral da Questão 14 que investigou a relação que existia na visão do aluno entre trajetória e plano cartesiano.

Acreditamos que os resultados observados na questão 14 são exemplos que evidenciam a possibilidade de mais atividades relacionadas e maiores diferenciações ao tema de plano cartesiano e trajetória, visto que, constatou-se uma margem de 40% de compreensão parcial, o que indica que a atividade realizada não suficiente para levantar apontamentos significativos entre a maioria dos alunos.

Este resultado mostra que é necessário maiores investimentos no sentido de aproximar a realidade conceitual do aluno com as necessidades curriculares que exigem o tema.

Nossa pesquisa aponta que apenas atividades de observação e reprodução de conteúdos específicos que relacionem o tema plano cartesiano e trajetória não são suficientes.

A seguir na figura 54 apresentamos o desempenho dos alunos participantes em relação aos resultados observados na Questão 11 e 14.

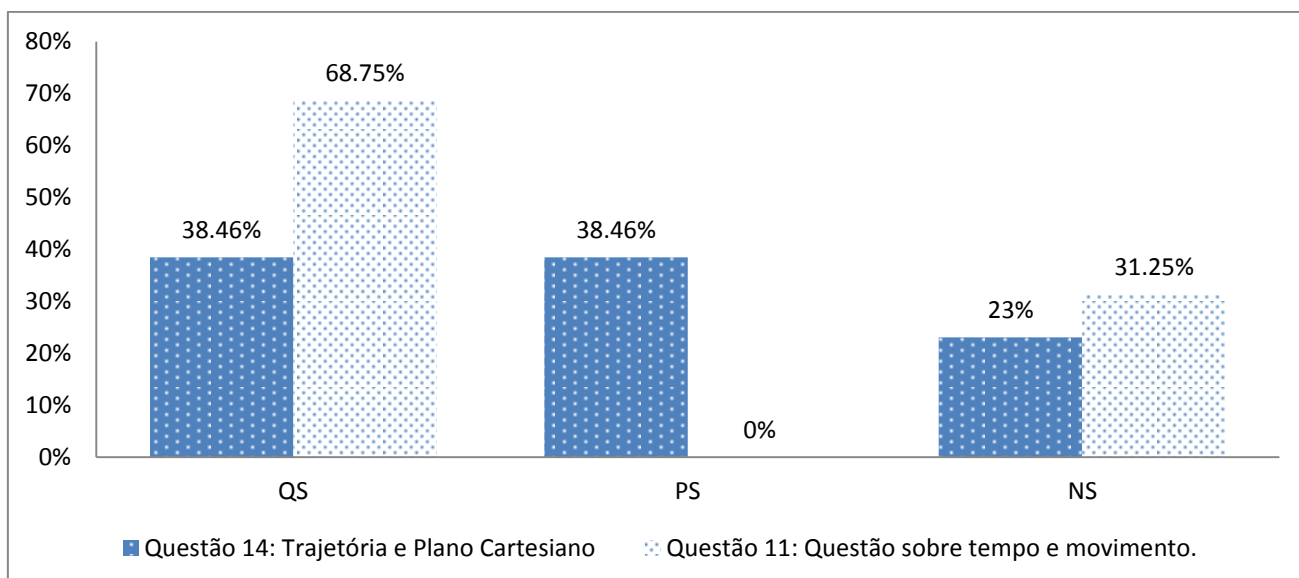


Figura 54: Comparação entre os resultados significativos e não- significativos em relação as questões 11 e 14 (Apêndice A) .

Várias considerações podem ser feitas a respeito do resultado observado na figura 53, porém, acreditamos que o fato mais importante está relacionado à dificuldade que os alunos enfrentam evidenciada neste resultado.

Vemos que os resultados da questão 11 apontam que mais de 60% da sala demonstrou ter conhecimentos prévios relacionados a relação que existe entre tempo e deslocamento. Por outro lado, na atividade 14, o resultado mostra que nada se pode concluir a respeito do uso significativo do plano cartesiano para descrever essa relação entre trajetória e tempo.

Notamos que o percentual significativo e parcialmente significativo estão próximos, o que nos mostra que mais trabalhos neste sentido devem ser realizados desde os conhecimentos mais básicos, envolvendo a relação trajetória e tempo bem como sua representação.

4.3 RESULTADOS DA TERCEIRA AULA

Neste momento apresentaremos os resultados alcançados durante a terceira aula com a produção do primeiro mapa conceitual da UEPS, bem como os resultados alcançados com o uso dos softwares GeoGebra e Tracker no estudo do movimento balístico e trajetórias bidimensionais. Todas as questões e atividades aqui descritas podem ser vistas no apêndice B.

Inicialmente apresentaremos o resultado alcançado com a produção dos mapas conceituais e teceremos nossas observações a respeito dos resultados atingidos em sala de aula. Em seguida apresentaremos os resultados obtidos no estudo de trajetórias, movimento balístico e equação horária do movimento unidimensional focado no uso das novas tecnologias de informação em sala de aula.

Sobre o mapa conceitual produzido nesta aula.

Apresentaremos neste momento os resultados obtidos com o desenvolvimento do primeiro mapa conceitual produzido durante a terceira aula.

Este mapa representa a primeira síntese que o aluno fez durante o desenvolvimento da UEPS. Esta análise foi inspirada em trabalhos anteriores que também usaram a técnica de mapas conceituais para avaliar o desempenho dos alunos participantes (RIBEIRO, SOUZA E MOREIRA 2018; MOREIRA 2013; MOREIRA E CALEFFE 2008).

Em nossa análise consideramos quatro aspectos relevantes no resultado final apresentado pelo aluno na forma de um mapa conceitual:

1. Quantidade de conceitos válidos.
2. Frequência dos conceitos válidos.
3. Classificação dos níveis hierárquicos.
4. Média ponderada atribuída a cada mapa conceitual.

Os mapas conceituais foram produzidos individualmente e com intervenção mínima do pesquisador em sala de aula.

Acreditamos que o pesquisador não deveria intervir neste caso, visto que, era necessário que o aluno demandasse esforço e engajamento na produção do resultado.

Inicialmente o pesquisador apresentou sete conceitos já estudados em sala de aula, e os listou no quadro-negro, solicitando em seguida que os alunos reorganizassem esses conteúdos de forma a produzir um mapa conceitual que melhor representasse todas essas ideias.

É importante destacar que este mapa deveria seguir o princípio da diferenciação progressiva, ou seja, aqueles conceitos que os alunos julgavam serem mais gerais e inclusivos deveriam ser posicionados no topo ou centro do mapa conceitual.

É importante destacar também que os alunos participantes possuíam conhecimentos prévios e experiências anteriores na produção de mapas conceituais em sala de aula, portanto, o pesquisador tinha a oportunidade de explorar diferentes tipos de mapas conceituais¹⁰.

Os alunos de forma livre e espontânea, dispuseram os conceitos fornecidos pelo professor na melhor forma que acreditavam estar organizados, e caso necessário os conceitos fornecidos também podiam ser ampliados.

¹⁰ Nesta aula usamos dos tipos de mapas conceituais: Mapas de hierarquia e Mapas do tipo “teia-de-aranha”.

A seguir apresentamos uma análise dos quatro aspectos de interesse que esta pesquisa buscou e analisou nos mapas conceituais produzidos.

Iniciamos com uma análise sobre a quantidade de conceitos válidos apresentados, seguido de uma análise sobre a frequência com a qual esses conceitos surgem para em seguida analisarmos a extensão hierárquica dos mapas conceituais produzidos.

Portanto, propomos dois tipos de análises com os aspectos avaliativos selecionados, primeiro temos uma análise do tipo quantitativa, pois, visa apresentar numericamente o desempenho e desenvolvimento dos mapas conceituais e em seguida, realizar uma análise qualitativa, visto que, buscamos compreender de forma teórica como ocorreu o desenvolvimento dos conceitos utilizados pelo aluno ao decorrer da UEPS. Vamos aos dados.

1. Análise sobre a quantidade de conceitos válidos encontrados nos mapas conceituais.

Os sete conceitos listados pelo professor no quadro-negro foram:

1. Cinemática
2. Física
3. Plano Cartesiano
4. Movimento
5. Referencial
6. Trajetória
7. Lançamento

Desses sete conceitos, os alunos organizaram e relacionaram os conceitos significativos, produzindo um mapa conceitual hierárquico.

É importante destacar que nem todos os alunos usaram os sete conceitos neste primeiro momento, em média foram usados em média de três a cinco dos conceitos listados. Isso se justifica pois, nem todos os conceitos ainda eram potencialmente significativo, e nem todos os conceitos possuíam uma relação clara e significativa.

Veremos que na quarta aula, vários mapas apresentaram conceitos que antes não eram ramificados nem diferenciados, evidenciando assim, uma ampliação na rede cognitiva dos conhecimentos associados.

Na tabela 7 apresentamos o resultado dos conceitos válidos observado nos mapas conceituais e identifica os alunos pela legenda A1, A2, A3, e o respectivo número de conceitos válidos observado na produção do primeiro mapa conceitual da unidade de ensino.

Quantidade de conceitos válidos observados nos mapas produzidos - MAPA1	
Aluno	Conceitos observados
A1	5
A2	3
A3	3
A4	Não participou
A5	3
A6	5
A7	5
A8	5
A9	4
A10	4
A11	2
A12	3
A13	7
A14	4
A15	2
A16	Não participou

Tabela 7: Quantidade de conceitos válidos observados nos mapas conceituais produzidos na terceira aula.

Na figura 55 apresentamos um gráfico da tabela 12, no intuito de padronizar nossa exibição dos dados, onde podemos constatar que em média foram usados de 4 a 5 conceitos solicitados pelo professor.

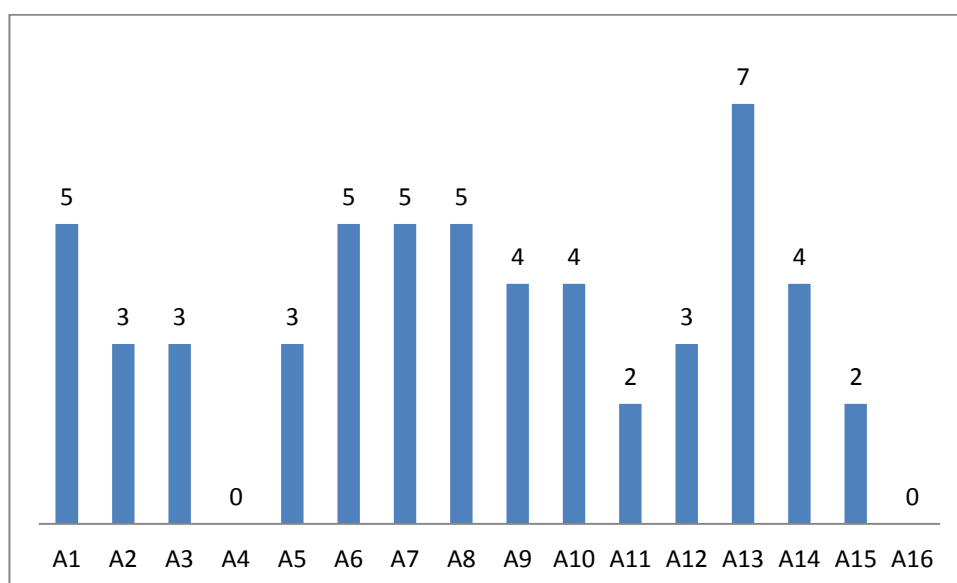


Figura 55: Resultado da quantidade de conceitos válidos observados na produção dos mapas conceituais durante a terceira aula.

Esse resultado indica que os conceitos estudados até o momento da produção do mapa conceitual, foram relacionados de forma organizada e significativa.

Inspirados em Ribeiro, Souza e Moreira (2008) nesta pesquisa levamos ainda em consideração a variação do percentual dos conceitos válidos em relação a cada aluno. Na figura 56 apresentamos como ocorreu essa variação, nos indicando que o uso significativo dos conceitos iniciais apresentados ocorreu em torno de 45% a 55% de aproveitamento.

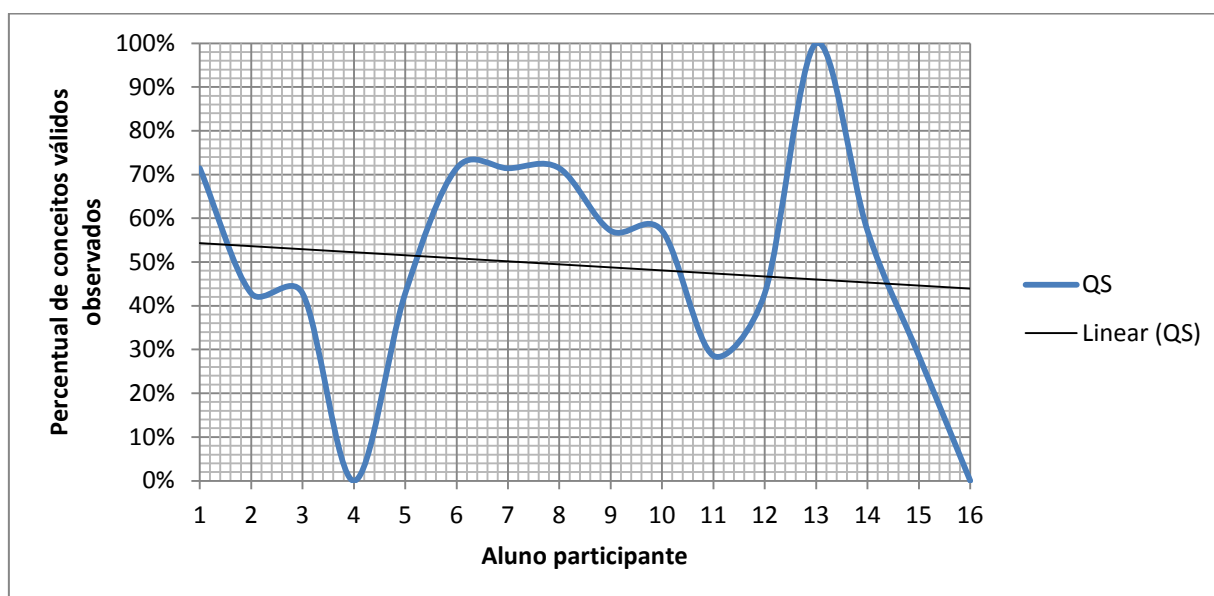


Figura 56: Distribuição do percentual da quantidade de conceitos válidos na produção do mapa conceitual 1.

Por fim, a figura 56 nos indica que com um aproveitamento de 50% os alunos iniciaram o processo de diferenciação proposto nesta UEPS. Ao final desta atividade de produção do mapa conceitual, iniciamos as atividades de observação, simulação e análise dos resultados de experimentos que abordavam a temática de lançamento balístico e trajetórias em arco-de-parabólica.

A seguir, apresentaremos os resultados observados durante a aplicação das simulações realizadas nos softwares GeoGebra e Tracker.

2. Frequência dos conceitos válidos observados

Sobre a frequência dos conceitos válidos observados, levamos em consideração na produção do primeiro mapa conceitual da UEPS apenas os conceitos selecionados pelo professor inicialmente na aula.

Acreditamos que isso era importante devido a necessidade de atribuirmos uma média no uso significativo de conceitos fortemente relacionados com a UEPS como um todo.

Neste sentido, este mapa fornece ao processor uma leitura aproximada de como os conceitos trabalhados até a terceira aula estão disponíveis na estrutura cognitiva dos alunos.

Era interessa da pesquisa, entender neste momento como os novos conceitos que estavam sendo aprendidos em sala de aula se apresentavam ao aluno, portanto, este mapa inicial foi visto como o ponto de partida de nossa análise no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos participantes.

Dessa forma, apresentamos como se deu o uso dos conceitos listados e o percentual de uso de cada um dos conceitos.

Na figura 57 apresentamos a frequência de uso de cada conceito na elaboração do segundo mapa conceitual durante a unidade de ensino.

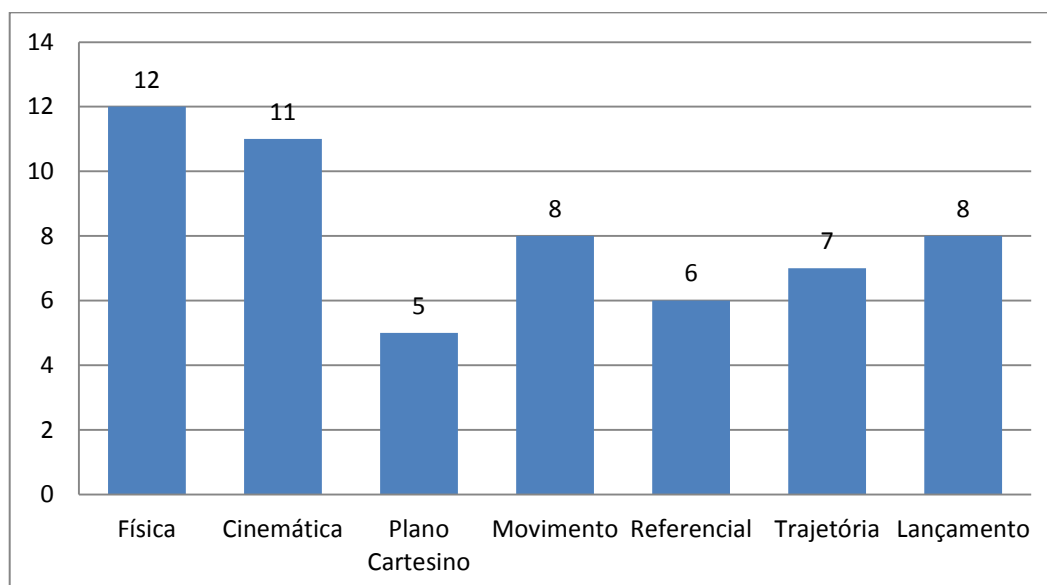


Figura 57: Frequência observada dos conceitos usados na produção do primeiro mapa conceitual.

Com base nos dados da figura 56 podemos simular a variação do percentual de uso dos conceitos selecionados para a atividade. A figura 58 apresenta a variação percentual do uso dos conceitos iniciais observado ao final da atividade.

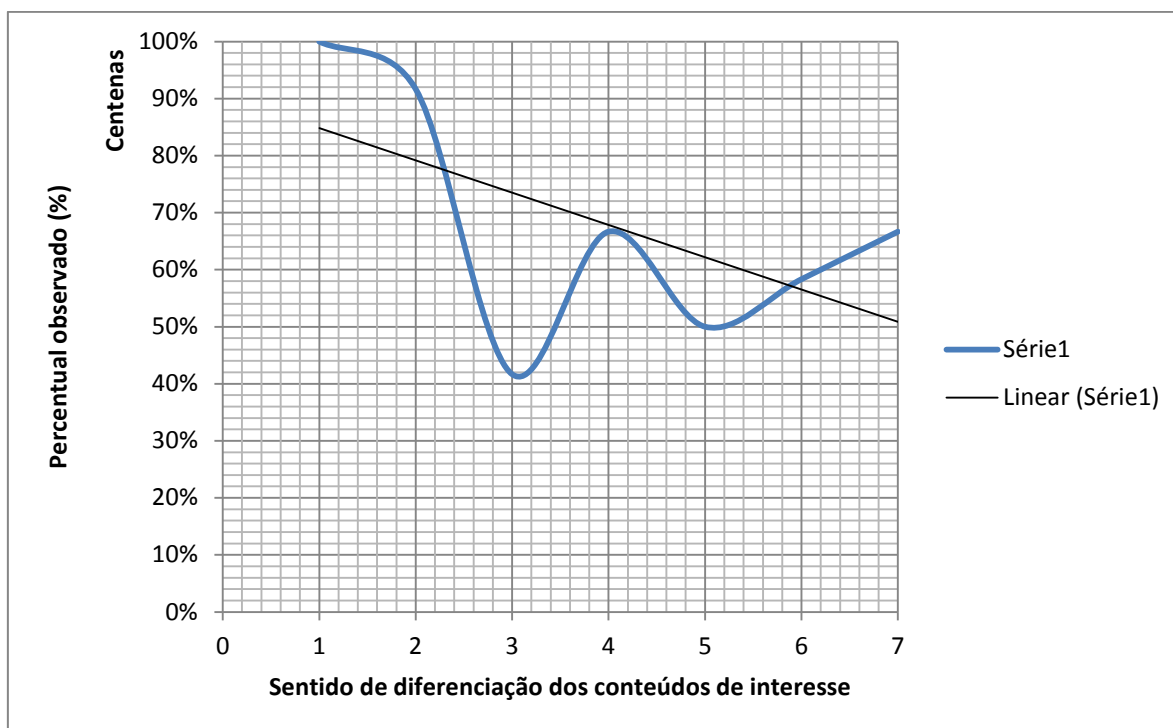


Figura 58: Gráfico da variação percentual no uso dos conceitos iniciais selecionados.

Alguns comentários são importantes ao resultado apresentado na figura 58. Neste gráfico vemos como se deu a variação na escolha dos conceitos selecionados que compõem os mapas iniciais.

No sentido de diferenciação dos conceitos, vemos que iniciamos o uso se deu 100% o que já era esperado visto que, o item “física” esteve presente em todos os mapas produzidos. Em seguida temos uma queda acentuada no uso dos conceitos no sentido do item “plano cartesiano”.

Acreditamos que isso também é razoável, visto que, esta era a primeira vez estavam tendo contato com este tipo de ideia e portanto este conceito é pouco inclusivo e relacionável. Outro fato que o gráfico da figura 59 evidencia é que temos uma variação do tipo alternada entre conceitos como “movimento”, “referencial” e “trajetória”.

Acreditamos que nossa análise corrobora a ideia de que novos conceitos quando estão sendo aprendidos, tendem a oscilar num sentido de estabilização intelectual e conceitual. De forma mais específicas e clara, nos referimos a ideia ausubeliana de interação entre os novos conceitos aprendidos e os conhecimentos já estáveis e de caráter subsunção disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Segundo Ausubel (2002, p.8).

A Teoria da Assimilação explica a forma como se relacionam de modo selectivo, na fase de aprendizagem, novas ideias potencialmente significativas do material de instrução com ideias relevantes, e, também,

mais gerais e inclusivas (bem como mais estáveis), existentes (ancoradas) na estrutura cognitiva.

Sobre o processo de interação entre os novos conhecimentos e os disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, o autor acrescenta:

Estas ideias novas interagem com as ideias relevantes ancoradas e o produto principal desta interação torna-se, para o aprendiz, o significado das ideias de instrução acabadas de introduzir. Estes novos significados emergentes são, depois, armazenados (ligados) e organizados no intervalo de retenção (memória) com as ideias ancoradas correspondentes (idibem).

Acreditamos que o resultado apresentado na figura 59 retrata de forma estatística os dados observados em sala de aula, e ainda vimos como estes se conformam com o modelo teórico de aprendizagem estabelecido.

O resultado ainda aponta que a variação no sentido diferenciação e uso dos conceitos se encerrou em torno de 70% que representa o uso do item “lançamento” que representava o item mais específicos a ser diferenciado.

Portanto, a análise estatística realizada na figura 59 apresenta como variou o uso dos conceitos mais gerais para os mais específicos na elaboração do primeiro mapa conceitual da UEPS.

3. *Classificação dos níveis hierárquicos*

O terceiro ponto de análise foi a identificação do nível hierárquico dos conceitos subordinados classificados como válido nos mapas conceituais produzidos pelos alunos. Acreditamos que essa análise se justifica, segundo Ribeiro, Souza e Moreira (2008) a observação do desenvolvimento conceitual de um tema requer “capacidade de explicação das relações entre conceitos estudados desse tema” (p. 30).

Portanto, a classificação do nível hierárquico possibilita observar a sequência de conceitos mais inclusivos para mais específicos e subordinados.

A tabela 8 apresenta os níveis hierárquicos, de acordo com a classificação de Ribeiro, Souza e Moreira (2008) para mapas conceituais.

Classificação dos níveis hierárquicos observados nos mapas conceituais produzidos pelos alunos – MAPA 1	
Nível	Quantidade de mapas observados
00	14

01	10
02	4
03	0

Tabela 8: Análise dos níveis de hierarquias observadas na produção do primeiro mapa conceitual.

4. Média ponderada atribuída a cada mapa conceitual.

Apresentamos na seção 3.3 o modelo teórico de avaliação dos mapas conceitos que foram produzidos pelos alunos. Neste momento, apresentaremos o modelo quantitativo inspirado em Ribeiro, Souza e Moreira (2003), no qual, por meio de uma fórmula matemática atribuem um “score a cada mapa, conforme os critérios de classificação [...]” (p.29).

No modelo de Ribeiro, Souza e Moreira (2003) os autores caracterizam quantitativamente os mapas construídos pelos alunos por meio da equação:

$$Q_M = Q_c + Q_H \cdot 5 + Q_L \cdot 2 + Q_E \quad (1)$$

Onde Q_M é a quantidade de pontos final atingida pelo mapa; Q_C representa a quantidade de relações válidas entre conceitos; Q_H é a pontuação referente aos níveis de hierarquização do mapa conceitual produzido; Q_L é a quantidade de relações cruzadas válidas e significativas e; Q_E é a quantidade de exemplos válidos.

Nesta pesquisa, levamos em consideração todos os fatores de avaliação citados por Ribeiro, Souza e Moreira (2008), porém, acreditamos que matematicamente a medida Q_M não é numericamente significativa quando escrita na forma da equação (1).

Conforme visto na seção 3.3 nosso trabalho classifica o desenvolvimento dos alunos por uma medida que representa o percentual significativo de participação e produção do aluno em sala de aula, levamos em conta também resultados parcialmente significativos e não-significativos, desta forma, a medida numérica representada na equação (1) não apresenta de modo coerente a medida que esta pesquisa busca mensurar.

Para corrigir este detalhe matemático, iremos acrescentar um fator de correção que trará uma distribuição equidistante entre os dados coletados na média final obtida em cada mapa.

De forma geral, definiremos a equação (1) como sendo uma média ponderada, onde os fatores Q_C , Q_H , Q_L e Q_E estão associados a um peso, de forma que, cada fator possui um peso específico. Na tabela 9 apresentamos esta classificação de pesos:

PESOS ASSOCIADOS À MEDIDA QM
DE AVALIAÇÃO

Fator	Peso
QC	1
QH	5
QL	2
QE	1

Tabela 9: Peso associado aos fatores de avaliação dos mapas conceituais produzido pelos alunos segundo Ribeiro, Souza e Moreira (2008).

Portanto reescrevendo a equação (1) como uma média ponderada com base nos pesos da tabela 14 obtemos a equação (2), esta equação foi usada nesta pesquisa para atribuir o score aos mapas produzidos pelos alunos, pois, acreditamos que a equação (2) é mais coerente com a medida que esperávamos analisar nesta pesquisa. Reescrevendo a equação (1) obtemos:

$$Q_M = \frac{1 \cdot Q_C + 5 \cdot Q_H + 2 \cdot Q_L + 1 \cdot Q_E}{1 + 5 + 2 + 1} \quad (2)$$

A equação (2) pode ser reescrita na forma (3) :

$$Q_M = \frac{1}{9} (Q_C + 5Q_H + 2Q_L + Q_E) \quad (3)$$

Apresentamos na tabela 10 os escores obtidos com o primeiro mapa conceitual produzido pelos alunos durante a terceira aula. O score final foi atribuído por meio da equação (3) que chamamos de fator QM.

Tabela dos fatores avaliativos observados no primeiro mapa conceitual produzidos pelos alunos – MAPA 1.

Aluno	QC	QH	QL	QE	Fator: QM
A1	5	1	0	0	1.11
A2	3	2	0	1	1.56
A3	3	2	0	2	1.67
A4	Não participou				
A5	3	2	0	0	1.44
A6	5	1	0	0	1.11
A7	5	1	0	0	1.11
A8	5	1	0	0	1.11
A9	4	1	0	0	1.00
A10	4	1	0	0	1.00

A11	2	1	0	0	0.78
A12	3	1	0	0	0.89
A13	7	1	0	2	1.56
A14	4	2	0	2	1.78
A15	2	1	0	1	0.89
A16	Não participou				

Tabela 10: Tabela dos fatores avaliativos do primeiro mapa conceitual produzido em sala de aula.

Os resultados também podem ser vistos na figura 59 que apresenta o gráfico dos scores atingidos por cada aluno na produção do primeiro mapa conceitual da UEPS.

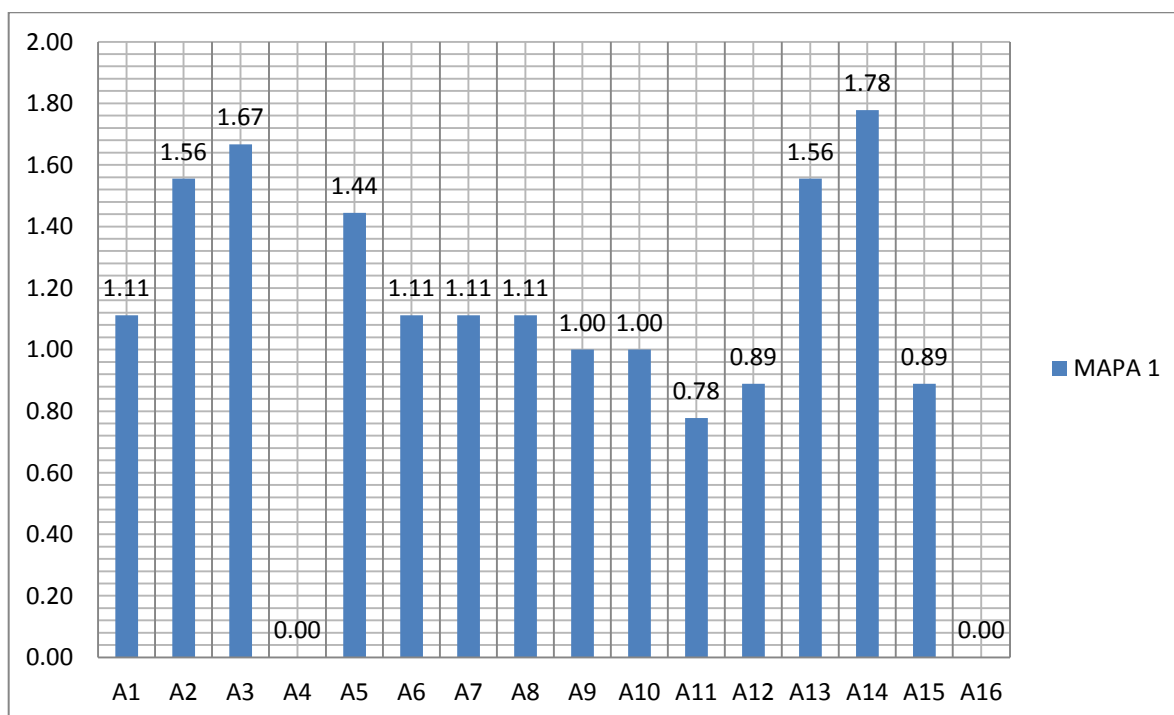


Figura 59: Resultados na produção do primeiro mapa conceitual durante a terceira aula.

Na figura 60 apresentamos a variação do score obtido no primeiro mapa e como o coeficiente QM variou durante a produção do primeiro mapa conceitual em relação a cada aluno.

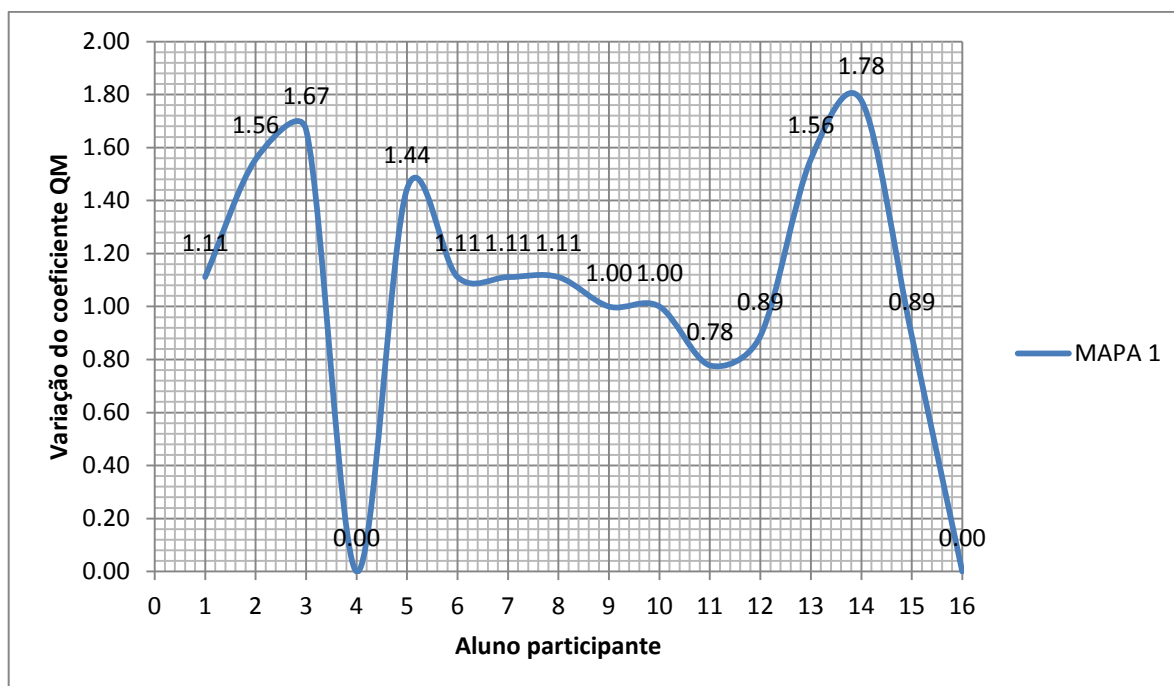


Figura 60: Variação do score observado na produção do primeiro mapa conceitual.

Encerramos aqui a primeira análise dos mapas conceituais produzidos na terceira aula, acreditamos ter atingido nosso encaminhamento metodológico e apresentado os resultados relevantes desta aula.

Na figura 58 vimos como ocorreu a distribuição do fator de avaliação dos mapas conceituais produzidos pelos alunos neste primeiro momento, veremos que estas medidas serão comparados com o resultado do segundo mapa conceitual que foi produzido ao final da quarta aula, porém, esta análise será feita adiante na seção 4.6.

A seguir apresentaremos nossas observações sobre o uso dos softwares GeoGebra e Tracker durante o desenvolvimento da UEPS na terceira aula e teceremos alguns comentários relevantes a perspectiva teórica adotada nestas atividades.

Sobre o estudo de trajetórias e movimento bidimensional durante a terceira aula.

Nesta pesquisa utilizamos as simulações em GeoGebra como um organizador avançado na apresentação dos conceitos de trajetória e ponto material. Para isso, decidimos produzir no GeoGebra uma simulação das figuras de Lissajous, buscando fornecer ao aluno, uma variedade de possíveis trajetórias que um ponto material pode produzir.

Nosso interesse com essa simulação foi fornecer aos alunos subsunçores ao movimento bidimensional e ao conceito de trajetória, buscando evidenciar o fato de que tais conceitos podem ser assimilados usando-se o conceito de plano cartesiano.

Essa atividade se justifica, pois, durante nossa pesquisa, encontramos poucos estudos interessados em analisar de maneira eficiente a ideia de trajetória, por isso, buscamos com essa atividade desenvolvida, apresentar a ideia de aprendizagem por subordinação das ideias sobre de *trajetória curvilínea, retilínea e circular*.

Acreditamos que tais conceitos estão subordinadas a um conceito mais geral e inclusivo, que é o de *trajetória de um ponto material*, que apresenta o conjunto de todos os pontos da variação da posição de um ponto material em função do tempo.

Na figura 61 apresentamos algumas trajetórias possíveis que um ponto P no plano cartesiano descrevendo uma figura de Lissajous¹¹ pode realizar, e que foram usadas nas questões dois, três e quatro da parte 3 do apêndice B.

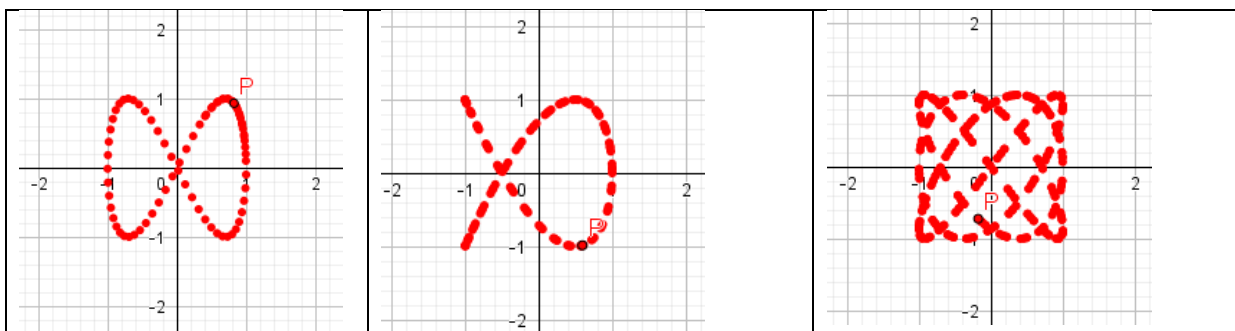


Figura 61: Figuras de Lissajous simuladas em GeoGebra e usadas como modelo de trajetória de um ponto P.

Na figura 62 vemos como um aluno representou a trajetória descrita pelo ponto P conforme a atividade proposta.

¹¹ Uma curva de Lissajous é um gráfico produzido por um sistema de equações paramétricas, que descreve um movimento harmônico. Essa família de curvas foi estudada por Nathaniel Bowditch em 1815, e mais tarde por Jules Antoine Lissajous, em 1857.

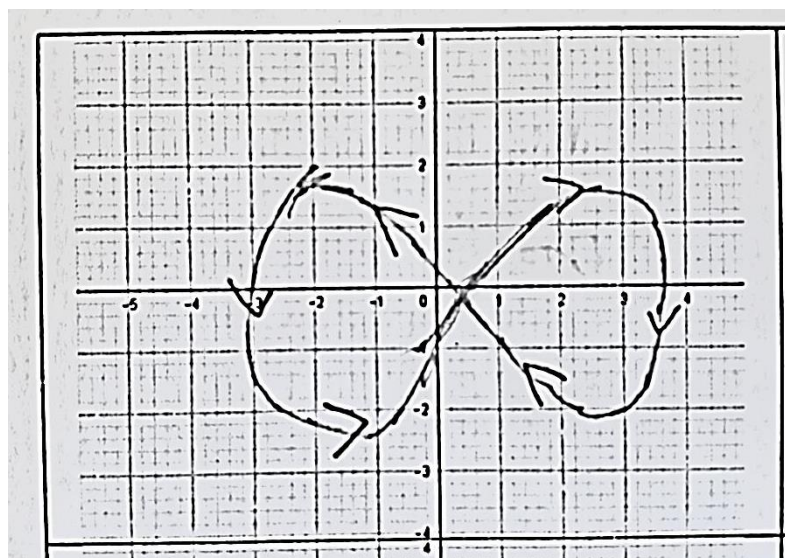


Figura 62: Resultado Significativo da Questão 1 sobre a trajetória de um ponto P – Aula 3.

Ainda sobre figura 62, vemos como o aluno indicou o sentido da trajetória que o ponto P descrevia na simulação. Mesmo com movimentos complexos, alguns alunos ainda assim conseguiram representar de maneira significativa a trajetória simulada pelo ponto P no software GoGebra, conforme o é o caso da figura 63.

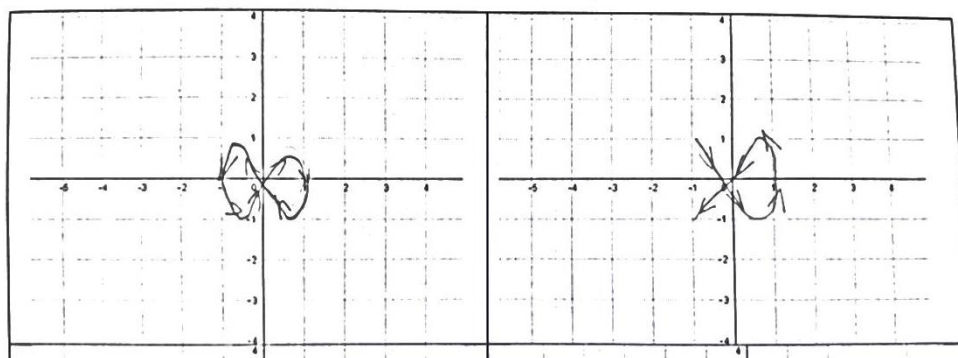


Figura 63: Resultado Significativo - Questão 1 - Aula 3

É importante destacar que nesta atividade buscávamos associar a ideia de movimento, trajetória e plano cartesiano, visto que, essa foi uma boa oportunidade para relembrarmos o conceito de localização de um ponto no plano cartesiano, pontos de intersecção com os eixos x e y, etc.

Por outro lado, também foram observados exemplares de soluções equivocadas e de baixa compreensão significativa, como é o exemplo das figuras 64 e 65.

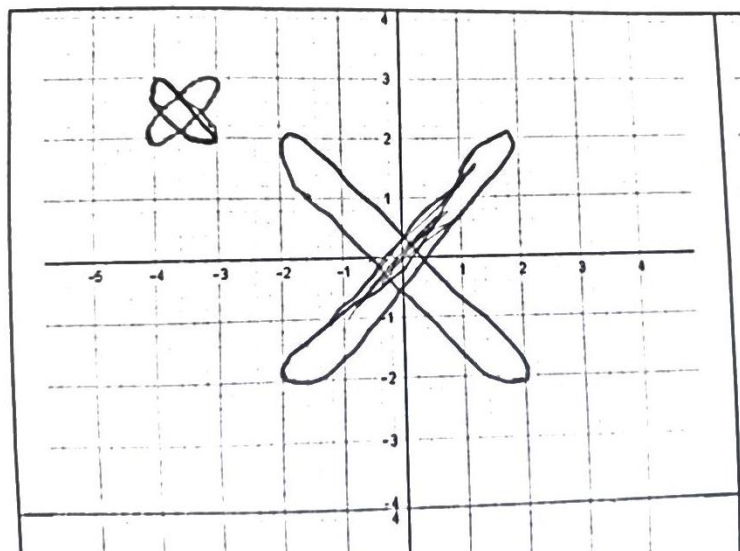


Figura 64: Exemplo de solução não-significativa à questão 1 - Parte 3 - Aula 3.

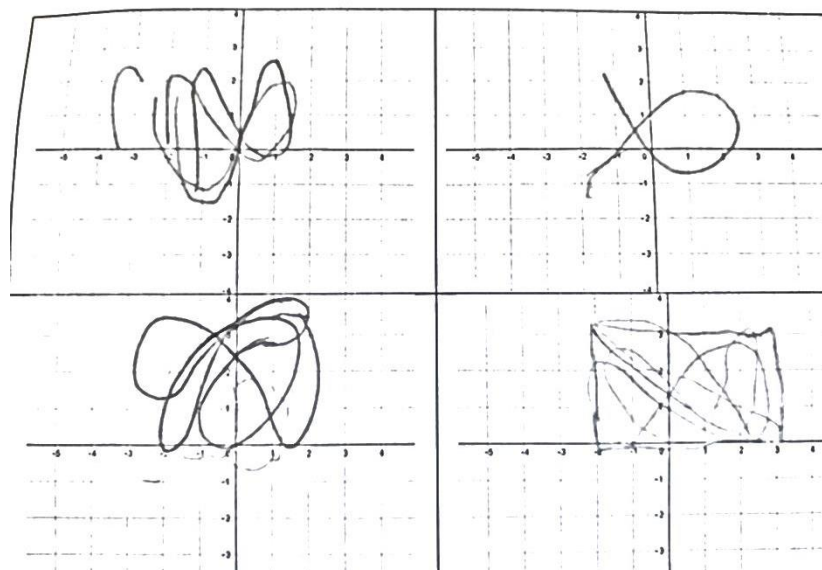


Figura 65: Exemplo de solução não-significativa à questão 1 - Parte 3 - Aula 3.

Outro fato importante que deve ser esclarecido é que o objetivo do exercício é despertar a atenção do aluno para o fato de que, podemos desenhar trajetórias sobre o plano cartesiano usando alguns pontos como referencia. O interesse do pesquisador é observar como os alunos lidam com o fato de usar o plano cartesiano como referencia de um movimento e não criar um exercício tedioso de marcar pontos. Vamos aos resultados da figura 66.

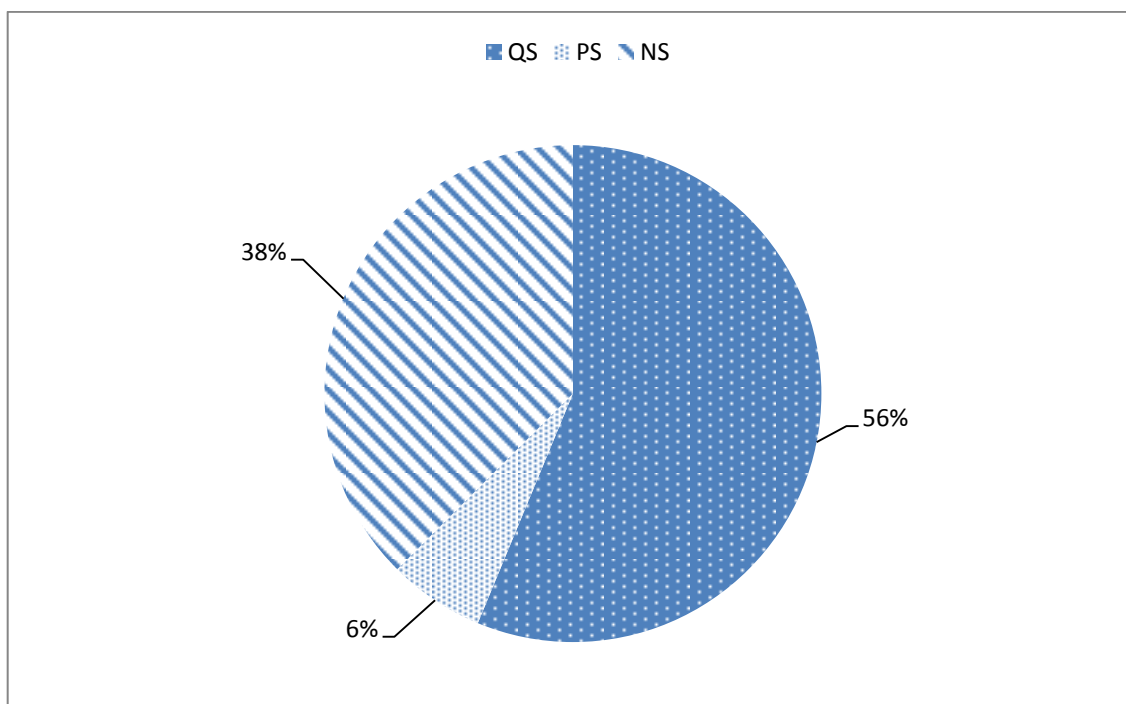


Figura 66: Resultado observado na questão 1 -Parte 3 - Aula 3 sobre trajetórias de um ponto P sobre o plano cartesiano e sua representação.

O resultado da figura 66, nos indica que existiu a chance de até 55% dos participantes terem relacionado de modo significativo a ideia de trajetória de um ponto P sobre o plano cartesiano.

Acreditamos que isso era importante observarmos, pois, devido ao fato de usarmos a representação do foguete PET por meio de coordenadas cartesianas em uma trajetória parabólica, esta atividade relaciona-se necessariamente a nosso objetivo pedagógico.

Acreditamos que esse resultado sugere que a atividade de representação da trajetória do foguete foi potencialmente significativa devido a este tipo de observação em sala de aula.

Considerações sobre o resultados observados na questão 4: Lançamento horizontal e trajetória em arco de parábola.

Outro conceito que consideramos muito importante no lançamento de projéteis é o ângulo de tiro ou ângulo de lançamento. Este conceito se relaciona com a ideia de alcance e fornece interessantes discussões sobre o alcance máximo de um projétil.

Para esta pesquisa, utilizamos o GeoGebra como simulador para realizar diversos tipos de lançamento variando-se o ângulo de tiro. E foi possível utilizar o programa novamente como um organizador avançado para o conceito *ângulo de lançamento*.

Para o organizador avançado do conceito ângulo de lançamento, criamos uma simulação baseada em temas livres disponíveis na internet. Toda a programação foi

desenvolvida especialmente para esta atividade de pesquisa e foi utilizada como recurso de livre interação e investigação dos alunos em sala de aula.

É importante ressaltar que nosso interesse em utilizar o GeoGebra como organizador avançado, visava como resultado a criação de novos subsunçores necessários aos aspectos mais formais do problema. Isso se justifica, pois, acreditamos que na fase de aprendizagem, as atividades desenvolvidas com o objetivo de introduzir os novos conceitos relacionados à cinemática do lançamento de projéteis, devem ser baseadas em seus conhecimentos prévios.

Sobre o simulador criado para esta pesquisa, o objetivo era levar os alunos a perceberem a necessidade de se conhecer a trajetória de um lançamento, bem como investigar e simular lançamentos com diferentes ângulos. É importante ressaltar que este organizador avançado também possibilita ao professor discutir sobre o lançamento a 45° , podendo fornecer importantes comparações de lançamento. Como exemplo apresentamos a figura 67.

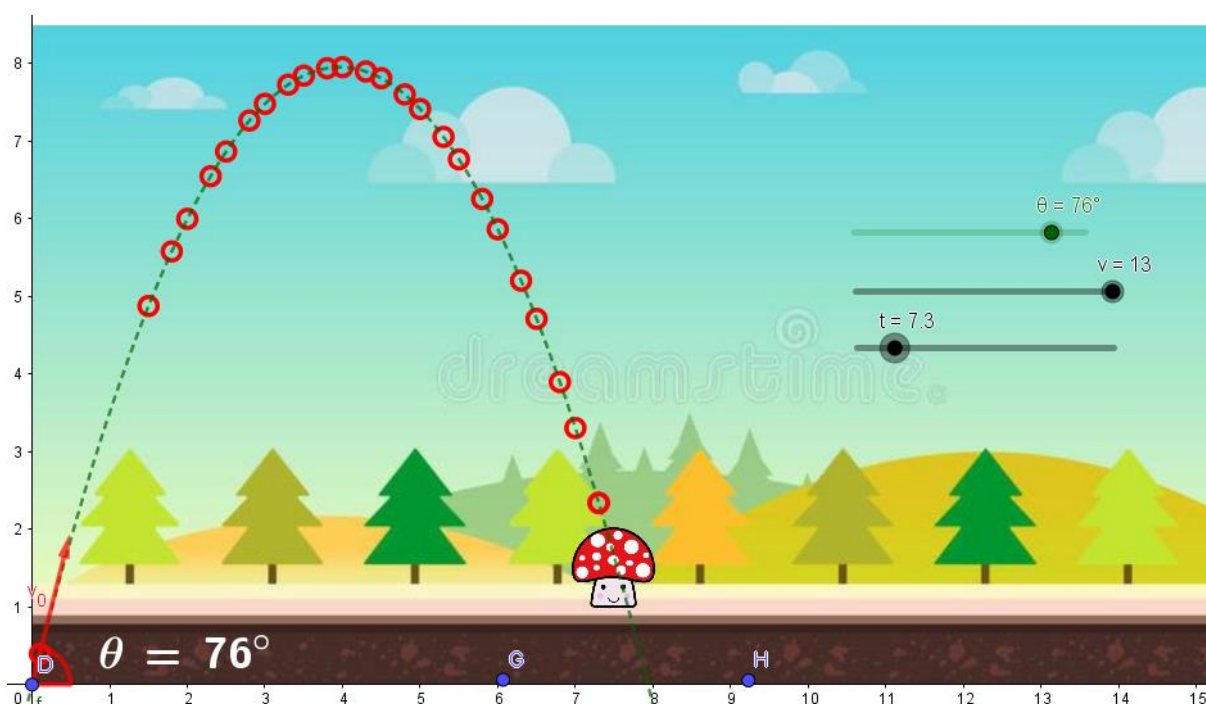


Figura 67: Organizador avançado para o estudo do ângulo de lançamento.

Veremos agora como o Geogebra contribuiu a esta pesquisa como outro organizador avançado ao problema do movimento em arco de parábola, e a decomposição do movimento em componentes horizontal e vertical.

Neste organizador prévio, queríamos investigar a capacidade dos alunos em reconhecer ou não, o conceito da decomposição do movimento de Galileu na trajetória em

arco de parábola, motivando a discussão e interpretação do clássico problema do lançamento de uma carga por um avião.

O diferencial desta atividade está no fato de que as trajetórias horizontal e vertical do movimento podem ser exploradas e combinadas, formando o movimento em arco de parábola.

Com o recuso da simulação, as três características do movimento podem ser investigadas de forma explícita e particular, bem como levar a conclusão de que a combinação dos dois tipos de trajetórias resulta em uma terceira, o movimento parabólico. Um exemplo pode ser visto na figura 68.

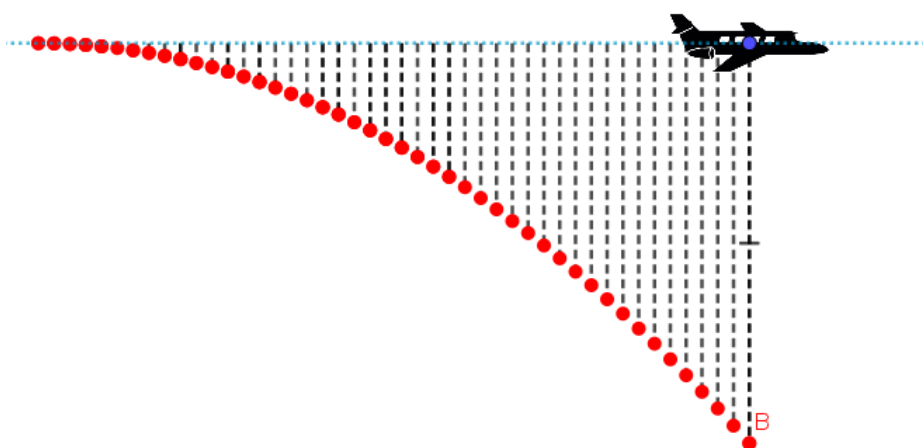


Figura 68: Organizador prévio em GeoGebra. Fonte : A pesquisa

Por fim, o uso do GeoGebra durante o desenvolvimento da pesquisa, se revelou como uma alternativa superior a uma estratégia de ensino, o que nossa pesquisa constata é que o uso do GeoGebra se configura em uma abordagem ausbeliana da aprendizagem, como um importante recurso no desenvolvimento de organizadores avançados, elemento essencial na metodologia da aprendizagem significativa.

Acreditamos que nossa pesquisa revela um dado importante à pesquisa da área da teoria da aprendizagem significativa, que é o fato de que software Geogebra tem sido utilizado nos últimos dez anos somente como recurso estratégico da reprodução factual e literal de alguns conceitos matemáticos, sendo ignorado a potencialidade do uso do GeoGebra como organizador avançado de um determinado conteúdo, evitando-se atividades de caráter reprodutivo ou mecânico.

Defendemos que o uso do GeoGebra, dado o paradigma atual, não valoriza um construção não-arbitrária e substancial dos conteúdos abordados, visto que, os mesmo ao final se reduzem em reproduções vazias e mecânicas dos conteúdos pretendidos.

Propomos o uso do Geogebra para além de resultados mecânicos, acreditamos que demonstramos como ser possível elaborar discussões em torno de temas relevantes ao estudo da física, usando-se simulações em GeoGebra, mesmo que todo formalismo matemático esteja embutido na simulação, é o professor que decide o nível de formalismo e aplicação dos mesmos.

Acreditamos que esse tipo de atividade estimula uma aprendizagem significativa por recepção, e observa a recomendação de Ausubel ao propormos atividades que promovam aprendizagens significativas.

A necessidade de mudança do foco de interesse no uso de programas como o GeoGebra é corroborado pelos resultados da questão 4 que apresentamos a seguir.

Solicitamos aos alunos na questão 4 parte 3 da aula 3, que observassem a simulação em GeoGebra projetada no Datashow da sala de aula da simulação do lançamento horizontal conforme a figura 62 e respondessem as questões usando apenas seus conhecimentos prévios inicialmente.

No item a da questão 4 perguntamos se a caixa possuía movimento para baixo no movimento simulado. Observamos que 56% dos participantes responderam que sim e identificaram o movimento da caixa na direção vertical no sentido para baixo, contra 44% que não obtiveram significado na questão.

No item b da questão 4, questionamos se a caixa possuía movimento na direção horizontal e houve uma queda para 19% de respostas significativas ao problema proposto. Acreditamos que isso indica que grande parte dos alunos participantes não pode identificar de maneira significativa a ideia de “movimento horizontal” da caixa. Isso se justifica pois, acreditamos que a ideia de movimento na direção vertical e horizontal são conceitos que necessitam de uma aprendizagem por recepção significativa, visto que, apenas a observação do aluno não é suficiente a compreensão do movimento descrito.

No item c da questão 4 investigamos se os alunos atribuíam a ideia de trajetória em arco-de-parábola para representar a ideia associada ao problema, observamos que 31% dos participantes puderam transferir a ideia de trajetória em arco-de-parábola para a representação do problema de maneira significativa.

No item e da questão 4 solicitamos aos alunos para investigarem a relação que existe entre a posição da caixa sendo lançada pelo avião e o próprio avião. A simulação pode ser

livremente explorada pelos alunos para elaborarem suas respostas. Observamos que 50% dos alunos apresentaram um resultado significativo, valorizando a ideia de que a caixa mantém sua posição relativa ao avião.

Na figura 69 apresentamos um gráfico do desempenho dos alunos durante a realização desta atividade.

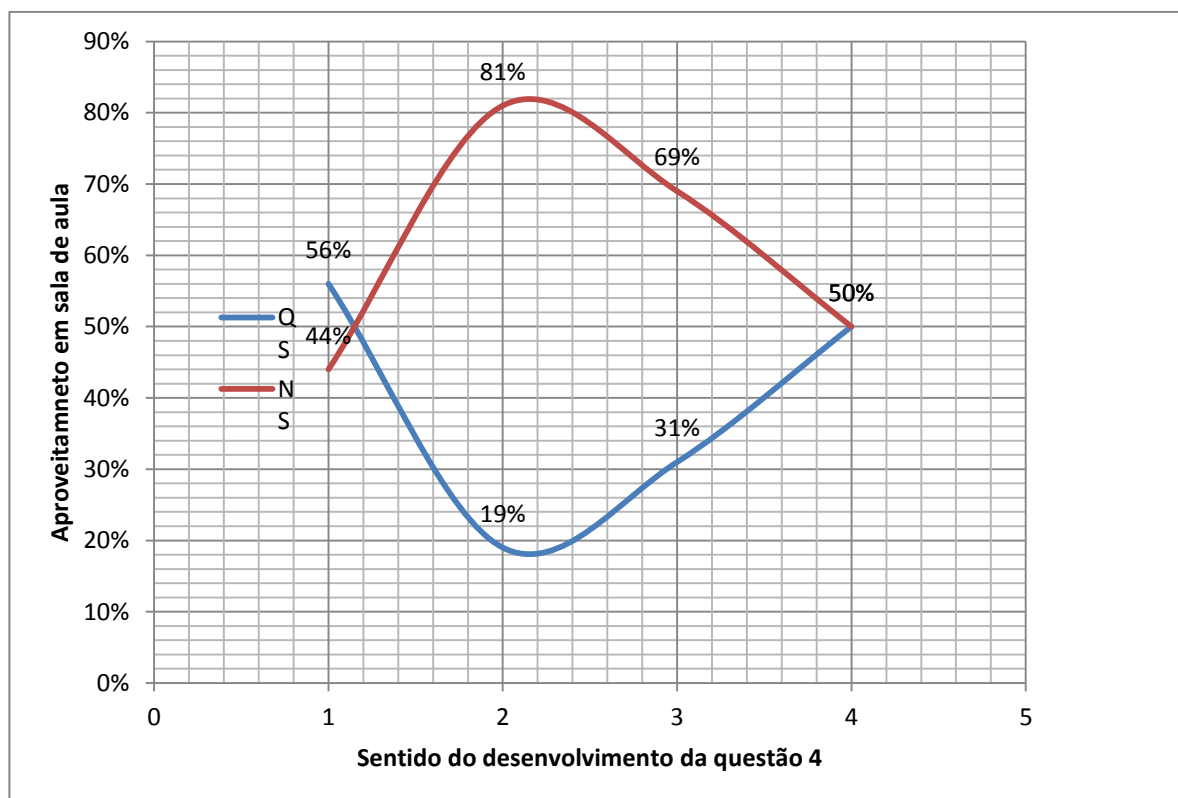


Figura 69: Resultado sobre o conhecimentos prévios dos alunos a respeito da decomposição vetorial de um movimento balístico.

Acreditamos que esse resultado evidencia que os conceitos de movimento na direção horizontal e vertical não devem ser explorados valorizando-se uma aprendizagem do tipo por descoberta, visto que, existe uma chance de até 80% do conceito não ser compreendido de forma significativa ou satisfatória.

Defendemos a ideia de o conceito de decomposição do movimento balístico em componentes horizontais e verticais necessita de mais estudos e atividades relacionadas.

É neste sentido que apresentamos as ferramentas GeoGebra e Tracker como necessárias ao estudo de temas dessa natureza conceitual.

Essa análise foi importante a nossa pesquisa, pois, desejávamos investigar e discutirmos em sala de aula conceitos relacionados a decomposição do movimento balístico conforme os princípios de Galileu Galilei.

Nossa intenção era usar todas as ideias discutidas e abordadas nesta aula, para discutir o problema do carro de Howitzer, que exige a ideia de dois corpos que se deslocam e mantem sua posição relativa constante um ao outro.

Em seguida, falaremos do uso e das contribuições do software *Tracker* na realização de práticas experimentais com os alunos durante o desenvolvimento da UEPS com os conceitos do carro de Howitzer desenvolvidos em *Tracker*.

Sobre o estudo do carro de Howitzer e seus resultados.

Sobre as atividades que foram desenvolvidas em *Tracker* e aplicadas na realização da UEPS, destacamos duas atividades que envolveram os conceitos básicos de cinemática, todas as atividades podem ser consultadas nas questões 1 a 4 da parte 3 do apêndice B.

No primeiro momento estudamos o movimento de queda-livre, enfatizando sua relação com aceleração da gravidade.

No segundo momento, o objetivo era fornecer subsunçores para o movimento em arco de parábola, que é necessário as investigações do movimento do foguete PET.

Buscamos nesta atividade reforçar a ideia de um movimento bidimensional e sua representação no plano cartesiano.

Nosso interesse era desenvolver atividades que envolvessem os conceitos básicos de cinemática, visando a máxima participação do aluno. Mostraremos a seguir os detalhes e as principais motivações teóricas no desenvolvimento destas atividades.

Momento 1: Trajetória na direção vertical e movimento acelerado

Na primeira atividade realizada em *Tracker*, buscava-se expandir os conceitos de trajetória retilínea, associando este conceito ao movimento de queda livre na direção vertical.

A atividade é realizada por meio de uma vídeo-análise, nesta atividade os alunos devem capturar o vídeo de um aluno deixando cair um objeto, em nosso caso foi uma bola, para em seguida analisar no computador os detalhes gráficos desta trajetória no software *Tracker*.

O objetivo da atividade foi fornecer uma discussão com os alunos sobre os conceitos de aceleração da gravidade, movimento retilíneo e movimento na direção vertical.

Acreditamos que esta atividade foi interessante, pois ao propormos novas questões sobre o movimento do foguete, pode-se recorrer a esta atividade como um subsunçor dos conceitos de movimento na direção vertical.

De fato, notamos que por meio desta atividade em Tracker, foi possível realizar uma discussão bem mais significativa sobre o uso do sistema referencial cartesiano para o movimento do foguete, bem como o conceito de movimento acelerado.

O enfoque desta atividade foi relacionar conceitos como trajetória e deslocamento, de forma a se criar novos significados aos fatos envolvidos no movimento do foguete PET.

Era nosso interesse que alunos tivessem suporte no material didático produzido ao buscarmos relacionar o movimento de queda livre do experimento a novas investigações.

De forma geral, esta atividade busca fornecer suporte para conceitos mais factuais como a decomposição de um movimento balístico em componentes horizontais e verticais, sem a necessidade de recorrer a linguagem dos vetores propriamente dito.

Na figura 70 vemos o grupo 1 composto de três alunos realizando a captura do experimento, bem como o gráfico em arco-de-parábola associado.

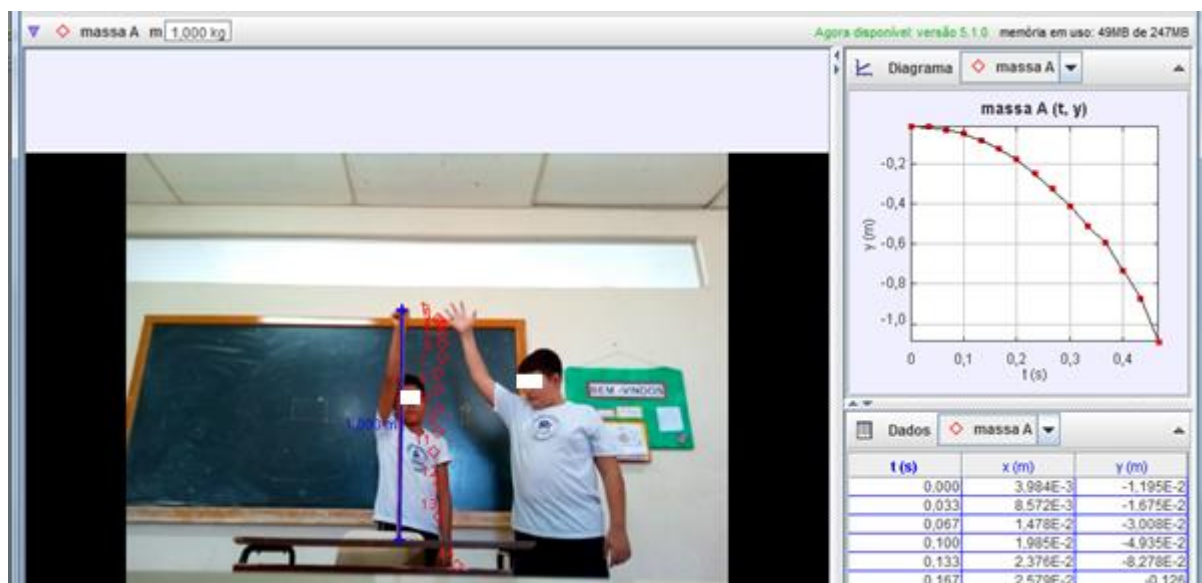


Figura 70: Estudo e Simulação da queda livre em sala de aula com o software Tracker.

Momento 2: Trajetória em arco de parábola

Ao abordarmos o movimento de queda livre e suas particularidades, decidimos realizar novos estudos para desenvolver uma atividade experimental de vídeo-análise que abordasse o conceito de *trajetória em arco de parábola*.

A atividade consta da vídeo-análise de um aluno realizando um lançamento de uma bola para outro. O objetivo desta atividade é mostrar que a trajetória que bola realiza durante o movimento, pode ser aproximada por um arco-de-parábola.

De forma geral, a atividade buscava por meio de produção e execução de uma vídeo-análise em Tracker, chamar a atenção dos alunos sobre os conceitos de referencial, movimento bidimensional e trajetória em arco de parábola.

Novamente o conceito de referencial cartesiano pode ser abordado e comparado com o caso anterior, ressaltando-se agora as novas particularidades do movimento em questão. O que foi interessante, foi o fato de que esta atividade permitiu ao pesquisador combinar os resultados da análise anterior para elaborar uma nova explicação ao movimento descrito nessa atividade.

Nosso interesse com esta atividade foi produzir subsunçores associados ao gráfico que foi gerado quando relacionamos o alcance *versus* a altura do objeto, visto que, o gráfico gerado é um arco de parábola.

Portanto acreditamos que com esta atividade, criamos um organizador avançado para os conceitos de gráfico da função trajetória, novamente os conceitos sobre referencial e a decomposição do movimento de Galileu Galilei pode ser explorada.

Na figura 65 vemos o grupo 1 realizando o segundo momento do experimento, capturando o vídeo de uma lançamento oblíquo realizado em sala de aula. Importante destacar que o gráfico gerado pela experiência também pode ser visto na figura 71 e mostra a posição da bola em função do deslocamento.

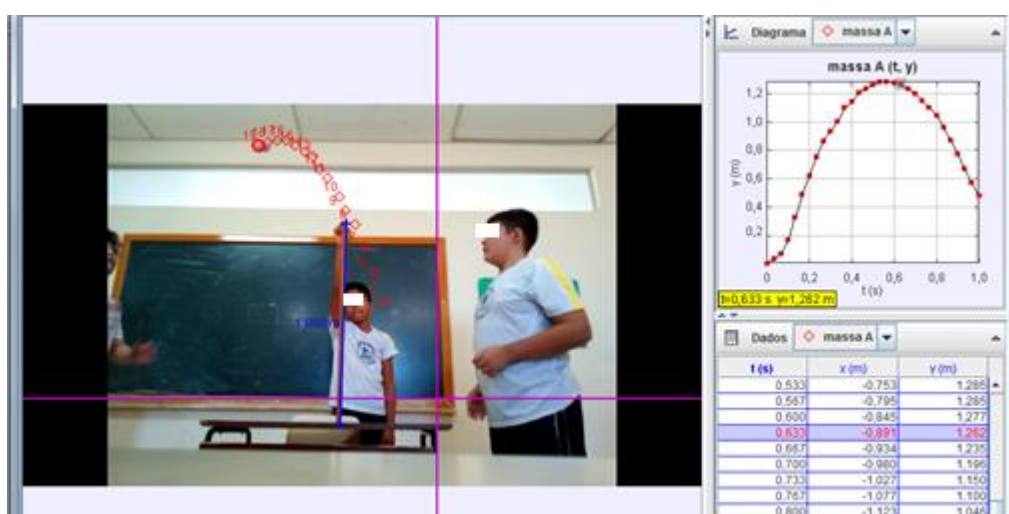


Figura 71: Estudo e Simulação do movimento oblíquo com o software Tracker.

Outro importante recurso que o Tracker proporciona é a possibilidade de relacionar os aspectos algébricos ligados ao movimento de forma geométrica. Como por exemplo, ao

discutirmos sobre o movimento de que livre, os alunos puderam realizar o experimento e verificar junto com o professor, que existe um aspecto matemático importante na relação entre a distância percorrida pela bola e o tempo de queda, que gera um gráfico parabólico, o mesmo acontece neste experimento, quando relacionamos o deslocamento no eixo y versus o tempo conforme visto na figura 72.

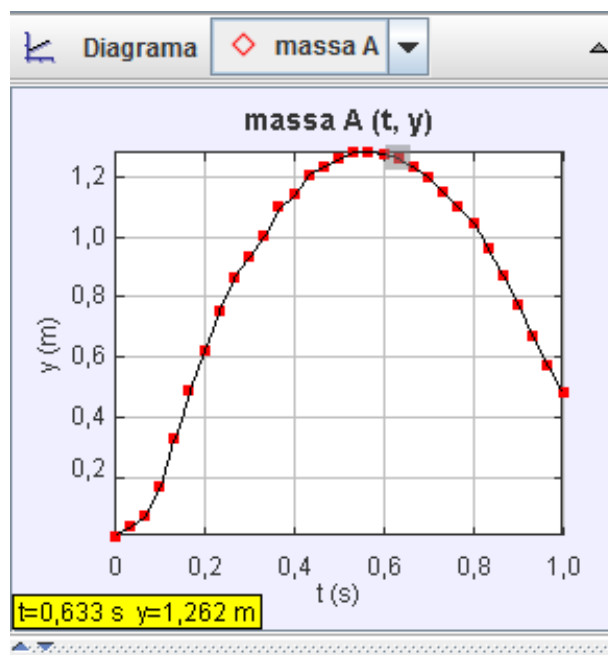


Figura 72: Deslocamento da partícula na direção y em função do tempo. Experimento realizado no software Tracker.

É importante lembrar que é comum durante o oitavo ano do Ensino Fundamental, os alunos terem contato pela primeira vez com resoluções de equações do segundo grau, o que configura este tipo de experimento um importante recurso subsidiário para a abordagem mais significativas.

Especificamente para este estudo, o uso do Tracker foi fundamental para elaborarmos um recurso subsidiário para aplicarmos atividades mais específicas e factuais no estudo da trajetória do foguete PET e que ainda valorizando uma abordagem matemática.

Por meio do Tracker também foi possível introduzir a ideia de equação horária da trajetória, ou seja, notamos que o programa associa a cada instante de tempo, uma posição do plano cartesiano.

Acreditamos dessa forma, que por meio deste tipo de atividade é possível construir novos significados para a ampliação de conceito como plano cartesiano, equação horária e trajetória.

Defendemos a ideia de que atividades com esta, que buscam valorizar a relação entre os elementos matemáticos e movimento de forma organizada, tem a potencialidade de criar

conceitos mais diferenciados e inclusivos, tornando os conceitos assimilados mais flexíveis e transferíveis .

Em nosso caso, tivemos que omitir as equações formais que descrevem o movimento balístico devido a sua formalidade matemática, mas não perdemos a essência em abordar e valorizar a discussão em torno dos conceitos como trajetória, posição e movimento, ou seja, preservando ainda os mesmo conceitos que são pretendidos ao recorrermos às equações matemáticas que descreverem a trajetória de um lançamento balístico.

Acreditamos que nossa pesquisa mostra que existem evidencias de que o Tracker também se configura como um importante recurso didático na perspectiva da aprendizagem significativa, e ainda mostra como a vídeo-análise pode servir ao professor como um organizador prévio do conteúdo de cinemática escalar, se mostrando um importante recurso investigativo e exploratório.

4.4 RESULTADOS DA QUARTA AULA: SOBRE A PRODUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL FINAL

Vimos na seção 4.3 em detalhes, como os critérios de avaliação que foram discutidos e planejados na seção 3.3 de nosso encaminhamento metodológico , foram aplicados aos resultados produzidos em sala de aula. Neste momento, com base nos resultados obtidos com o primeiro mapa conceitual e apresentados na tabela 15 da seção 4.3 que trata sobre os fatores de avaliação QC, QH, QL, QE¹², apresentaremos o resultado do segundo mapa conceitual produzido pelos alunos durante a quarta aula.

A quarta aula prevista no desenvolvimento da UEPS, tinha como objetivo encerrar o processo de aprendizagem iniciado na com o experimento de foguete PET.

Nesta aula, buscávamos por meio de revisões, ampliações e apresentação de mapas conceituais, esclarecer dúvidas, reforçar ligações conceituais, ampliar os exemplos e especificar relações.

Nosso objetivo nesta aula era fazer com que os alunos realizassem uma síntese entre o primeiro mapa conceitual produzido e as novas informações adquiridas durante o desenvolvimento da UEPS.

A aula se iniciou com a apresentação de um vídeo motivacional produzido pelo pesquisador com os alunos no primeiro dia da unidade durante o experimento de lançamento de foguetes, apresentando e socializando as atividades pedagógicas realizadas durante a aula,

¹² Os fatores de avaliação QC, QH, QL e QE foram apresentados e discutidos na seção 4.4.

neste vídeo, o pesquisador buscou reunir fotos que os alunos fizeram de seus trabalhos em sala de aula, vídeos do dia do lançamento do foguete PET e os mapas conceituais produzidos durante a aula.

Encerrado esta atividade, o pesquisador iniciou uma revisão oral do conteúdo junto com os alunos sobre o objetivo da UEPS, do experimento de lançamento de foguete PET, e sobre os fatos importantes da física relacionados ao experimento. A intenção do pesquisador era deixar os alunos em prontidão para a tarefa seguinte que era a produção do segundo mapa conceitual.

Ao solicitar a produção do segundo mapa conceitual (MAPA 2), o pesquisador incentivou os alunos a tomarem como base o mapa conceitual produzido na aula anterior (MAPA 1), e que ampliassem este mapa com novos conceitos, relações válidas e exemplos que julgassem importantes e relevantes.

O resultado obtido com esta ampliação e reorganização realizada pelos alunos, pode ser visto na tabela 11, onde, apresentamos os fatores avaliativos observados durante a quarta aula na produção do segundo mapa (MAPA 2).

Tabela dos fatores avaliativos observados no segundo mapa conceitual produzidos pelos alunos – MAPA 2.					
Aluno	QC	QH	QL	QE	QM
A1	12	3	3	4	4.11
A2	8	3	1	1	2.89
A3	9	3	1	3	3.22
A4	Não participou				
A5	11	3	4	4	4.22
A6	11	2	3	4	3.44
A7	13	4	3	5	4.89
A8	11	3	3	4	4.00
A9	10	3	4	6	4.33
A10	11	3	3	5	4.11
A11	8	3	0	0	2.56
A12	11	3	3	4	4.00
A13	12	4	2	5	4.56
A14	11	2	3	5	3.56
A15	7	3	2	3	3.22
A16	Não participou				

Tabela 11: Resultado dos fatores avaliativos observados na produção dos alunos no segundo mapa conceitual - Aula4.

Na figura 73 apresentamos o gráfico que dos fatores QM apresentados na tabela 16.

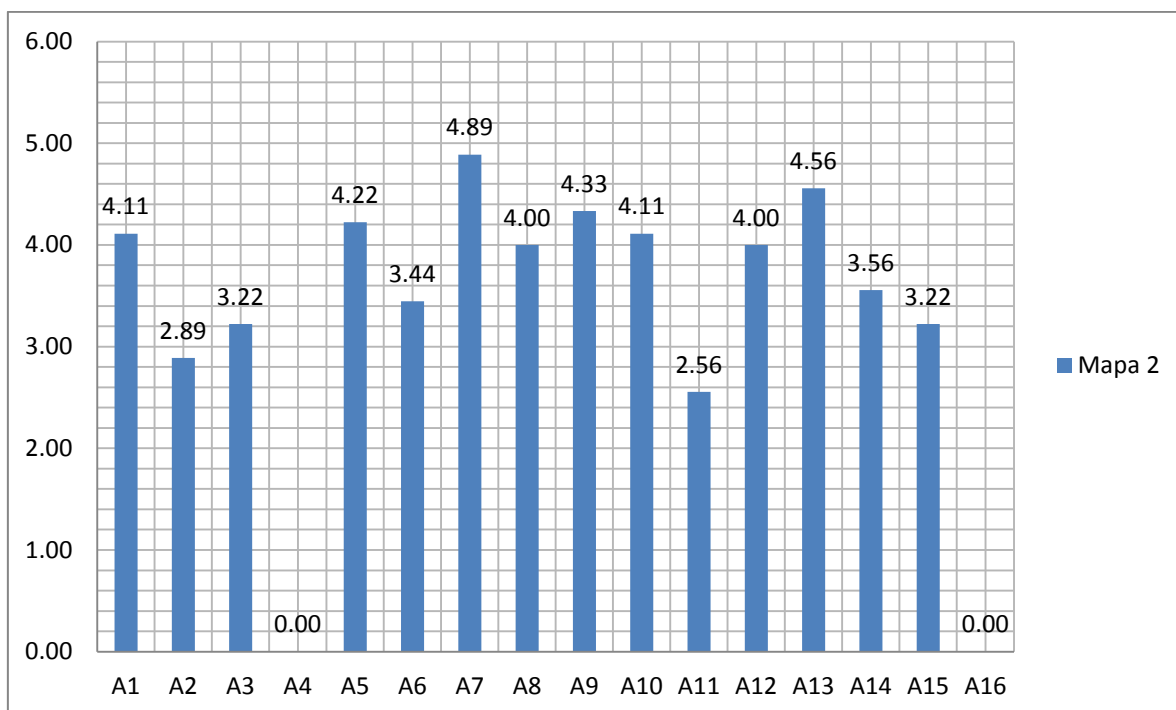


Figura 73: Resultado dos fatores QM observados na produção do segundo mapa conceitual - MAPA 2 - AULA 4.

Assim como na primeira análise realizada nos resultados obtidos com o MAPA 1 na seção 4.5. Apresentamos na figura 74 o ajuste de curva com os dados da figura 73 que representa a variação do fator avaliativo QM (ou score) obtido na produção dos mapas conceituais em relação a cada aula participante durante a quarta aula.

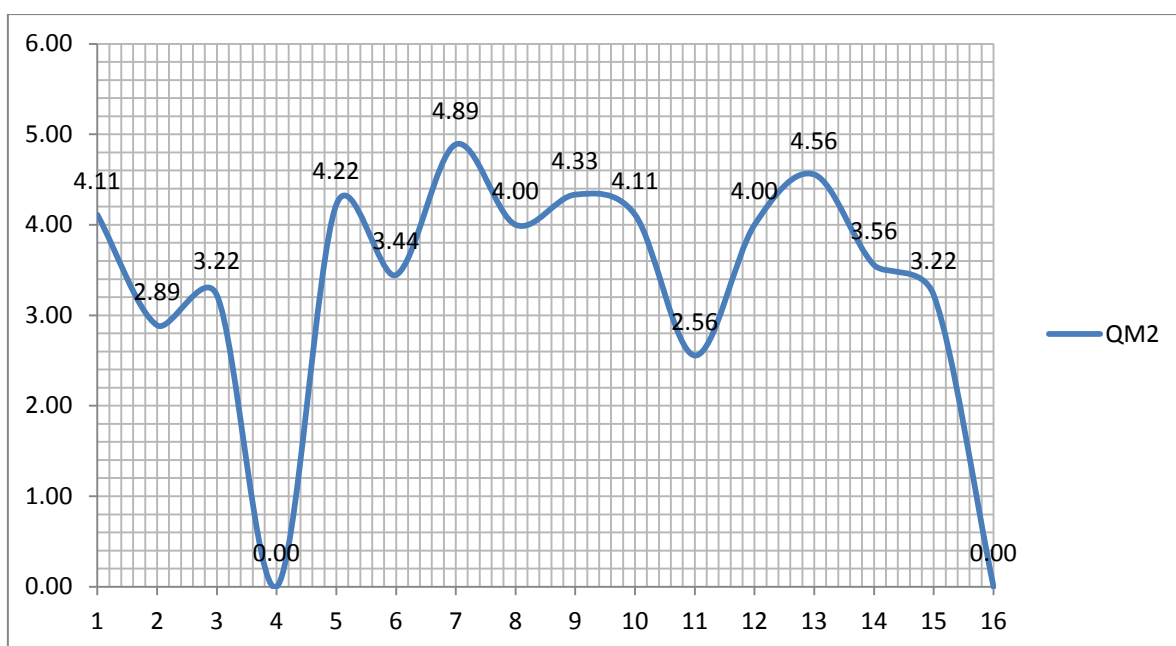


Figura 74: Variação do fator avaliativo QM que corresponde aos scores obtidos por cada aluno na produção do segundo mapa conceitual - AULA 4.

Com base nos resultados obtidos no primeiro e segundo mapa conceitual produzido, foi possível descrever graficamente a variação do fator avaliativo QM do primeiro e segundo mapa conceitual, neste caso, realizamos uma análise comparativa buscando evidenciar se houve ou não evolução na disposição dos elementos constitutivos dos mapas conceituais produzidos pelos alunos.

Na figura 75 apresentamos o resultado comparativo na forma de um gráfico entre os scores do primeiro e segundo mapa conceitual.

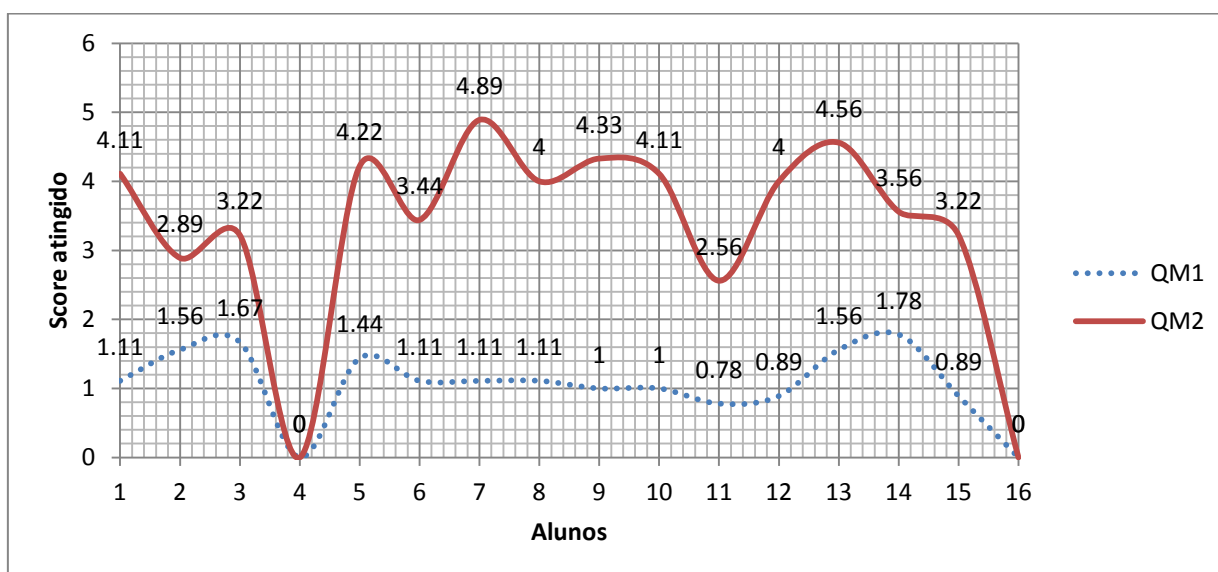


Figura 75: Comparação entre o resultado do primeiro e segundo mapa conceitual desenvolvido na UEPS.

Ainda através da análise do primeiro e segundo mapa conceitual, observamos que era possível atribuímos um número específico a cada mapa conceitual que representasse a evolução do mapa conceitual durante o processo. Levando-se em conta a produção do primeiro e segundo mapa conceitual.

Para definirmos esse número, fizemos a diferença entre o score final do MAPA 2 e o score final do MAPA 1, obtendo assim o que chamamos de “fator de evolução conceitual (ΔQ) e que está representado na equação (5):

$$\Delta Q = QM_2 - QM_1 \quad (5)$$

Onde QM_2 é o score final obtido na produção do mapa 2 e QM_1 representa o score final obtido na produção do mapa 1.

Na tabela 12 apresentamos o fator de evolução conceitual de cada aluno participante.

Variação do coeficiente de evolução conceitual ΔQ			
Aluno	MAPA 1 QM1	MAPA 2 QM2	ΔQ
A1	1.11	4.11	3
A2	1.56	2.89	1.33
A3	1.67	3.22	1.55
A4	0	0	0
A5	1.44	4.22	2.78
A6	1.11	3.44	2.33
A7	1.11	4.89	3.78
A8	1.11	4	2.89
A9	1	4.33	3.33
A10	1	4.11	3.11
A11	0.78	2.56	1.78
A12	0.89	4	3.11
A13	1.56	4.56	3
A14	1.78	3.56	1.78
A15	0.89	3.22	2.33
A16	0	0	0

Tabela 12: Fator de evolução conceitual dos alunos participantes.

Na figura 76 apresentamos como ocorreu a variação do fator ΔQ em relação ao resultado obtido com o primeiro e segundo mapa conceitual.

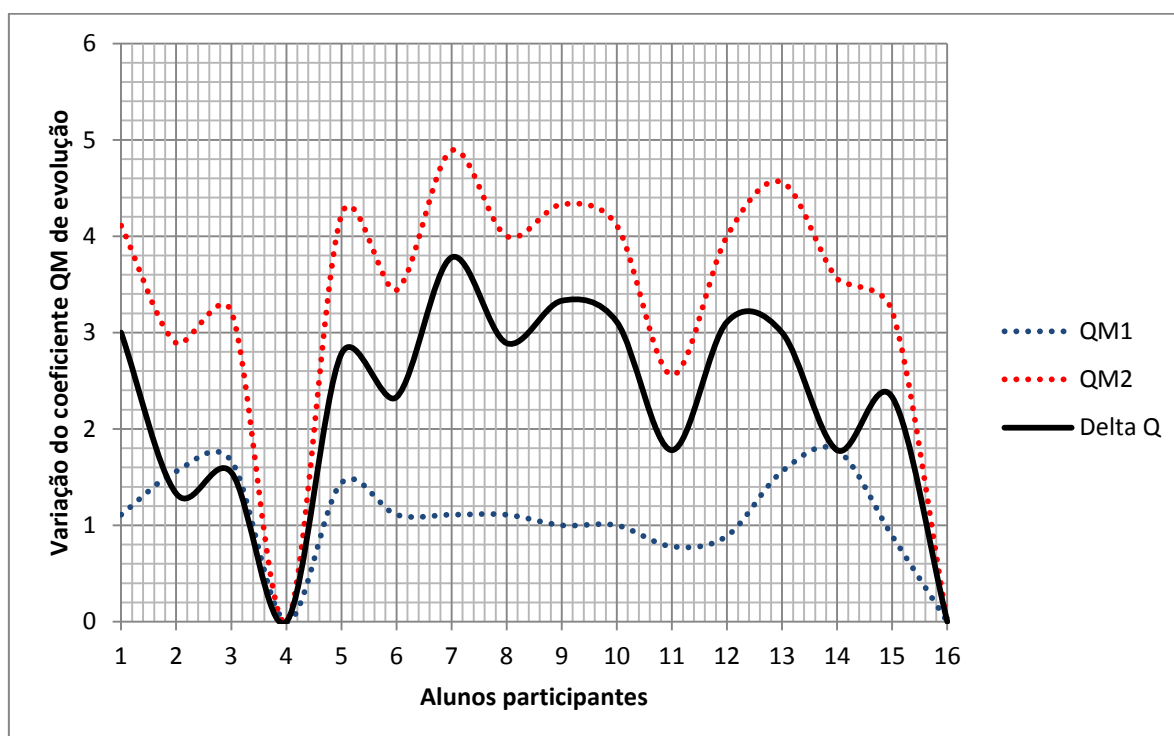


Figura 76: Variação do coeficiente de evolução conceitual.

Alguns comentários importantes devem ser feitos a respeito do resultado apresentado na figura 76. É importante destacar que buscamos neste trabalho evidenciar possíveis sinais de evolução na produção significativa dos alunos participantes, e para obtermos um número específico que indicasse esta evolução, definimos o valor ΔQ que representava o quanto com base nos critérios avaliativos definidos por esta pesquisa, pode-se conhecer da evolução do aluno ao decorrer do processo pedagógico.

Neste sentido vimos na tabela 17 e na figura 74 o resultado obtido ao final do processo pedagógico planejado para a UEPS.

Com base na análise realizada, notamos que os alunos A2, A3 e A14 não apresentaram resultado significativo no desenvolvimento da UEPS, ou seja, a produção do mapa conceitual não surtiu efeito para evidenciar uma possível evolução conceitual com base em nosso modelo de avaliação.

Por outro lado, com base na análise realizada no gráfico da figura 74, vemos que os demais alunos apresentaram um resultado satisfatório baseado no modelo avaliativo desenvolvido. De forma geral mais de 60% da sala obtiveram resultado satisfatório conforme o esperado pelo modelo planejado. Na figura 77 apresentamos como ocorreu a distribuição dos resultados significativos à pesquisa em relação aos resultados não-conclusivos.

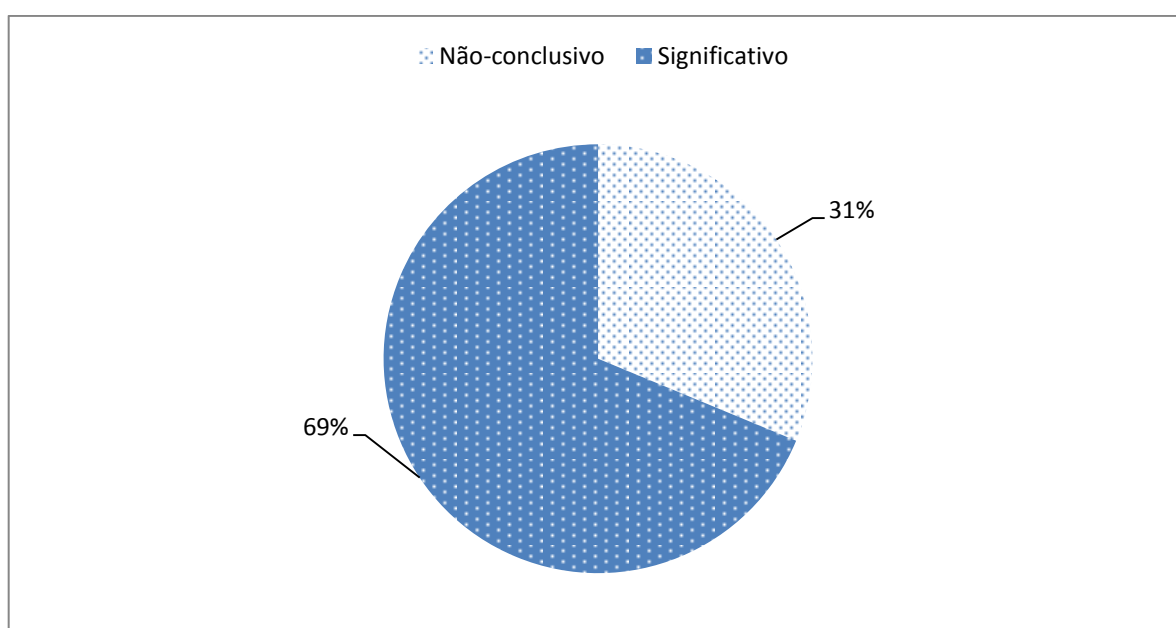


Figura 77: Resultado do modelo avaliativo desenvolvido e aplicado nesta UEPS.

Ressaltamos que a análise realizada nesta seção é exclusivamente dedicada ao estudo da evolução conceitual do primeiro e segundo mapa, não levando em consideração as demais atividades desenvolvidas durante a realização da UEPS.

Como avaliação do processo pedagógico desenvolvido durante a realização da UEPS, apresentaremos na seção 4.7 uma visão geral dos resultados observados e reunidos durante a realização das aulas.

4.5 SOBRE A AVALIAÇÃO DA UEPS

Nesta seção apresentaremos os resultados finais sobre o processo pedagógico no desenvolvimento da UEPS. Faremos nossas considerações sobre o planejamento e desenvolvimento da UEPS, comentaremos as tabelas de resultados observados em sala de aula pelo pesquisador, e, através de análise gráfica avaliar o desempenho da UEPS como um todo.

Vimos que na seção 3.3 definimos que uma asserção realizada em sala de aula pelo aluno pode ser classificada em três categorias: QS – Questão significativa; PS – Questão parcialmente significativa e NS – Questão não-significativa.

Ou seja, a resposta do aluno nunca será desprezada, mas classificada segundo um padrão teórico para que sirva de subsídio a uma análise mais cuidadosa posterior.

Essa classificação se justifica devido ao fato de que, pressupomos que existe uma fase de desenvolvimento de respostas mecânicas e significativas ocorrendo juntas o no processo de aprendizagem, e que não devemos desprezar a possibilidade de uma aprendizagem mecânica evoluir para uma aprendizagem significativa.

Sobre a preocupação de Ausubel (2002) ao desenvolver uma teoria que abrangesse os aspectos gerais e da aprendizagem e não apenas elementos factuais e mecânicos, o autor comenta sobre a visão da psicologia educacional de sua época:

[...]De um modo mais geral, investigam a natureza de experiências de aprendizagem actuais, memorizadas, fragmentadas ou a curto prazo, e não os tipos de aprendizagem a longo prazo envolvidos na assimilação de conjuntos de conhecimentos extensos e organizados, valores, hábitos e capacidades (p.30).

Dessa forma, ao classificarmos as respostas dos alunos em níveis de significado, estamos buscando abranger todo o aspecto envolvido na produção em sala de aula.

Valorizando observar aspectos de aprendizagem em longo prazo e na assimilação de conjuntos de conhecimentos gerais e relacionáveis.

Sobre a necessidade da observação de questões do tipo parcialmente significativa, torna-se necessário um critério mais cuidadoso de análise, nos baseamos na ideia de que uma resposta produzida em sala de aula seria parcialmente significativa quando fosse possível identificar elementos de transição entre o conhecimento factual que se esperava encontrar e o conhecimento representado na resposta pessoal do aluno. Mais especificamente, estamos nos referindo à Ausubel (2002) quando esclarece sobre o processo de assimilação de ideias estáveis na estrutura cognitiva do aluno. Segundo o autor:

O que é comum a ambas as fases – a aprendizagem significativa e a retenção-esquecimento – e que indica a acção dos processos de assimilação é que as ideias estáveis e estabelecidas na estrutura cognitiva interagem de forma selectiva (em virtude da relevância das mesmas) com novas ideias (assimiladas) do material de instrução, de modo a produzirem os novos significados que constituem o objectivo do processo de aprendizagem (p.9).

Acreditamos que essa “resposta parcial” ao que esperávamos encontrar presente na asserção realizada pelo aluno, se dá em torno desta “seletividade” que existe das ideias pré-existentes em relação ao novo conhecimento, sendo que, ideias anteriores são mais fortemente relacionadas e resistentes à mudança.

Sobre este processo da estabilização conceitual Ausubel (2002) comenta:

Os novos significados sofrem, depois, uma estabilização, através da ligação (armazenamento), relativamente a estas mesmas ideias ancoradas estáveis. Manifestam uma dissociabilidade máxima logo que são ligados às ideias acabadas de referir, mas exibem um decréscimo gradual da mesma com o decurso do tempo, por razões de redução da tensão cognitiva, gerada pela particularidade, qualificações e elaborações dos próprios significados (p.9).

Ainda sobre a relação que existe entre um novo conhecimento e o processo de estabilização cognitivo que Ausubel (2002) defende, o autor comenta:

Durante o intervalo de retenção, os significados acabados de surgir, como resultado da interacção entre as novas ideias do material de aprendizagem e as ideias relevantes (ancoradas) da estrutura cognitiva, ligam-se e armazenam-se a estas ideias ancoradas altamente estáveis. Obviamente, esta ligação protege os novos significados das interferências arbitrarias e literais que rodeiam, de forma pró-activa e retroactiva, as associações memorizadas (p.15).

Dessa forma, acreditamos que se levando em conta questões que contenham apontamentos parciais a questão proposta em sala de aula pelo aluno, são relevantes, pois

podem ser classificados como ideias de transição, evolução ou em processo de retenção conforme Ausubel postula.

Sobre os resultados finais da UEPS

Apresentaremos os resultados finais da UEPS baseado nas aulas um, dois e três e quatro. Sobre as atividades analisadas levamos em consideração as questões do apêndice A e B.

As questões 08, 09, 10 e 12 e 13 do apêndice A da segunda aula não foram analisados devido a sua natureza de estratégia pedagógica, esses exercícios tinham apenas o objetivo de chamar a atenção dos alunos para algum fato ou relacionar algum fato novo, não apresentando interesse de análise posterior.

Já no apêndice B apenas as questões 1 e 4 foram analisadas, sendo o restante das questões apenas exercícios de aplicação e resolução de dúvidas.

Os resultados são apresentados individualmente por aula e apresentam o número de pontos atingido em cada atividade analisada.

Os pontos se dividem nas três categorias citadas QS, PS e NS e representam o desempenho individual de cada aluno. Na tabela 13 apresentamos o resultado individual final.

Resultado final das atividades desenvolvidas												
Aluno	Aula 1			Aula 2			Aula 3			Resultado		
	QS	OS	NS	QS	PS	NS	QS	OS	NS	QS	PS	NS
A1		0.5		6	0	1	1	0.5		7	1	1
A2	1			4	0.5	1		0.5	1	5	1	1
A3	1			5	0.5	1	1	0.5	0	7	1	0
A4	1			4	1.0	1	1	0.5	0	6	1.5	1
A5	1			5	1.0	0	0	0	2	6	1	2
A6		0.5		3	1.0	1		0.5	1	3	2	2
A7		0.5		3	0.5	0	0	0.5	0	3	1.5	0
A8	1			6	0	1	1	0.5	0	8	0.5	1
A9		0.5		2	1.0	2	1	0.5	0	3	2	2
A10	1			3	2	1	1	0.5	0	4	2.5	1
A11	1			2	1.0	4	1	0	0	4	1	0
A12		0.5		1	0.0	6	0	0.5	1	1	1	7
A13	1			5	0	1	1	0.5		7	0.5	1
A15		0.5		5	1.0	0	1	0.5		6	2	0
A15			1	2	0.5	4		0.5	1	2	1	5
A16			1	5	0.5	1		0.5	1	5	1	1

Tabela 13: Resultados final em relação à quantidade de questões significativas, parcialmente significativas e não-significativas.

O resultado da tabela 18 pode ser observado no gráfico da figura 78 onde apresentamos o resultado QS, OS e NS de cada aluno.

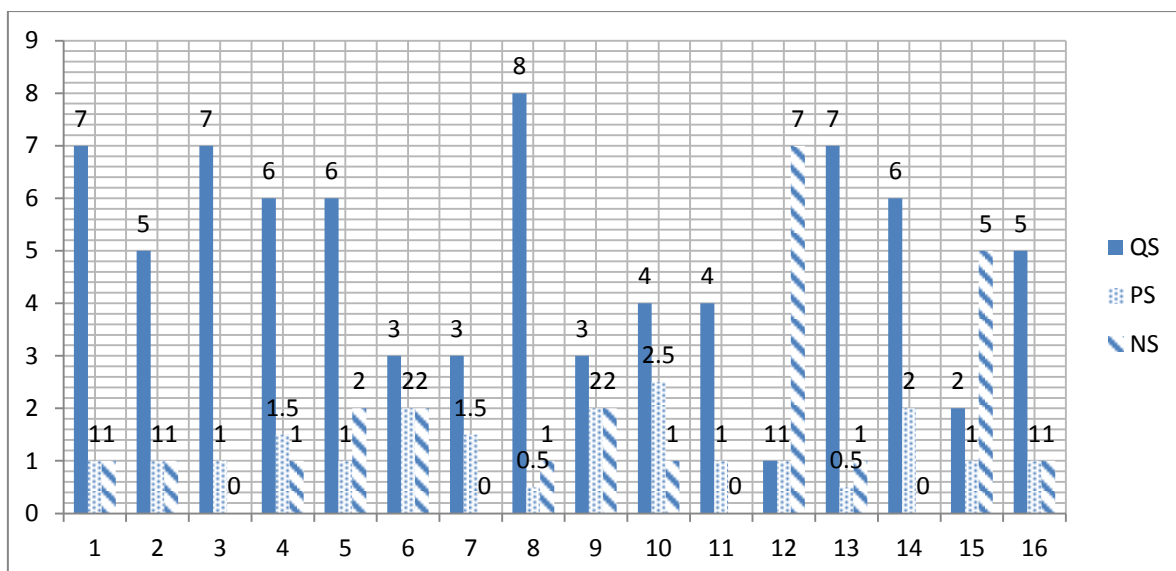


Figura 78: Resultado final de cada aluno durante a UEPS.

Também podemos observar como ocorreu o desenvolvimento das asserções significativas feitas pelos alunos ao longo da UEPS. Na figura 79 apresentamos o gráfico da variação da quantidade de asserções do tipo (QS) em relação a cada aluno participante.

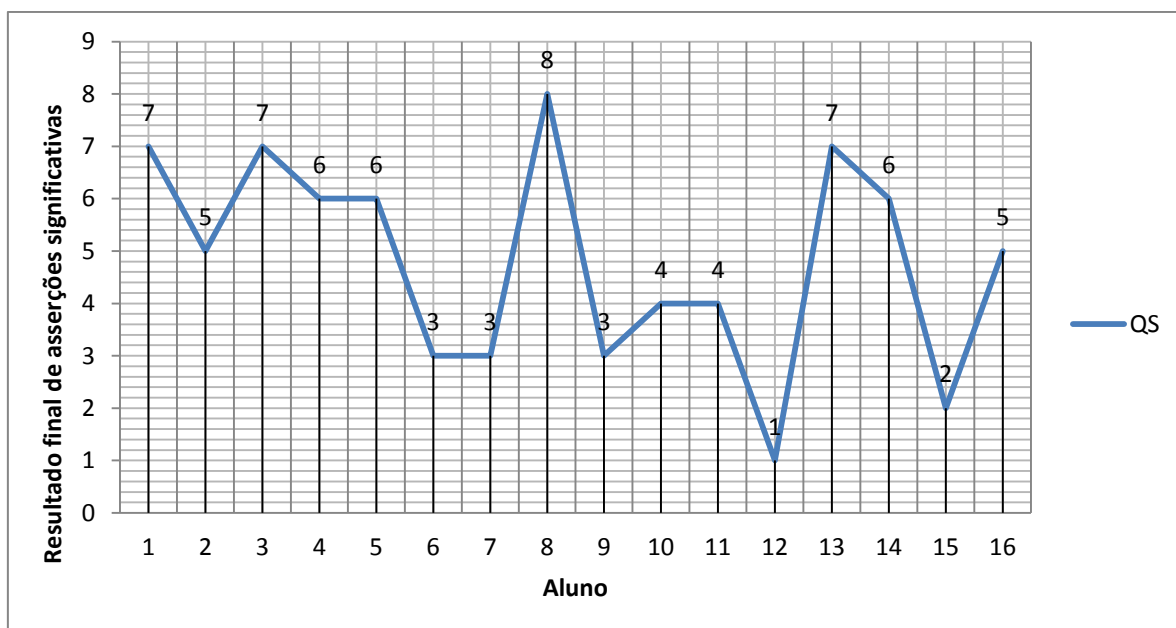


Figura 79: Variação da quantidade de asserções do tipo significativas durante a UEPS.

Outro tipo de análise que pode ser realizada foi do tipo individual, onde o pesquisador pode observar como foi o desenvolvimento do aluno e em qual categoria de avaliação o aluno pode ser classificado.

A seguir apresentamos três tipos possíveis de resultados que puderam ser observados ao final da UEPS desenvolvida em relação ao desempenho e evolução conceitual observado em sala de aula.

O primeiro tipo de resultado individual pode ser visto na figura 80, onde apresentamos o resultado final do aluno A8 que obteve classificação do tipo QS nos resultados finais.

É interessante notar que o gráfico de área produzido com o resultado obtido pelo aluno A8 está deslocado para a região significativa do gráfico.

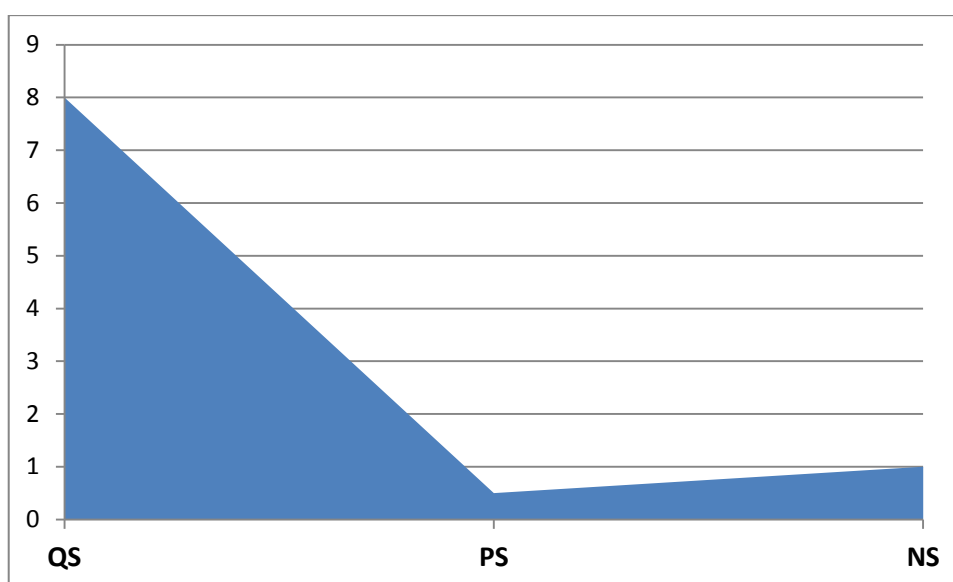


Figura 80: Aluno A8 com resultado final significativo do tipo QS.

Já o aluno A12 apresentou um segundo tipo de resultado, do tipo não-significativo em relação ao modelo avaliativo empregado. Vemos na figura 81 que o gráfico gerado pelos resultados obtidos pelo aluno durante o desenvolvimento da UEPS apresenta um resultado do tipo NS, visto que, toda área do gráfico está recuada para o lado direito do gráfico, ao contrário da figura 80.

Esse tipo de deslocamento do gráfico, permitiu avaliar com maior precisão se houve uma evolução do tipo significativa (QS) ou do tipo não-significativa.

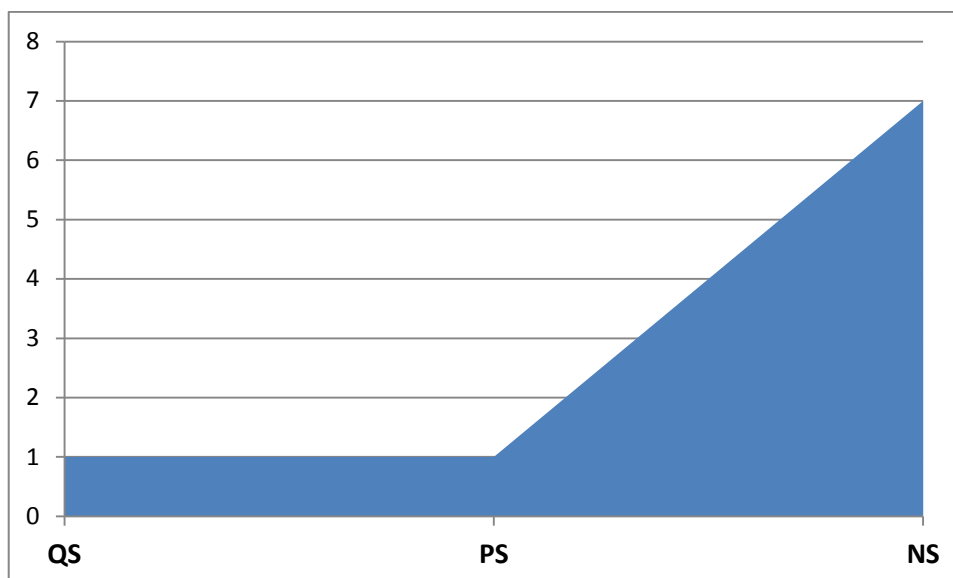


Figura 81: Resultado final do aluno A12 do tipo NS.

Por outro lado, o resultado da figura 82 apresentamos um terceiro tipo de resultado, a análise neste caso é inconclusiva, visto que, o resultado obtido pelo aluno A10 durante o desenvolvimento da UEPS se deu particionado e fracionado entre atividades significativas e não-significativas, necessitando-se de maior cuidado pedagógico.

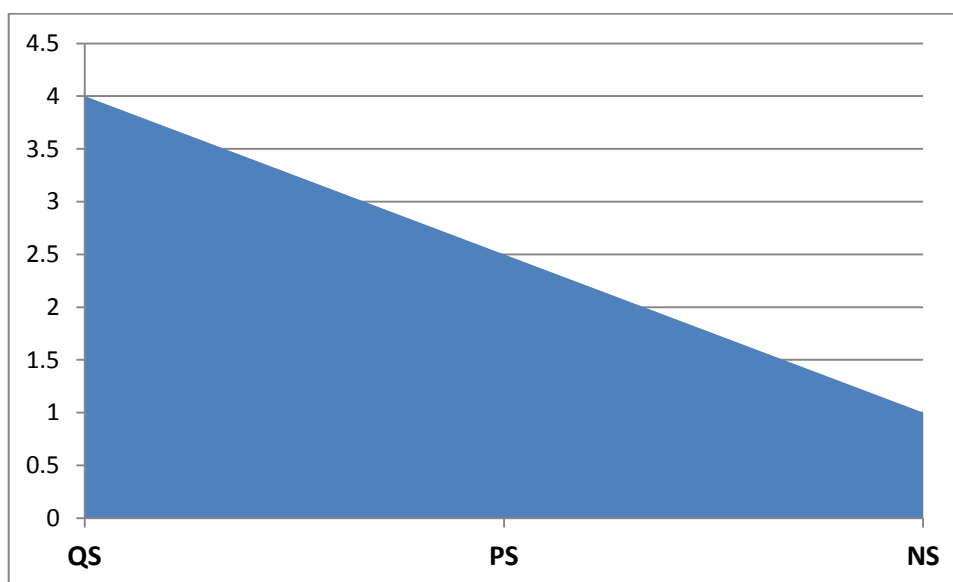


Figura 82: Resultado final do aluno 10 do tipo parcial ou inconclusivo.

Note que neste caso, a figura 82 não possui deslocamento da área gráfica, permanecendo parte na região significativa e parte na região não-significativa do gráfico.

O modelo pode ser aplicado a todos os alunos participantes fornecendo um eficiente modelo de avaliação significativa do trabalho pedagógico a nível individual desenvolvido em sala de aula.

Com base nas atividades planejadas conforme a seção 3.2 e o modelo avaliativo da seção 3.3, encerramos nossa análise dos dados produzidos durante o desenvolvimento da UEPS.

Acreditamos que muito ainda poderia ser dito e aperfeiçoado em nossa metodologia de pesquisa, mas acreditamos que seguimos fielmente nosso aporte teórico buscando evidenciar em nossas observações os apontamentos realizados em nossa fundamentação teórica.

Vimos que o modelo desenvolvido nesta pesquisa, possibilitou uma visão global e local de cada momento da UEPS, gerando dados que podem ser usados para futuras críticas e melhorias no modelo proposto.

Como vimos nos resultados dos mapas conceituais produzidos e das atividades desenvolvidas pelos alunos, exploramos de forma específica a aplicabilidade do uso do experimento de lançamento de foguetes PET em sala de aula no estudo da Física.

Nosso trabalho reflete uma pequena parcela do potencial existente na prática de lançamento de foguete PET, mas garante um aporte teórico consistente com a prática pedagógica, bem como seus resultados refletem de forma direta e indireta a interação entre os novos conteúdos apresentados pelo pesquisador e os conhecimentos prévios dos alunos participantes.

Acreditamos que a prática de lançamento de foguetes PET é relevante ao Ensino de Física nas séries finais do Ensino Fundamental, também acrescentamos que o debate também deve ser estendido às séries iniciais e que a discussão sobre a elaboração de materiais de aprendizagem potencialmente significativos também sejam incentivadas no meio acadêmico.

Defendemos a ideia de que nossa proposta foi relevante, pois, abarcou diversos temas de estudos relacionados ao ensino/aprendizagem de Física e as teorias de aprendizagem como um todo.

Nosso trabalho fundamentado na teoria da aprendizagem significativa garantiu uma abordagem metodológica científica e que retoma discussões de cunho teórico como no caso da seção 2.3.

Sobre a necessidade do uso de métodos estatísticos nesta pesquisa, Ausubel (2002) lembra-nos que sua teoria ainda possui caráter experimental e necessita de revisões e aperfeiçoamento como toda teoria científica. Sobre este fato o autor comenta:

Devido ao facto de se terem efectuado relativamente poucos estudos bem controlados da aprendizagem por recepção e da retenção significativas, especialmente os de natureza a longo prazo, é óbvio que a teoria apresentada neste trabalho deve possuir necessariamente, nesta altura, uma natureza altamente experimental e exploratória e considerar-se mais do ponto de vista

da natureza de uma série de hipóteses do que como reflexo de um conjunto definitivo de dados de investigação (p.24).

Devemos nos ater que a teoria de Ausubel de forma geral é flexível e se ajusta as necessidades complexas de uma sala de aula. É necessário muita criatividade e conhecimento técnico do pesquisador ao propor uma aula que vise gerar dados que corroborem ou evidenciem uma teoria de aprendizagem. Neste caso, defendemos o uso de estratégias gráficas e estatísticas no intuito de evidenciar e dar suporte as observações e postulados da teoria de Ausubel.

Em tom bem humorado, Ausubel (2002) encerra essa discussão dizendo:

Contudo, tem de se começar por algum lado. Uma teoria relevante estimula e orienta para esforços de investigação, que por sua vez aperfeiçoam, modificam e expandem a teoria original (p.24).

Por fim, sobre nossas considerações reforçamos a ideia de Ausubel (2002) quando aponta os caminhos necessários que a educação como um todo deve trilhar quando diz:

[...] (3) o progresso da educação está igualmente dependente dos avanços na psicologia, estatística, sociologia e filosofia. Contudo, devem colocar-se dois tipos importantes de qualificações a favor da investigação da 'ciência básica' para as ciências aplicadas: qualificações de objectivo ou de orientação e qualificações de nível de aplicabilidade (p. 27).

Acreditamos que nossa intenção em usar o experimento de foguete como suporte para a construção de uma UEPS visava aproveitar ao máximo o potencial existente neste tipo de atividade pedagógica, concordamos com Ausubel (2002) quando afirma:

Existe muito pouca investigação nesta área que tenha um *design* apropriado (o paradigma da transferência), que exige, em primeiro lugar, a manipulação intencional de um único atributo da estrutura cognitiva, através de procedimentos adequados de controlo experimental e/ou estatístico, e, depois, que este atributo alterado da estrutura cognitiva se relacione, então, a resultados académicos a longo prazo, num programa alargado de *novos* estudos na mesma área (p.156).

Dessa forma, acreditamos ter apresentado os resultados mais gerais e relevantes à avaliação da UEPS como um todo. Acreditamos ter apresentado nossa motivação e aporte teórico ao produzir os resultados aqui apresentados. E por fim, vimos como a teoria de Ausubel esteve presente e como os dados produzidos se conformaram a observação teórica.

5. Considerações Finais

Nesta pesquisa buscamos responder se era possível ensinarmos Física de forma eficiente à alunos do oitavo ano do Ensino Fundamental por meio da aplicação de uma UEPS em torno do experimento de lançamento de foguete PET.

Inicialmente destacamos que nossa pesquisa abrangeu diversos aspectos da pesquisa aplicada em sala de aula, vimos que por meio de uma atividade experimental apoiada por novas tecnologias, fomos capazes de realizar diversas atividades teóricas e práticas, possibilitando ao aluno uma interação significativa com os conteúdos e conceitos abordados em sala de aula no Ensino de Física.

Conforme visto na seção 2.7, evidenciar uma aprendizagem significativa, implica na capacidade do aluno em saber dizer sobre o que estudou e ainda elaborar explicações de forma pessoal sobre os conceitos aprendidos.

Vimos que durante vários momentos durante a UEPS, foi possível identificar nas soluções elaboradas pelos alunos, características de respostas idiossincráticas e transferíveis, ou ainda, respostas do tipo não-mecânicas.

Vimos que nosso método de avaliação foi capaz de apontar ainda possíveis níveis de compreensão das atividades propostas, o que possibilitou analisar como ocorreu essa distribuição percentual de níveis de significado em diferentes perspectivas.

O método avaliativo desenvolvido por esta pesquisa pode mostrar que houve atividades com um alto percentual de asserção do tipo significativa, bem como, atividades que não obtiveram o mesmo sucesso, ou ainda, atividades parcialmente resolvidas.

Fomos capazes de analisar o desenvolvimento individual de cada aluno, bem como teorizar sobre o desempenho geral da turma, possibilitando ao pesquisador identificar os alunos que necessitavam de apoio e novas situações de aprendizagem.

Como vimos na seção 4, obtivemos uma avaliação satisfatória para mais de 60% dos alunos participantes, indicando que o modelo de aprendizagem utilizado pode fornecer bons resultados em sala de aula.

É importante destacar que os resultados individuais dos alunos observados em sala de aula, e, com o auxílio da disposição gráfica dos dados produzidos, forneceram bons indicadores para realizarmos uma análise qualitativa mais precisa sobre a produção intelectual dos alunos em sala de aula como um todo e individualmente.

Vimos que com os dados gerados, fomos capazes de acompanhar o desenvolvimento individual de cada aluno, fornecendo indícios do desenvolvimento cognitivo dos alunos participantes em geral.

Ao final da UEPS por meio da produção dos mapas conceituais, foi possível realizar uma avaliação mais precisa sobre a evolução conceitual dos alunos participantes. Inspirados no modelo apresentado por Ribeiro, Souza e Moreira (2008), propomos um modelo que levou em consideração não apenas o score inicial e final dos mapas conceituais produzidos, mas levou também em consideração a diferença observada no processo, registrando e buscando evidências de possíveis evoluções e reconfigurações de conhecimento.

Vimos ainda que foi possível com a disposição dos dados, evidenciar uma possível evolução conceitual nos mapas conceituais produzidos, e com base nos fatores de avaliação estabelecido, corroborar a ideia de uma aprendizagem significativa.

Acreditamos que esse resultado é relevante ao campo da pesquisa aplica à sala de aula, pois apresenta uma proposta de avaliação do tipo não-mecânica, ou seja, nosso trabalho ao avaliar a produção dos alunos em sala de aula, não valorizou a ideia de testagem nem buscou observar aprendizagens do tipo “certas e erradas”.

Importante destacar que não buscávamos observar quantos alunos resolveram “certo” ou “errado” as questões levantadas por esta pesquisa em sala de aula, ou ainda, observar quem pode “colocar” mais conceitos no mapa conceitual, mas ao contrário, os dados registrados em sala de aula neste trabalho, visam valorizar a visão do aluno, seus conhecimentos prévios e se este aluno pode realizar asserções significativas do conteúdo estudado de forma pessoal e criativa.

Acreditamos que uma aprendizagem significativa é evidenciada quando o aluno pode relacionar de forma substantiva e não-arbitrária o novo conceito aprendido com conceitos e ideias previamente existentes em sua estrutura cognitiva.

Isso também se justifica, pois, nosso trabalho também mostrou que o Ensino de Física atual incentiva atividades que promovem aprendizados mecânicos e de memorização a curto prazo, vimos também que os estudos atuais direcionados as TIC também seguem uma visão reprodutivista e mecânica da aprendizagem, e são direcionados a testagem e realização de exames nacionais e internacionais.

Acreditamos que esta visão não concorda com uma aprendizagem de significados em longo prazo, bem como não representa a visão ideal de educação.

Defendemos a ideia de que os alunos não precisam “descobrir” o conhecimento implícito nas atividades propostas, mas sim acionar aquilo que sabem e dar significado sobre aquilo que desejam aprender.

Nosso trabalho mostra que muito ainda tem de ser feito para que o comportamentalismo de Skinner do século XX seja superado, é necessário uma mudança nos paradigmas de avaliação escolar, de forma que, o conhecimento prévio do aluno não seja desprezado e que busca-se avaliar a qualidade dos significados e não apenas erros e acertos.

Neste sentido, a pesquisa também que valorizou a capacidade dos alunos de realizarem perguntas em lugar de respostas prontas, valorizamos ainda a aprendizagem dos conteúdos pretendidos por distintos meios educativos, valorizando a abordagem representacional dos conceitos.

Outro fator importante destacado neste trabalho é que foi garantida a chance de aprendizagem com erros, ou seja, os alunos puderam de maneira crítica decidir se uma solução era satisfatória ou não à atividade proposta.

Por fim, acreditamos ter valorizado diferentes estratégias de ensino durante esta UEPS, todas voltadas ao experimento de lançamento de foguete PET com enfoque nos conteúdos da Cinemática Escalar. Com base em nossa análise, acreditamos ter contribuído com a aprendizagem significativa dos alunos participantes, e ter contribuído com a questão levantada por Zanatta e Leiria (2018) sobre a carência de atividades específicas no Ensino de Física destinado ao oitavo ano do Ensino Fundamental.

Sabemos que nosso problema de pesquisa não se encerra aqui, muito ainda tem de ser feito e revisto em nossa prática pedagógica, mas acreditamos que nosso objetivo em contribuir com a pesquisa aplicada em sala de aula e ao tema explorado foi apresentado e detalhado com resultados satisfatórios ao problema de pesquisa inicial, contribuindo com novas críticas e observações futuras.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Introdução. Ensino Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BEZERRA JR, A.G.; OLIVEIRA P.L.; LENZ A.J.; SAAVEDRA N. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: Movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469-490, set. 2012 .

CACHAPUZ , A. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVAHO, H.A.P; ZANATTA, S.C.; LEIRIA, T. F. O ensino de ciências no atual contexto das políticas educacionais e dos paradigmas epistemológicos da ciência do século XX. **Pedagogia em Foco**, v. 11, n. 6, p. 116-134, jul./dez. 2016.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”:** crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. 2 ed. Campinas: Autores Associados, 2001.

DA ROSA, C.W; PEREZ, C. A.S.; DRUM, C. Ensino de física nas séries iniciais: concepção da prática docente. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.12, n.3, p. 357-368, 2007.

FERREIRA, C.S.R. **Oficina de foguete: aspectos interdisciplinares entre astronomia, astronáutica e física**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia). UEFS, Feira de Santana -BA, 2016.

FILHO S.C.N; LENZ A.J; BEZERRA JR G.A; FLORCZAK A.M; GARCIA G.V. A videoanálise como mediadora da modelagem científica no ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.10, n.3, p. 231-246, set/dez. 2017.

FOUREZ G. Crise no ensino de ciências? **Investigação em Ensino de Ciências**. Rio Grande do Sul-RS, v.8, n.2, n.2, p. 109-123, 2003.

FRANCO, M.L.P. Pressupostos epistemológicos da avaliação educacional. **Cadernos de pesquisa**, n. 74, p. 63-77, ago/set. 1990.

LEITÃO L. I; TEIXEIRA P.F.D; DA ROCHA F.S. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **Revista Electronica de Investigación em Ciências**, v.6, n.1, p.18-33, 2001.

LIMA M.C.B.; DE CARVALHO, A. M. P.; Linguagem e o ensino de física na escola fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.1, p.86-97, 2003.

MARTINHO T.; POMBO L. Potencialidades das TIC no ensino das ciências naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v.8, n.2, p.527-538, 2009.

MARQUES C.G. Movimento de Projéteis. **USP/UNIVESP**, São Paulo, 2001. Disponível em: <[http:// e-aulas.ups.br](http://e-aulas.ups.br)>. Acesso em: 01 ago. 2019.

MOREIRA M.A. O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. **Educação e Seleção**, n.10, p.17-34, 2013.

MONTEIRO M.A.A; TEIXEIRA O.P.B. O ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental: um estudo das experiências docentes em sua prática em sala de aula. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.9, n.1, p.7-25, 2016.

MOREIRA M.A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidade de ensino potencialmente significativas. **Instituto de Física/ UFRGS**, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <<http:// profjudes.unir.br>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA M.A; MASSINI E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David P. Ausubel**. 2.ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA H.; CALEFFE C.L. Os desafios do ensino da disciplina de metodologia da pesquisa na pós-graduação. **Meta: Avaliação**, v.3, n.9, p.244-257, set/dez. 2001.

NIEHUES K.C. A utilização do software GeoGebra como ferramenta pedagógica no processo ensino-aprendizagem de função quadrática, uma alternativa metodológica. **SEED/PR** , Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná**. Versão eletrônica. Curitiba: SEED, 1999.

RAMALHO N.T. **Fundamentos da Física 1,2,3**. São Paulo: Editora Moderna , 1999.

RIBEIRO N.T; SOUZA N.D; MOREIRA A.M. O mapa conceitual como instrumento de avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre o conteúdo razões trigonométricas no triângulo retângulo. **Aprendizagem significativa em revista/ Meaningful learning review**, v.8,n.1, p.21-37, 2018.

VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIÊNCIAS, 8, 2018, Bogotá, Colômbia. **Anais eletrônicos**, 2018. Disponível em : <<http://revista.pedagogia.edu.co>>

SILVA E.A. **Sequência didática com temas motivadores no ensino da física**. 2016. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - UFB, Uberlândia, 2016.

SOUZA P.V.T; AMAURO N.A; A construção e lançamento de foguetes como estratégia potencial na busca por aulas interdisciplinares – um estudo de caso. **Revista enciclopédia biosfera, centro científico conhecer**, v.11, n.22, p.91-99, 2015

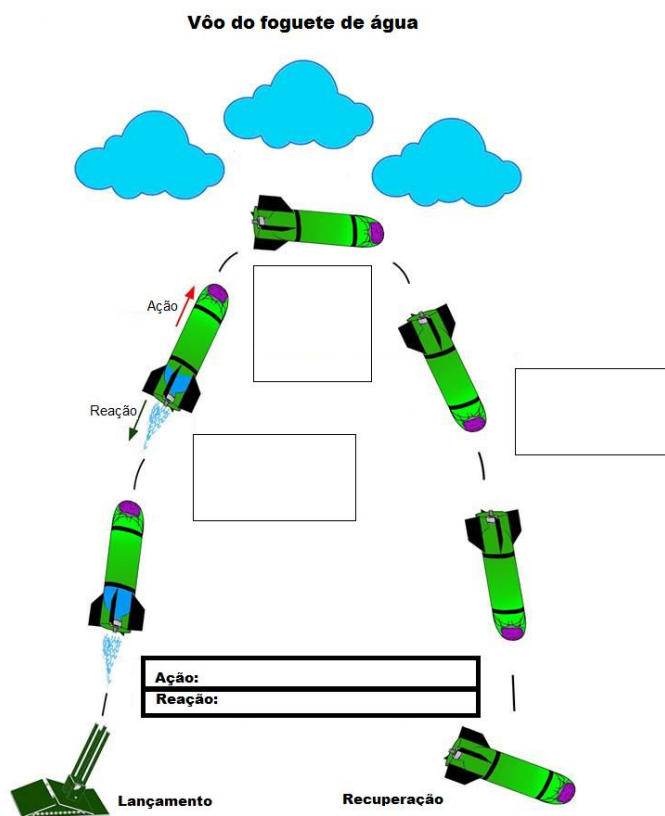
SOUZA J.A. Um foguete de garrafa PET. **Física na escola**, v.8, n.2, p.4-11, 2007.

TAVARES R. Construindo mapas conceituais. **Ciência & Cognição**, v.12, p.72-85, 2007.

ZIMMERMAM E; EVANGELISTA P.C.Q. Pedagogos e o ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v.24, n.2, p.261-280, 2007.

APÊNDICE A – ATIVIDADES DA AULA 2

Etapas do voo do foguete de água.



Parte 1

Use seus conhecimentos prévios e responda as questões a seguir:

- 1) O que é movimento? Como você explicaria para um pessoa que um objeto está parado ou em movimento?

- 2) Imagine que você e um amigo de sua sala estão sentados dentro de um ônibus em movimento retilíneo constante, pergunta-se:
 - a) Em relação ao seu amigo você está em movimento? _____
 - b) Em relação ao ônibus você está em movimento? _____
 - c) Em relação à estrada, você e seu amigo estão em movimento? _____.
 - d) Em relação a um poste na calçada, vocês estão em movimento? _____.

- 3) Dois paraquedistas A e B saltam de um avião no mesmo instante, imagine que após alguns segundos em queda livre, o paraquedista A decide abrir seu paraquedas antes do paraquedista B, agora imagine e tente responder: O que o paraquedista B irá ver acontecer no momento em que o paraquedista A abrir seu paraquedas?

4) Que tipo de trajetória os paraquedistas em queda livre realizam para um observador no solo? _____

5) Porque em nosso cotidiano vemos a terra parada e o sol se movendo no céu, se aprendemos que é a terra que gira em torno do sol?

6) E se considerarmos o sol como referencial do movimento? O que acontece agora?

7) Agora responda a charada do início da aula: Porque segundo a física podemos considerar que “os mortos se movimentam”?

Parte 2**O VOO EM PARÁBOLAS**

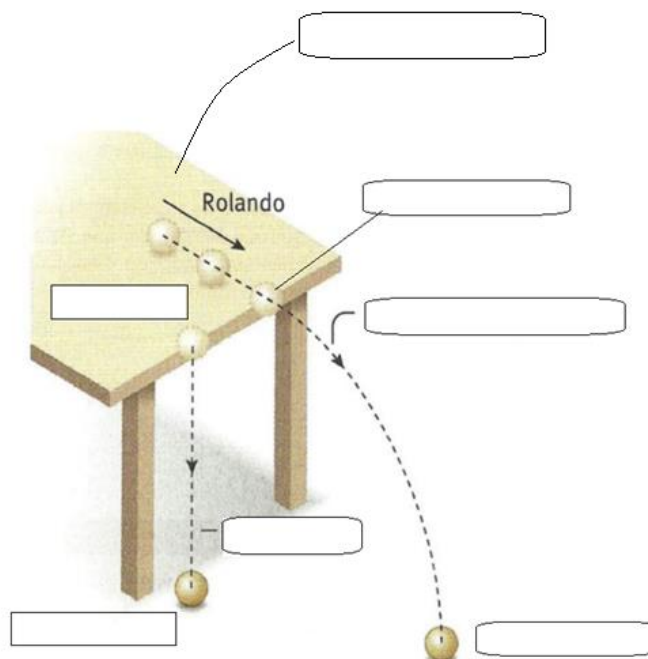
- 8) Vamos agora analisar a trajetória do voo parabólico
- a) Com qual inclinação o avião deve iniciar sua trajetória? _____
 - b) Qual a velocidade inicial com que o avião inicia a trajetória? _____
 - c) Você sabe seu peso? _____ Agora multiplique por 1.8, você obteve _____.
 - d) O que aconteceu com seu peso? _____
 - e) Em qual parte da trajetória você sentiria seu peso aumentar? Observe o gráfico e desenhe aqui sua resposta.

- f) Observe no gráfico e responda: Por quanto tempo você sentiria seu peso aumentar?

- g) Qual é a altura máxima da trajetória do avião? _____
- h) Durante quantos segundos os astronautas sentem a sensação de gravidade zero?
_____.
- i) Olhe na trajetória e responda: Qual a inclinação do avião após 22 segundos? _____
- j) Durante a trajetória do avião, quantos metros o avião precisa subir até atingir sua altura máxima? _____
- k) Quantos segundos demora a trajetória completa do voo em parábola?
_____.

Parte 3: O plano cartesiano como referencial inercial

- 9) **Demonstração do Lançamento Horizontal:** Indique na figura abaixo, o tipo de trajetória, a velocidade inicial, a posição inicial e a posição final.



Vamos agora estudar algumas relações importantes na trajetória do lançamento horizontal. Observe a simulação em Tracker e responda:

- 10) Quantos “tipos de movimento” você consegue perceber durante a trajetória da bola no lançamento horizontal?

- 11) Você consegue perceber como trajetória e tempo estão relacionados?

- 12) Para que usamos o plano cartesiano?

- 13) Onde o plano cartesiano foi posicionado na tela? _____

- 14) Você consegue imaginar em que o plano cartesiano pode ser útil no estudo da trajetória?

SIMULAÇÃO EM GEOGEBRA DO LANÇAMENTO HORIZONTAL

- a) A posição inicial da trajetória da bola corresponde a qual ponto no sistema cartesiano?

- b) A posição final da trajetória da bola corresponde a qual ponto no sistema cartesiano?

_____.

- c) Considerando-se o pé da mesa posicionado na posição 0 do eixo x, qual foi o alcance atingido pela bola no experimento? _____
- d) Aumentando-se a velocidade inicial de lançamento o que acontece com a posição final da bola? _____.
- e) Diminuindo-se a velocidade inicial de lançamento o que acontece com a posição final da bola? _____.

APÊNDICE B – ATIVIDADES DA AULA 3

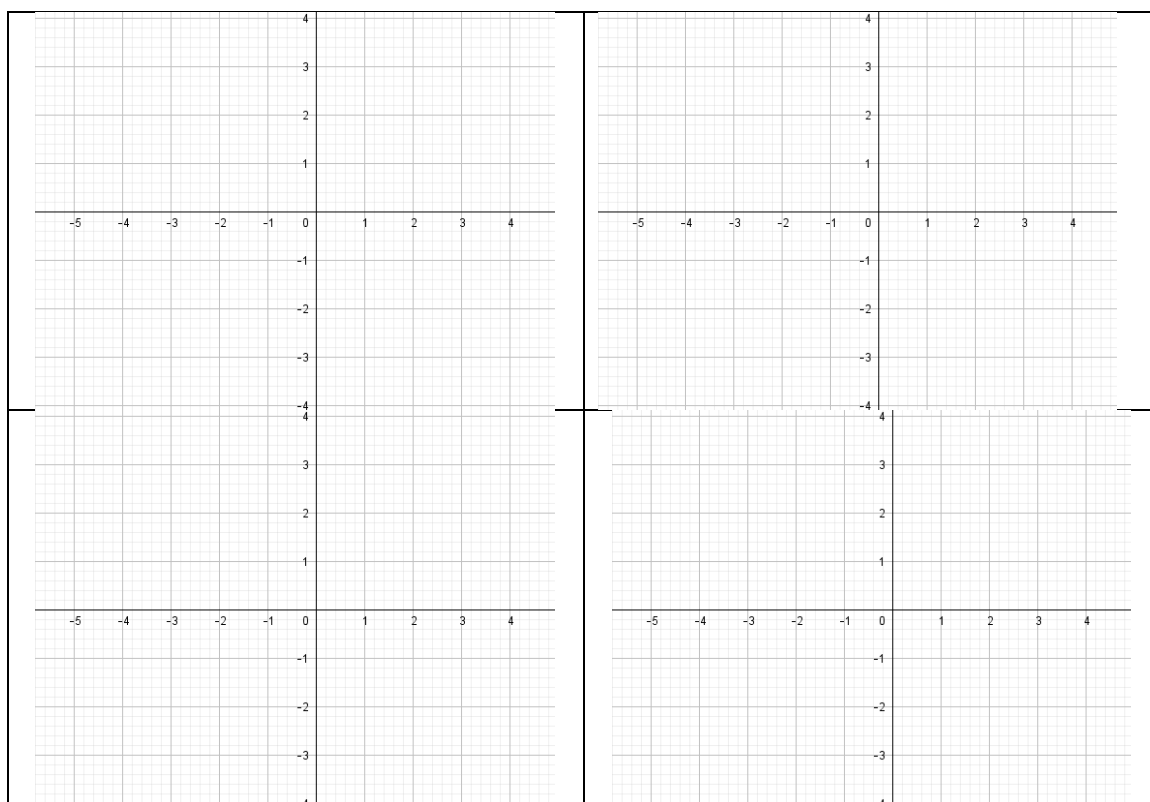
Revisão da aula passada:

Em nossa aula anterior aprendemos várias coisas sobre cinemática, para continuarmos nosso estudo sobre lançamento de foguetes de água e aprendermos novas coisas devemos resumir tudo o que sabemos até agora em um mapa conceitual. Use os conceitos abaixo e acrescente novos.

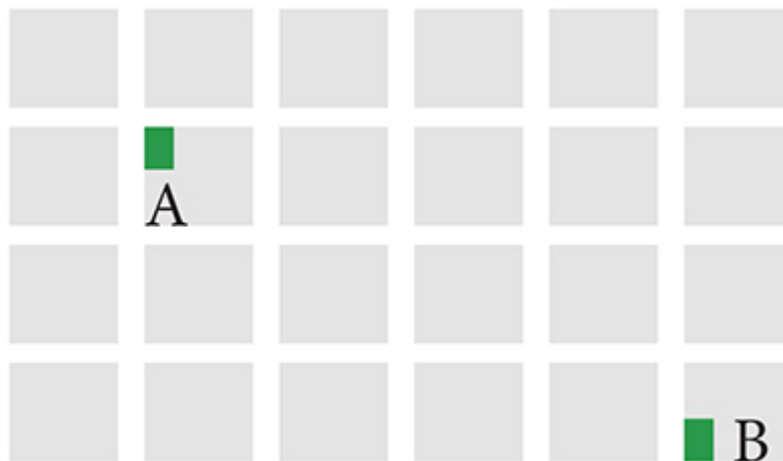


Parte 1: Tipos de Trajetória e movimento bidimensional

1) Represente a trajetória que o ponto descreve no plano cartesiano:



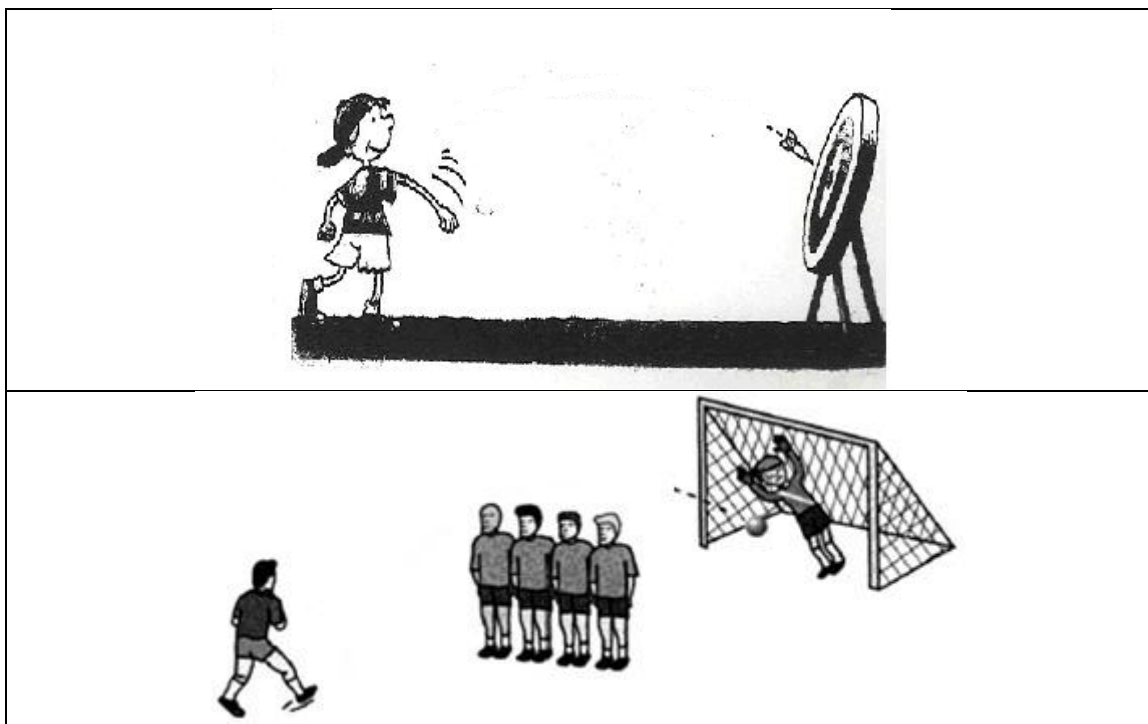
2) Imagine que você decide sair de sua casa (PONTO A) e ir à casa de seu amigo (PONTO B), que caminho é possível escolher?



O caminho que une a posição A até a posição B à medida que o tempo passa é chamado de _____.

- Qual é a posição inicial da trajetória? _____
- Qual é a posição final da trajetória? _____

- Indique nas figuras abaixo a trajetória, posição inicial e posição final do objeto em cada um dos casos:



Essas trajetórias são do tipo _____.

- Use o que você aprendeu sobre o referencial de um movimento na aula anterior e responda: Imagine que um avião passe sobrevoando um determinado local e deixa cair uma caixa. Pergunta-se:
 - A caixa caindo possui movimento para baixo na direção vertical?

- b) A caixa caindo possui movimento para frente na direção horizontal?

- c) Em relação ao referencial solo que tipo de trajetória a caixa realiza? Retilínea ou um arco de parábola? _____.



- d) Após a simulação com o GeoGebra você acertou a letra c? _____
- e) Existe alguma relação entre a posição da caixa e a posição do avião na direção vertical durante a trajetória?

O Carro de Howitzer

- 1) Faça uma representação do carro de Howitzer que você acabou de ver, represente a trajetória, a posição inicial, a altura máxima e a posição final.

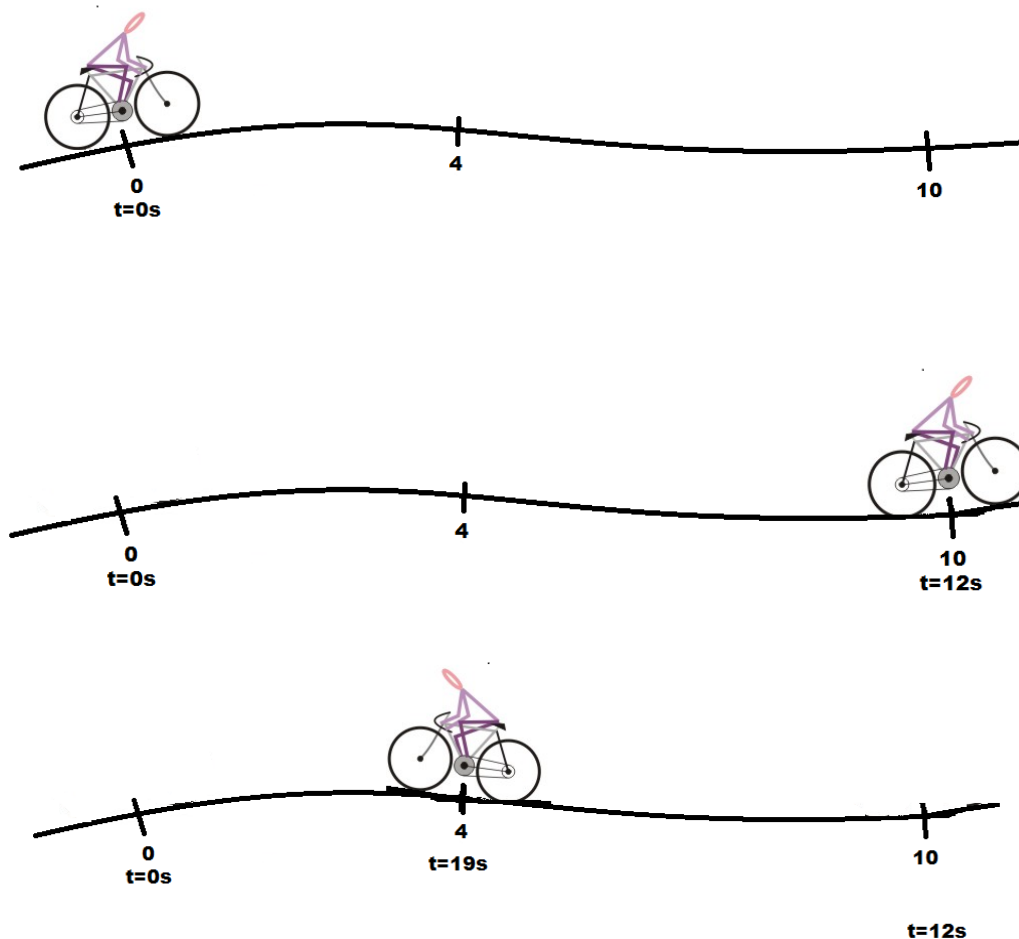
- 2) Resposta do desafio: A bola irá acertar o carrinho? _____
- 3) Quantos tipos de movimento você consegue identificar no carro de Howitzer?

- 4) Até agora em nossa aula você viu vários tipos de trajetória, agora escreva com suas palavras: O que é uma trajetória?

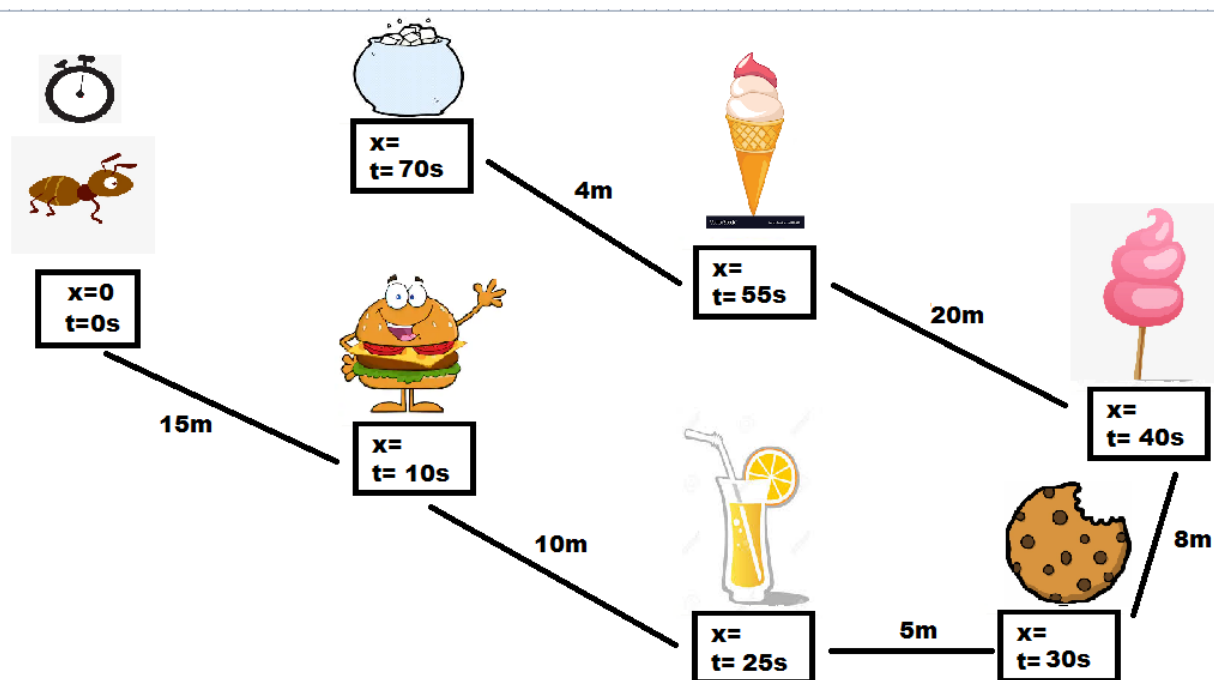
Pense e responda: Conforme passa o tempo o que muda na trajetória de um objeto?

Parte 4: Deslocamento, Distância e Posição

- 1) Vamos aprender a diferença entre Distância e Deslocamento. Observe a imagem abaixo, ela representa uma pista de ciclismo onde foram indicadas as posições e o tempo de um ciclista durante o trajeto:

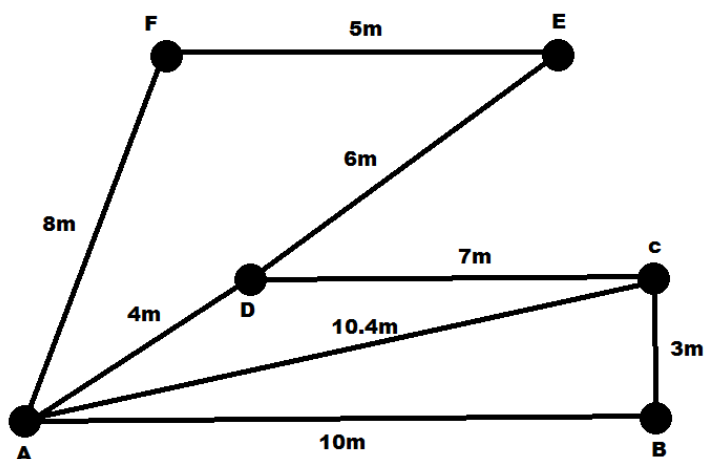


- Qual a distância que o ciclista percorreu em sua trajetória? _____
 - Qual foi o deslocamento realizado pela ciclista em sua trajetória? _____
 - Em que posição se encontrava o ciclista aos 12 segundos da trajetória? _____
 - Você consegue estimar a posição do ciclista aos 6 segundos da trajetória? _____
- 2) Imagine que agora desejamos descrever a trajetória de uma formiga que pretende chegar até um pote de açúcar, mas como nossa amiga formiga adora uma guloseima, decide mudar seu trajeto e passa por outros pontos que lhe interessam muito. Indique na figura abaixo a *posição* da formiga em cada *instante* de tempo de sua trajetória.



- 3) Use a figura anterior e represente a trajetória descrita pela formiga indicando apenas sua posição em cada instante:

- 4) Observe a figura abaixo, este é um grafo que Maria fez de sua faculdade para analisar alguns possíveis trajetos que ela pode realizar dentro do campus:



Complete a tabela:

	\vec{AB}	\vec{ABC}	\vec{ABCD}	\vec{ABCDE}	\vec{ABCDEF}
Distância					
Deslocamento					

Através do mapa de Maria escreva com suas palavras qual é a diferença entre distância e deslocamento.