

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

Nasser Meneghetti Lanza

A DESCONSTITUIÇÃO DE UM MITO POR MEIO DA PRODUÇÃO DE VÍDEO: O
CASO DE ARQUIMEDES

CAXIAS DO SUL, RS

2017

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

A DESCONSTITUIÇÃO DE UM MITO POR MEIO DA PRODUÇÃO DE VÍDEO: O
CASO DE ARQUIMEDES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre Mesquita, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

CAXIAS DO SUL

2017

A desconstituição de um mito por meio da produção de vídeo: o caso de Arquimedes

Nasser Meneghetti Lanza

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Caxias do Sul, 05 de outubro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Mesquita (orientador)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Silvio Luiz Souza Cunha
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a. Dr.^a. Carine Geltrudes Webber
Universidade de Caxias do Sul

M541d Meneghetti Lanza, Nasser

A desconstituição de um mito por meio da produção de vídeo: O caso de Arquimedes / Nasser Meneghetti Lanza. – 2017.
127 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2017.
Orientação: Alexandre Mesquita.

1. Vídeo filme aprendizagem significativa mapas conceituais lei de Arquimedes. I. Mesquita, Alexandre, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UCS com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo discutir, utilizando o recurso da produção de vídeo, a forma como Arquimedes teria resolvido o problema da coroa do rei Hierão, abordando a solução apontada por Galileu, propondo a discussão acerca do tema e buscando uma resolução não única e estanque na linha da proposta de aprendizagem significativa de Ausubel. Com a crítica de Galileu, traduzida por citações de alguns autores, elenca-se uma série de elementos de oposição à história contada nos livros didáticos, indicando um viés de solução por meio das medidas de pesos e não de volumes. Como produto do trabalho, propõe-se mostrar uma alternativa pedagógica através de um filme produzido por alunos e ex-alunos da terceira série do Ensino Médio Politécnico, a respeito desse tema, se valendo da visão de medidas de pesos e não de volumes como colocados nos livros didáticos, procurando um enlace conceitual e histórico da Ciência. Os alunos escreveram, ao final do filme, um texto expressando o poder desse recurso didático, os sentimentos acerca de atuar e os elementos marcantes dessa produção. Após a produção do filme, o mesmo foi apresentado a uma turma de segunda série do Ensino Médio, através de procedimento metodológico calcado no citado escopo teórico da aprendizagem significativa. Foi realizada com esses alunos uma análise qualitativa através de Mapas Conceituais, na busca de subsunções, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Ao final, os resultados mostraram mudança na ideia do método utilizado por Arquimedes através dos Mapas Conceituais e textos construídos pelos alunos.

Palavras-chave: Problema da Coroa, Aprendizagem Significativa, Galileu, Mapas Conceituais, Produção de Filme.

ABSTRACT

This work aims to discuss how Archimedes would have solved the problem of Hiero king's crown, addressing the solution mentioned by Galileo, proposing a discussion on the subject and seeking a non-single resolution, in line with the significant learning proposed Ausubel. One describes the critical line of Galileo, translated quotes from some authors, lists a series of opposition elements to the story told in textbooks. As a product, it is proposed to show an educational alternative through a film produced on this subject, using the vision of weights measures and not the volumes, as placed in textbooks, for students and former students of the third year of high school Polytechnic, looking for a conceptual and historical link of Science. These students write at the end of the film a text expressing the power of this teaching strategy, feelings about acting and remarkable elements of this production. After production of the film, it was presented to a class of second grade of high school, through methodological approach grounded in that theoretical scope of meaningful learning. It was conducted with these students a qualitative analysis through concept maps, in search of subsumption and evaluation of results.

Key words: problem of the crown, meaningful learning, Galileo, Conceptual Maps, movie.

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA 1 – BALANÇA HIDROSTÁTICA.....</u>	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4
<u>FIGURA 2 – TEXTO 1</u>	67
<u>FIGURA 3 – TEXTO 2</u>	69
<u>FIGURA 4 – TEXTO 3</u>	71
<u>FIGURA 5 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 1, ANTES DO FILME</u>	74
<u>FIGURA 6 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 1, DEPOIS DO FILME</u>	75
<u>FIGURA 7 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 2, ANTES DO FILME</u>	77
<u>FIGURA 8 – MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 2, DEPOIS DO FILME</u>	78
<u>FIGURA 9 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 3, ANTES DO FILME</u>	80
<u>FIGURA 10 – MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 3, DEPOIS DO FILME</u>	81
<u>FIGURA 11 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 4, ANTES DO FILME</u>	83
<u>FIGURA 12 – MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 4, DEPOIS DO FILME</u>	84
<u>FIGURA 13 – MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 5, ANTES DO FILME</u>	86
<u>FIGURA 14 – MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 5, DEPOIS DO FILME</u>	87
<u>FIGURA 15 – COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 1</u>	89
<u>FIGURA 16 – COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 2</u>	91
<u>FIGURA 17 – COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 3</u>	93
<u>FIGURA 18 – COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 4</u>	95
<u>FIGURA 19 – COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 5</u>	97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	14
3. OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO	19
4.1 ENSINO DE CIÊNCIA	19
4.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	20
4.3 O CONTEXTO DO ENSINO DE FÍSICA E COMO A PRODUÇÃO DE VÍDEO/FILME PODE CONTRIBUIR PARA A OCORRÊNCIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	25
4.4 MITOS NA CIÊNCIA.	30
4.5 A LEI DE ARQUIMEDES	31
4.6 AVALIAÇÃO NO PROCESSO	34
4.7 MAPAS CONCEITUAIS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.8 AVALIAÇÃO QUALITATIVA	41
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
5.1 PLANO DE AULA (TERCEIRA SÉRIE)	44
5.1.1 ELEMENTOS DO PLANO DE AULA.....	44
5.1.1.1 ANÁLISE DA REALIDADE	44
5.1.2 PROJEÇÃO DE FINALIDADES (OBJETIVOS)	46
5.1.3 FORMAS DE MEDIAÇÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1.4 AVALIAÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1.5 ROTEIRO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1.6 FILMAGENS E EDIÇÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2 PLANO DE AULA (SEGUNDA SÉRIE)	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2.1 ELEMENTOS DO PLANO DE AULA.....	50
5.2.1.1 ANÁLISE DA REALIDADE	50
5.2.2 PROJEÇÃO DE FINALIDADES (OBJETIVOS)	50
5.2.3 FORMAS DE MEDIAÇÃO.....	50

5.2.4 AVALIAÇÃO	51
5.3 PRODUTO DO TRABALHO E SEQUÊNCIA DE ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM FILME.....	51
5.4 PRODUTO DA DISSERTAÇÃO	58
5.4.1 GUIA DO PROFESSOR PARA UTILIZAÇÃO DO FILME HEURECA NO ESTUDO DA LEI DE ARQUIMEDES.....	58
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
6.1 TURMA DE TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO.....	67
6.2 TURMA DE SEGUNDO ANO DO ENSINO MÉDIO	74
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
8. REFERÊNCIAS	109
ANEXO (ROTEIRO DO FILME)	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se a uma abordagem diferenciada para a descoberta da Lei de Arquimedes, buscando fornecer elementos não tão estanques e únicos, na visão crítica de Galileu com medidas de pesos e não de volumes, recorrendo ao recurso didático da produção de um vídeo/filme, motivada por uma passagem no projeto PIBID de 2010 até 2012, onde o autor trabalhou com produção de filme e a obra de Arquimedes. Na época foi produzido um pequeno filme mostrando a Lei de Arquimedes como se apresenta normalmente nos livros didáticos.

Quando se fala em Arquimedes, é muito provável vir à mente de qualquer pessoa que já tenha ouvido falar dele, o episódio da banheira e seu famoso grito “Heureka”. Essa história fica bastante em foco quando os conteúdos de densidade e empuxo são introduzidos nas aulas de Física. Na fábula, perpetuado, na maioria dos livros didáticos, Arquimedes teria, supostamente, descoberto a falsificação da coroa do rei Hierão de Siracusa por um Ourives com o uso de medidas de volumes.

O rei Hierão queria uma coroa, de ouro puro, e teria entregue a um Ourives uma porção de ouro e uma porção de prata (a porção de prata era como pagamento). Quando a coroa foi entregue, o rei ficou muito contente, mas a alegria durou pouco, o povo comentava que Hierão havia sido enganado, a coroa que lhe fora entregue não era de ouro puro. O rei mandou que chamassem Arquimedes, pois segundo o monarca, somente o famoso sábio poderia resolver o problema da coroa. Hoje, Arquimedes e seu princípio estão envoltos em uma lenda, descrita em muitos livros didáticos de Física. O que é apresentado relata que Arquimedes, preocupado em achar a solução para o problema da coroa, banhava-se em uma banheira e notou que quando seu corpo afundava a água subia. Então, saíra gritando pelas ruas Heureka, Heureka! Ou, seja, achei, achei! Ele teria se dado conta que se mergulhasse pesos iguais de ouro e prata, e depois a coroa do rei Hierão, em água e medindo volumes descobriria se a coroa do rei Hierão era falsificada, mistura de ouro e prata e não de ouro puro. Quem contou essa história foi Vitruvius, no *De Architectura*, livro 9, cap. 3 (MORGAN, 1960). Porém, o método das medidas de volume foi duramente criticado por Galileu, que duvidou do método, e chegou a escrever um documento que depois de sua morte, foi lançado como livro, *A Pequena Balança* é o título.

Diz Galileu:

[...] O método relatado por Vitruvius é fabuloso, enganoso e grosseiro... Eu julgaria antes que, espalhado o rumor que Arquimedes teria descoberto o roubo, a trapaça do ourives usando água, algum escritor da época teria relatado o fato, e esse mesmo escritor, para acrescentar alguma coisa ao pouco que compreendera do rumor, teria dito que Arquimedes utilizara a água da forma que foi depois universalmente admitida. Porém, sabendo que tal método era completamente impreciso e desprovido de exatidão necessária no âmbito da matemática, fui várias vezes levado a me perguntar de que forma se poderia, utilizando água, descobrir de maneira precisa a composição da mistura dos dois metais; e depois de ter relido com cuidado o que Arquimedes demonstra em seus livros Sobre as coisas colocadas na água e Sobre o equilíbrio dos corpos, veio-me finalmente ao espírito uma forma extremamente precisa de resolver nossa questão. Acho, inclusive, que foi dessa maneira que Arquimedes procedeu, não apenas em virtude de que é exata, mas porque, além disso, depende de demonstrações feitas pelo próprio Arquimedes, construindo uma pequena balança. (GALILEI, 2014)

De uma maneira geral, o uso adequado da história da Ciência contribui para promover o ensino porque, entre outras razões, motiva e atrai os alunos, humanizando o conteúdo ensinado e favorecendo uma melhor compreensão dos conceitos científicos (MATTHEWS, 1994). Quando se ignora aspectos históricos e filosóficos ou até mesmo os altera, podem ser geradas visões distorcidas da Ciência. Visões estas baseadas em concepções indutivistas, passando a ideia de que a Ciência seria composta de verdades inquestionáveis (CARVALHO & VANNUCCHI, 2000). Um dos pontos chave dessa proposta de mestrado é a apresentação da Ciência, como falível, passível de erro, construção humana, passagem histórica com muitas transformações.

Assim, a história da Ciência valoriza o caráter mutável da Ciência, mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos e culturais, derrubando mitos, humanizando gênios e ainda mostrando que o conhecimento científico aceito atualmente é suscetível de transformações (SILVA & MARTINS, 2003).

De certa maneira o problema maior não está na ausência ou na quantidade de elementos de história da Ciência que se utiliza no ensino de Ciências, mas sim na sua qualidade (MARTINS & BRITO NO PRELO). A história da Ciência presente nesses materiais é distorcida e simplificada, o que chamamos de pseudo-história (ALLCHIN, 2004). A pseudo-história induz tanto nos professores, quanto nos alunos, falsas impressões sobre a natureza da Ciência e estereótipos sobre o que é fazer Ciência e sobre os cientistas. Esses estereótipos e falsas ideias sobre a Ciência têm grandes chances de serem perpetuados nas

concepções sobre a Ciência presentes não só no ensino como até mesmo na cultura (ALLCHIN, 2004).

O presente trabalho apresenta um viés para discutir o método utilizado por Arquimedes para resolver o suposto problema com a coroa do rei Hierão, apresentado sempre da mesma forma em livros didáticos de física e sem contextualização histórica, a fim de contribuir, no contexto do ensino de Ciências, para a busca do apuro histórico e científico. O trabalho se utiliza de uma estratégia de abordagem diferente da tradicional, um produto na forma de filme baseado na visão de Galileu com medidas de pesos, de como Arquimedes teria resolvido o problema da coroa do rei.

A etapa de produção do filme envolveu alunos (terceira série do ensino médio) e ex-alunos nas filmagens, confecção de roteiro e edição, no viés defendido por Galileu para a solução encontrada por Arquimedes para resolver o problema da coroa do rei Hierão (episódio de conhecida solução, nos livros didáticos, através de medidas de volumes). Ao final da produção do filme, a turma expressou seus sentimentos, conceitos, emoções de atuar nesse tipo de produção e o poder desse recurso didático na educação. O filme produzido foi apresentado a uma turma de segunda série do ensino médio, como forma de recurso didático para exposição de conceitos, construção histórica e abordagem de conteúdos.

Um pouco antes de apresentar o filme para a turma de segunda série, houve uma discussão com os alunos desta, a fim de buscar suas concepções sobre o problema da coroa do rei Hierão, pautada pelos princípios da chamada Aprendizagem Significativa. Ausubel (1980) sugere que para a ocorrência da aprendizagem significativa é necessário partir daquilo que o aluno já sabe. Esse autor diz que os professores/educadores devem criar situações didáticas com a finalidade de descobrir tais conhecimentos. Nesse trabalho, a avaliação dos resultados para se analisar se houve a ocorrência de indícios de aprendizagem significativa foi por meio da construção de Mapas Conceituais sobre a história de como Arquimedes teria resolvido o problema da coroa do rei Hierão. Os Mapas Conceituais foram solicitados antes e depois da apresentação do vídeo/filme, promovendo a possibilidade ao aluno de resolver problemas, fazer anotações e perceber as relações entre história, ciência e os conteúdos.

A investigação educacional tem sido descrita como quantitativa ou qualitativa. Conforme Bento, A. (2012,) estes termos referem às duas tradições diferentes de investigação,

cada uma com a sua terminologia, métodos e técnicas. Por muitas décadas, a investigação educacional foi praticamente baseada na tradição quantitativa, o que é conhecido como a filosofia positivista de como geramos o conhecimento. Segundo Bell (2004, pp. 19-20), os “investigadores quantitativos recolhem os fatos e estudam a relação entre eles” enquanto que os investigadores qualitativos “estão mais interessados em compreender as percepções individuais do mundo. Procuram compreensão, em vez de análise estatística. (...). Contudo, há momentos em que os investigadores qualitativos recorrem a técnicas quantitativas, e vice-versa.”

A abordagem com mapa conceitual remete a uma ideia de avaliação qualitativa. É imprescindível que cada aluno construa seu mapa e escreva a respeito dessa produção, para que se possa fazer a interpretação e análise de cada mapa e de cada resenha produzida. A avaliação dos resultados da presente pesquisa foi feita com base em uma análise puramente qualitativa.

2. JUSTIFICATIVA

Embora passados muitos anos desde a implantação do processo educacional no Brasil, o ensino das Ciências, nas escolas, ainda não passa muito de repetições com fórmulas e regras, sem significado para os alunos porque, geralmente, não são estabelecidas articulações para os contextos que lhes são próximos e significativos. Ao longo do processo de aprendizagem, seria relevante fazer ligações entre Arte, Física, História. Acredita-se que a Ciência pode ser apresentada de maneira integrada, incluída em um contexto social, político, econômico, ético e científico, vindo então a ser, em certa medida, além de estudada também vivenciada. Quem sabe se possa apontar para um deslocamento dos conceitos associados à fragmentação da Ciência e ao senso comum, para conceitos articulados entre método científico, produção de tecnologia e compreensão humana acerca do Universo.

É necessário que haja um contexto que encoraje os alunos a serem mais ativos. O entusiasmo e a vontade dos alunos de participar de uma produção de filme aumenta a qualidade das discussões e conseqüentemente a possibilidade de acontecer a aprendizagem. O objetivo de estimular a participação é comprometer todos os alunos, mantendo-os falando uns com os outros acerca do tema e ajudá-los a desenvolver conceitos para um bom aprendizado. O Manual do Facilitador, (2003) apud Roby (1988) nos adverte para não cair na "quase discussão", encontros nos quais os alunos falam, porém, não desenvolvem ou criticam suas próprias ideias e deixando assim de refletir sobre o processo e os resultados do que aprenderam na aula.

A derrubada de um mito, ou a desconstrução de um mito, não parece ser algo simples e fácil. Ao contrário, está enraizado na mente, na memória e ainda encravado em muitos livros. Um mito que se perpetua em livros didáticos indica um obstáculo pedagógico. Para Bachelard (1996, p. 18), "aquilo que cremos saber, ofusca o que deveríamos saber". Assim, segundo Zorzan (2006), os obstáculos podem ser compreendidos como resíduos de conceitos anteriores, que impedem mudanças de antigos conceitos importantes em um passado para novos conhecimentos. Assim, "ascender à Ciência", é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado" (BACHELARD, 1996, p. 18). Segundo Lopes (1996), o processo de negação de um conhecimento não implica na destruição total dos

conhecimentos anteriormente estabelecidos, mas ir além desses conhecimentos, reordená-los e introduzi-los em uma nova ordem de racionalidade.

Os mitos presentes na Ciência e na sociedade se apresentam com elementos e características, aparentemente, semelhantes e repetidas. A arquitetura desses mitos possui as mesmas características. Segundo Allchin (2003, 2004) podemos destacar como variáveis principais: seu caráter justificativo implicando sempre em uma “moral da história”, idealização sobre algumas realizações; drama afetivo durante seu desenvolvimento e grandiosidade dos cientistas. Em boa parte, os cientistas são heróis inseridos nestes mitos. As descobertas vêm acompanhadas de uma data precisa, dando a impressão de que ocorreu num determinado dia ou ano após um único momento de introspecção dos cientistas tratando-os como se fossem super-humanos. A figura do cientista é remetida àqueles personagens literários que não exibem erros, nem falhas, com retidão de caráter, sem que se coloque alusão a qualquer deslize.

Alguns detalhes históricos são esquecidos de modo a se garantir certa figura idealizada sobre a Ciência e seu desenvolvimento. Outros detalhes, ganham papel fundamental na constituição desses mitos. Esses detalhes são os que envolvem certo tipo de sentimentos, emoções pessoais. Assim, esse drama afetivo que permeia a história tem como objetivo ser marcante, pois ao final de algum conflito dramático, seja ele pessoal ou entre o cientista e algum adversário, a verdade e a Ciência triunfam. Mais um item nessas representações dos cientistas é que descobertas científicas que ocorreram gradualmente e contaram com a colaboração do trabalho árduo de várias pessoas são creditadas pura e simplesmente a uma única pessoa. Coisas importantes nas descobertas, como detalhes de local, tempo, cultura, erros e retrocessos no processo, encontros e colaborações, influências, etc, acabam se tornando aspectos secundários e, muitas vezes omitidos e esquecidos. Então, normalmente as narrativas históricas são muito idealizadas e frisam o status grandioso dos cientistas. Além disso, sempre fomos levados a pensar que quem criou uma teoria ou conceito não tinha relação com mais nenhum cientista, como cita o Caderno III – etapa II do Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio (PNEM):

“Compreender que as Ciências da Natureza são constituídas por atividades sociais e culturais produzidas no diálogo com inúmeros outros conhecimentos é um primeiro princípio. É preciso superar a visão, ainda tão comum,

de cientistas solitários (em geral, homens brancos) que desenvolvem teorias complexas sobre o mundo natural a partir somente de seu talento nato. A superação dessa visão, e outros fatores ligados a uma concepção de ciência como atividade autônoma e neutra, constituem elementos que começaram a ser questionados há pouco mais de quatro décadas, no âmbito de um movimento que ficou conhecido como *movimento CTS*.”(Brasil, 2014).

Sendo estas histórias apresentadas de forma a destacar fortemente aspectos tidos como positivos, que normalmente são os que correspondem ao conhecimento epistemológico, científico atual, muitos detalhes históricos importantes tendem a ser deixados de lado. Por meio das descrições anteriores, a história é terminada com uma moral onde a Ciência, pela sua autoridade, leva inevitavelmente a verdade (como única e inquestionável), tendo seu caráter justificativo (de como a Ciência encontra essa verdade) sido perfeitamente construído. Segundo Mircea Eliade (1989), o mito guarda uma estrutura simbólica cuja função é revelar modelos exemplares, localizados em um tempo primordial, e não devem ser vistos como algo indesejável, já que estão profundamente enraizados na memória coletiva. Eliade afirma que o mito pode ser reinterpretado e seu significado só será decifrado conforme o contexto histórico, pois depende de como é reinterpretado em cada nova geração. Cabe aos educadores, que carregam a missão de tornar o aluno cada vez mais curioso, crítico e questionador, mostrar como e por que se formaram certos mitos e de que forma se tornaram presentes em nossa memória coletiva.

Entende-se que para ajudar a desconstituição do mito de Arquimedes, ou de qualquer mito científico, seria muito interessante a utilização de recurso audiovisual, filme e vídeo. Não como método único, mas como uma ferramenta a mais na construção da aprendizagem. Qualquer audiovisual voltado ao ensino de Ciências não deve ter a pretensão de concorrer com o cinema, pelo contrário, deve se apropriar do caráter de divulgação científica de alguns filmes no alcance, da visibilidade e se tornar um recurso integrador. Não necessitam da mesma qualidade de imagem exigida no cinema. Podem ser mostrados em um aparelho de TV e, algumas vezes, projetores multimídia ou data show. O audiovisual voltado ao ensino necessita de uma gravação em vídeo, tecnologia com preço bem mais acessível que o filme (em película). Lógico que, para uma produção curta, pode-se tentar uma aproximação de qualidade de áudio e imagem, buscando algo mais elaborado junto ao processo de edição.

Porém, uma produção que se propõe a revisar um componente histórico exige muito trabalho, desdobrado em pesquisa, roteiro, filmagens e edição. Esses processos dão, desde a

origem, aspectos de debates, discussões e um conjunto de construções que exigem significados, conceitos, dados históricos, programas de edição e uma série de fatores técnicos de filmagens. “O público, pelo alcance, visibilidade e acesso pode ser de todas as faixas de idade, propiciando divulgação, penetração, enlaces de escola e famílias, pois um filme possui elementos visuais que podem causar: motivação, interesse e curiosidade, elementos e componentes primordiais do processo de aprendizado [...]. Os vídeos documentários estão dirigidos não apenas a alunos, mas para toda a família e multidão que busca o lazer que acompanha, indissoluvelmente, o ato de aprender”. (FRANCO, 1997).

Esse tipo de recurso, filme, é mais uma ferramenta que visa auxiliar e enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Do mesmo modo que o livro, o *datashow*, o computador, o retroprojeto, as simulações computacionais, o quadro-negro ou museus, o filme pode ser considerado como material didático aplicado ao ensino-aprendizagem. Segundo Santos (2001), material didático é definido como “todo e qualquer recurso de apoio às interações pedagógicas no contexto de uma relação educativa, tenha sido ele desenvolvido com fins educativos ou não”.

É do senso comum que a disciplina de Física nem sempre é uma das preferidas dos estudantes, e cabe a nós professores utilizarmos recursos para que consigamos despertar e atrair o gosto de nossos alunos. Basta ter alguma familiaridade com o ambiente escolar ou conversar com alguns alunos e professores para sentir que a Física é considerada uma matéria difícil, a qual muitos alunos evitariam se pudessem. Ao que parece, eles aprendem muito cedo a não gostar de Física. (MOREIRA, 1983, p. 11).

Por isso, a proposta de fazer um filme, buscando uma discussão de qual método Arquimedes teria usado para resolver o problema da coroa do rei Hierão (Medidas de Volumes ou Medidas de Pesos), pode ser bastante significativo no sentido de propor discussões, contrapontos e visões não estanques. Fazer filmagens tem um caráter envolvente tanto para adolescentes e crianças quanto para os adultos. Os alunos, podem ser incentivados a produzir filme dentro de uma matéria (disciplina), ou dentro de um trabalho interdisciplinar.”(MORAN, 1995). Esse trabalho, de preferência deve contar, com um tema, pesquisa, elaboração de um roteiro, filmagem e edição. Ressalta-se a importância de um meio de avaliação condizente com a forma diversificada de construção de conhecimentos. Novak

(1998) destaca que os Mapas Conceituais podem ser vistos como recursos auxiliares para a aprendizagem (aluno) tanto quanto para o ensino (professor). O filme produzido nesse trabalho chama-se Heureka e pode ser visualizado no site depositório de vídeos *Youtube* no link <https://www.youtube.com/watch?v=xv1VB4NGY1Y>

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Propor a produção de vídeo como estratégia para refletir e analisar sobre o método como Arquimedes tratou do problema da coroa do rei Hierão (Medida de volumes x Medida de pesos).

3.2 Objetivos específicos

- Analisar se Arquimedes realmente tratou do problema da coroa do rei Hierão de tal modo como se apresenta nos livros didáticos.
- Utilizar o recurso didático, produção de filme, para problematizar a análise do que é relatado nos livros didáticos e promover debates com atenção à história da ciência.
- Apontar um contexto histórico e social na apresentação dos conteúdos de hidrostática.
- Contribuir para que o aluno possa ser um ator importante na difusão do conhecimento, a partir de sua atuação nas filmagens, roteiro, edição, improvisos e atos criativos, contexto esse que poderá lhe dar uma nova dimensão dialógica do processo ensino-aprendizagem.
- Apresentar como produto da dissertação um roteiro para docentes utilizarem o filme produzido para o estudo do Princípio de Arquimedes

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Ensino de Ciências

Epistemologia significa o estudo sobre a Ciência ou o estudo sobre a verdade, trazendo a ideia de que ciência e verdade são sinônimas. Porém, “a epistemologia nasce quando morre a certeza” (RAMOS, 2000 p. 13-35). A Ciência deve ser apresentada, como algo transitável e passível de erros, e não como um modelo definido, irrevogável e pronto, como é tradicionalmente apresentada na maioria dos livros e vídeos didáticos. A Ciência não é imparcial e tampouco isolada, conforme citado por Japiassu (1991), e em Santos e Mortimer (2000): “[...] Uma consequência do cientificismo é o mito da neutralidade científica”. Embora subdivida em várias áreas de concentração, as consequências de um estudo sobre determinado sistema, isolado ou não, se refletem em caráter interdisciplinar.

O estudo agregado poderá ser capaz de promover o entendimento do desenvolvimento científico e tecnológico, estimulando a compreensão e o respeito pela Natureza que nos envolve, bem como as relações com a Arte, a Filosofia, a Literatura e a História. O aluno crítico e pensante, que aprende a aprender, está preparado para os exames oficiais e os vestibulares, pois as novas concepções de Educação, que não deixaram de lado os conteúdos, passaram a contextualizá-los de forma interdisciplinar, possibilitando o desenvolvimento do pensamento em resposta aos desafios vitais. São estes os alunos que o novo tempo pede urgentemente, porque se torna cada vez mais importante a compreensão da interdependência entre todos os seres humanos.

O processo interdisciplinar contextualizado pode abrir as portas para que os alunos reconheçam o sentido histórico da ciência e da tecnologia, e percebam as influências em suas vidas. A concepção das Diretrizes para a Formação de Professores da Educação Básica de Graduação Plena (Parecer CNE/CP 9/2001) pressupõe a identidade própria dos cursos de

licenciatura e uma abordagem integrada dos diversos saberes didáticos, pedagógicos e de conhecimentos específicos de determinada área do saber que são necessários ao exercício profissional do professor.

4.2 Aprendizagem Significativa

Com base no trabalho em conjunto, pode-se pensar no papel do professor como mediador para propor, desafiar e desequilibrar, a fim de que os conceitos prontos, estabelecidos e estanques, sejam vistos com possibilidade de olhares diferentes. Desta forma o aluno pode vislumbrar a construção dos conceitos, conteúdos e contextos. O princípio norteador da teoria de Ausubel baseia-se na ideia de que, para que ocorra a aprendizagem, é necessário partir daquilo que o aluno já sabe. “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1980). Ausubel preconiza que os professores/educadores devem criar situações didáticas com a finalidade de descobrir esses conhecimentos, designados por ele como conhecimentos prévios. Os conhecimentos prévios seriam os suportes em que o novo conhecimento se apoiaria. Esse processo, Ausubel intitulou de *ancoragem*. “A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p.14). Nela, o aluno tem que confrontar seus conhecimentos com conhecimentos adquiridos em etapas anteriores; a formulação de estratégias que buscam solucionar o problema proposto, bem como a coleta de informações que convirjam ao confronto com conhecimentos e situações vivenciadas em situações pessoais, no sentido de construir pontes que possam trazer condições que auxiliem a busca pela solução da atividade proposta.

De acordo com AUSUBEL (1968, p.19), “a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos que se adquirem relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui”. A aplicação da teoria da aprendizagem significativa, no meio educacional, parte de duas hipóteses essenciais para ter êxito. Tais hipóteses são sustentadas pelos princípios propostos por David Ausubel, conhecidos como, Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa (AUSUBEL, 1968). A Diferenciação Progressiva

pode ser entendida como o princípio pelo qual o conteúdo deve ser desenvolvido a partir de suas ideias mais gerais e inclusivas, para posterior exploração progressiva diferenciando suas partes ou especificidades necessárias.

A Reconciliação Integrativa é o princípio que estabelece a exploração nítida ou explícita das relações entre proposições e conceitos, apontando suas semelhanças e discrepâncias importantes, além da busca da reconciliação de inconsistências reais ou aparentes.

O princípio inicial, da Diferenciação Progressiva, consiste em uma espécie sequência natural da consciência, quando um sujeito é espontaneamente exposto a uma linha completamente nova de conhecimento, enquanto que o segundo princípio é o lado oposto do primeiro, ou seja, indica o percurso inverso sobre o conteúdo, partindo do detalhe e da especificidade para as ideias mais gerais e inclusivas, devendo este princípio, o da reconciliação, ser utilizado na programação e organização do material instrucional a ser elaborado. Um tema trabalhado no ensino médio é o Calor, normalmente, o aluno chega neste estágio de etapa escolar tendo conceitos a respeito de Calor tais como quente ou frio, relacionado com a temperatura e energia acumulada ou fluindo, etc. Com o passar do tempo e das aulas, pode se especificar o Calor em latente e sensível, específico, como uma energia fluindo, sendo necessários dois corpos envolvidos. Após esses processos de Diferenciação pode-se esperar que se consiga de modo espontâneo ou instigado pelo professor, conciliar o ganho de energia na forma de calor e estabilidade de temperatura, explicar um sistema ganhando calor e se resfriando. Estas reflexões obedecem uma ideia de especificidades levando a um raciocínio para se chegar a conceitos mais gerais, necessitando uma Reconciliação com os conceitos inicialmente apresentados.

Então, para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que a nova informação se relacione com um aspecto relevante já existente na estrutura de conhecimento do aprendiz, sendo esta estrutura específica, definida por Ausubel como conceito Subsunçor (AUSUBEL, 1963). Segundo Ausubel (1982), o conhecimento se constrói também com e a partir do interesse do aluno em assimilar o conteúdo proposto, podendo estabelecer relações fecundas e significativas. Assim, acompanhar o trabalho autônomo implica a redefinição do papel e das tarefas do professor, o abandono de uma postura transmissiva dos saberes para a criação de condições que favoreçam a aprendizagem do aluno, por si próprio. Para o aluno ser

capaz de realizar tarefas de forma autônoma, é necessário adotar certas atitudes, tais como: evitar recorrer ao professor sempre que tiver dúvidas e saber procurar diferentes ajudas. Compete ao professor criar as condições para que o aluno, progressivamente, crie autonomia na sala de aula, por meio de exemplo, da elaboração de guias de trabalho, da consulta de materiais de apoio, da criação de momentos de trabalho autônomos, da planificação, das tarefas, da construção de instrumentos reguladores das aprendizagens, como listas de verificação, fichas de autocorreção, etc. A proposta de produção de filme na linha da construção de conhecimentos, parece algo que se apresenta como boa possibilidade de se produzir significados marcantes nos processos científicos e humanos, de relação com a Ciência e sua essência de busca e investigação.

Também pode se notar contribuições valiosas para o processo de aprendizagem, quando o professor apresenta situações adequadas que despertam, assim, a motivação do aluno, sua curiosidade e interesse pelo objeto de estudo. O desafio talvez seja aquilo que mais coloca à prova as nossas capacidades e nos faz avançar. Uma situação em que o desafio e o incentivo, entrelaçados, atuam, podendo permitir a transformação pessoal. Cada desafio, como docentes, é uma oportunidade para estimular alunos capacitados, habilitados e críticos. Assim, a proposta de vídeo ou filme produzido ou discutido em sala de aula pode provocar reações de motivação para o estudo de conceitos e histórias, além do caráter “sedutor” que a utilização desse recurso possui. O cinema e os programas de TV são, geralmente, mais atrativos para o público e, para conseguir ter um resultado mais eficaz, o filme voltado ao ensino também pode seguir alguns mecanismos de sedução do público utilizados por essas mídias de comunicação. E assim, captar os mais diversos públicos de alunos, propondo situações de aprendizagens que visam uma postura ativa, crítica, não esperando soluções mágicas para o processo de ensino, do discente.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) a interação entre novas informações e conhecimentos prévios pressupõe que os conceitos *subsunçores* constituam-se enquanto tais e potencializem a aprendizagem, apresentando como características a capacidade de abrangência, disponibilidade, estabilidade e clareza, atuando no ambiente escolar, sobretudo, por meio da aprendizagem de conceitos e de proposições. Sendo assim, a mediação do professor é parte importante no processo de ensino, se valendo de estratégias para abarcar as

concepções prévias dos alunos, organizando os conteúdos e conhecimentos, propondo e tentando estabelecer relações, provocando discussões e interagindo conceitualmente, socialmente e despertando aspectos críticos. Nesse sentido, a modificação da estrutura cognitiva não é apenas uma atividade interna do sujeito, mas resulta também da sua interação com o outro, o coletivo, o social (Gowin; Novak, 1981). Então, é determinante a mediação do professor no processo de aprendizagem (Ausubel, 2003).

O processo de aprendizagem significativa desencadeia um processo de assimilação mais amplo e inclusivo, que é detalhado na teoria da assimilação. Esta teoria explica como as novas ideias, potencialmente significativas, estabelecidas e presentes no material instrutivo se relacionam e interagem de forma seletiva com as ideias relevantes e mais gerais, estáveis e inclusivas do formato cognitivo. Ao encontro do pensamento de Ausubel (2003, p.8) entende-se que o produto desta interação é para o aprendiz “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”.

Então, conforme Ausubel (2003, p.8) pode-se dizer que o processo de assimilação ocorre em três fases distintas: ancoragem seletiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva; interação entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interação; e a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção). Nessas fases a nova informação é modificada ao interagir com o subsunçor (conhecimento prévio) relevante da estrutura cognitiva e também o próprio subsunçor também sofre alteração, seja com as novas ideias de instrução com as quais se relacionam, seja depois com os novos significados que surgem aos quais estão intrinsecamente ligadas no armazenamento de memória. Como sugere Moreira (2009), a nova informação original poderá nunca ser lembrada exatamente do modo como era. O processo de assimilação destacado, não finda na aquisição de significados pelo aprendiz, prossegue por fases, que se chamam retenção e esquecimento, ambos abordados como resultados e sequelas normais deste processo. No campo da retenção, “armazenam-se,

ou seja, ligam-se significados acabados de surgir em relação às ideias ancoradas que lhes correspondem” (AUSUBEL, 2003, p. 8).

Entretanto, é importante dizer que estes significados denotam entidades identificáveis separadamente e por si só, são dissociáveis apenas e reproduzíveis em relação às ideias ancoradas por um período de tempo, bastante limitado (a não ser que se apreendam bem através da repetição ou do ensaio). Assim, uma aprendizagem em que não exista relação de significados pessoais nem relação com o conhecimento prévio, daquilo que o aluno “carrega” como bagagem conceitual (subsunçor), não é considerada como sendo significativa e sim mecânica, entendida como aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem se ligarem a conceitos subsunçores específicos. Como afirma Moreira (2009, p.9) a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação.

As novas entidades, sendo dissociáveis, podem ser vistas como entidades individuais. Quando a dissociabilidade chega a um determinado ponto, crítico, ocorre um esquecimento gradual em relação às ideias relevantes (âncoras). Esta é a chamada fase obliteradora da assimilação. Tanto na fase de assimilação inicial quanto na fase de retenção-esquecimento, as ideias estáveis e estabelecidas na estrutura cognitiva interagem de forma seletiva (em virtude da relevância das mesmas) com novas ideias (assimiladas) do material de instrução, de modo a produzirem os novos significados que constituem o objetivo do processo de aprendizagem. Após a fase de obliteração (esquecimento), o que fica realmente na estrutura cognitiva do aprendiz são os subsunçores modificados, marcantes, estáveis e diferenciados. No viés conceitual de Ausubel (2003, p. 9) há um esclarecimento quando se entende que os “novos significados sofrem, depois, uma estabilização através da ligação (armazenamento), relativamente a estas mesmas ideias ancoradas estáveis. Sendo assim, Moreira (2009, p.9) “o esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo que facilita a aprendizagem e retenção de novas informações”. Conclui-se que a aprendizagem significativa não é aquela em que o aluno nunca esquece, mas é a que proporciona um maior tempo de retenção daquilo que foi aprendido.

4.3 O contexto do ensino de Física e como a produção de vídeo/filme pode contribuir para a ocorrência da aprendizagem significativa

Poder realizar aulas diferentes, com práticas diversificadas e experimentações, são maneiras de mostrar aos alunos que os conteúdos podem se tornar muito mais atrativos e interessantes se forem trabalhados em conjunto: teoria, contexto, história e relações matemáticas. Em boa parte das vezes, o conteúdo de Física em livros de ensino médio não vem envolvido em um contexto histórico, e o que é pior, às vezes vem em um contexto na forma de mito. Mathews (1995) defende que a investigação histórica do desenvolvimento da Ciência é extremamente necessária, a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, apenas um amontoado de informações históricas. Dessa forma, a investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe no presente, mas também nos apresenta novas possibilidades.

Há muitos elementos, ainda hoje, que mostram uma aprendizagem mecânica, métodos tradicionais, onde o aluno é mais objeto e não protagonista. Freire (1970) apresenta seu conceito de “educação bancária”, dizendo que o educando funciona como um “fundo bancário”, em que o educador vai fazendo “depósitos” de informação. O educando memoriza os dados mecanicamente e os repete. O educador é o sujeito do processo e os educandos são meros objetos. Paulo Freire continua sua crítica, afirmando que os opressores pretendem, na verdade, transformar a mentalidade dos oprimidos e não a situação que os oprime, e isso, para que, adaptando-os a esta situação, os domine melhor. Por isso, a educação libertadora do homem visa a construção do diálogo, por meio do qual os oprimidos possam confrontar os opressores.

Com as discussões de pesquisa, roteiro, filmagem e edição, processos que a produção de filme proporciona, aponta-se para um horizonte do aluno como sujeito de sua aprendizagem, debatendo, indicando uma busca incansável pela verdade. Nesse sentido, parece muito relevante que passemos a procurar espaços de produção, de testagem, de confrontos de ideias, de críticas e reflexões, produzindo assim, quem sabe, um ambiente mais propício para a aprendizagem. É importante que se considere a estruturação, o desenvolvimento e a articulação da Ciência durante o desenvolvimento de vídeos educativos para o Ensino de Física, a fim de proporcionar maior participação do aluno. Resumindo, deve-se trabalhar, além da metodologia, a epistemologia da Ciência.

Nessa linha é que o uso de atividades diversificadas em sala de aula, mostrando como ocorre o fenômeno físico, torna mais fácil o entendimento por parte do aluno. Muitas vezes os alunos, principalmente do ensino médio, têm dificuldades de entendimento da parte teórica porque não conseguem absorver o fenômeno físico envolvido naquele processo. Normalmente o professor não possui condições adequadas para incentivar essa prática, devido a escola não possuir dos meios necessários, tais como: laboratórios didáticos, salas adequadas, bibliografia adequada, além desse professor ter de enfrentar carga horária de trabalho elevada e grande número de turmas. Além de tudo isso, às vezes, parece haver uma certa confusão: trata-se investigação como experimentação (atividade práticas). Experimentação, parece ser bem mais amplo, como diz, novamente o Caderno III – etapa II do Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio (PNEM):

“É comum associarmos investigação com experimentação nas salas de aula de Ciências da Natureza. No entanto, a experimentação no ensino de Ciências da Natureza, de maneira geral, é aplicada para se demonstrar algum conceito e, muitas vezes, tem somente como objetivo motivar mais o aluno para o tema. Ao contrário dessa concepção, tentamos mostrar nesta unidade que a investigação no ensino das Ciências da Natureza constitui-se por princípios orientadores da prática pedagógica. Esses princípios não necessariamente se concretizam por meio de atividades experimentais. Podem ser realizados também com a mediação de textos didáticos, textos de divulgação científica, exercícios, vídeos, atividades com características diversas. Cabe salientar que uma atividade experimental em que é solicitado ao aluno seguir um protocolo e as questões apenas confirmam o conceito estudado nas aulas teóricas precedentes, não contribui nem para o aprendizado nem para a construção de uma visão de Ciências da Natureza como discutido aqui.”(BRASIL, 2014).

O grande medo ou a falta de interesse dos alunos pela disciplina de Física principalmente no ensino médio acredita-se que se deve a métodos utilizados para ensino. Aulas repetitivas, excesso de cálculos, fórmulas, um método em que o professor apenas passa exercícios para os alunos resolverem, sem promover um maior envolvimento dos mesmos na sua aula. A aprendizagem não se processa apenas por apropriação de um discurso de outrem. Carece, igualmente, de um componente de construção/apropriação individual e de um componente de construção social. Por esta razão no Ensino de Física tem que se levar em conta o ritmo de aprendizagem dos alunos (LOPES, 2004, p. 145). Aulas basicamente expositivas ou que não consigam fazer uma ligação com o cotidiano, acabam por não despertar o interesse do aluno.

É fundamental tentar desfazer a ideia que alguns têm; de que só aprende física quem tem uma mente favorecida, quem tem maior facilidade com os números. Isso é um engano. Qualquer aluno pode aprender Física. A realização de atividades diversificadas no ensino de Física pode ser fundamental para que o aluno aprenda de forma significativa.

Nesse contexto, os vídeos/filmes não podem ser planejados como amontoados de informações, precisam levar em conta as concepções prévias dos alunos e a partir disso, buscar o aprofundamento dos conteúdos, as reflexões, uma análise densa com mais elementos. Exige-se uma prática educativa em que a base do processo de ensino-aprendizagem seja a participação ativa dos alunos (Kaplún, 1997). Estes então precisam ser envolvidos nos processos de construção dos saberes. Uma questão que se apresenta é como envolver os alunos nos vídeos/filmes? Ferrés (1996) acredita que a tecnologia do vídeo quando colocada nas mãos dos alunos, possibilita a experiência da pesquisa, do avaliar-se, do conhecer e conhecer-se, logo, permite a experiência de colaboração entre pares na elaboração de um produto coletivo.

Assim, o uso do vídeo/filme, como fator de incentivo às reflexões sobre práticas sociais, sobre cientistas, sobre formas coletivas para as construções, pode contribuir com o processo crítico, de leitura crítica e de contextualização histórica. Para lidar com mitos que se perpetuam por anos e anos é necessário um tratamento tão aclamado, tão inusitado e surpreendente quanto o próprio mito, que às vezes é apresentado com teor invólucro e divertido. Imaginamos que pela linguagem, pelo apelo visual, pelo choque com o que se tem

tradicionalmente apresentado, pode sim o vídeo/filme causar um impacto, produzindo “sede” pelo conhecimento, motivação e propulsão para tornar mais densa a aprendizagem. Para Salgado (2005), os vídeos permitem que concepções éticas e morais possam ser trabalhadas dentro de uma linguagem prática e com um formato que causa maior impacto no processo de ensino-aprendizagem por se tratar de um material que alia imagem, ação e cor de forma harmônica e cadenciada, proporcionando um melhor entendimento da mensagem a ser internalizada. (SALGADO, PEREIRA & SOUZA, 2005).

Porém, essas estratégias de vídeos, cinema e filmes, muitas vezes são mal compreendidas pelos alunos, lembrando lazer ou descanso, o que desvia completamente o foco de uma alternativa de aprendizagem, capaz de tornar o ambiente de ensino mais rico. É necessário que o professor tenha planejamento pedagógico definido e faça uso dos aspectos positivos desse recurso. A leitura audiovisual mais qualificada expande a capacidade de compreender, distinguindo e ao mesmo tempo integrando conteúdos e formas. Apura a percepção visual e auditiva, permitindo identificar e apreciar a composição imagem/som/texto, que é a própria essência dessa linguagem e fonte de sua atração. (FISCHER, 2003, p 117).

O que se deseja é a produção de vídeo como recurso, como meio alternativo na possível construção de conhecimentos. Krasilchik (1987) defende que o ensino médio brasileiro, por não ser de natureza profissional, não tem a função de formar especialistas. Justamente busca-se um meio para termos ainda mais caminhos didáticos ou apontamentos de possíveis caminhos. Pode ser usada uma ferramenta de vídeo como ilustração sim, buscando contexto, dando contrapontos, desafios e não somente apresentando conceitos de forma direta e sem conexões e origens. A abordagem de mitos científicos por meio de tais recursos poderia causar uma desconfortabilidade positiva nos alunos.

Defende-se o uso dessa forma alternativa, o filme, por acreditar nos diversos potenciais antes relatados e por aspectos da linguagem, da contextualização, do som, da trilha sonora, da imagem e da fala não necessariamente na norma culta, que aproxima o vídeo do cotidiano, mostrando como as pessoas se comunicam habitualmente. (MORAN, 1995, p. 27). A música e efeitos sonoros servem como evocação, lembrança (de situações passadas), ou como ilustração associada a personagens do presente, bem como da criação de expectativas,

antecipando reações e informações. (MORAN, 1995, p 27). De acordo com Moran (1995), o vídeo é uma forte ferramenta porque pode ser ao mesmo tempo sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita, permitindo o rompimento do espaço e do tempo, combinando a comunicação sensorial-sinestésica com a audiovisual, a intuição com a lógica, a emoção com a razão. Com isso, se vislumbra a possibilidade de um bom debate sobre mitos. Pode-se desenvolver uma forte linha de argumentação e um bom apontamento para uma tentativa de análise de outras versões para aquelas comumente apresentadas nos livros didáticos sobre histórias de descobertas e experiências de cientistas.

Cruz & Carvalho (2007) fizeram um estudo a fim de conhecer o impacto da produção de vídeo no processo de ensino e aprendizagem, com alunos do 9.º ano de escolaridade. Os mesmos deveriam trabalhar em pares sobre um subtema do tema “As mutações na estrutura social e nos costumes no início do século XX”. O resultado desse trabalho deveria ser apresentado com o uso do recurso da edição no *software Movie Maker* para publicarem os seus trabalhos, posteriormente no site repositório de vídeos *YouTube*. As autoras apontam que os vídeos produzidos pelos alunos revelaram criatividade e dinamismo, apresentando os fatos históricos aos seus temas, o que contribuiu para o desenvolvimento de competências. Os alunos tiveram a possibilidade de pesquisar online, cruzar informações, selecionar imagens e músicas para a construção do vídeo que resultou numa produção de pares única. Boa parte dos alunos afirmou ter ganhado mais interesse na disciplina e mostraram muita vontade em publicar trabalhos seus online. Ainda, segundo Cruz & Carvalho (2007), “Os progressos tecnológicos e o contributo das ciências da educação colocam ao alcance dos professores e dos alunos ferramentas inovadoras para o processo de ensino e aprendizagem que, corretamente aplicadas, podem colaborar para a criação de um papel ativo e eficaz na construção da sua aprendizagem”. Alguns pontos a mais para se destacar são: o fato do poder de penetração dessa mídia, o contato com a tecnologia utilizada em larga escala fora da escola e o reconhecimento dos personagens nos colegas de escola e na possibilidade da discussão com os próprios atores do filme sobre os aspectos e processos históricos, de produção e científicos. Estas interações podem atrair o enlace e o comprometimento dos alunos com processos de ensino e aprendizagem, do mesmo modo que vem acontecendo em

países como Estados Unidos, Inglaterra e Portugal (WINNIE, 2010; Interactive Video Team, 2010; CRUZ e CARVALHO, 2007).

4.4 Mitos na Ciência

Existem muitos mitos que rodeiam os maiores cientistas e várias situações disseminadas em livros didáticos. É comum aparecerem de modo absoluto, sem versão diferente e sem questionamentos ou apontamentos de outras possibilidades. Ainda, alguns constam apresentados de uma forma curiosa, fantástica e com intuito, quem sabe, de motivar um interesse pela Ciência, mas acabam por provocar uma ideia de inacessibilidade para a maioria das pessoas, pois derivam de uma genialidade ímpar, ou ainda, em caminho oposto dando ideia de um desprestígio ao serviço científico, relatando grandes descobertas como resultado de uma obra casual. O ensino tradicional da Física tem padecido, dentre outros problemas, de uma exagerada tendência indutivista, ingênua, que, ignorando a complexidade da produção do conhecimento científico, costuma vincular a geração de ideias e teorias às observações empíricas, de uma forma direta e praticamente sem qualquer intermediação teórica (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000; MEDEIROS; MEDEIROS, 2001). Esse indutivismo ingênuo e simplificador reengendra a história da ciência, na tentativa inglória de justificar as práticas pedagógicas nele fundamentadas, causando assim equívocos e distorções

que precisam ser devidamente reparados (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002; MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006).

A atitude indutivista ingênua no ensino da Física simplifica a sua história ao ignorar a importância dos pressupostos teóricos e da existência de contextos de validade nas afirmações científicas, produzindo frequentemente uma série de mitos e enigmas que necessitam ser esclarecidos (MEDEIROS; LIMA JR, 2000; MOURA; CANALLE, 2001 MEDEIROS; MEDEIROS, 2002; SILVEIRA; AXT, 2006; SILVEIRA; MEDEIROS, 2006).

4.5 A Lei de Arquimedes

A formulação usual da Lei de Arquimedes, de acordo com livros didáticos, é a seguinte: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado. Mesmo que o foco desse trabalho seja apresentar uma possível forma de solução para o problema da coroa, idealizada por Galileu, que não aquela sugerida nos livros didáticos, há muitas implicações da interpretação histórica e física em decorrência da forma como tais livros colocam. Evidencia-se uma passagem na formulação usual da Lei de Arquimedes pois um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de todo o fluido disponível é menor do que o peso do corpo. Para que a apresentação da Lei de Arquimedes evite esse descuido, poderia ser formulada do seguinte modo: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido.

O caso especificamente colocado, o enunciado usual da Lei de Arquimedes em livros didáticos, surge efetivamente do fato de se subestimar as implicações das dimensões do recipiente que contém o fluido e o corpo imerso. Parece que Arquimedes, exímio matemático,

preocupado com a relação conceitual, atento para implicações de muitos fatores e precisando resolver um problema (o problema da coroa do rei) não cometeria tais descuidos. Como aponta Silveira (2011) o mistério do Paradoxo Hidrostático de Galileu provém do fato de que comumente não nos percebemos que a Lei de Arquimedes, da forma como costuma ser apresentada “experimentalmente” nos livros-texto, nos induz fatalmente a ideia de medidas de volumes. A principal peça de convencimento educacional comumente oferecida pelos livros didáticos de Física para que o aprendiz aceite a validade de tal afirmativa de Arquimedes é um “experimento” no qual um corpo é inicialmente colocado a flutuar em um vaso já repleto de água. No referido “experimento” – usualmente ilustrado em livros – toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada. O resultado mostra que o peso desta água deslocada é igual ao peso do corpo colocado a flutuar. O tal experimento parece convincente, a julgar pelo uso secular que os autores de livros didáticos de Física têm feito do mesmo, desde que Gravesande (1688-1742) e Musschenbroek (1692-1761) o utilizaram de forma pioneira em seus livros ainda no início do século XVIII. A partir de então, tal experimento tem sido assumido como uma peça de evidência válida, convincente e insofismável da referida Lei de Arquimedes, sem que se leve em conta que a justeza desse argumento já houvesse sido criticada no século XVII por Galileu, dando origem ao seu célebre Paradoxo Hidrostático.

É importante notar que no texto de Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) sobre os corpos flutuantes (ASSIS, 1996), não são apresentados quaisquer fatos ou evidências experimentais. Galileu (1564-1642) idealizou e realizou um experimento paradoxal para o enunciado tradicional da Lei de Arquimedes: todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado. Imaginemos que, em um recipiente, exista um volume de fluido com peso menor do que o peso do corpo flutuante. Nota-se então, que a apresentação usual da solução do problema da coroa do rei, carrega desdobramentos errôneos, inclusive na formulação de conceitos. Por exemplo, imagine-se uma lata de refrigerante (cheia de refrigerante) com volume aproximado de 350 ml e um recipiente contendo 230 ml de água. Quando a lata flutua em água, encontra-se quase que completamente imersa; assim sendo, segundo o enunciado usual da Lei de Arquimedes, deveria deslocar quase 350 ml de água. Apesar de não existir no recipiente esse volume, a lata

flutua. Assim, fica estabelecido um paradoxo em relação ao enunciado usual da Lei de Arquimedes, pois um corpo pode flutuar mesmo quando o volume de fluido é menor do que aquele que o corpo precisaria deslocar. Ou ainda, o Paradoxo Hidrostático de Galileu consiste na afirmação de que um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de fluido disponível é menor do que o peso do corpo.

Voltando ao tema, a desconstrução do mito da solução do problema da coroa do rei Hierão por Arquimedes, que na apresentação dos livros foi pela medição de volume, na interpretação de Galileu (primeiro a criticar tal método) foi com uma balança hidrostática, medindo pesos ao invés de volumes. Determinou então, os pesos específicos do ouro e da prata, e provou que o ourives estava roubando o rei. Por seu crime, o ourives foi morto. Alguns autores, porém, dizem que Arquimedes interferiu na decisão do rei. Adonias Filho em "A vida de Arquimedes: o maior dos sábios da Antiguidade", escreve que Arquimedes "como recompensa, queria que o perdão fosse concedido. E isso porque, afinal, se não fosse o joalheiro, a Física não teria tão cedo uma das suas leis mais importantes".

A obra, publicada em 1891, "Sur l'histoire de la balance hydrostatique et de quelques autres appareils et procédés", de M. Berthelot, também se dedica a esse tema:

[...]Berthelot descreve, em primeiro lugar, o problema que Arquimedes estava tentando solucionar por ocasião da suposta, heureka, e informa que foi Vitruvius, no de architectura, livro 9, cap. 3, o autor mais antigo conhecido que descreveu a suposta solução de colocar a coroa em um recipiente cheio de água e medir a água derramada. Mas logo depois Berthelot comenta que esse procedimento não teria grande precisão, pois seria necessário utilizar um recipiente com boca muito larga (para poder colocar a coroa), e a medida da água derramada teria baixíssima precisão [é preciso levar em conta a tensão superficial...]. Depois, Berthelot assinala que Galileu já havia criticado a versão de Vitruvius, sugerindo que Arquimedes provavelmente havia utilizado uma balança hidrostática, ao invés do método da água derramada. Berthelot analisa então uma série de textos medievais, mostrando que de fato o método da balança hidrostática era descrito em tratados técnicos para resolver problemas semelhantes ao da coroa. Berthelot discute em seguida se esse método poderia ter vindo de Arquimedes, ou se seria uma invenção árabe transmitida à Europa durante o período medieval, e localiza um poema latino do século IV ou V d.C. onde está descrito o uso da balança hidrostática para resolver o problema da coroa, e onde esse método é explicitamente atribuído a Arquimedes. Comprova, assim, a existência de uma tradição bastante antiga que interpreta de outra forma a solução de Arquimedes (1891).

O problema da coroa também foi analisado no artigo "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos", de Roberto de Andrade Martins, publicado no periódico "Caderno Catarinense de Ensino de Física", volume 17, nº 2, de agosto de 2000:

[...] há elementos um pouco estranhos na história. Porque motivo alguém encheria uma banheira até a borda? Para molhar todo o chão onde a pessoa ia tomar banho? Se o banho havia sido preparado por um escravo (uma hipótese plausível), ele próprio teria que secar todo o chão, depois. Não é muito razoável pensar que ele enchesse a banheira até a borda. Vitruvius não viveu na época de Arquimedes e sim dois séculos depois, portanto suas palavras não constituem uma informação de primeira mão. Em que tipo de fonte ele baseou-se? Não o sabemos. (...) basta um pouco de bom senso para perceber que esse método de medida de volume não pode funcionar. Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro da ordem de 20 cm. Então, seria preciso utilizar um recipiente com raio superior a 10 cm, cheio de água, e medir a mudança de nível ou a quantidade de líquido derramado quando a coroa fosse colocada lá dentro. Suponhamos que a massa da coroa fosse da ordem de 1 kg e que a sua densidade (por causa da falsificação) fosse de 15 g/cm^3 (um valor intermediário entre a densidade do ouro e a da prata). Seu volume seria então de 67 cm^3 . Colocando essa coroa no recipiente cheio de água, cuja abertura teria uma área superior a 300 cm^2 , o nível do líquido subiria uns 2 milímetros. É pouco plausível que fosse possível medir essa variação de nível ou medir a quantidade de líquido derramado com uma precisão suficiente para chegar a qualquer conclusão, por causa da tensão superficial da água. Se o recipiente estivesse totalmente cheio, ao mergulhar a coroa dentro dele, poderia cair uma quantidade de líquido muito maior ou muito menor do que o volume da coroa (ou mesmo não cair nada). Portanto, é fisicamente pouco plausível que Arquimedes pudesse utilizar esse tipo de método (2000).

4.6 Avaliação no processo

Avaliar é imprescindível e complexo em um processo educacional. Entretanto não deve ser algo que ameace. Luckesi (2000) diz: “Chega de confundir avaliação da aprendizagem com exames. A avaliação da aprendizagem, por ser avaliação, é amorosa, inclusiva, dinâmica e construtiva, diversa dos exames, que não são amorosos, são excludentes, não são construtivos, mas classificatórios. A avaliação inclui, traz para dentro; os exames selecionam, excluem, marginalizam. A disposição de acolher está no sujeito do avaliador, e não no objeto da avaliação. O avaliador é o adulto da relação de avaliação, por isso ele deve possuir a disposição de acolher. Ele é o detentor dessa disposição. E, sem ela, não há avaliação. Não é possível avaliar um objeto, uma pessoa ou uma ação, caso ela seja recusada ou excluída, desde o início, ou mesmo julgada previamente. Que mais se pode fazer

com um objeto, ação ou pessoa que foram recusados, desde o primeiro momento? Nada, com certeza”.

Resumindo, o ato de avaliar implica em certa disposição acolhedora, qualificando algo, ação, pessoa, objeto, conteúdos, tendo em vista, de algum modo, uma tomada de decisão.

Com base no acolhimento do nosso educando, podem ser praticados todos os atos educativos e também, a avaliação. E, para a prática da avaliação, o primeiro passo é o de diagnosticar, o que implica, na coleta de dados, que possam mostrar o estado de aprendizagem do educando ou dos educandos, ou aquilo que trazem de bagagem e de configuração conceitual. Hoffmann (1996) diz que uma avaliação enquanto mediação leva em conta: acompanhamento reflexivo e o diálogo. Parece haver uma distorção do que significa diálogo e acompanhamento. Para Hoffmam não precisa existir nem conversa, precisa existir relatos diários e sistemáticos, e não apenas no final do período, e reflexões em conjunto. O acompanhamento do processo de construção de conhecimento implica favorecer o desenvolvimento do aluno, orientá-lo nas tarefas, oferecer-lhe novas leituras ou explicações, sugerir-lhe investigações, proporcionar-lhe vivências enriquecedoras e favorecedoras à sua ampliação do saber. Não significa acompanhar todas as suas ações e tarefas para dizer que está ou não apto em determinada matéria. Significa, sim, responsabilizar-se pelo seu aprimoramento, pelo seu "ir além". De forma alguma é uma relação puramente afetiva ou emotiva; significa uma reflexão teórica sobre as possibilidades de abertura do aluno a novas condutas, de elaboração de esquemas de argumentação, e contra argumentação, para o enfrentamento de novas tarefas.

A investigação qualitativa foca um modelo fenomenológico no qual a realidade é enraizada nas percepções dos sujeitos; o objetivo é compreender e encontrar significados através de narrativas verbais e de observações em vez de através de números. A investigação qualitativa normalmente ocorre em situações naturais em contraste com a investigação quantitativa que exige controle e manipulação de comportamentos e lugares. Atualmente há um consenso muito alargado acerca do que é a investigação qualitativa. Segundo vários autores (ex. Bogdan & Biklen, 1994), as características da investigação qualitativa são múltiplas: emerge do processo de investigação em vez de ser pré-estabelecida, em

consequência, as questões de investigação podem mudar e ser redefinidas durante o processo. É profundamente interpretativa e descritiva; o investigador faz uma interpretação dos dados, descreve os participantes e os locais, analisa os dados para configurar temas ou categorias e retira conclusões, é indutiva; o investigador analisa os dados indutivamente; não há a preocupação em arranjar dados ou evidência para provar ou rejeitar hipóteses; é significativa; é uma preocupação essencial na abordagem qualitativa. O investigador está preocupado em saber como diferentes pessoas fazem sentido ou dão significado às suas vidas e quais são as perspectivas pessoais dos participantes. O investigador qualitativo reflete sobre o seu papel na investigação; reconhece possíveis vieses, valores e interesses pessoais. O “eu” pessoal é inseparável do “eu” investigador. Assume-se, portanto, que toda a investigação está eivada de valores. O investigador qualitativo preocupa-se mais com o processo do que simplesmente com os resultados.

Diante disso, a avaliação é uma tentativa de julgamento, onde se tenta dizer o nível de apropriação do conhecimento pelo aluno, se ele estabeleceu algumas atitudes de mudança de comportamentos, de pensamentos e de conceitos. Partindo dessas reflexões, se apresenta, como recurso pedagógico, para promover uma análise qualitativa do produto proposto, o Mapa Conceitual, que pode auxiliar tanto o professor, quanto os alunos a avaliarem a aprendizagem.

4.7 Mapas Conceituais

Segundo Moreira (1987), o Mapa Conceitual é uma técnica pedagógica para organizar e representar o conhecimento graficamente. Os conceitos e as proposições são os blocos de construção do conhecimento em qualquer domínio. Foi criado por Joseph Donald Novak (1977) com base na aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), cuja essência é que as ideias novas ancoram-se em conceitos relevantes que o aprendiz já sabe (subsunoadores), pré-

existentes na estrutura cognitiva de quem aprende. É uma técnica flexível, podendo se observar a estrutura do pensamento em relação ao tema proposto, podendo ser usado como ponto de partida para novas pesquisas e aprendizagens. Os alunos podem elaborar duas versões de mapa conceitual: a primeira, antes de iniciar o processo de aprendizagem do conteúdo “novo” e a segunda após a aprendizagem do tema proposto. Okada (2006) diz que “mapas conceituais abrem novos caminhos, possibilitam descobrir novos atalhos e estabelecer novas conexões. O Mapa Conceitual não tem um único ponto de chegada ou de partida, e deve ser flexível e estar em contínua atualização. Eles esclarecem que um mapa deve estar inteiramente voltado para uma experiência ancorada no real”.

Conforme Moreira (2010), Mapas Conceituais podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para a aprendizagem mecânica.

Não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade. São diagramas de significados, relações significativas, de hierarquias conceituais, o que os diferencia de redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos, incluindo apenas conceitos. Os Mapas Conceituais não devem ser confundidos com mapas mentais que são associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Mapas Conceituais podem seguir um modelo hierárquico no qual os conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia e conceitos específicos estão na base inferior.

Precisa ficar claro no mapa quais são os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários. Podem ser usadas setas para indicar direção a determinadas relações conceituais, mas não obrigatoriamente. Não há regras fixas para traçar um Mapa Conceitual, desde que o mesmo evidencie significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos. A utilização de palavras-chave define a relação entre dois conceitos, formando uma proposição que evidencia o significado da relação conceitual. As palavras-chave devem estar sobre as linhas que fazem a ligação entre dois conceitos. Os Mapas Conceituais devem ser explicados por quem os faz. Ao explicá-lo, o autor explicita significados, que é o maior valor de um Mapa Conceitual. Mapas Conceituais podem ser

usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. Como instrumento de avaliação de aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. A teoria que está por trás do mapeamento conceitual é a teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel (Ausubel et al, 1978, 1980, 1981, 2003; Moreira e Masini, 1982, 2006; Moreira, 1983, 1999, 2000, 2010).

Aprender significativamente implica atribuir significados, e estes tem sempre componentes pessoais; se não for assim a aprendizagem passa a ser mecânica. Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento não interage com a estrutura cognitiva preexistente.

Conforme Moreira (2010) é importante no processo de construção da aprendizagem, a Diferenciação progressiva, onde os conceitos que interagem com o novo conhecimento servem de base para a atribuição de novos significados, podendo sofrer mudanças em função desta interação. Acompanhando o processo segue a Reconciliação integrativa, que é o estabelecimento de relações entre ideias, conceitos, proposições já estabelecidas na estrutura cognitiva. Elementos existentes na estrutura cognitiva com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação são percebidos como relacionados, adquirem novos significados e levam a uma reorganização da estrutura cognitiva. Essa reorganização cognitiva chama-se reconciliação integrativa.

Um recurso didático para ser potencialmente significativo deve seguir as ideias da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. No caso da diferenciação progressiva, a organização, a sequência dos conteúdos deve ser desenvolvida partindo dos conceitos mais gerais até chegar às questões mais específicas. Mas, ressaltamos que a seleção ou a construção de um material potencialmente significativo é uma decisão do professor e a escolha por aprender significativamente é uma decisão exclusiva do aluno. Por sua vez, a reconciliação integrativa trata-se das descrições das relações entre as diferenças e semelhanças dos conceitos dentro de um conteúdo. Esse apontamento produz uma reestruturação na estrutura cognitiva do aluno dentro de um processo constante de construção do conhecimento. Quando um aluno no seu processo de aprendizagem consegue desenvolver

uma reconciliação integrativa automaticamente, se entende que ele realizou uma diferenciação progressiva.

A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. Os Mapas Conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam em algumas coisas: identificação da estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino, busca dos subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino, identificação dos significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, organização sequencial do conteúdo e seleção de matérias curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos, ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisa 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.

Se a aprendizagem é significativa, a estrutura cognitiva do aluno está constantemente se reorganizando por diferenciação progressiva, portanto os Mapas Conceituais são dinâmicos.

A análise de Mapas Conceituais é essencialmente qualitativa. O professor ao avaliar um Mapa Conceitual feito pelo aluno, deve procurar evidências de uma aprendizagem significativa e para que essa tarefa seja facilitada é importante o professor pedir que o mesmo fale sobre o seu Mapa Conceitual. A ferramenta chamada Mapa Conceitual não faz parte da estrutura da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel, foi sendo constituído alicerçado nessa teoria e demonstrou ser um instrumento com boa resposta – e utilizado frequentemente – para potencializar uma aprendizagem significativa. Mas Ausubel, em momento algum, cita como componente da teoria que criou.

De acordo com Moreira (2005), um Mapa Conceitual fundamenta-se em um diagrama que indica relações entre conceitos. Araújo e colaboradores (2002, p. 50) apresentam em seu trabalho um indicativo com bons elementos do que seria um Mapa Conceitual. De acordo com os autores, Mapas Conceituais “são recursos para a representação de conhecimento que

se constituem em uma rede de nós, representando os conceitos ou objetos, conectados por arcos com rótulos descritores das relações pares de nós”.

Para a relação desses conceitos, podem-se utilizar setas, linhas ou palavras que expressem qual o tipo de relação existente entre dois conceitos. Quando essa vinculação é indicada utilizando palavras, é chamada de frases ou termos de ligação (mesmo apresentando apenas uma única palavra), e se chama ainda como proposição à união decorrente entre dois conceitos realizada através dessas frases. O uso das frases ou termos de ligação não elimina o uso das setas na ligação entre os conceitos. Isso por que “a seta indica o sentido de leitura dos conceitos, que deve possuir um alto grau de clareza semântica” (MAYER, 2013, p. 21). Desse modo, o que não deve ser feito é utilizar apenas as setas para relacionar os conceitos, os termos de ligação indicam riqueza na descrição conceitual através de um Mapa. Cavalcanti (2011) aponta também a relevância das proposições no processo de mapeamento, citando Novak, quando este diz que proposições são como “a unidade semântica básica de um mapa conceitual e evidencia o significado de uma relação conceitual” (NOVAK, 1991 apud CAVALCANTI, 2011, p. 12).

Portanto, como apontado neste trabalho, a elaboração e os processos cognitivos envolvidos e empregados durante um mapeamento conceitual podem ser altamente favoráveis, positivos e facilitadores à organização de ideias e aprendizagem.

Conforme Moreira (2011), existem alguns itens a serem contemplados em Mapas Conceituais, resumidamente, seguem abaixo:

1. Identificar os conceito-chave “6 a 10 conceitos”
2. Ordenar os conceitos, colocando os mais gerais, mais inclusivos no topo do mapa e gradualmente vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva.
3. Se o mapa se refere a um parágrafo de um texto, o número de conceito fica limitado pelo próprio parágrafo. Se o mapa incorpora o seu conhecimento sobre o assunto, conceitos mais específicos podem ser incluídos.
4. Conectar os conceitos com linhas e rotulá-las com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos.

5. Setas podem ser usadas quando se quiser dar sentido a uma relação.
6. Evitar palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos.
7. Exemplos podem ser agregados ao mapa embaixo dos conceitos correspondentes.
8. Geralmente o primeiro intento de mapa tem conceito pobre. Nesse caso é útil reconstruir o mapa.
9. Um mapa conceitual é dinâmico refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz. Por isso, se começa a imaginar diversas maneiras de fazer o mapa.

4.8 Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa, através de textos e Mapas Conceituais, evidencia algumas características gerais. Conforme o pensamento descrito por Flick, Von Kardorff e Steinke (2000) apontam a essência da compreensão como princípio fundamental do conhecimento, que busca estudar e se fundamentar em relações complexas ao contrário de explicá-las por meio do isolamento de variáveis. A segunda característica geral é a construção da realidade. A terceira indica que a pesquisa é calcada na percepção como um ato subjetivo de construção, a descoberta e a construção de teorias são objetos de estudo desta abordagem. O quarto aspecto geral de uma pesquisa qualitativa, de acordo com estes autores, é que apesar da crescente importância de material visual, é uma ciência baseada em textos, onde, a coleta de dados produz textos que nas diferentes técnicas analíticas são interpretados hermeneuticamente.

Então, pode-se dizer que em síntese a pesquisa qualitativa não enumera ou mede eventos estudados, nem desenvolve ou se vale de técnicas estatísticas na análise de dados. A modalidade de pesquisa qualitativa tem ponto de partida nas questões de interesse amplo, na qual a definição vai ocorrendo à medida que o estudo transcorre. Visa a obtenção de dados descritivos sobre coisas, pessoas, locais e processos que estão relacionadas com o pesquisador dentro da situação estudada. Seguindo um pensamento de Demo (1995, p.31), que tudo está ligado a objetos, pessoas, lugares, métodos e processos, a avaliação qualitativa é uma necessidade, simplesmente porque não se pode negar a dimensão qualitativa da realidade.

Na linha de pensamento de Anderson (2000), o pesquisador qualitativo estabelece propositalmente espaços para o aparecimento de conteúdos e aspectos não previstos inicialmente. A transcrição de material verbal pode se dar das mais diversas formas, o modo mais detalhado é a transcrição literal de uma entrevista gravada, por exemplo, com indicações de entonações, sotaques, regionalismo e “erros” de fala. É uma forma de transcrição completa e informativa. Há também a transcrição comentada, não necessariamente excludente da anterior, na qual se registra hesitações na fala além das expressões faciais e corporais que acompanham as verbalizações da pessoa. Os registros filmados, como o produto desta dissertação, ajudam, essencialmente, na montagem deste tipo de transcrição. Outro modo de transcrição é o protocolo resumido, mesmo que este já implique em um processamento da informação dentro de algum esquema interpretativo já existente. Se o meio de representação de dados forma o elo com a técnica da coleta de dados, a construção de sistemas descritivos a

partir da transcrição faz o elo com a interpretação dos dados. Embora a pesquisa qualitativa seja mais indutiva do que dedutiva, não há como afirmar que a construção de um sistema descritivo seja totalmente livre de perspectivas, valores e emoções de quem prepara um sistema de categorização de eventos. Diante das considerações acima sobre a postura do pesquisador e as estratégias de coleta de dados, uma descrição detalhada dos procedimentos da coleta, da transcrição e da análise de dados é essencial.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos do trabalho envolveram duas atividades com dois grupos diferentes de alunos. Uma atividade foi a preparação do filme, que envolveu professores de Física, alunos e ex-alunos do terceiro ano do Ensino Médio. A outra atividade, envolveu a apresentação do filme para uma turma de segundo ano do Ensino Médio.

Sobre essa última turma foi feita a geração e análise dos resultados para a avaliação da contribuição do vídeo (produto da dissertação) para com o tema proposto no trabalho: discussão da desconstituição dos mitos científicos, usando como exemplo a narrativa sob a ótica de Galileu (que não é a versão tradicional ensinada nas escolas quando da abordagem do tema Empuxo) do mito de Arquimedes e a coroa do Rei Hierão.

Para participar da produção do vídeo foi convidada uma turma composta de 20 alunos de terceira série do Ensino Médio, de uma escola pública estadual de primeiro e segundo graus de Bento Gonçalves. Essa escola possui em torno de 1050 alunos oriundos da parte central da cidade e de comunidades do interior do município, captando um público de famílias de classe média, em sua maioria.

A produção do filme foi tratada na disciplina de Seminário Integrado (SI) em turno oposto ao horário regular de aula. Os alunos da escola que não possuem atestado de trabalho, participam do Ensino Médio Politécnico, normalmente desenvolvendo projetos de pesquisa. As aulas de SI, para os alunos de terceira série, que não possuíam atestado de trabalho no turno da tarde, aconteceram nas quintas feiras à tarde, ao longo do ano de 2015. Para ajudar na confecção do roteiro, filmagens e edição buscou-se também a parceria de ex-alunos da escola (que já haviam atuado anos antes na própria escola, na produção de filmes amadores como recurso didático), em um projeto chamado PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), que colaboraram com escolhas de cenários e com o estudo do tema tratado (fluidos). Como uma produção que aponta uma abordagem diferente dos livros didáticos exige estudo e conhecimento epistemológico, fez-se, com a turma de terceira série na disciplina de SI, uma revisão do tema “fluidos”, além de reuniões e debates para a montagem e estudo do roteiro, ocupando as aulas das quintas feiras pela parte da tarde no SI, no espaço da escola. Além disso, experimentos com as medidas de volumes e de pesos também foram realizadas com a turma de terceira série do SI, para que se pudesse estabelecer as diferenças dos métodos, dos livros didáticos e da versão de Galileu (Medidas de pesos com

uma balança hidrostática), ocorrendo inclusive a confecção da balança hidrostática, pelos alunos, que aparece no filme. Depois, com os resultados da pesquisa sobre o assunto escolhido, foi iniciada a parte técnica, propriamente dita, da produção do vídeo com a elaboração do roteiro (anexo 1).

Depois de definidos os locais de gravação (cenários), fez-se reuniões fora do expediente de aula para que se passasse cena por cena do roteiro, buscando aperfeiçoar o texto e criando na imaginação de cada ator a melhor forma de condução do processo artístico. E depois, então, foram montados figurinos, filmagens e edição.

A seguir apresenta-se o plano de aulas aplicados às duas turmas.

5.1 Plano de aula (Terceira Série)

Segundo Vasconcelos (2007), plano de aula, ou planos de aula, é a proposta de trabalho do professor para uma determinada aula ou conjunto de aulas (por isto pode ser chamado também de Plano de Unidade). Corresponde ao nível de maior detalhamento e objetividade do processo de planejamento. É o "que fazer" concreto. Muitos consideram que "este é o planejamento que importa mesmo", o que não deixa de revelar um profundo bom senso. Mas este plano terá maior consistência e organicidade se estiver articulado ao Plano de Curso e ao Projeto Educativo da escola. Não planejar pode implicar em perder possibilidades de caminhos, por isso o plano de aula deve ser feito como uma necessidade do professor e não por exigência formal da coordenação ou direção. Esse foi o plano de aulas para a terceira série, Ensino Médio, turno oposto, designado para a realização de projetos.

5.1.1 Elementos do Plano de Aula

5.1.1.1 Análise da Realidade

Ressalta-se sempre que qualquer tipo de abordagem necessita uma observação de realidades, contextos. A diversidade de situações e materiais didáticos parece ser decisiva na construção em potencial de significados. Segundo Santos (2001), material didático é definido como “todo e qualquer recurso de apoio às interações pedagógicas no contexto de uma relação educativa, tenha sido ele desenvolvido com fins educativos ou não”.

A pauta de plano de aula também é calcada na ótica de aprendizagem que possa oferecer significados, produzir socialmente possibilidades de intervenções, que o aluno possa ser mais sujeito de sua construção e não mero observador e depósito de conceitos. Vê-se muitos elementos, ainda hoje, de uma aprendizagem mecânica, métodos tradicionais, onde o aluno é mais objeto e não protagonista. Freire (1970) apresenta seu conceito de “educação bancária”, dizendo que o educando funciona como um “fundo bancário”, em que o educador vai fazendo “depósitos” de informação. O educando memoriza os dados mecanicamente e os repete. O educador é o sujeito do processo e os educandos são meros objetos. Paulo Freire continua sua crítica, afirmando que os opressores pretendem, na verdade, transformar a mentalidade dos oprimidos e não a situação que os oprime, e isso, para que, melhor adaptando-os a esta situação, melhor os domine. Por isso, a educação libertadora do homem visa à construção do diálogo, por meio do qual os oprimidos possam confrontar os opressores.

Segundo Ausubel (1982), o conhecimento se constrói também com e a partir do interesse do aluno em assimilar o conteúdo proposto, podendo estabelecer relações fecundas e significativas. Assim, acompanhar o trabalho autônomo implica a redefinição do papel e das tarefas do professor, o abandono de uma postura transmissiva dos saberes para a criação de condições que favoreçam a aprendizagem do aluno, por si próprio. Para o aluno ser capaz de realizar tarefas de forma autônoma, é necessário adotar certas atitudes, tais como: evitar recorrer ao professor sempre que tiver dúvidas e saber procurar diferentes ajudas.

Compete ao professor criar as condições para que o aluno, progressivamente, crie autonomia na sala de aula, através, por exemplo, da elaboração de guias de trabalho, da consulta de materiais de apoio, da criação de momentos de trabalho autônomos, da planificação a longo prazo das tarefas e da construção de instrumentos reguladores da aprendizagem. No caso desse plano, a proposta foi a construção de um roteiro e a produção de um filme sobre a solução de Arquimedes para o problema da coroa do rei Hierão, na visão de Galileu.

Os conceitos ligados com o tema dessa dissertação como densidade, pressão nos líquidos e empuxo foram reapresentados com o auxílio de textos didáticos e debates sobre o tema. Nomes como Galileu, Vitrúvius e Arquimedes estão relacionados com esse processo histórico e foram abordados nas apresentações ou sugeridos como tópicos de pesquisa. Uma

outra estratégia foi assistir documentários ou vídeos sobre os temas ou personalidades envolvidas. Logo na sequência, houve a montagem do roteiro, distribuição de personagens para o filme, escolha de figurino, trilha sonora, imagens, filmagens e edição.

5.1.2 Projeção de finalidades (Objetivos)

- Identificar os pontos criticados por Galileu a respeito da história contada por Vitruvius;
- Retomar conceitos básicos de densidade, pressão nos líquidos e empuxo;
- Construir e usar a balança hidrostática (instrumento que Galileu entende que Arquimedes construiu);
- Construir um roteiro para o filme;
- Produzir um filme de acordo com a visão de Galileu.

5.1.3 Formas de Mediação

- Leituras, pesquisa sobre como Arquimedes teria resolvido o problema da coroa do rei Hierão;
- Como introdução ao tema, considera-se interessante trabalhar em sala de aula os conteúdos que falam sobre o tema "fluidos". Para isso, foram usados livros, vídeos, pesquisas e softwares de simulação;
- Para potencializar a diferenciação progressiva (Teoria de Ausubel) dos estudos e estimular a visualização do sistema em discussão (Vitruvius x Galileu), foram oportunizados momentos de debates a respeito da versão dos livros e a ideia de Galileu sobre o assunto, na montagem do roteiro;
- Para um aprofundamento de conteúdos, buscando uma reconciliação integrativa, foram feitas as atividades da balança hidrostática (versão de Galileu) e medidas de volumes deslocados (versão de Vitruvius);
- Acompanhamento nas filmagens e edições.

5.1.4 Avaliação

Luckesi (2000) diz: “acolher o educando, eis o ponto básico para proceder atividades de avaliação, assim como para proceder toda e qualquer prática educativa. Sem acolhimento, temos a recusa”. No mesmo sentido, Hoffmann (1996) aponta que “uma avaliação enquanto mediação leva em conta: acompanhamento reflexivo e o diálogo”.

Portanto, a avaliação como um processo contínuo aconteceu assim:

- Acompanhamento e debates dos textos indicados;
- Verificação das atividades de medidas de volumes e da balança hidrostática;
- Produção de um texto relatando emoções, sentimentos e conteúdos a respeito do filme produzido.

Enfatiza-se, novamente, que essa turma que não esteve sujeita a avaliação com Mapas Conceituais. Porém, trabalhou-se um planejamento de estudos, debates e pesquisas em sala de aula, ocupando o turno da tarde nas quintas feiras, e reuniões extras no turno da noite, para se entender mais densamente o que se estava fazendo em termos de contrapontos, e gravações em sábados e domingos. Destaca-se que o grupo de alunos se deslocou para o interior do município de Bento Gonçalves para fazer e acompanhar as filmagens. Houve um dia de filmagens no município vizinho, Caxias do Sul. Nesse ambiente de pesquisa, discussões, leituras e estudos de comparações dos métodos (Vitrúvius e Galileu), surgiu a ideia de captar uma espécie de registro de memórias dos sentimentos, emoções e conceitos que permearam essa produção. Ou seja, percebia-se tal forma de engajamento para uma produção que se mostrava cada vez mais desafiadora, diferente, com conceitos físicos e históricos, que solicitou-se um relato, por escrito, de cada aluno sobre esse trabalho, demonstrando indícios que esse tipo de estratégia pode dar bons resultados em termos de potencial para a aprendizagem, seja no aspecto conceitual, forma de expressão corporal e artística e até mesmo surgimento de dúvidas que leva a pesquisa e ao debate, tão importantes em qualquer construção científica e educacional.

Paralelamente, em sala de aula, com uma turma de 20 alunos de segunda série do Ensino Médio, foi feita, por meio do contexto dos Mapas Conceituais, uma avaliação dos conhecimentos prévios, dos alunos, sobre o tema fluídos, e em especial, a história de Arquimedes, sobre a massa específica. Mapas Conceituais já estavam sendo trabalhados nessa

turma de segunda série por dois colegas, professores, da escola supracitada. O plano de aulas para a segunda série encontra-se na sequência.

5.1.5 Roteiro

A montagem do roteiro se deu com base nas partes principais de um roteiro utilizado em filmes, formado por cenas, e cada cena com seu espaço definido para cada informação. O roteiro está disposto em anexo nesse trabalho (anexo 1).

5.1.6 Filmagens e edição

Depois da montagem do roteiro, partiu-se para as filmagens, que é o processo mais dinâmico na produção. Fez-se aí o uso de improvisos, de adaptações e até modificação no roteiro conforme atuação dos personagens. Nesta produção não houve pagamento de cachê ou salário para nenhum ator envolvido. E por fim, como última etapa, a edição, onde escolheu-se um programa editor e trabalhou-se nos ajustes de áudio, corte de imagens, transições de cenas, inserção de imagens e trabalhos de capa.

Após o processo de produção do filme, edição e ajustes, o produto foi apresentado a uma turma de segunda série do ensino médio, a mesma turma submetida a abordagem com Mapa Conceitual para levantamento de concepções sobre o modo como Arquimedes havia resolvido o problema da coroa do rei Hierão. Depois de o filme ser passado, fez-se uma sondagem do poder dessa mídia e buscou-se, com nova construção de Mapa Conceitual por parte dos alunos da referida turma, se houve algum tipo de significado o filme, se houve mudança na forma de pensar a respeito da história, do fato, ou suposto problema da coroa do rei, se a forma como Arquimedes teria resolvido o problema permaneceu intacto, pela presença constante e por muito tempo nos livros didáticos, de um modo inusitado, com forte apelo de fábula ou se, com o recurso didático do filme, conseguiu-se colocar em pauta uma discussão a respeito do método e da forma como se deu a solução do problema. Comparou-se o primeiro Mapa Conceitual com o segundo Mapa, antes e após a aplicação do produto, pois a densidade da produção conceitual e os elementos em cada situação podem levar a uma análise mais profunda do efeito desse produto, do poder de penetração dessa mídia, do fator de

convencimento e da capacidade de gerar discussões investigativas por parte dos alunos. No caso, discussões de que se tais situações, os mitos, postas como únicas, são ou não plausíveis, levantando questionamentos e dúvidas sobre essas narrativas que passam anos e anos sem uma oposição, um contra-argumento forte, para quem sabe, desenvolver melhor compreensão da Física e Matemática através de revisão histórica e abordagem de outras versões sobre o mesmo fato.

5.2 Plano de aula (Segunda Série)

Após o professor de Física, titular da turma, ter abordado o tema “fluidos” de acordo com o livro didático adotado pela escola, em turno regular de aula ao longo de um trimestre, fazendo atividade prática tomando medidas de volumes de corpos imersos em água, medindo empuxo, discutindo densidades e condições de pressão, foi feita uma incursão, por mim e o professor titular de Física, em sala de aula (dois períodos de aula em sequência), em horário normal de aula, procurando conhecer, por meio da construção de Mapa Conceitual as concepções dos alunos a respeito do problema da coroa do rei Hierão. Essa avaliação foi uma estratégia de busca de subsunçores dos alunos sobre o tema. Alguns alunos tinham claramente na memória a história relatada por Vitruvius (método das medidas de volumes das porções de ouro e prata e da coroa também), presente no livro didático que a escola adota; outros alunos buscavam apoio no livro didático para relembrar a passagem. Após o filme ter ficado pronto (dois meses e meio depois da incursão em busca dos subsunçores), abordou-se novamente a turma de segunda série (três períodos de aula em sequência), foi passado o filme, na sala de vídeo da escola em turno normal de aula de Física. Para avaliar o alcance do filme como agente eficiente (ou não) de apoio para a ocorrência da aprendizagem significativa solicitou-se uma nova construção de Mapa Conceitual por parte dos alunos, sobre o mesmo problema antes citado.

O filme conta a versão disseminada por Vitruvius e depois faz um contraponto com a versão de Galileu, buscando um forte contraponto. Realizou-se, ainda, uma atividade com medidas de pesos utilizando-se a balança hidrostática, de forma demonstrativa em sala de aula (um período de aula).

5.2.1 Elementos do Plano de Aula

5.2.1.1 Análise da Realidade

No caso desse plano, a proposta foi o trabalho com Mapas Conceituais, tanto no levantamento de concepções (subsunçores) como após a apresentação de um produto (filme produzido por alunos de terceira série).

Os conceitos ligados com o tema dessa dissertação como densidade, pressão nos líquidos e empuxo já haviam sido apresentados pelo professor de Física, titular da turma. Os Mapas Conceituais já permeavam a vida desses alunos nas aulas de História, especialmente.

5.2.2 Projeção de finalidades (Objetivos)

- Apresentar um filme feito pelos alunos de terceira série, filme sobre a visão de Galileu a respeito do problema da coroa do rei Hierão;
- Construir Mapas Conceituais (levantamento de concepções prévias e depois de assistirem o filme);
- Analisar o poder dessa mídia (filme feito pelos alunos de terceira série) na construção de conhecimentos.

5.2.3 Formas de Mediação

- Solicitação da construção de um Mapa Conceitual sobre o problema da coroa do rei Hierão (Levantamento de concepções, segundo Ausubel). Acompanhamento fornecendo livros didáticos da escola que continham o assunto para os alunos que necessitavam de uma consulta;
- Apresentação do produto (filme) e discussão dos métodos propostos nos livros didáticos e no filme produzido pelos alunos da terceira série;

- Realização de forma demonstrativa, de uma atividade prática envolvendo a balança hidrostática, para elucidar o método da medida de pesos, em contraponto à medida de volumes.

- Construção de Mapa Conceitual após a apresentação do produto (filme produzido). Fornecimento de arquivo em Pen Drive ou DVD do filme para os alunos assistirem novamente, quando houve solicitação.

5.2.4 Avaliação

- Acompanhamento da construção dos Mapas Conceituais;
- Diálogo sobre os métodos propostos nos livros didáticos e no filme produzido;
- Construção de Mapas Conceituais antes e depois da aplicação do filme.

5.3 Produto do trabalho e sequência de etapas para o desenvolvimento de um filme

Como previamente destacado o produto do presente trabalho de mestrado profissional é a produção de um filme que apresenta o problema da coroa do Rei Hierão na perspectiva da história descrita por Vitruvius (volumes) e na perspectiva da contestação de Galileu para essa história (pesos). Do ponto vista de facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa dos alunos ao tema Empuxo nas aulas de Física os objetivos do filme são: apresentar o contexto histórico do desenvolvimento científico, como esse desenvolvimento está sujeito à criação e perpetuação de mitos, e mostrar aos discentes que a prática de construção do conhecimento científico, tal como outras áreas da atividade humana, é um trabalho metódico, árduo, não livre de erros e interpretações equivocadas, e que na grande maioria das vezes depende de colaborações, e não de um momento estanque de inspiração de um indivíduo predestinado (gênio).

A produção de um vídeo envolve muitas etapas, desde o roteiro até a edição, passando pelas filmagens, mas a preparação de elenco, escolhas dos locais de filmagens, ensaios e figurinos são muito relevantes nessa produção. Para aqueles que tem interesse em desenvolver trabalho nessa linha, a sequência apresenta uma série de etapas e elementos relevantes.

Etapa 1 - Criação do roteiro

O autor criará uma história tomando como base uma pesquisa, estipulando tempo de duração. O texto deve conter: falas, personagens com características individuais e a descrição de como e onde as cenas vão acontecer.

Nesse momento inicial, comece a construir personagens, locais, tramas e acontecimentos. Ressalta-se a importância de se fazer o roteiro de acordo com seus recursos financeiros. Outra boa dica do roteiro é separá-lo por cenas, numerando as mesmas e antes de escrever as falas, é relevante que se descreva o local das filmagens, o posicionamento de atores, cenário, objetos e afins. Na produção do filme desta dissertação os alunos participaram ativamente da construção do roteiro, estudando o tema, fazendo roteiro, elaborando cenas, mantendo contatos telefônicos para agendamento de locais para filmagens, discutindo o tema (fluidos), produzindo desde a montagem do roteiro um intenso movimento de debates, podendo dar novos significados aos conceitos físicos envolvidos.

Etapa 2- Orçamento

É necessário fazer um levantamento de custos para as filmagens, de elementos como: transportes de integrantes e equipamentos, figurino, divulgação, contratação de algum serviço terceirizado, aluguel de locais. Este levantamento que o diretor, ou o condutor do filme fará, deverá estar plenamente de acordo com roteiro.

Etapa 3 - Escolha do elenco

Ao fazer os testes com os atores ou concorrentes a atores, é necessário que haja conciliação com o personagem e ator terem alguma característica física, capacidade de interpretação, disponibilidade de tempo, cobrança ou não de cachê por parte do ator escolhido.

Etapa 4 - Agendamento de locais

Para o agendamento de locais para as gravações, é importante que se avalie as condições dos mesmos, preço de aluguel (se for o caso), circulação de pessoas aos arredores, enquadramento de época e um documento por escrito de autorização de uso em certo dia, hora e local. Se a gravação ocorrer em via pública obstruindo o tráfego de veículos, você terá de conseguir uma autorização em um órgão público responsável por aquela área.

Etapa 5 - Equipamentos cinematográficos

Faça um levantamento de todos os equipamentos que possui e compare com seu roteiro de filmagens e os locais para certificar-se de que não faltará nenhum, que comprometa o andamento do filme em seu prazo de filmagem. Caso se deseje algo mais profissional, é conveniente buscar uma produtora, de acordo com o tamanho do orçamento enquadra-se o status da produtora.

Etapa 6 - Figurino, objetos e utilitários de cena

Após conseguir os figurinos por conta própria, doações ou patrocínios, você precisa organizá-los, faça a separação para cada cena conforme o roteiro, coloque em caixas e identifique, com o número da cena que vai ser utilizado. Da mesma forma, os objetos de cena já precisam ser antecipadamente separados para as receptivas cenas, caso tenha que fazer uso de utilitários, você precisará disponibilizá-los para as cenas.

Abaixo, seguem alguns exemplos de materiais que podem ser utilizados em cena:

Figurino - São as confecções que os atores vestem como: Sapatos, vestidos, camisa, colar, calças, capas, boné, roupa íntima, coroa, saia... etc.

Objetos de cena - são aqueles utilizados pelos atores ou no cenário em como: Quadros, revolver, malas, espadas, livros, cadernos, caneta, faca, copo, xícaras, enfeites... etc.

Utilitários de cena - São aqueles que os atores usam como: Sofá, carro, barco, bicicleta, avião, guarda roupa, cama, bidê, animais...

Etapa 7 – Pré - ensaio

Solicite aos atores já selecionados, praticarem antecipadamente as falas dos personagens antes de entrar em cena, para que não haja muito erros, isso prejudica o tempo de gravação e a paciência de sua equipe técnica, porque precisará refazer o trabalho. Ensaie sempre as próximas cenas que irão entrar, e não adiante as últimas cenas do filme se nem ao menos você gravou as primeiras. É bastante relevante que as cenas sejam previamente ensaiadas, especialmente, quando ocorre aluguel de locais para as filmagens, com tempo determinado, em função de cobrança extra pelo tempo ultrapassado.

Etapa 8 - Preparação do cenário

Agora, supondo que você já tenha o local, recursos, figurino, objetos e utilitários de cena, atores, equipamentos, equipe técnica, auxiliares, material para filmagem, tudo conforme o seu roteiro. Você e sua equipe precisam preparar o cenário: Objetos nos locais, atores com figurino e câmeras posicionadas. Faça um estudo do close no cenário para ver se não irá captar escuridão ou muita claridade na gravação, se possível troque de lugar a filmadora ou as filmadoras. Se tiver produtora, consulte os responsáveis para enquadramento de cenas, é imprescindível que haja diálogo entre diretor ou condutor do filme com sua equipe técnica.

Etapa 9 - Ação

A cena está em evolução, os atores contracenando, silêncio total no cenário. Até você ou o diretor/condutor do filme dizer "Corta", a cena está paralisada ou finalizada. As grandes e pequenas produtoras sempre rodam mais de duas tomadas, para que na montagem de cena, caso possa existir uma falha, o editor tenha opção para escolher a melhor das repetições e das tomadas de cenas. No caso deste filme, feito para a dissertação, o editor participou de todas as filmagens, vale ressaltar que todos os atores, mesmo não estando nas escalas de algumas cenas, participaram de todas as filmagens, indicando o potencial motivador desse recurso de produção audiovisual.

Etapa 10 – Reuniões

Além das reuniões de pesquisa do tema, roteiro e da troca de informações e conceitos para o início do processo de construção do roteiro, considera-se decisivo para a boa sequência de cenas e filmagens, reuniões entre blocos de cenas para a discussão de sequência do filme. Por exemplo, para o filme produzido como apoio didático para esta dissertação, os próprios alunos envolvidos no processo, tal era o nível de engajamento, agendavam as reuniões de montagem de cenas, falas e ensaios, provocando entre o elenco o cuidado epistemológico, histórico e de diferenciação entre os métodos abordados para a o problema de Arquimedes.

Etapa 11 - Sonoplastia ou fundo musical

Uma parte importantíssima do filme é o som e as músicas de fundo ou de passagem nas cenas. Um meio é buscar sons e músicas pela internet para incluir nas cenas, outro meio é você fazer seus próprios sons.

Tome cuidado, quando em uma passagem de fala para outro ator, não tem nenhum som, seja ruído ou música, o filme pode ficar monótono. É bom aproveitar todo o recurso de áudio e imagem desse tipo de produção.

Sempre é muito aconselhável cuidar muito em colocar músicas de artistas famosos sem autorização ou compra, porque você pode ser acusado de plágio ou violação dos direitos autorais, podendo então, acarretar prejuízos incontáveis. Nesse caso, se houver uma equipe técnica, é necessário um diálogo a respeito de sonoplastia, ampliando inclusive a discussão com os atores envolvidos.

Etapa 12 – Montagem das cenas (Edição)

Tem-se nesse momento as cenas todas gravadas e seus respectivos sons, músicas e tomadas de cenas selecionadas. Começa então o processo de edição, uma busca simples pode resultar em um programa de edição disponível em computadores e internet. Se no orçamento constar uma equipe técnica, tal equipe normalmente se responsabiliza por edições. Neste momento observou-se, para o filme desta dissertação, uma atenção de todo o elenco para as cenas mostrarem bem o contraste e os conceitos de medidas que cada método trabalhado representava.

O uso dos recursos midiáticos, em especial a produção de vídeo, possibilita o despertar da criatividade à medida que, estimula a construção de aprendizados múltiplos, em

consonância com a exploração da sensibilidade e das emoções dos alunos, além de contextualizar conteúdos variados. Diante disso, a escola na pessoa do professor deve organizar sua proposta pedagógica norteadas pela aquisição da linguagem tecnológica, de maneira a estabelecer uma relação crítica-produtiva, entre o aprendizado, propriamente, escolar e o surgimento das novas tecnologias, as quais clamam por indivíduos que saibam manuseá-las com habilidade.

Para tanto, faz-se necessário o uso de todos os recursos midiáticos que as escolas dispõem centrando-se, principalmente, na aprendizagem do *saber fazer*, de modo relacionar o mundo tecnológico com o universo educacional. A construção de significados para ler e compreender o mundo, articulado ao conhecimento histórico, revela o uso de práticas pedagógicas voltadas à vivência de experiências e a ampliação do repertório de saberes dos alunos, propiciando aos educandos pesquisa, debates e um intenso movimento de criação de falas, personagens, figurinos e cenários. Isso tudo em consonância com a chance de recriarem as histórias, dando significados, contrapontos e encontros de pontos correlatos.

Em uma produção de vídeo/filme surgem inúmeras questões de ordem, desde locação de espaços, adaptação conceitual, ângulos de filmagens, tomadas de cenas, manuseio de equipamentos de filmagens, enquadramentos, ensaios e edição. Há um relevante indício de muitos pontos significativos, começando com a pesquisa do tema até o contato com a tecnologia e o processo de produção e edição.

O mundo caminha para a era do domínio de novas tecnologias, novas mídias surgem a cada dia, e sob este contexto o ensino deve também sofrer avanços, adaptar-se as novas linguagens e formas de conhecimento, assim como se tornar mais atraente, dinâmico e que facilite o processo da aprendizagem dos educandos, sob este aspecto, novas mídias educacionais ganham destaques, ou ainda mídias seculares ganham nova importância educacional, entre as quais está o cinema, que pode ser um poderoso instrumento de apoio magistério. Anacleto, Michel e Otto (2007, p.22):

O manuseio e o uso dos recursos tecnológicos devem acontecer de forma criativa e crítica, favorecendo práticas interdisciplinares que contribuam para a qualificação da educação e a formação do cidadão. Prática defendida por Vianna (2009, p.10) ao afirmar que “uma das funções básicas da escola hoje é ajudar o aluno a saber pesquisar, saber procurar informações, saber estudar”. Para tanto, se faz necessário organizar encaminhamentos

pedagógicos que facilitem a obtenção do conhecimento. Ao passo que, munido de recursos midiáticos os professores norteiam a inclusão dos alunos no mundo informatizado, de modo a torná-lo autores e/ou atores do seu próprio aprendizado e não, mero expectador do aprender. A construção deste tipo de recurso didático, produção de vídeo/filme torna o aluno protagonista da ação, parte integrante e importante do processo, desacomodando de uma postura apenas receptora.

A partir do uso do vídeo (produção) em sala de aula, de modo mais simplificado, ou produções externas, a escola acaba norteando habilidades diversificadas mediante a formação do aluno como, por exemplo, desenvolver a interação entre os sujeitos. Haja vista que essa mídia educacional viabiliza uma prática mais atrativa, interativa e gera conteúdos contextualizados. O desenrolar deste tipo de produção envolve o aluno de modo a ser sujeito da construção do produto final, provocando discussões que vão do contexto histórico até a decisão do fundo musical, por exemplo.

Os indicativos de aprendizagem significativa são bastante latentes, basta que se observe a satisfação dos educandos quando dão vida a um personagem, reinventam, ainda que de forma estimulada com aportes teóricos, uma criação histórica.

Nada se aprende ainda que o pressuposto seja que a educação consista em aprender- por transmissão, mas sim por elaboração própria e pessoal do educando. É só participando, envolvendo-se, fazendo-se perguntas e buscando respostas, que se chega ao conhecimento. Se adquire e se compreende o se recria , o que se reinventa e não simplesmente o que se vê ou escuta. A educação não é um conteúdo que se introduz na mente do educando, mas sim um processo em que este se envolve ativamente. (KAPLÚN, 1983 ,p.26-27).

Justamente o que se busca com este tipo de proposta é um engajamento do educando, seu envolvimento ativo e o sentimento de pertencimento junto ao desenvolvimento de toda a construção conceitual, histórica e crítica do vídeo/filme.

5.4 Produto da dissertação

5.4.1 Guia do Professor para Utilização do Filme Heureka no Estudo da Lei de Arquimedes.

GUIA DO PROFESSOR **Método de Galileu: Balança Hidrostática**

Apresentação

Tema: Empuxo

Série escolar: 1ª série do Ensino Médio.

Tempo de duração do vídeo: aproximadamente 20 minutos.

Tempo sugerido/previsto para utilização do vídeo: quatro aulas de 50 minutos cada uma.

Introdução

Caro professor, este vídeo foi desenvolvido visando discutir e problematizar, com os alunos do ensino médio, o método de Galileu, que oferece um contraponto de como a maioria dos livros didáticos abordam a solução de um problema, envolvendo uma coroa solicitada por um rei.

Acredita-se que o vídeo é um ótimo meio de comunicação, integrador, visualmente atrativo e motivador para os alunos. Aproxima a sala de aula do cotidiano, das linguagens de aprendizagem e comunicação da sociedade, como também introduz novas questões no processo educacional.

Para o desenvolvimento dessa temática são apresentadas situações de confronto com as ideias comumente apresentadas nos livros didáticos, utiliza-se o conceito de empuxo, peso

aparente e confrontam-se as medidas de volumes e de pesos. Mas afinal, o que é empuxo? Qual o impacto que o desenvolvimento desse conceito teve em nossas vidas? Como aparece no vídeo, quando você entra em uma banheira o empuxo está agindo, sustentando o corpo.

Para um melhor aproveitamento, julga-se necessário que os alunos já tenham estudado o a Lei de Arquimedes:

“Todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido”.

O empuxo pode ser traduzido pela expressão:

$$E = d_L * V_d * g$$

Onde:

d_L = densidade do líquido no qual o corpo está imerso.

V_d = volume do líquido deslocado pelo corpo (corresponde ao volume da parte de um corpo imerso no líquido).

g = aceleração da gravidade.

Objetivos

- Ressaltar os fatores responsáveis pelo equilíbrio de corpos imersos em líquidos;
- Comparar o equilíbrio de corpos de mesma massa, porém de substâncias distintas, imersas em um líquido;
- Conhecer a Lei de Arquimedes.

Pré-requisitos

- Conceito de empuxo;
- Diferença entre os métodos de Vitrúvius e de Galileu.

Dicas para utilização do vídeo

As mídias, como um todo, têm por objetivo ser um meio de comunicação integrador, atrativo e motivador para os alunos. No entanto, o modo como você, professor, irá utilizá-lo pode mudar.

O Vídeo pode trazer, fortemente, o fator “Motivação”, nesse caso, o professor poderá utilizá-lo antes da discussão e explicação do tema tratado no vídeo. Abordagem das tramas e cenas do vídeo podem ser utilizadas para introduzir um novo conteúdo, já que objetivam despertar a curiosidade e motivação para o assunto conceitual a ser discutido.

Ou, o vídeo pode ser usado como fator de “Demonstração”, nesse caso poderá ser utilizado após a discussão e explicação do tema/assunto do vídeo. O professor pode optar por abordar e explicar a temática em questão antes de sua utilização, e assim a mídia ajudará a mostrar e levantar novas questões referentes às explicações e discussões já vividas em sala.

Tem-se também a possibilidade do vídeo ser utilizado como suporte de ensino, nesse caso pode ser usado durante a explicação do professor. As cenas e tramas podem ser utilizadas para responder questões, assim como para levantar outras. O vídeo tem duração de aproximadamente 20 minutos, mas é importante que o professor se prepare e planeje suas aulas da melhor maneira, visando cumprir os objetivos específicos de ensino e levando em consideração tempo previsto para execução da atividade e discussão da temática. É importante destacar também, que cada turma reage de uma maneira frente à exibição dos vídeos.

Sinopse

O rei Hierão queria uma coroa, de ouro puro, e teria entregue a um ourives uma porção de ouro em pó e uma porção de prata (a porção de prata era como pagamento). Quando a coroa foi entregue, o rei ficou muito contente, mas a alegria durou pouco, o povo comentava

que Hierão havia sido enganado, a coroa que lhe fora entregue não era de ouro puro. O rei mandou que chamassem Arquimedes, só ele, na época poderia resolver o problema da coroa do rei.

Arquimedes e seu princípio estão envoltos em uma fábula, aquilo que se diz, em todos os livros didáticos, que ele banhava-se em uma banheira e notou que quando seu corpo afundava a água subia então, saíra gritando pelas ruas Heureka, Heureka! Ou, seja, achei, achei! É muito intrigante, assim teria se dado conta que se mergulhasse pesos iguais de ouro e prata e depois a coroa em água e medindo volumes descobriria se era falsificada. Quem contou essa história foi Vitruvius.

Vitruvius não viveu na época de Arquimedes e sim dois séculos depois, portanto suas palavras não constituem uma informação de primeira mão. Em que tipo de fonte ele baseou-se? Não o sabemos.

Basta um pouco de bom senso para perceber que esse método de medida de volume não pode funcionar. Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro da ordem de 20 cm. Então, seria preciso utilizar um recipiente com raio superior a 10 cm, cheio de água, e medir a mudança de nível ou a quantidade de líquido derramado quando a coroa fosse colocada lá dentro. Suponhamos que a massa da coroa fosse da ordem de 1 kg e que a sua densidade (por causa da falsificação) fosse de 15 g/cm^3 (um valor intermediário entre a densidade do ouro e a da prata). Seu volume seria então de 67 cm^3 . Colocando essa coroa no recipiente cheio de água, cuja abertura teria uma área superior a 300 cm^2 , o nível do líquido subiria uns 2 milímetros. É pouco plausível que fosse possível medir essa variação de nível ou medir a quantidade de líquido derramado com uma precisão suficiente para chegar a qualquer conclusão, por causa da tensão superficial da água. Se o recipiente estivesse totalmente cheio, ao mergulhar a coroa dentro dele, poderia cair uma quantidade de líquido muito maior ou muito menor do que o volume da coroa (ou mesmo não cair nada). Portanto, é fisicamente pouco plausível que Arquimedes pudesse utilizar esse tipo de método."

Tal método é duramente criticado, mas acredite, todos os livros didáticos de física trazem essa história. Galileu foi o primeiro a duvidar do método, chegou a escrever um documento que depois de sua morte, foi lançado como livro, *A Pequena Balança* é o título.

Diz Galileu: “O método relatado por Vitruvius é fabuloso, enganoso e grosseiro. Eu julgaria antes que, espalhado o rumor que Arquimedes teria descoberto o roubo, a trapaça do ourives usando água, algum escritor da época teria relatado o fato, e esse mesmo escritor, para acrescentar alguma coisa ao pouco que compreendera do rumor, teria dito que Arquimedes utilizara a água da forma que foi depois universalmente admitida. Porém, sabendo que tal método era completamente impreciso e desprovido de exatidão necessária no âmbito da matemática, fui várias vezes levado a me perguntar de que forma se poderia, utilizando água, descobrir de maneira precisa a composição da mistura dos dois metais; e depois de ter relido com cuidado o que Arquimedes demonstra em seus livros Sobre as coisas colocadas na água e Sobre o equilíbrio dos corpos, veio-me finalmente ao espírito uma forma extremamente precisa de resolver nossa questão. Acho, inclusive, que foi dessa maneira que Arquimedes procedeu, não apenas em virtude de que é exata, mas porque, além disso, depende de demonstrações feitas pelo próprio Arquimedes.”

Preparação

Antes da exibição do vídeo, sugerimos a você, professor, que assista ao vídeo antes para conhecê-lo. É importante assistir atentamente ao material. Atente-se para as questões e situações levantadas, onde ressalta-se inicialmente a versão contada por Vitruvius, método de volumes e que está amplamente presente nos livros didáticos e por fim, o vídeo apresenta a versão de Galileu com a Balança Hidrostática e a medida de pesos, envolvendo o conceito de empuxo. Cheque a qualidade da cópia e deixe a mídia preparada no ponto exato para a exibição.

Sem antecipar as situações do vídeo, pode instigar os alunos a pensarem sobre o tema da atividade com questionamentos, indicativos de pesquisa, sondagens a respeito do problema da coroa do rei Hierão. Como sugestão, apresenta-se uma ideia de construção de Mapas Conceituais antes da exibição do filme, tomando-se como base a pesquisa dos alunos, seja no livro didático, concepção espontânea ou consulta na rede mundial de computadores a respeito do tema tratado no vídeo/filme. Após a aplicação/exibição do vídeo, sugere-se que se retome a abordagem com Mapas Conceituais para que se discuta a incidência do poder desta mídia.

Os alunos podem ser acomodados de modo que trabalhem em grupos de três ou quatro pessoas. Desta forma pode ocorrer a efetiva interação dos alunos com o objeto e entre os próprios colegas do grupo. Os alunos devem ser instruídos a levarem material para anotação e cartolinas para confecção dos Mapas Conceituais.

Durante a atividade

Atente-se para as cenas mais importantes e anote-as para uma discussão posterior. É importante também observar as reações do grupo: como eles reagem à exibição do vídeo. Se necessário, pause a exibição do vídeo para esclarecer e discutir a(s) passagem(s) que julgar interessante(s).

Pode-se também propor uma tarefa aos alunos relacionada ao conteúdo do segmento do vídeo a que estão prestes a assistir (uma questão, uma pesquisa ou mesmo uma observação). Os alunos, por exemplo, deverão anotar as informações que foram solicitadas. Dessa forma, dois objetivos serão atingidos por meio desta atividade: primeiro, que os alunos prestem atenção durante o segmento, e, segundo, que estejam antenados às respostas que foram solicitadas.

Depois da atividade

Depois da exibição do vídeo, o professor pode rever os diálogos mais importantes ou que considere de difícil compreensão. Ou, se necessário, exibi-los uma segunda vez, chamando a atenção para determinados diálogos ou situações.

É importante que o grupo (professor e alunos) desenvolva uma discussão sobre o vídeo, destacando questões, dúvidas e comentários sobre a mídia.

Pode-se também resgatar a dinâmica em que os alunos refletem e escrevem inicialmente em uma folha e, após a aula sobre “o que aprenderam”, eles escreverão sobre algo novo que tenham aprendido com o vídeo. Podem ainda trocar a folha com os colegas para incentivar discussões e por fim a reunião de alunos em grupos para a confecção de Mapas Conceituais.

Avaliação

Avalie o efeito do segmento apresentado. Você pode perguntar aos seus alunos o que eles aprenderam, se o vídeo lhes forneceu ideias claras, se ficaram dúvidas ou, ainda, se eles gostariam de assistir a outros vídeos sobre a temática.

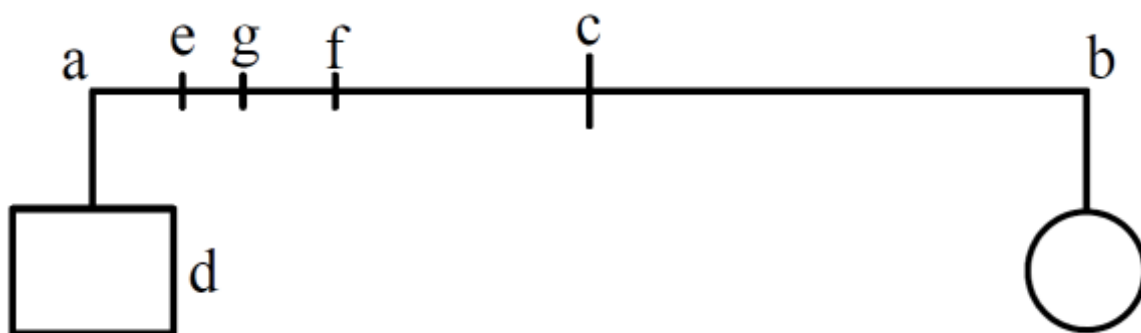
Sugerimos como possibilidade de avaliação a comparação dos Mapas Conceituais antes e depois da exibição do filme.

Em uma segunda abordagem avaliativa, o professor poderia solicitar que os alunos buscassem outras questões relevantes sobre o assunto trabalhado.

Atividade complementar

Como atividade complementar, sugere-se fazer a atividade da balança hidrostática. Voltando para a fala de Galileu: “Se suspendermos em uma balança um metal, e no outro braço um contrapeso que pese o mesmo que o dito metal no ar, e se mergulharmos água deixando o contrapeso no ar, para que esse contrapeso equilibre o metal será preciso deslocá-lo para o ponto de suspensão”. Seja por exemplo a balança ab , seja c o seu ponto de apoio (equilíbrio) e seja uma massa de um metal qualquer suspensa em b , e seja d o seu contrapeso. Mergulhemos o peso, ou seja, b , na água.

Figura 1: BALANÇA HIDROSTÁTICA



Fonte: Autor

O contrapeso em “a” pesará mais, sendo preciso, portanto, para que equilibre o peso, deslocá-lo para um novo ponto de apoio, digamos em e ; a distância ca será tantas vezes maior que a distância ae quanto o metal pesará mais que a água. Suponhamos então que o peso

colocado em “b” seja de ouro puro, e que, ao ser pesado na água, o contrapeso “d” esteja em “e”; e que, ao se fazer a mesma coisa com a prata pura, o contrapeso esteja em “f” quando se pesa a prata na água. O ponto “f” estará mais perto do ponto “c”, uma vez que a prata é menos pesada (densa) que o ouro, e a diferença que há entre a distância af e a distância ae, será a mesma que entre o peso do ouro e da prata.

Mas se tivermos uma mistura de ouro e prata, é claro que, uma vez que contém prata, pesará menos que o ouro puro; e que, uma vez que contém ouro, pesará mais que a prata pura. Assim, quando a pesarmos no ar, se quisermos que o mesmo contrapeso a equilibre quando mergulhada na água, será preciso deslocá-la para o ponto de apoio “c” mais próximo que “e”, que é o limite para o ouro puro, e mais longe que “f”, que é o limite para a prata pura; ela cairá entre os limites “e” e “f”, e a relação na qual a distância ef ficar assim dividida nos dará, muito igualmente, a proporção dos dois metais que constituem essa mistura.

Por exemplo, digamos que a mistura de ouro e prata esteja em “b”, equilibrada no ar pelo contrapeso “d”. Quando se pesa a mistura na água, esse contrapeso é deslocado para “g”. Digo então que o ouro e a prata, que constituem essa mistura, estão entre si na mesma relação que as distâncias fg e ge. Mas convém dizer que a distância gf, que termina na marca da prata, nos dará a quantidade de ouro, e que a distância ge, que termina na marca do ouro, nos dará a quantidade de prata; de modo que se fg é o dobro de ge, a mistura será de duas partes de ouro para uma de prata. Procedendo da mesma forma com outras misturas, encontraremos igualmente a quantidade de metais puros.

Para construir a balança, pega-se uma régua com mais ou menos 3 metros de comprimento e quanto mais comprida for, mais preciso será o instrumento. Divide-se ao meio, onde será o ponto de apoio (c). Sobre um dos braços (lados) da régua marque os pontos onde se encontram os contrapesos dos metais puros quando pesados na água, tendo o cuidado de fazer as pesagens com os metais mais puros que puder encontrar. Feito isso, resta encontrar a maneira de conhecer a proporção na qual as distâncias entre as marcas dos metais puros serão divididas pelas marcas das misturas. Ao meu ver, proceder-se-á da seguinte forma: enrola-se um fio de aço muito fino sobre as marcas dos metais puros; nos intervalos entre as marcas, enrola-se um fio de latão puro e muito fino: os intervalos serão divididos em um grande número de partes iguais.

Por exemplo, rodeiam-se as marcas “e” e “f” com dois fios de aço, isso para distingui-las do latão; preenche-se em seguida todo o espaço entre “e” e “f” enrolando-se um fio de latão muito fino, que dividirá a distância ef em numerosas partes iguais. Quando eu quiser depois conhecer a relação entre fg e ge, contarei os fios sobre fg e sobre ge, e se achar que há 40 fios sobre fg e 21 fios sobre ge, por exemplo, direi que, nessa mistura, há 40 partes de ouro para 21 partes de prata. Convém apontar aqui uma dificuldade na contagem: pois como os fios devem ser bem finos, o que é necessário à precisão, não é possível, às vezes, contá-los a olho nu, pois o olho se perde em espaços tão pequenos.

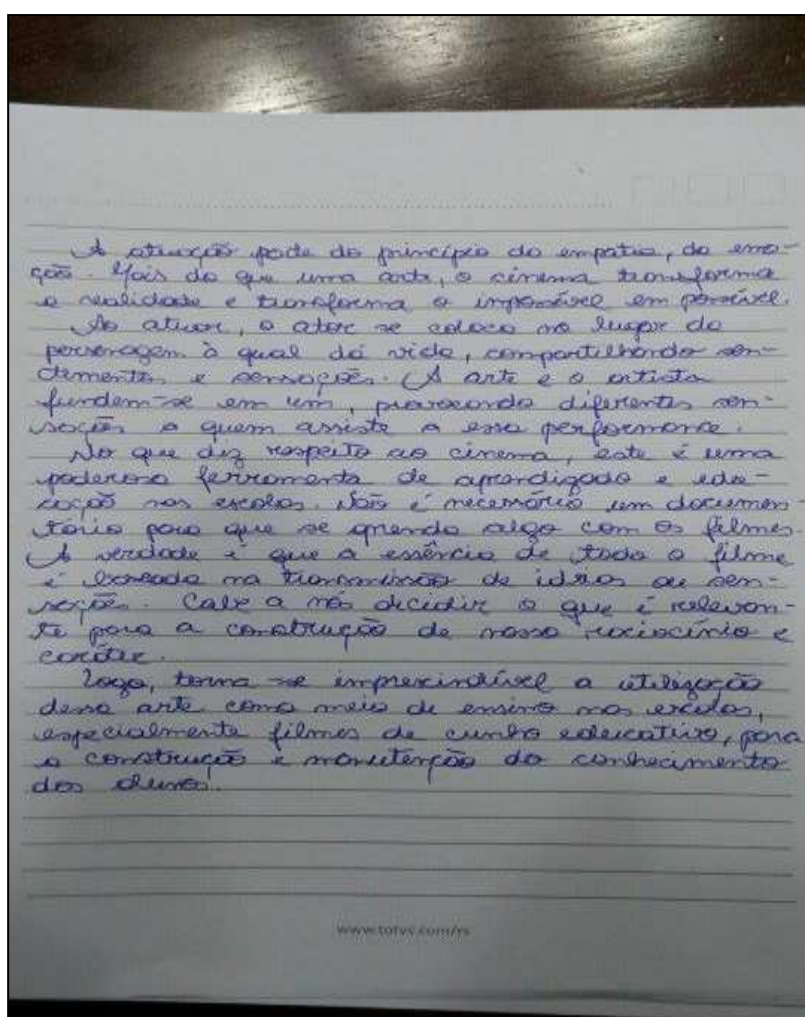
Logo, para contar com precisão, pegue um estilete muito fino, com o qual se percorre bem lentamente a distância sobre os fios, de modo que, tanto pelo ouvido como pela resistência que a mão sente a cada fio, contar-se-ão facilmente os fios. Contando-se dessa maneira obtém-se da forma descrita a exata quantidade dos metais puros de que é composta a mistura. A assinalar, porém, que os componentes correspondem reciprocamente às distâncias; por exemplo, numa mistura de ouro e prata, os fios do lado da marca da prata nos darão a quantidade de ouro, e os do lado da marca do ouro nos darão a quantidade de prata. O Mesmo deve ser entendido para outras misturas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Turma de terceiro ano do Ensino Médio

Após a produção do filme, pelos alunos concluintes de ensino médio (terceira série), houve a solicitação da confecção de um texto, individual, onde os alunos deveriam expressar o significado, a emoção, o sentimento de atuar e a aprendizagem ao participar de uma produção dessa ordem artística, histórica e conceitual. Um exemplo disso são os textos relacionados, e analisados, na sequência.

Figura2: TEXTO 1



Fonte: Autor

Fazendo a transcrição do texto anterior (texto 1).

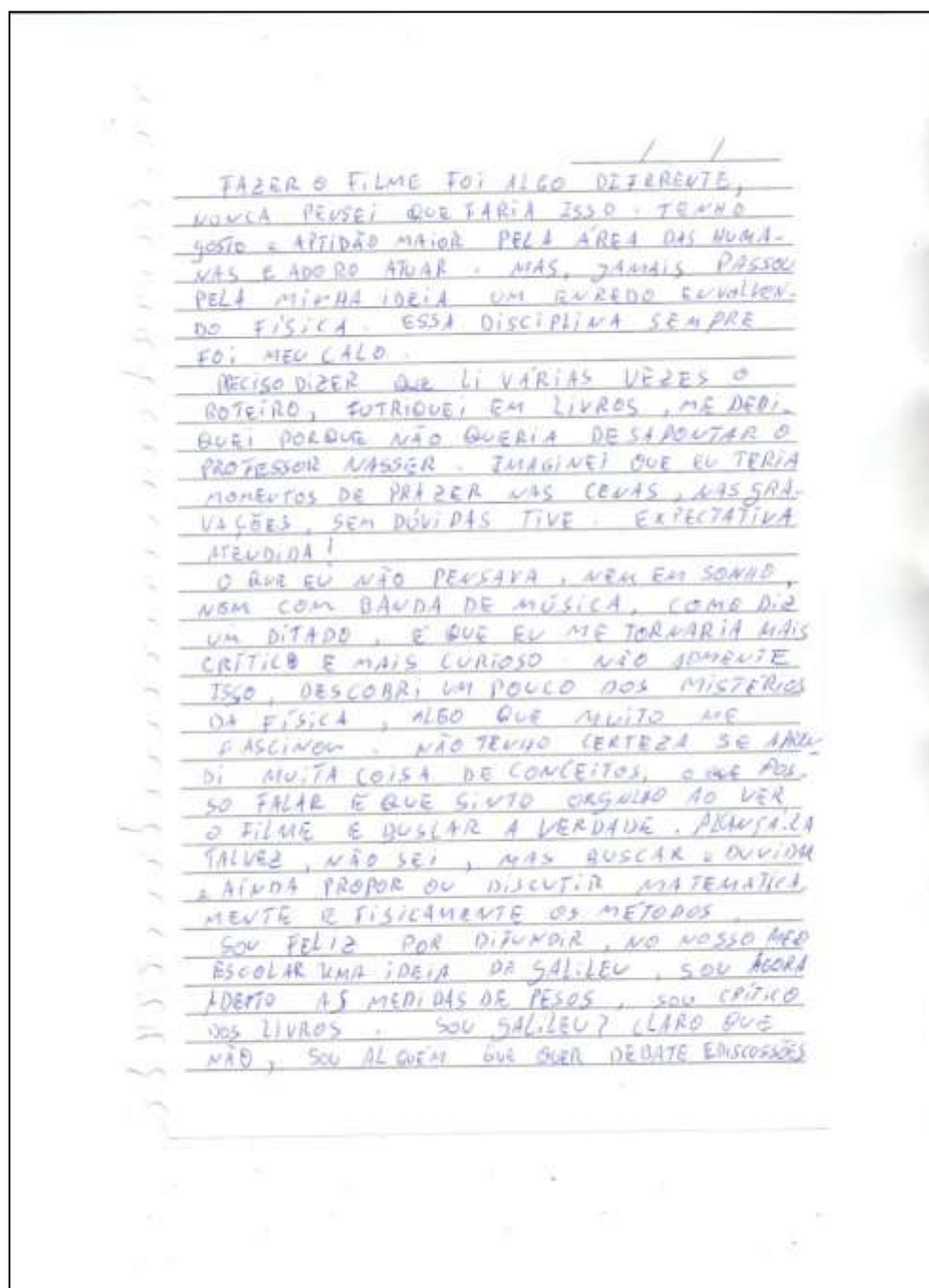
“A atuação parte do princípio da empatia, da emoção. Mais do que uma arte, o cinema transforma a realidade e transforma o impossível em possível. Ao atuar, o ator se coloca no lugar do personagem à qual dá vida, compartilhando sentimentos e sensações. A arte e o artista fundem-se em um, provocando diferentes sensações a quem assiste a essa performance. No que diz respeito ao cinema, este é uma poderosa ferramenta de aprendizado e educação nas escolas. Não é necessário um documentário para que se aprenda algo com os filmes. A verdade é que a essência de todo o filme é baseada na transmissão de ideias ou sensações. Cabe a nós decidir o que é relevante para a construção de nosso raciocínio e caráter. Logo, torna-se imprescindível a utilização dessa arte como meio de ensino nas escolas, especialmente filmes de cunho educativo, para a construção e manutenção do conhecimento dos alunos!”

Nota-se no texto (1), uma manifestação em prol da aplicação da arte, da produção de filmes educativos para a difusão de conhecimentos. O aluno diz ainda que o cinema transforma o impossível em possível, que há fusão entre arte e artista, provocando muitas sensações e sentimentos, além disso, o aluno pinça uma característica importante desse tipo de produto, as sensações diferentes nas pessoas que assistem, desencadeando quem sabe um debate, uma discussão daquilo que está sendo posto, e isso pode provocar uma busca incansável pela verdade.

O texto que segue (texto 2), apresenta um aspecto de dedicação, leitura e pesquisa tão necessárias nesse tipo de produção. O aluno elenca no final de seu texto o debate e a discussão como seus desejos, que parecem ter sido aguçados por sua participação no filme. Ressalva a satisfação em fazer esse tipo de produto, além de ter aumentado seu contato com livros e com a disciplina de Física, que era ou é uma dificuldade para ele, como o mesmo refere. Na escrita do aluno, verifica-se, ainda que de forma superficial, a troca de sua ideia de medidas de volumes para as medidas de pesos, muito enfatizada no filme, no roteiro e nas

pesquisas desenvolvidas. No texto, o aluno diz que não imaginava, mas tornou-se mais crítico, curioso e satisfeito por ter descoberto um pouco dos mistérios da Física.

Figura 3: TEXTO 2.



Fonte: Autor

Fazendo a transcrição do texto anterior (texto 2)

“Fazer o filme foi algo diferente, nunca pensei que faria isso. Tenho gosto e aptidão maior pela área das humanas e adoro atuar. Mas, jamais passou pela minha ideia um enredo envolvendo Física. Essa disciplina sempre foi meu calo.

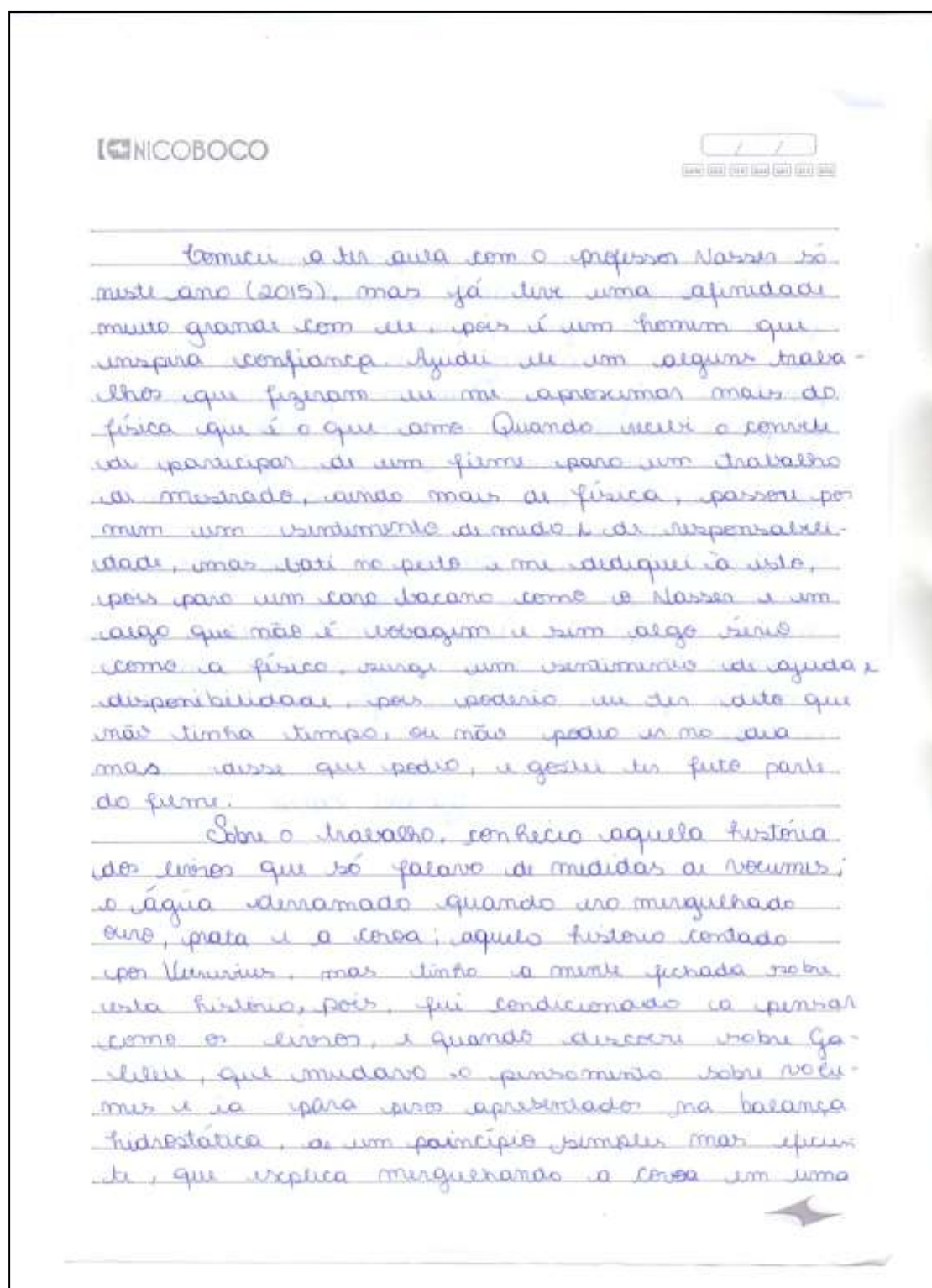
Preciso dizer que li várias vezes o roteiro, futriquei em livros, me dediquei porque não queria desapontar o professor Nasser. Imaginei que eu teria momentos de prazer nas cenas, nas gravações, sem dúvidas tive. Expectativa atendida!

O que eu não pensava, nem em sonho, nem com banda de música, como diz um ditado, é que eu me tornaria mais crítico e mais curioso, não somente isso, descobri um pouco dos mistérios da Física, algo que muito me fascinou. Não tenho certeza se aprendi muita coisa de conceitos, o que posso falar é que sinto orgulho ao ver o filme e buscar a verdade. Alcançá-la talvez, não sei, mas buscar e duvidar e ainda propor ou discutir matematicamente e fisicamente os métodos.

Sou feliz por difundir, no nosso meio escolar uma ideia de Galileu, sou agora adepto as medidas de pesos, sou crítico dos livros. Sou Galileu? Claro que não, sou alguém que quer debate e discussões.”

Na sequência da análise de textos da turma de terceira série do ensino médio, tem-se um texto (texto 3) onde os significados conceituais se mostram mais densos, mais fecundos e bem descritos. Ocorre uma excelente explicação da atividade da balança hidrostática, o aluno faz uma descrição do método idealizado por Galileu e defendido no filme. O aluno diz que ama a Física e participar do filme despertou, segundo o mesmo, medo e responsabilidade. Ao encarar o desafio, parece, além de ter conhecido uma nova visão de solução do problema da coroa do rei Hierão, ter entendido muito bem o método defendido na produção do filme. Surgiu ainda, de acordo com o aluno, um sentimento de ajuda e disponibilidade.

Figura 4: TEXTO 3



Continuação do TEXTO 3



Apende a a massa de ouro / prata um outro
 Bateria densidade da prata é menor do
 que a de ouro, Galileu, quando botou uma mas-
 sa de ouro na balança mediu e marcou o seu
 pendente de equilíbrio. O mesmo foi feito com a
 de prata, também com o mesmo peso. Se a
 coisa fosse totalmente de ouro, iria ficar no
 pendente marcado pelo ouro, quando colocada na
 balança, mas como era uma mistura ficou entre
 os pontos marcados pelo ouro e pelo prata, e
 contando os pontos da massa de ouro até a
 massa de prata sabendo onde a coisa estava
 marcado, poderia medir a proporção (percen-
 agem) de quanto material foi usado na com-
 paração da coisa

Fonte: Autor

Fazendo a transcrição do texto 3

“Comecei a ter aula com o professor Nasser só neste ano (2015), mas já tive uma afinidade muito grande com ele, pois é um homem que inspira confiança. Ajudei ele em alguns trabalhos que fizeram eu me aproximar mais da Física que é o que eu amo. Quando recebi o convite de participar de um filme para um trabalho de mestrado, ainda mais de Física, passou por mim um sentimento de medo e de responsabilidade, mas bati no peito e me dediquei a isto, pois para um cara bacana como o Nasser e em algo que não é bobagem e sim algo sério como a Física, surge um sentimento de ajuda e disponibilidade, pois poderia eu ter dito que não tinha tempo, ou não podia ir no dia, mas disse que podia, e gostei ter feito parte do filme.

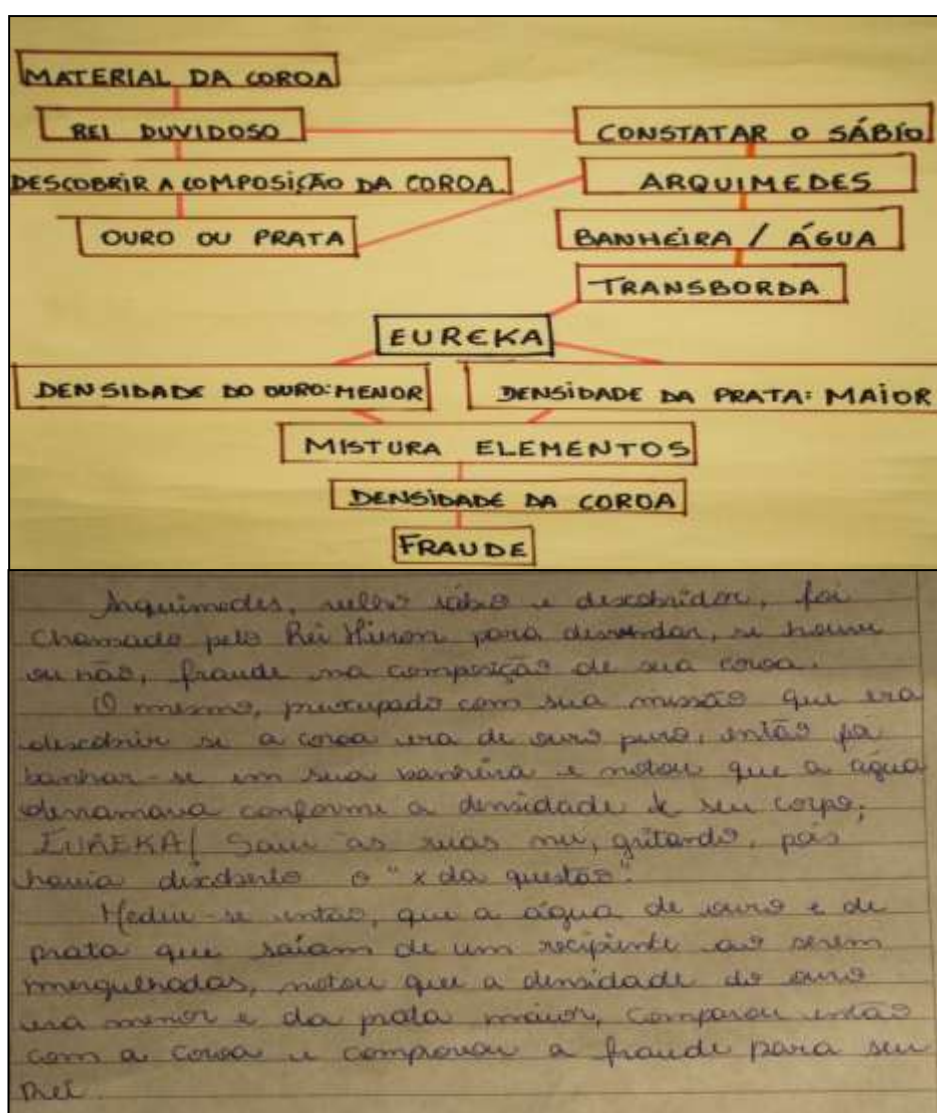
Sobre o trabalho, conhecia aquela história dos livros que só falava de medidas de volumes, a água derramada quando era mergulhado ouro, prata e a coroa, aquela história contada por Vitruvius, mas tinha a mente fechada sobre esta história, pois, fui condicionado a pensar como os livros, e quando descobri sobre Galileu, que mudava o pensamento sobre volumes e ia para pesos apresentados na balança hidrostática, de um princípio simples, mas eficiente, que explica mergulhando a coroa em uma ponta e a massa de ouro/prata em outra.

Como a densidade da prata é menor do que a do ouro, Galileu, quando botou uma massa de ouro na balança, mediu e marcou o seu ponto de equilíbrio. O mesmo foi feito com a massa de prata, também com o mesmo peso. Se a coroa fosse totalmente de ouro, iria ficar no ponto marcado pelo ouro, quando colocada na balança, mas como era uma mistura ficou entre os pontos marcados pelo ouro e pela prata, e contando os pontos da massa de ouro até a massa de prata. Parando onde a coroa estava marcado, poderia medir a proporção (porcentagem) de quanto material foi usado na comparação da coroa.”

6.2 Turma de segundo ano do Ensino Médio

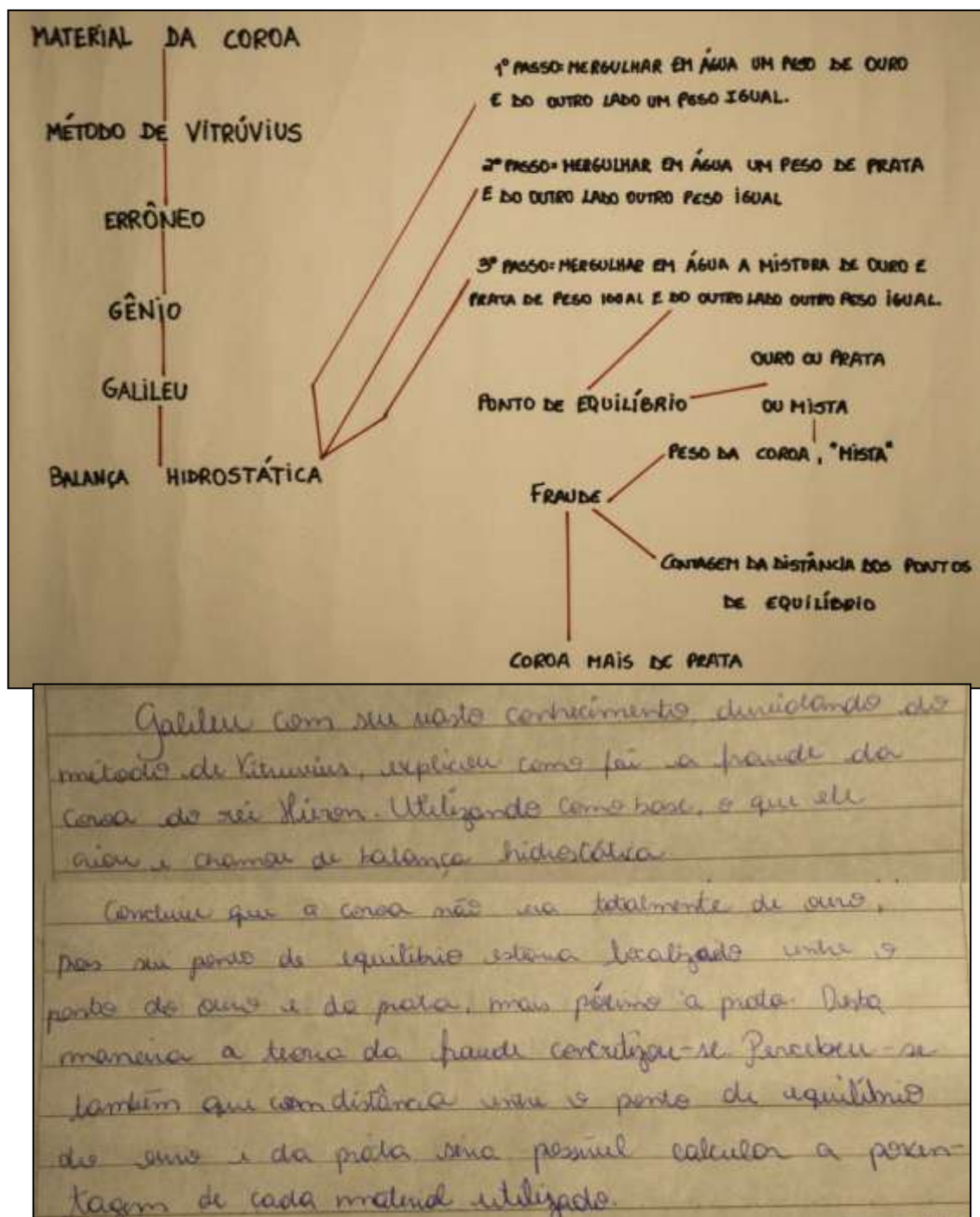
Como forma de avaliar o poder da mídia, do produto aplicado (filme), foi feita a proposta da produção de mapas conceituais para analisar se houve alguma mudança na organização no pensamento do aluno. Na sequência, estão listadas algumas produções de Mapas Conceituais escolhidas aleatoriamente dos alunos e seus registros, para uma turma de 20 alunos da segunda série do Ensino Médio, tomadas em pares, aleatoriamente algumas produções o antes e o depois da aplicação do produto (filme produzido).

Figura 5: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 1, ANTES DO FILME.



Fonte: Autor

Figura 6: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 1, DEPOIS DO FILME.



t

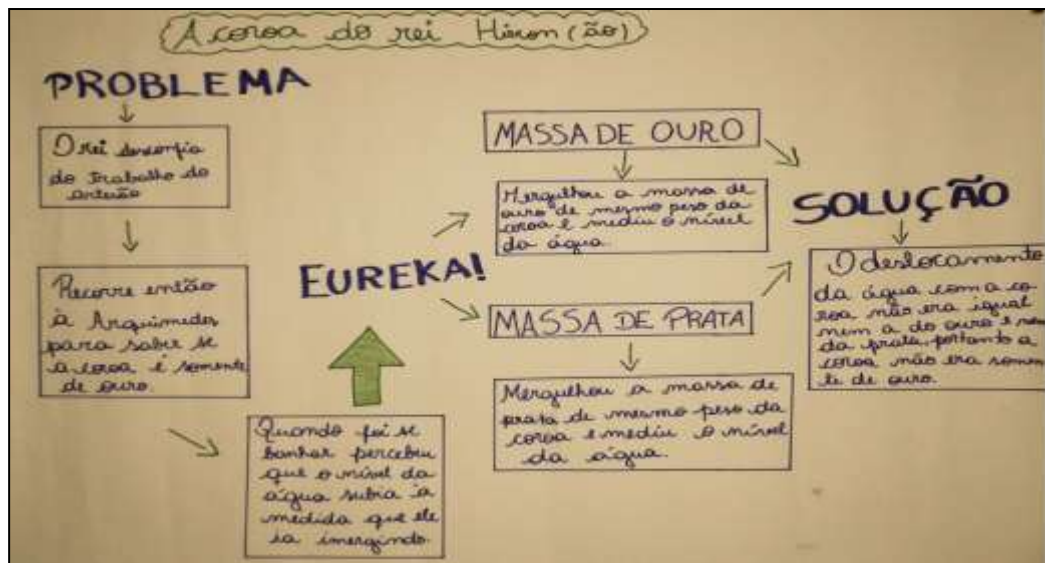
or

No primeiro mapa do aluno 1, (Figura 5), observa-se nitidamente, que o aluno aponta a solução do problema da coroa do Rei Hierão pelas medidas de volumes derramados, do ouro, da prata e da coroa. O aluno ainda relata a história que Arquimedes teria saído correndo pelado pelas ruas gritando “Eureka Eureka”. O que o aluno cita, é basicamente a história contada nos livros didáticos, as medidas de volumes derramados de ouro, prata e da coroa não eram iguais, indicando que a densidade da coroa não era igual à densidade do ouro, logo a coroa tinha uma mistura de prata, falsificada, portanto.

Já no segundo mapa (Figura 6), é possível observar uma mudança significativa na reorganização da estrutura cognitiva do aluno, característica no processo de reconciliação interativa, que de acordo com Ausubel (1968) acontece quando no curso da aprendizagem significativa, elementos iniciais existentes na estrutura cognitiva (subsunçores) com certo grau de diferenciação passam a ser vistos de forma relacionada, adquirindo novos significados, que antes não eram perceptíveis. Ainda pela descrição dos passos relacionados pelo aluno, nota-se a ideia da medida de pesos, método da balança hidrostática idealizada por Galileu, fortemente presentes no mapa conceitual 2. O relato passa a ser do conceito de peso, medido com as quantidades iguais de ouro, prata e coroa, mergulhados na água e aferidos pela balança hidrostática, solução proposta por Galileu enfatizada no filme.

Os próximos dois mapas referem-se ao aluno 2. O primeiro antes da exibição do filme e o segundo depois da exibição.

Figura 7: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 2, ANTES DO FILME..



A coroa do rei Hieron

Problema: O rei Hieron desconfia que o ourto que confeccionou sua coroa, tinha misturado prata e não somente ouro, ficando com a parcela do ouro não utilizada.

Arquimedes: O rei então, vai até Arquimedes e pede que ele tente resolver seu problema por meio do conhecimento que possui.

Eureka!!! Quando foi se banhar Arquimedes percebeu que a medida que ele entrava no banheira a água subia mais.

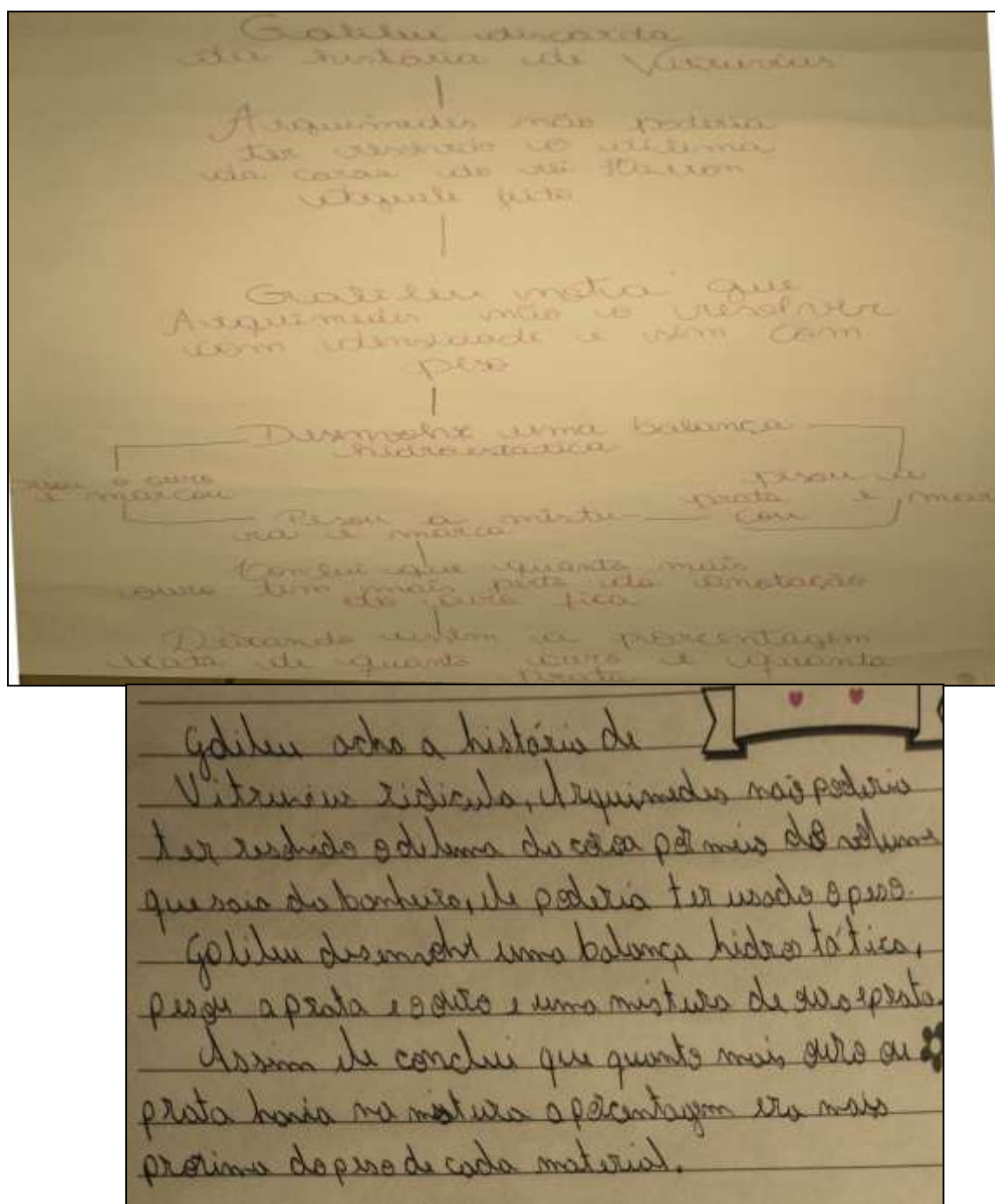
A coroa: Arquimedes então deduz que o mesmo aconteceria com a coroa, mergulhá-la em um recipiente e medir quanto a água subia.

- **Massa de ouro:** Mergulha uma massa de ouro com o mesmo peso da coroa em um recipiente e mensuramos a medida o deslocamento da água.
- **Massa de prata:** Mergulha a massa de prata com o mesmo peso da coroa e tenta a medir o deslocamento da água.

Solução: Percebeu que o deslocamento da água com a coroa não era igual nem a do ouro e nem da prata, por tanto a coroa havia uma mistura das duas metais. Ou seja o rei foi enganado pelo ourto.

Figura 8:
MAPA
CONC
EITUA
L 2,
DO
ALUN
O 2,
DEPOI

S DO FILME.



Fonte: Autor

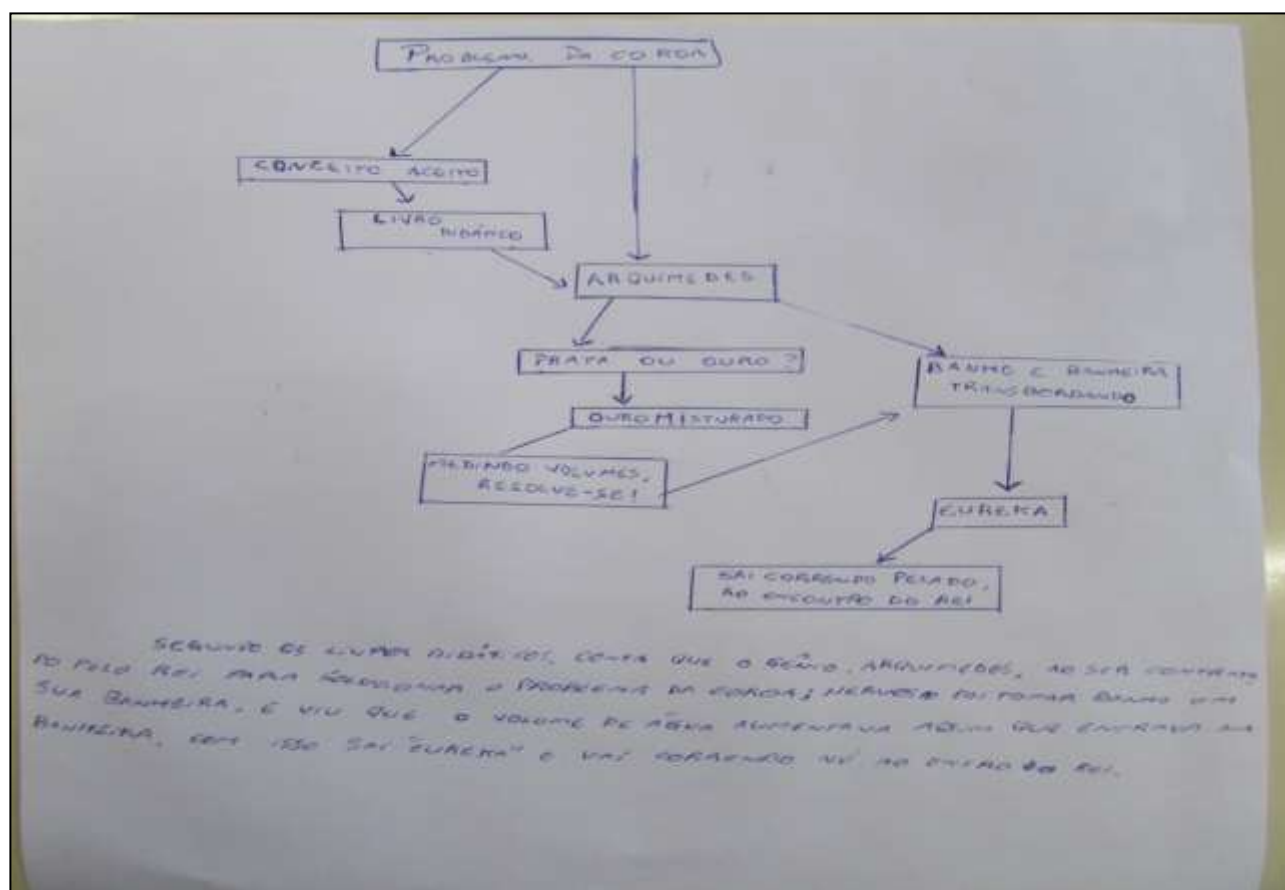
Nota-se a presença marcante da história que foi contada por Vitruvius, no mapa 1 do aluno 2 (figura 7) que perdura até os dias de hoje, apresentando a solução do problema da

coroa do rei Hierão com o método da medida de volumes. Ressalta a pressão, provavelmente sofrida por Arquimedes, para que resolvesse o problema. Faz uso do mesmo termo que os livros didáticos trazem (Eureka) e salienta que Arquimedes percebe os diferentes níveis de volumes quando mergulha a mesma massa de ouro, prata e coroa.

Em um segundo momento, após a exibição do filme, é possível detectar algum significado da aplicação do produto, filme produzido, de acordo com a proposta de Galileu, como possível solução encontrada por Arquimedes para o mesmo problema supracitado.

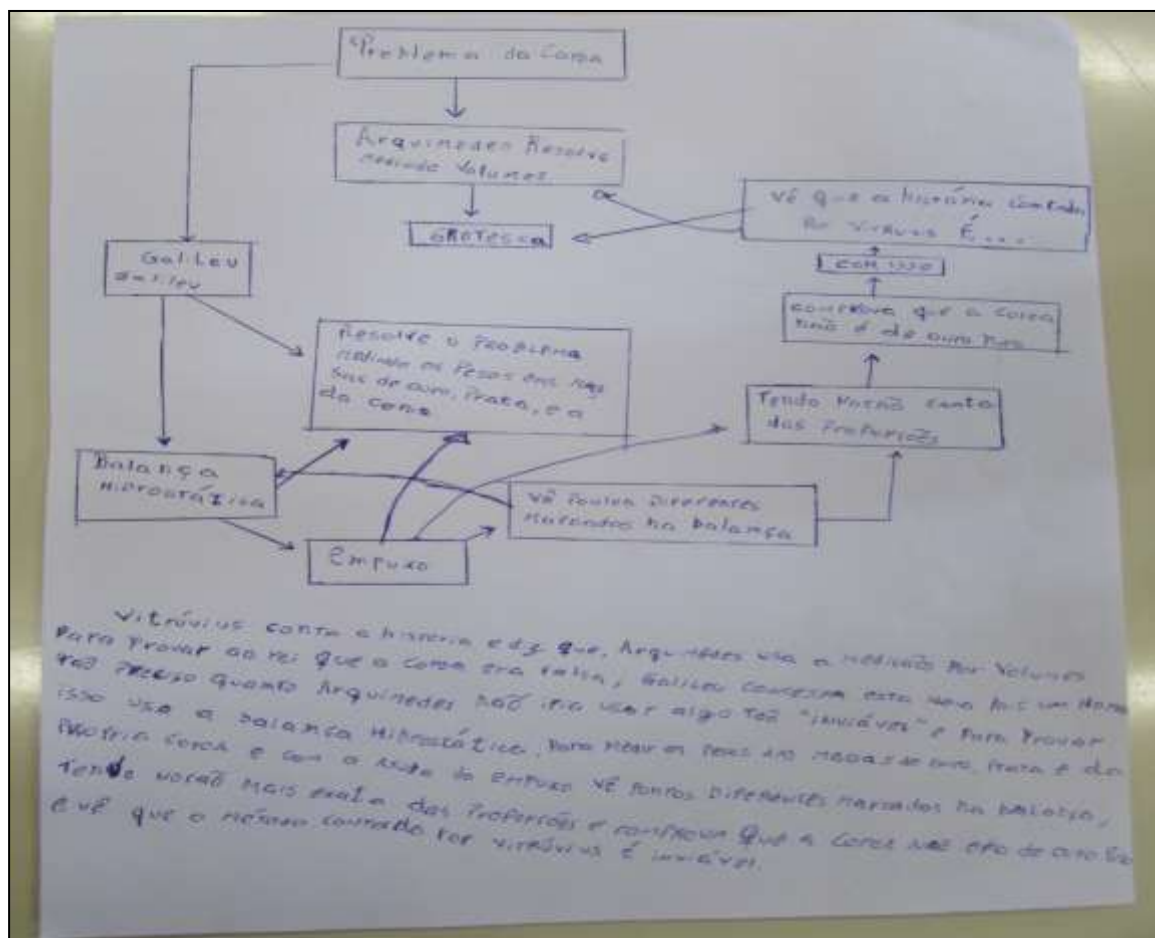
Após o filme, no mapa conceitual 2 do aluno 2, nota-se alguma mudança conceitual, sobretudo quanto ao método utilizado e, especialmente, a troca da análise de volumes pela análise de pesos. Há um indicativo de diferenciação dos desenvolvimentos (métodos) usados por Vitruvius e Galileu quando o aluno diz que Arquimedes “pesou” na balança hidrostática massas idênticas de ouro, prata e coroa. Ressalta também, que o método da medida de volumes apresenta erro, na descrição a respeito do mapa, o aluno cita o método divulgado por Vitruvius como ridículo.

Figura 9: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 3, ANTES DO FILME.



Fonte: Autor

Figura 10: MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 3, DEPOIS DO FILME.



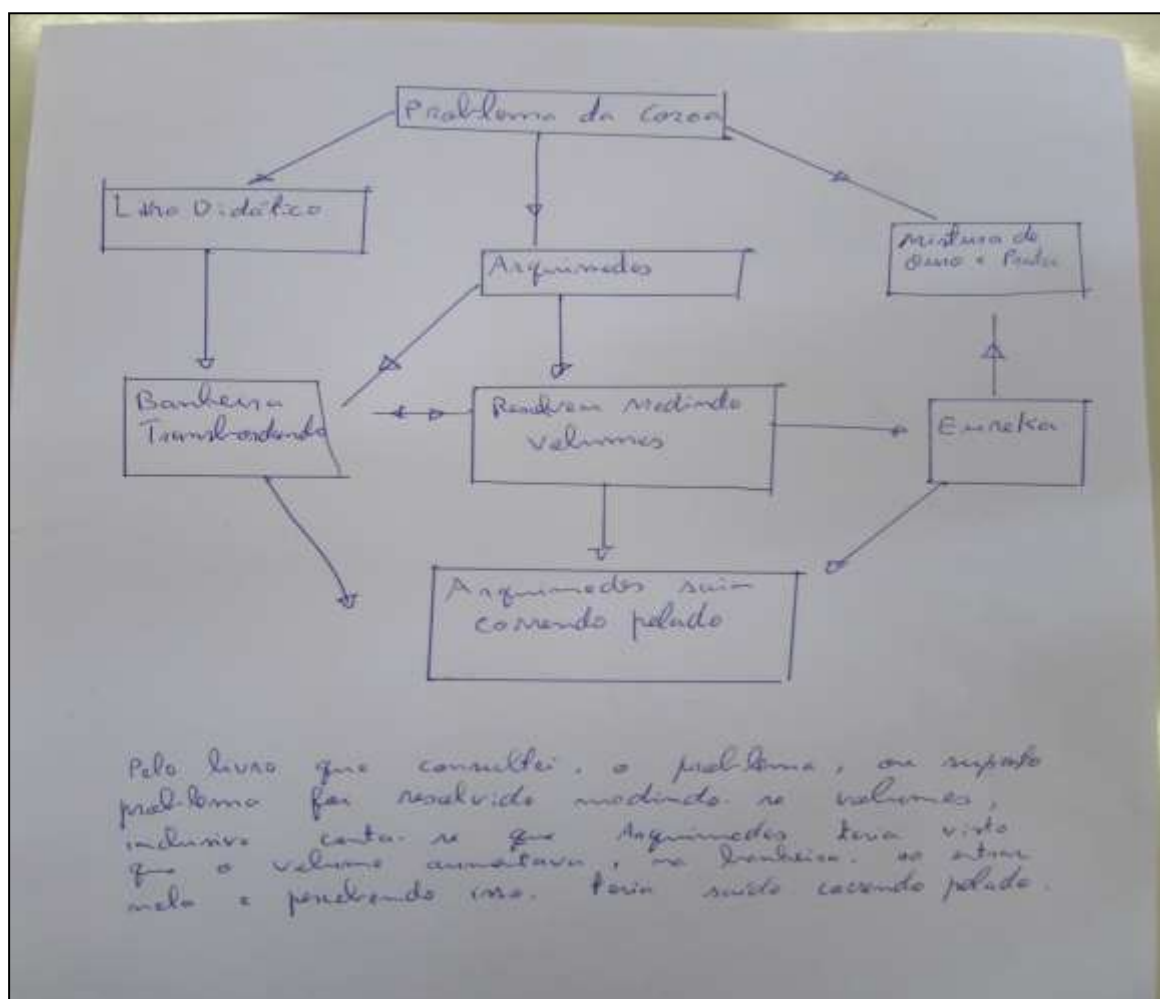
Fonte: Autor

Na figura 9, mapa conceitual 1 do aluno 3, temos a descrição dos livros didáticos, na própria explicação do referido aluno. Logo abaixo do Mapa há a citação da presença conceitual de medidas de volumes nos livros didáticos. Relata com algum detalhe outro aspecto bem acentuado nos livros didáticos, que foi tomando banho em uma banheira que Arquimedes teria tido a ideia para resolver o problema da coroa do rei Hierão, e depois disso, teria saído correndo pelado pela rua.

Já na figura 10, mapa conceitual 2 do aluno 3, vê-se a mudança conceitual para a medida de pesos, o uso da balança hidrostática e ligações cruzadas entre conceitos e método empregado. Na escrita do aluno 3 após seu mapa conceitual, fica nítida a precisão do método

da balança hidrostática, destacando as medidas (pesos) de pontos de equilíbrio para cada massa igual de ouro, prata e da coroa aferidos na balança hidrostática. No Mapa Conceitual da figura 10 nota-se explicitamente o empuxo associado com a balança hidrostática. O empuxo para cada massa igual (ouro, prata e coroa) não é o mesmo, uma vez que as densidades desses elementos não são iguais, então, para cada massa igual, existe um volume diferente. Como esses materiais eram mergulhados completamente em água, deslocavam volumes diferentes, sofriam empuxos diferentes e tinham pontos de equilíbrio diferentes. Essa foi a grande percepção do método proposto por Galileu, bem pinçado pelo aluno 3, dando ideia de uma diferenciação. Depois, na escrita do aluno, abaixo do mapa conceitual, pode-se perceber um ajuste conceitual se valendo do empuxo e da balança hidrostática, justificando, de acordo com o filme, apoiado pelo pensamento de Galileu, um método fisicamente viável.

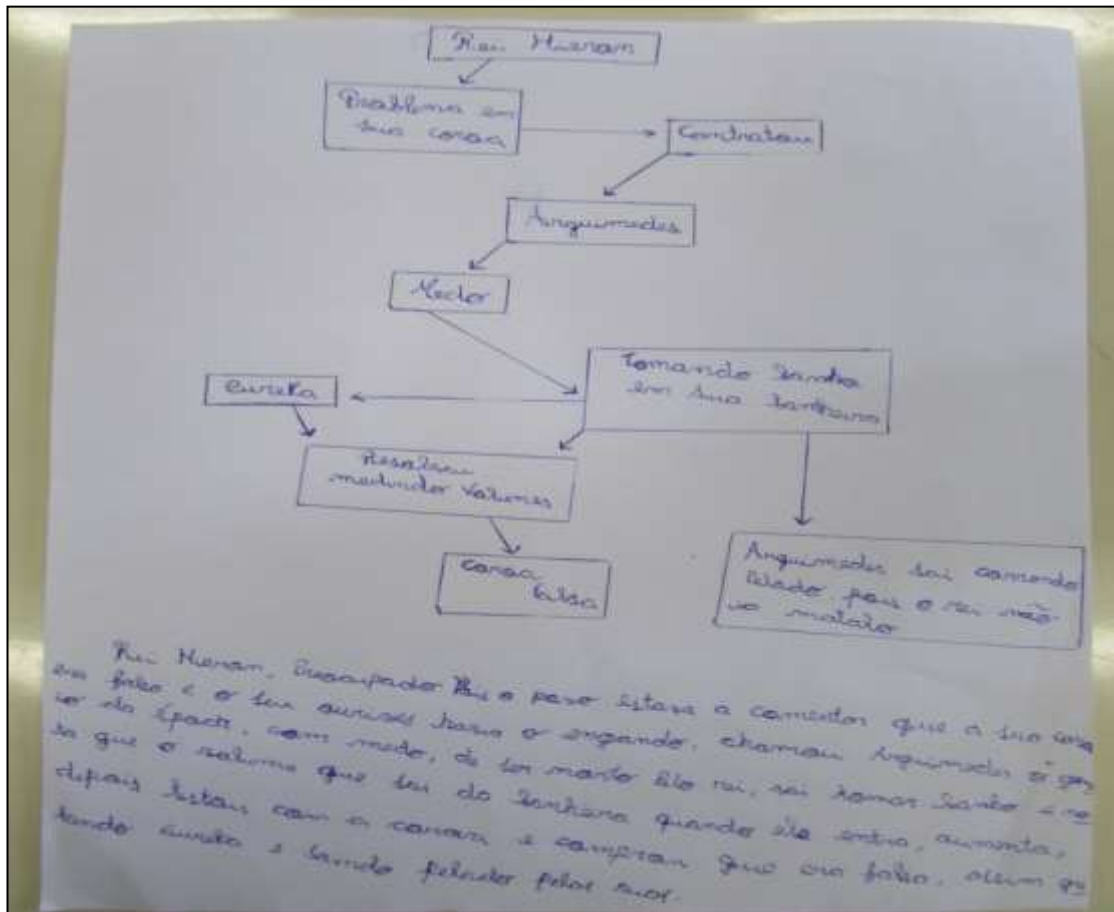
Figura 11: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 4, ANTES DO FILME..



Fonte: Autor

Nota-se na figura 11, mapa conceitual 1 do aluno 4, mais uma vez a medida de volumes como solução para o problema da coroa. Na citação do aluno 4, após o mapa conceitual, fica claro a consulta em um livro didático para a construção conceitual. Por isso, o mesmo repete elementos de outros alunos, com forte alusão à história contada nos livros didáticos de Física, com medidas de volume, banheira transbordando e Arquimedes correndo pelado. Logo em seguida, no mapa conceitual 2 do aluno 4 (figura 12) tem-se elementos de falas que o filme produzido enfatiza, como: rei exibido e coroa dos deuses. Também se verifica a presença do método exaltado no filme (balança hidrostática), os conceitos de peso e empuxo e não de volume e ainda vale destacar, no Mapa, a presença de algumas palavras/termos de ligação como: com, com uso e descobre. Também se nota termos utilizados no filme, como “Coroa dos Deuses”, e destaca-se no mapa conceitual 2, do aluno 4, a expressão “rei exibido”, muito enfatizado no filme. Na escrita desse aluno fica evidente o conceito de empuxo e medida de pesos aparentes, além do mais, o mesmo aluno cita Galileu como um contestador de autoridade livresca (elemento de fala mencionado no filme) e termina escrevendo que lhe fascina a ideia do contraponto.

Figura 13: MAPA CONCEITUAL 1, DO ALUNO 5, ANTES DO FILME.

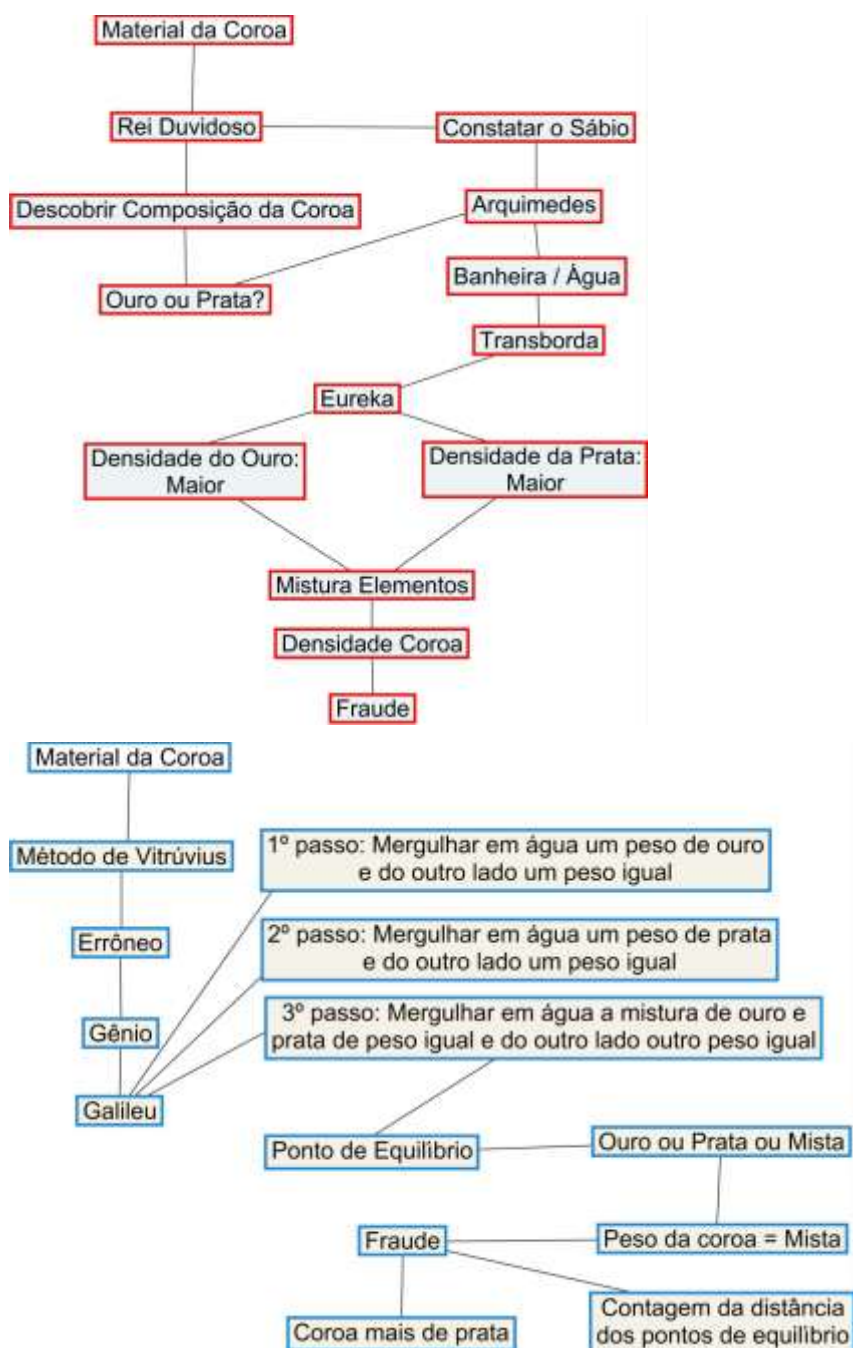


14: MAPA CONCEITUAL 2, DO ALUNO 5, DEPOIS DO FILME.

descreve seu mapa, o aluno 5 faz diferenciação dos métodos, cita o filme, afirma ter gostado da solução proposta nesse recurso didático e sinaliza que vai pesquisar sobre o tema para tirar conclusões definitivas.

Na sequência deste trabalho, fez-se uma comparação dos Mapas construídos pelos alunos elencados anteriormente, em um mesmo plano, para uma comparação, relação e análise mais específica. Abaixo, foi feita a transcrição dos mapas do aluno 1, antes e depois da apresentação do filme. Os retângulos vermelhos representam a descrição do Mapa Conceitual antes da apresentação do filme e o Mapa Conceitual com retângulos azuis representa a construção após a apresentação do filme.

Figura 15: COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 1.



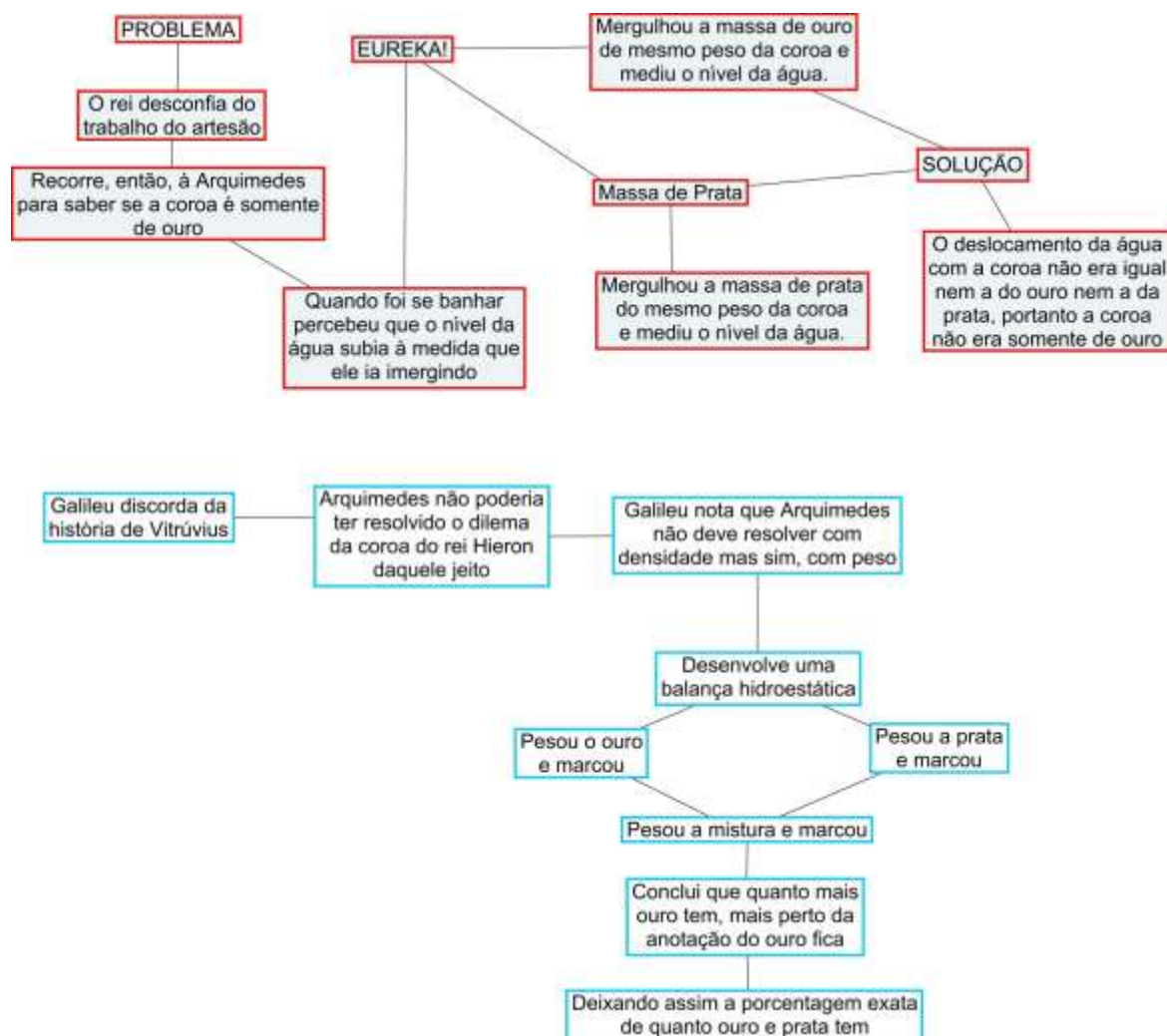
Fonte: Autor

Nota-se que o problema da coroa, como Galileu imaginou, foi resolvido com água, mas existe o contraponto de Galileu a Vitruvius, ou seja, medidas de peso contra medidas de volumes. Nos retângulos em vermelho, tem-se a solução proposta por Vitruvius com água transbordando e nos retângulos em azul, tem-se a solução proposta por Galileu com medidas

de pesos. O termo “Heureca”, ou como cita o Mapa Conceitual antes da apresentação do filme, em vermelho, Eureka, o termo máximo da fábula contada por Vitruvius (Teria Arquimedes saído correndo pelado da banheira gritando “Achei Achei”, ou, em grego, “Heureca Heureca”). No Mapa Conceitual com retângulo azul, depois da exibição do filme, o aluno cita “Ponto de Equilíbrio” para medidas de pesos, fazendo referência ao método proposto por Galileu. Tem-se nessa comparação, Mapas em vermelho e azul, o mesmo ponto de partida (Material da coroa), concordam que houve “fraude”, o Mapa em vermelho descreve seguindo a linha conceitual de volume de água (utilizando a banheira), enquanto que o Mapa em azul descreve a linha conceitual do peso (ponto de equilíbrio) ambas as construções conceituais partem de um conceito ou problema mais geral (inclusivo) para conceitos mais específicos (água, transbordamento, densidades, pesos, pontos de equilíbrio), dando ideia de diferenciação progressiva nos dois casos, cada um descendo através de dois métodos diferentes (Vitruvius e Galileu). Não se observa no Mapa Conceitual do aluno 1 a reconciliação integrativa, mesmo que haja elementos do Mapa Conceitual em azul deixando nítido que os elementos menos inclusivos acusem os erros do método de Vitruvius e discrepâncias não se tem densidade conceitual para a reconciliação.

A seguir, colocamos na mesma sequência de cores, vermelho e azul, representando os Mapas Conceituais feitos, pelo aluno 2, antes e depois da exibição do filme.

Figura 16: COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 2.



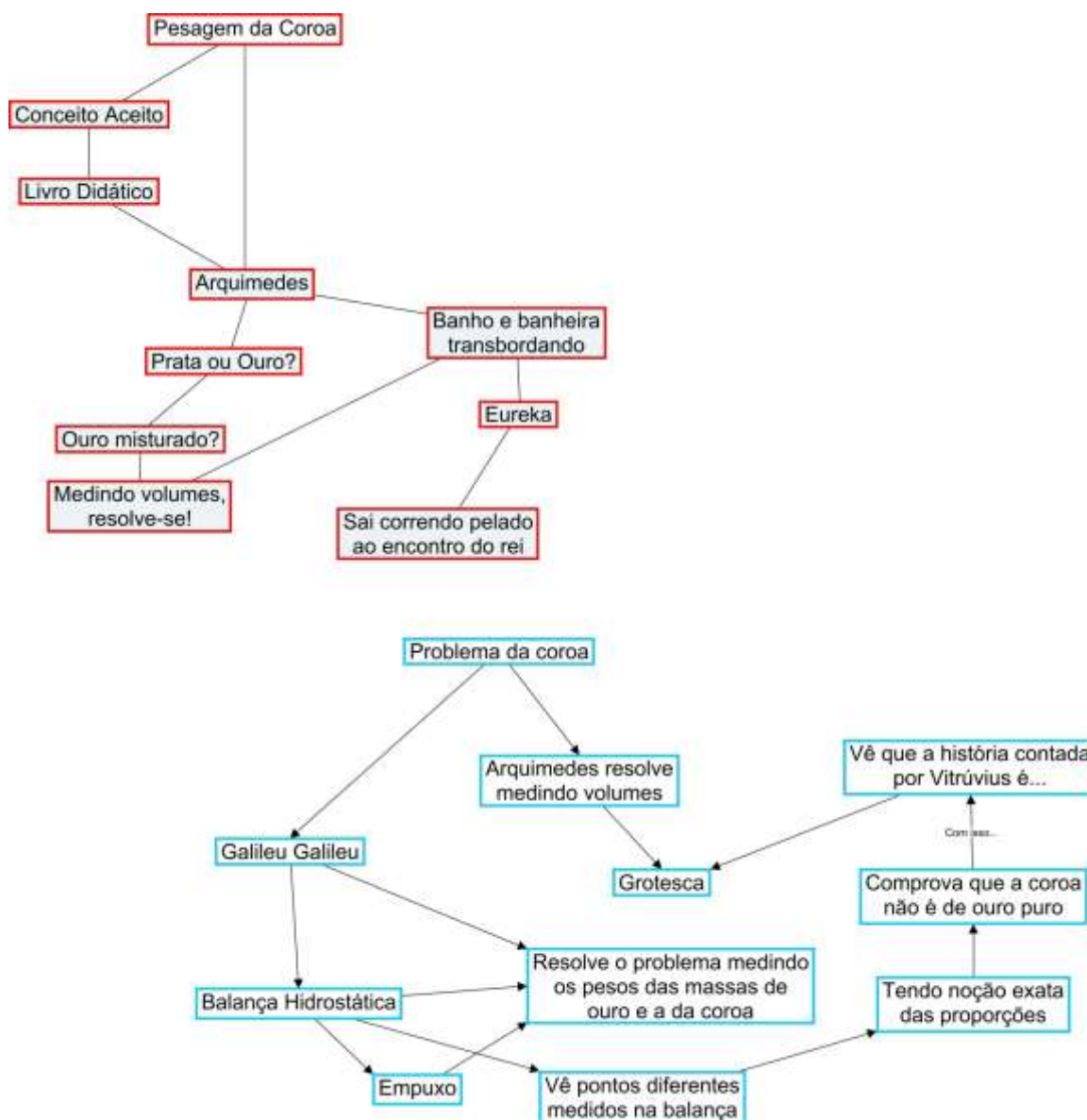
Fonte: Autor

Neste caso de comparação ocorre, em vermelho, toda a descrição do método propagado por Vitruvius, desde a desconfiança do rei a respeito do material usado na coroa, a busca por Arquimedes, a solução com deslocamento de água na banheira (medidas de volumes) até o grito de Heureka! No “novo” Mapa Conceitual (retângulos azuis), após o filme, há claramente a discordância de Galileu em relação ao método de Vitruvius. O Mapa troca o viés da solução para pesos e não volumes e aparece o elemento “balança hidroestática”, instrumento que Galileu imaginou e idealizou para a solução do problema da coroa do rei. No Mapa Conceitual em azul, que descreve o método de Galileu aparece ainda a exatidão dessa proposta através da possibilidade de se estimar com precisão as porcentagens das substâncias que compõem a joia do rei. Nessa comparação dos Mapas do aluno 2, vê-se que não partem

do mesmo ponto, mas desenvolvem diferenciações progressivas, cada um (vermelho e azul) de acordo com seu método (Vitruvius e Galileu) e seus elementos (deslocamento de água e medidas de pesos). As diferenciações nos Mapas do aluno 2 passam por problema da coroa, medida do nível da água, balança hidrostática, peso e porcentagem. Ainda não se vê claramente a reconciliação integrativa, mesmo que haja discordância entre os métodos, não se tem elementos conceituais a ponto de uma reconciliação integrativa.

Agora, apresenta-se na mesma ordem, retângulos vermelhos para o Mapa Conceitual do aluno 3 antes da apresentação do filme e retângulos azuis para o Mapa Conceitual feito após o aluno ter assistido o filme.

Figura 17: COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 3.



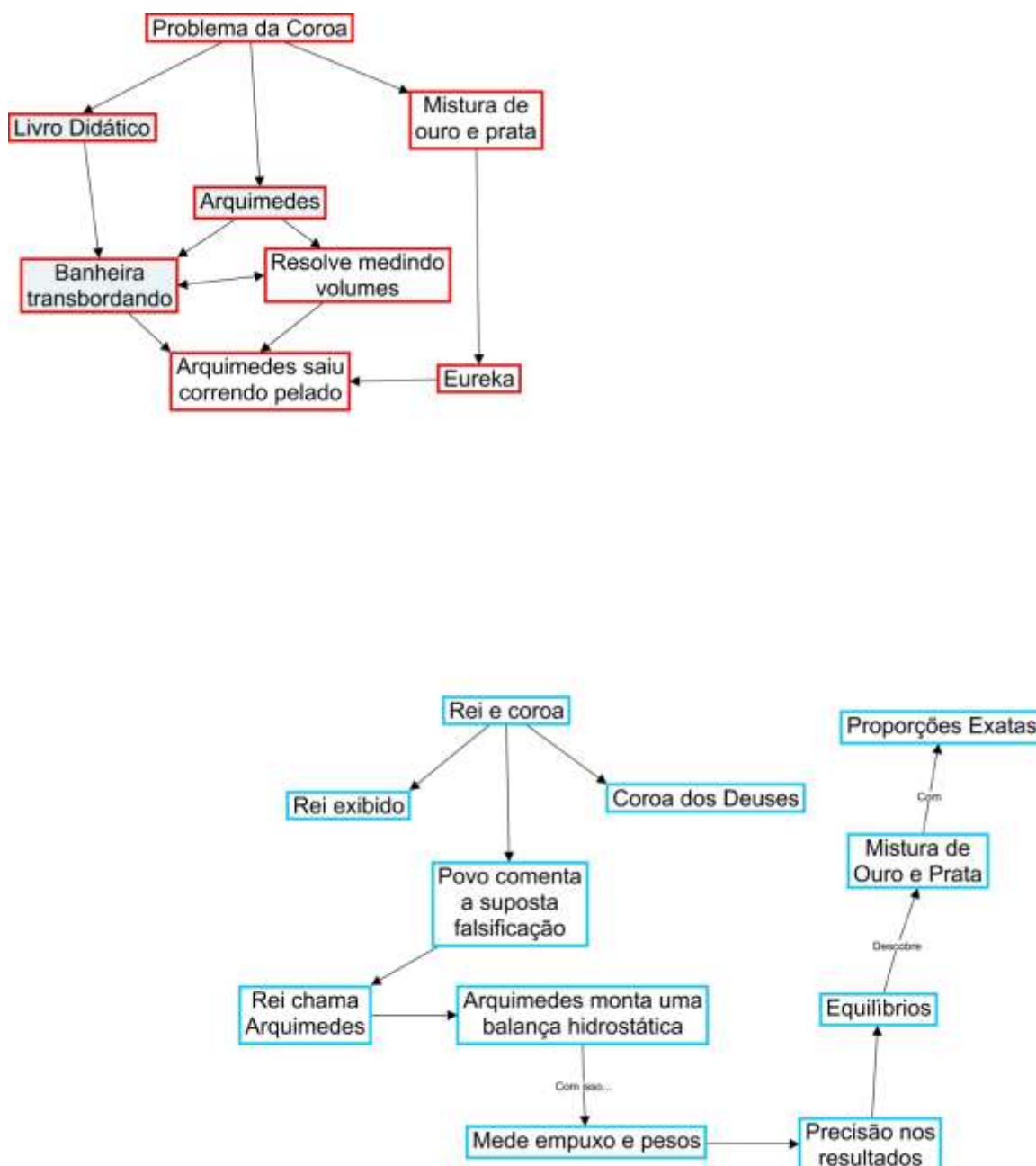
Fonte: Autor

O aluno 3 menciona, no método propagado por Vitruvius (retângulos vermelhos), basicamente a mesma linha de raciocínio já examinada anteriormente nos demais alunos, descrição da banheira transbordando, solução do problema da coroa do rei Hierão através da medida de volumes, o termo Heureka e a corrida de Arquimedes pelado pelas ruas de uma cidade. Mas, ressalta-se a citação do aluno 3 quanto ao conceito aceito e presente nos livros didáticos da medida dos volumes com a água subindo na banheira enquanto Arquimedes banhava-se. No Mapa Conceitual em azul, depois da exibição do filme, o aluno faz um

comparativo entre os métodos de Vitruvius difundido nos livros didáticos e de Galileu, situação de comparação bem evidenciada no filme. O aluno 3 parece conseguir fazer ligações entre termos, conceitos e diferenças entre os métodos, chamando a proposta de Vitruvius de grotesca, pela dificuldade de se medir volumes com precisão em uma banheira ou em um recipiente com água e objeto com pouco volume. Este aluno cita o conceito de empuxo como determinante no uso do método da balança hidrostática para medir pesos e não volumes, utiliza palavra de ligação e parece distinguir os métodos e descreve os mesmos com boas propriedades conceituais e com significados bastante destacados. Os Mapas Conceituais do aluno 3 começam exatamente iguais (Problema da Coroa), fazem as diferenciações seguindo a linha de cada método (livro didático, conceito aceito, volumes, banheira, Eureka, balança hidrostática, empuxo, pesos). Na comparação de Mapas do aluno 3, tem-se a ideia de uma reconciliação integrativa, o Mapa azul começa com o problema da coroa, passa pela medida de volumes (método de Vitruvius), parte por uma linha de Galileu, passa pela balança hidrostática, medidas de pesos, utiliza o empuxo como conceito suporte, verifica a precisão pelas medidas de pesos na balança hidrostática, porcentagens exatas e descarta a medida de volumes, concluindo que a história contada por Vitruvius trata de um método de grotesco. Então, parece que a chave conceitual denotada pelo empuxo (menos inclusivo) e empregada na balança hidrostática leva a solução para o problema da coroa do rei (situação mais ampla e geral).

Uma outra comparação, é apresentada nos Mapas colocados em destaque na sequência, Mapa Conceitual construído pelo aluno 4, antes do filme está em vermelho e depois do filme em azul.

Figura 18: COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 4.



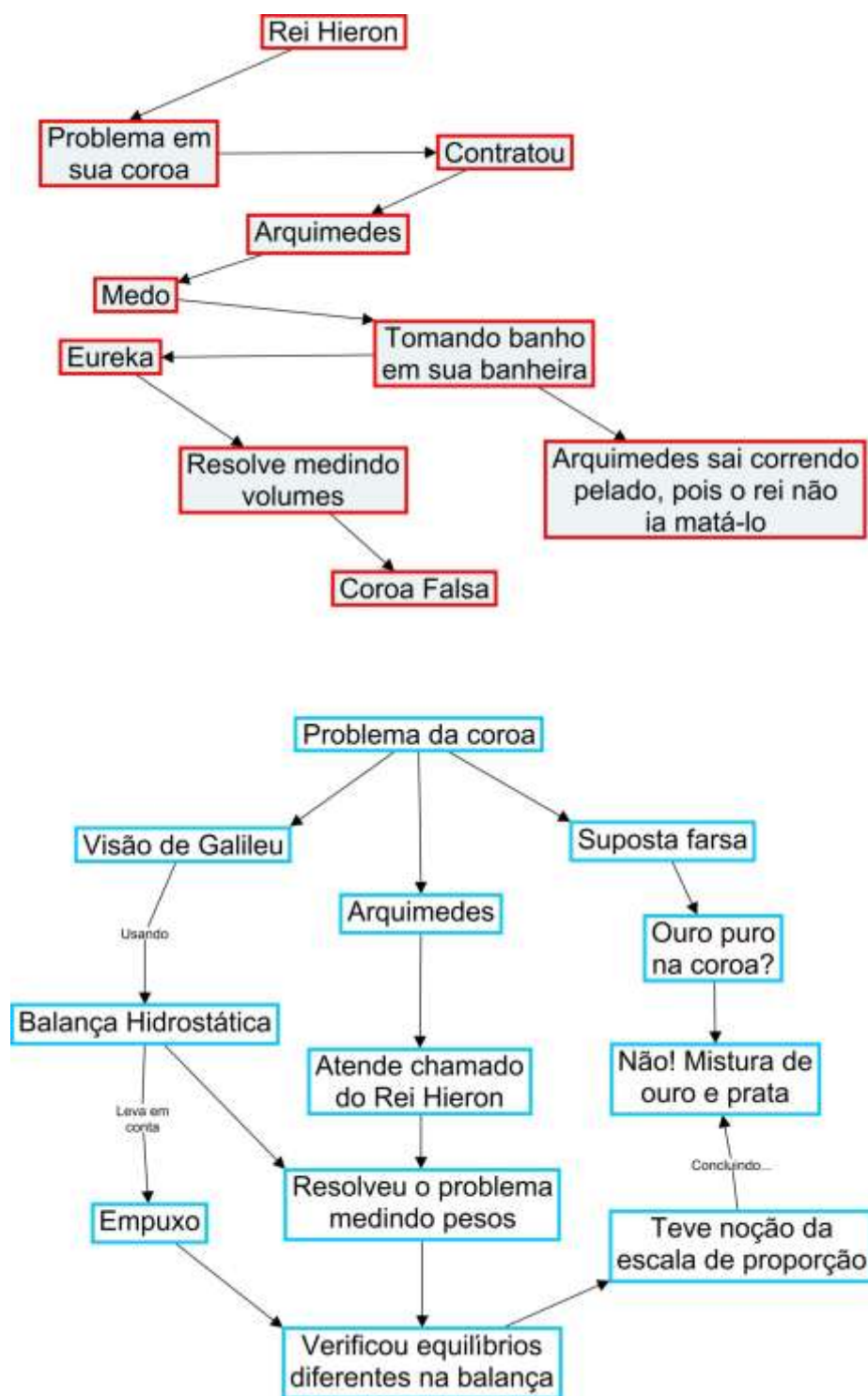
Fonte: Autor

Neste plano de comparação, com os Mapas Conceituais do aluno 4, nota-se, além daquilo que já enfatizamos nos alunos antes analisados e seus Mapas, uma ênfase na precisão dos resultados encontrados com o método de Galileu com a balança hidrostática, mais palavras de ligação em relação aos Mapas antes destacados. Os Mapas Conceituais do

aluno 4 partem de uma mesma ideia (Coroa do rei) e cada um (vermelho e azul) descreve diferenças conceituais dos métodos de Vitruvius e Galileu fazendo, cada um, com sua linha as diferenciações progressivas, começa com o problema da coroa do rei e vai discorrendo por livro didático, volume, transbordamento da banheira, balança hidrostática, empuxo, pesos e equilíbrio. Os Mapas possuem boa síntese dos métodos discutidos e especialmente o Mapa em azul possui palavras de ligação e bom fundamento conceitual, mas não chega a propor uma reconciliação integrativa.

No último quadro comparativo, apresenta-se os Mapas comparativos e transcritos do aluno 5. Mais uma vez são mantidos os retângulos vermelhos indicando a construção antes da exibição do filme e retângulos azuis para a construção após o filme ter sido assistido.

Figura 19: COMPARAÇÃO DOS MAPAS DO ALUNO 5.



Fonte: Autor

Neste quadro comparativo percebe-se que o aluno 5 descreve os dois métodos com uma sequência lógica. O método de Vitruvius vai, desde a contratação do sábio pelo rei, o medo que Arquimedes sentia de ser morto pelo rei caso não solucionasse o problema que lhe havia sido apresentado, passando pela proposta de medidas de volumes, até o grito de Heureka! No segundo Mapa Conceitual tem-se palavras de ligação mais uma vez presentes na descrição, a visão de Galileu sendo exposta com método, equipamento (balança hidrostática) e conceito (empuxo) até a noção de precisão que a visão de Galileu pode fornecer. Parece que o aluno 5 tem bons elementos de diferenciação da visão dos livros didáticos (Vitruvius e medida de volumes) e daquilo que é proposto por Galileu (medida de pesos).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O poder do vídeo ou filme, o alcance desse recurso didático, com caráter até lúdico, pode ser utilizado pelos professores como meio, recurso ou apoio didático nas aulas para provocar a curiosidade dos alunos, buscando apontar conceitos, conteúdos, descobertas em Física que são apresentados nos livros didáticos como únicos e indiscutíveis. Possui bom potencial para “prender a atenção” dos alunos, oferece um caminho para se apresentar qualquer assunto de Física ou qualquer disciplina, pode ter a “força” para produzir uma busca de um novo caminho, apontamento para reflexões acerca de conceitos e formas como foram descobertos. Salienta-se, independentemente da forma, da diversidade de recursos utilizados, que se faz sempre necessário a dedicação, o estudo, a discussão a respeito das abordagens conceituais. Nesta linha, de recursos didáticos, os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio) reconhecem que já se tem relevantes pontos de partida, mas que restam muitos obstáculos no caminho de uma nova abordagem de conteúdos na escola. Entre os obstáculos, Freire destaca: “a tradição estritamente disciplinar do Ensino Médio, de transmissão de informações desprovidas de contexto, de resolução de exercícios padronizados, heranças do ensino conduzido em função de exames de ingresso à educação superior”. (Brasil, 2002, p.11).

Refletindo sobre o ensino de Física no Ensino Médio, nota-se que é marcado por um ensino que matematiza sem dados históricos, sem discutir os resultados que os números traduzem e extremamente distante dos acontecimentos sociais, e os currículos, durante a abordagem dos conteúdos, não mencionam o uso das tecnologias já largamente presentes no ambiente dos alunos. De outro modo, parece que ainda permanece a convicção de que os produtos tecnológicos não estão acessíveis a todos, endossando no espaço da escola um processo de exclusão já iniciado na sociedade. Em particular, Freire diz que “nada justifica a minimização dos seres humanos e o avanço da ciência e/ou da tecnologia não pode legitimar uma ordem desordeira em que só as minorias do poder esbanjam e gozam enquanto as maiorias enfrentam dificuldades para sobreviver e enfrentar o manhoso discurso fatalista de que a realidade é assim mesmo e que a fome e a desigualdade é uma fatalidade do século”. (Freire, 1996).

Entende-se também que o indicativo de desconstituição de mitos pode contribuir para a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamentos posteriores, para o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. Pode ainda provocar a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, as possibilidades de viabilidade, a não aceitação imediata e estanque, a promoção de reflexões no ensino de cada disciplina.

Considera-se importante o acolhimento de hipóteses que possam gerar uma busca pela verdade, mesmo que inatingível por completo. É relevante, parece, o olhar com atenção para o contexto, fazer uma análise da possibilidade real, metódica, cuidadosa para a apresentação dos meios como se deram algumas descobertas, as vezes apresentadas de um modo quase que impraticável com razoável precisão. Por exemplo, Arquimedes foi um excelente matemático, que deu grandes contribuições à estática e à hidrostática e que através desses conhecimentos, tinha condições de determinar um modo adequado de avaliar se ocorreu ou não uma falsificação na coroa do rei Hierão. Além de proporcionar uma visão histórica falsa, a versão popular, contida na grande maioria dos livros didáticos, faz um serviço negativo ao próprio ensino da Física, pois descreve um método inviável de comparação de densidades, em vez de ensinar como se poderia realmente detectar a fraude. Infelizmente, a lenda da água transbordando na banheira continua até hoje a ser repetida e contada nas escolas e nas universidades.

Geralmente os livros didáticos apresentam uma Ciência “que deu certo” ou seja, resultados e teorias que atualmente aceitamos sem abordar teorias paralelas, que, em algum momento foram refutadas, mas que possivelmente contribuíram para a estruturação de outras. Concepções de mundo outrora aceitas não foram nem mais nem menos científicas do que as teorias vigentes; isto quer dizer que o fato delas terem sido, em algum momento, refutadas, não as torna não-científicas. Justamente, os diferentes conjuntos de crenças, concepções, hipóteses e teorias mantidas pelos estudiosos ao longo dos tempos, subordinadas a visões de mundo específicas e por vezes bastante conflitantes entre os membros de uma mesma comunidade científica, estruturam a própria história do pensamento científico (SILVA e

MARTINS, 2002). Assim, contextualizar uma certa teoria com o momento histórico em que essa se desenvolveu, permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo do conhecimento, permitindo formar uma visão concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações, o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negar seu valor (SILVA, 2006). Além disso, o estudo da História da Ciência, as relações matemáticas bem fundamentadas e viáveis, permitem compreender conceitos que não são tão evidentes e diretos quanto os livros didáticos propõem (SILVA e MARTINS, 2002).

Observando os textos dos alunos que participaram do filme, nota-se uma série de sentimentos, de protagonismo na difusão de conceitos, ajuda, opiniões e arte transformada em pesquisa, crítica, conceitos e emoções. Alguns trechos dos textos transcritos de alguns alunos estão em recorte na sequência. Mostram nitidamente o que foi mencionado no início deste parágrafo.

“A atuação parte do princípio da empatia, da emoção. Mais do que uma arte, o cinema transforma a realidade e transforma o impossível em possível.

Logo, torna-se imprescindível a utilização dessa arte como meio de ensino nas escolas, especialmente filmes de cunho educativo, para a construção e manutenção do conhecimento dos alunos!”

“Não tenho certeza se aprendi muita coisa de conceitos, o que posso falar é que sinto orgulho ao ver o filme e buscar a verdade. Alcançá-la talvez, não sei, mas buscar e duvidar e ainda propor ou discutir matematicamente e fisicamente os métodos.

Sou feliz por difundir, no nosso meio escolar uma ideia de Galileu, sou agora adepto as medidas de pesos, sou crítico dos livros. Sou Galileu? Claro que não, sou alguém que quer debate e discussões.”

“Surge um sentimento de ajuda e disponibilidade, pois poderia eu ter dito que não tinha tempo, ou não podia ir no dia, mas disse que podia, e gostei ter feito parte do filme”.

“Sobre o trabalho, conhecia aquela história dos livros que só falava de medidas de volumes, a água derramada quando era mergulhado ouro, prata e a coroa, aquela história contada por Vitruvius, mas tinha a mente fechada sobre esta história, pois, fui condicionado a pensar como os livros, e quando descobri sobre Galileu, que mudava o pensamento sobre volumes e ia para pesos apresentados na balança hidrostática, de um princípio simples, mas eficiente, que explica mergulhando a coroa em uma ponta e a massa de ouro/prata em outra.

Como a densidade da prata é menor do que a do ouro, Galileu, quando botou uma massa de ouro na balança, mediu e marcou o seu ponto de equilíbrio. O mesmo foi feito com a massa de prata, também com o mesmo peso. Se a coroa fosse totalmente de ouro, iria ficar no ponto marcado pelo ouro, quando colocada na balança, mas como era uma mistura ficou entre os pontos marcados pelo ouro e pela prata, e contando os pontos da massa de ouro até a massa de prata. Parando onde a coroa estava marcado, poderia medir a proporção (porcentagem) de quanto material foi usado na comparação da coroa.”

A participação na elaboração do filme, fazendo pesquisa, montando roteiro, ou estudando o roteiro, trouxe para eles uma aproximação da Física, mesmo a quem que não tem muito apreço com tal disciplina. Por exemplo, para atuar, o aluno precisou de um contato, de um entendimento, por menor que seja, com a parte conceitual, a fim de interpretar as falas ou desenvolver as cenas.

Na análise dos mapas conceituais, pode-se notar, em cada construção como levantamento de concepção espontânea, que a versão dos livros didáticos, a respeito da solução do problema da coroa do rei Hierão, é bastante marcante e presente. Observou-se também que quando os alunos precisavam se apoiar em algum recurso didático, caso explicitado nesse trabalho pelo aluno 4, não se encontra material que discuta, que faça algum contraponto. Encontra-se a versão contada por Vitruvius, que pelo que consta viveu dois séculos depois de Arquimedes. A história contada por Vitruvius tem elementos que chamam a atenção, como o grito de “Heureka Heureka” (Achei Achei), a solução encontrada enquanto entrava em uma banheira e a corrida de Arquimedes, pelado, pela rua de Siracusa. Tais situações, tais elementos, parecem ofuscar o método utilizado, suas imperfeições já citadas nesse trabalho. Em um segundo momento, com a aplicação do produto (filme produzido), pela

facilidade de acesso dessa mídia, pelo apelo de som e imagem, notou-se, na produção dos alunos, em termos de mapas conceituais após a exibição do filme, alguma dúvida a respeito do método utilizado. A escrita do aluno 5 reforça isso, o mesmo diz que ainda vai pesquisar sobre o assunto para tentar tirar conclusões definitivas. Ora, essa fala, representa um avanço ao que se tem de forma tão única e estanque. Os alunos, após a aplicação do filme, citavam, nos mapas conceituais, o método utilizado por Arquimedes, aparecendo fortemente a presença da balança hidrostática, o conceito de empuxo, a substituição de medidas de volumes pelas medidas de pesos. Tem-se uma situação mais bem estabelecida conceitualmente, nos casos dos alunos 3 e 5, estes parecem transitar bem dentro da diferenciação e posterior reconciliação integrativa, pelas ligações cruzadas, pelas citações dos conceitos e pelo aceno de busca e pesquisa.

Para que se possa ter um panorama mais amplo das construções dos Mapas Conceituais dos alunos antes elencados, a seguir apresenta-se a transcrição dos pequenos textos que cada aluno confeccionou após a construção de seus Mapas a respeito do problema da coroa do rei Hieron (antes e depois da exibição do filme). Na ordem, segue o material transcrito.

Texto da figura 1, construído pelo aluno 1 antes da exibição do filme.

“Arquimedes, velho sábio e descobridor, foi chamado pelo Rei Hieron para desvendar, se houve ou não fraude na composição de sua coroa. O mesmo, preocupado com sua missão que era descobrir se a coroa era de ouro puro, então foi banhar-se em sua banheira e notou que a água derramava conforme a densidade de seu corpo, Eureka! Saiu às ruas nu, gritando, pois havia descoberto o “X da questão”.

Mediu-se então, que a água do ouro e da prata que saíam de um recipiente ao serem mergulhados, notou que a densidade do ouro era menor e da prata maior, comparou então com a coroa e comprovou a fraude para seu Rei”.

Texto da figura 2, construído pelo aluno 1 depois da exibição do filme.

“Galileu com seu vasto conhecimento duvidando do método de Vitruvius, explicou como foi a fraude da coroa do rei Hieron. Utilizando como base, o que ele criou e chamou de balança hidrostática.

Concluiu que a coroa não era totalmente de ouro, pois seu ponto de equilíbrio estava localizado entre o ponto do ouro e da prata, mais próximo à prata. Desta maneira a teoria da fraude concretizou-se. Percebeu-se também que com distância entre o ponto de equilíbrio do ouro e da prata seria possível calcular a porcentagem de cada material utilizado”.

Existe um erro no texto da figura 1, o ouro é mais denso que a prata e não ao contrário como diz o texto do aluno 1. Ainda, no texto da figura 1, quando o aluno menciona “a água do ouro”, possivelmente desejava expressar a ideia de que quando se mergulha uma peça de ouro, em um recipiente cheio de água, ocorre derramamento de um volume de água e assim sucessivamente para prata e coroa. No texto da figura 2 o aluno cita Galileu como criador da balança hidrostática, nas palavras do aluno “o que ele criou e chamou de balança hidrostática”. Não se tem relatos e registros que Galileu teria criado uma balança hidrostática, Galileu idealizou e descreveu tal instrumento como ferramenta possível para uma solução exata do problema da coroa do rei Hieron. Lembrando que o termo hidro exprime uma noção de água, sendo este o componente (meio) utilizado para solucionar o problema da coroa do rei Hieron. Comparando os textos que representam as ideias do aluno 1, nos Mapas Conceituais das figuras 1 e 2, nota-se um processo de assimilação, portanto, o verdadeiro produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem significativa não é apenas o novo significado, mas inclui também a modificação da ideia-âncora, sendo, conseqüentemente, o significado composto. (MOREIRA, 2009, p. 19).

Para essa primeira fase da assimilação, temos o seguinte, de acordo com Uibson (2012, p. 39):

Nova informação potencialmente significativa → Interação → Conhecimento Prévio (subsunçor) → Produto interacional.

Pelos textos do aluno 1, a nova informação (método de Galileu) foi bem absorvida, o aluno começa citando Galileu, a interação entre os métodos ocorre quando a água é mencionada como meio utilizado pelos dois métodos (Galileu e Vitruvius), o conhecimento prévio que é chamado de subsunçor é a medida de volumes e o produto interacional é a balança hidrostática constatando a fraude.

Agora, segue a transcrição do texto da figura 3 que descreve o Mapa Conceitual do aluno 2, antes da exibição do filme.

A coroa do rei Hieron

“Problema: O rei Hieron desconfia que o artesão que confeccionou sua coroa tinha misturado prata e não somente ouro, ficando com a parcela do ouro não utilizada.

Arquimedes: O rei então, vai até Arquimedes e pede que ele tente resolver seu problema por meio do conhecimento que possui.

Heureka!!!: Quando foi se banhar, Arquimedes percebeu que à medida que ele entrava na banheira a água subia mais.

A coroa: Arquimedes então deduz que o mesmo acontece com a coroa, mergulha-a em um recipiente e novamente mede quanto a água subiu.

Massa de ouro: Mergulha uma massa de ouro com o mesmo peso da coroa em um recipiente e novamente mede o deslocamento da água.

Massa de prata: Mergulha a massa de prata com o mesmo peso da coroa e torna a medir o deslocamento da água.

Solução: Percebeu que o deslocamento da água com a coroa não era igual nem a do ouro e nem da prata, portanto na coroa havia uma mistura dos dois metais. Ou seja, o rei foi enganado pelo artesão”.

Para comparação, transcreve-se na sequência, o pequeno texto após o Mapa Conceitual do aluno 2 após a exibição do filme (figura 4).

“Galileu acha a história de Vitruvius ridícula, Arquimedes não poderia ter resolvido o dilema da coroa por meio do volume que saía da banheira, ele poderia ter usado o peso.

Galileu desenvolve uma balança hidrostática, pesou a prata e o ouro e uma mistura de ouro e prata.

Assim, ele concluiu que quanto mais ouro ou prata havia na mistura, a porcentagem era mais próxima do peso de cada material”.

Novamente, no texto explicativo da figura 4 relativo ao Mapa Conceitual do aluno 2, após a exibição do filme, aparece no segundo parágrafo do referido texto, a citação que Galileu teria desenvolvido a balança, os documentos apontam que Galileu idealizou a balança hidrostática. No mesmo parágrafo o aluno escreve que houve a medida de uma mistura de ouro e prata. Na verdade, o filme retrata que a mistura de ouro e prata está concentrada na

coroa, comprovando-se a fraude. Durante esse processo, comparação dos textos explicativos dos Mapas do aluno 2, foi possível observar que houve a interação da nova informação com o subsunçor e que essa nova informação sofreu alteração. Isso fica bem definido na escrita do aluno 2 (figura 4) no primeiro parágrafo do texto descritivo a respeito do segundo Mapa Conceitual do aluno 2, construído após a exibição do filme. Nas palavras do aluno 2 : *“Galileu acha a história de Vitrúvius ridícula, Arquimedes não poderia ter resolvido o dilema da coroa por meio do volume que saía da banheira, ele poderia ter usado o peso”*.

Dando prosseguimento na transcrição e comparação dos pequenos textos feitos pelos alunos que construíram os Mapas Conceituais, apresenta-se a escrita do aluno 3, explicando o Mapa Conceitual da figura 5, antes da exibição do filme.

“Segundo os livros didáticos, consta que o gênio Arquimedes ao ser contratado pelo rei para solucionar o problema da coroa, nervoso foi tomar banho em sua banheira e viu que o volume de água aumentava assim que entrava na banheira, com isso sai Eureka e vai correndo nu ao encontro do rei”.

Para o contraponto, transcreve-se o registro do aluno 3 após o Mapa Conceitual deste após a exibição do filme.

“Vitrúvius conta a história e diz que, Arquimedes usa a medição por volumes para provar ao rei que a coroa era falsa, Galileu contesta esta ideia pois um homem tão preciso quanto Arquimedes não iria usar algo tão inviável e para provar isso, usa a balança hidrostática. Para medir os pesos das massas de ouro, prata e a própria coroa e com ajuda do empuxo vê pontos diferentes marcados na balança, tendo noção mais exata das proporções e comprova que a coroa não era de ouro puro e vê que o método contado por Vitruvius é inviável”.

Nestes dois textos explicativos dos Mapas do aluno 3 (antes e depois da exibição do filme) nota-se clareza nas descrições dos métodos e nos conceitos por eles empregados (medidas de volumes e pesos). Ocorre apontamento de incompatibilidade do método divulgado por Vitruvius (medidas de volumes) e que o aluno chama de inviável, cita a precisão de Arquimedes, troca o conceito de volume por peso, não ocorre o abandono da água como meio para se desvendar o problema da coroa do rei Hieron (*o volume de água*

aumentava / usa a balança hidrostática). O aluno cita o conceito de empuxo para o uso da balança hidrostática (*com ajuda do empuxo*), ou seja, usa o conhecimento prévio quando inicia a descrição do segundo Mapa Conceitual usando a medida de volumes, cita a inviabilidade do método e aponta o instrumento e o conceito para reorganizar suas ideias. A reconciliação integrativa é definida por Moreira (2009, p. 65) como sendo “o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes”. Com isso, ocorre uma nova reorganização na estrutura cognitiva do estudante, segundo Moreira (2012), refere-se à reconciliação integrativa, mostrando indícios que houve aprendizagem significativa.

Neste momento, apresenta-se as transcrições dos textos do aluno 4 a respeito de seus Mapas Conceituais, respectivamente antes e depois da exibição do filme.

“Pelo livro que consultei, o problema ou suposto problema foi resolvido medindo-se volumes, inclusive conta-se que Arquimedes teria visto que o volume aumentava, na banheira ao entrar nela e percebendo isso, teria saído correndo pelado”.

Na sequência vem o texto explicativo do aluno 4, após ter assistido o filme e construído um novo Mapa Conceitual.

“Parece que Arquimedes resolveu o problema medindo pesos. Os pesos aparentes eram diferentes (medidos na água e no ar). Assim, conseguiu-se proporções exatas de ouro e prata. A visão de Galileu contesta os livros didáticos, precisarei ainda de um tempo para deglutir tais ideias, mas me fascina a ideia do contraponto”.

Esses novos dados nos representa a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção) (AUSUBEL, 2003, p. 8) pode-se perceber a essência da aprendizagem significativa. O conhecimento vai sendo construído a partir de uma reorganização constante na estrutura cognitiva do indivíduo, a partir da conexão entre o conhecimento já existente, os subsunçores, e os novos adquiridos.

Por fim, coloca-se, agora a transcrição dos pequenos textos do aluno 5 explicando seus Mapas Conceituais (antes e depois do filme).

Texto do aluno 5 após seu Mapa, antes do filme.

“Rei Hieron, preocupado pois o povo estava a comentar que sua coroa era falsa e o seu ourives havia o enganado, chamou Arquimedes, o gênio da época com medo de ser morto pelo rei vai tomar banho e nota que o volume que sai da banheira quando ele entra, aumenta, depois testou com a coroa e comprovou que era falsa, assim gritando Eureka e saindo correndo pelado pelas ruas”.

Então, para terminar, a descrição do segundo Mapa Conceitual feito pelo aluno 5, depois de ter assistido o filme.

“A visão de Galileu muda o conceito da solução. A medida de volume é extremamente grotesca, falha matematicamente e além de tudo, muito imprecisa. Com a solução da balança hidrostática, medindo-se pesos, a precisão é fantástica, gênio como era Arquimedes, habilidoso matemático e cuidadoso com suas descobertas e coisas, deve mesmo ter feito a solução usando um método mais preciso, gostei da solução proposta por Galileu e pelo filme. Ainda vou pesquisar sobre o tema para tirar conclusões definitivas”.

Além de mostrar indícios de que as ideias âncoras sofreram alterações (interação) e que novos significados (retenção) surgiram, também se observa indícios de que houve aprendizagem significativa, como destacado em Chaves (2005, p.83) ao comentar que para Ausubel, “a motivação do estudante é a própria aprendizagem. Ela ocorre por si só. Para ele, quando se aprende algo, há uma satisfação inicial que estimula que o ato pedagógico continue se desenvolvendo”. A última frase escrita pelo aluno 5 denota fortemente o estímulo produzido pelo filme e a motivação para seguir pesquisando a respeito do assunto (“Ainda vou pesquisar sobre o tema para tirar conclusões definitivas”). Cumpre-se assim o formato de recurso didático provocando o ato de pensar, a dúvida gerando motivações para uma pesquisa posterior e o educando tornando-se protagonista de sua aprendizagem.

8. REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D.: 2003, **Scientific myth-conceptions**. Science & Education 87 (3), 329-351.

ALLCHIN, D.: 2004, **Pseudohistory and pseudoscience**. Science & Education 13 (3), 179-195.

ANACLETO, A.; MICHEL. S. A.; OTTO, J. **Cinema e Home Vídeo Entertaintnment: o mercado da magia e a magia do mercado**. Np. 2007.

ANDERSON, A. - **Una introducción a la investigación cualitativa**. Revista Psiquiátrica Peruana.6(1):103-12, 2000.

ASSIS, A. K.T. **Sobre os corpos flutuantes** - tradução comentada de um texto de Arquimedes. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência, v. 16, p. 69-80, 1996.

AUSUBEL, David. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, David Paul, NOVAK, Joseph e HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D.P., Novak, J.D.and Hanesian, H. (1978). **Educational psychology**. New York: Holt, Rinehart and Winston. Publicado em português pela Editora Interamericana,

Rio de Janeiro, 1980. Em espanhol por Editorial Trillas, México, 1981. Reimpresso em inglês por

Werbel & Peck, New York, 1986.

AUSUBEL, D.P. (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. (2000). Kluwer Academic Publishers.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BELL, J. (2004). **Como realizar um projeto de investigação** (3ª edição). Lisboa: Gradiva.

BENTO, A. (2012, Abril). **Investigação quantitativa e qualitativa**: Dicotomia ou complementaridade? Revista JA (Associação Acadêmica da Universidade da Madeira), nº 64, ano VII (pp. 40-43). ISSN: 1647-8975.

BERTHELOT, Marcel. **Sur l histoire de la balance hydrostatique et de quelques autres appareils et procédés scientifiques**. Annales de Chimie et de Physique [série 6], 23: 475-485, 1891.

BOGDAN, R. & BIKLEN, S. (1994). **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do Ensino Médio, etapa II - Caderno III: Ciências da Natureza** / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica [autores: Daniela Lopes Scarpa, Flavio Antonio Maximiano, Hildney Alves de Oliveira, Lana Claudia de Souza Fonseca, Sérgio Camargo e Silmara Alessi Guebur Roehrig]. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2014.

BRASIL. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2002.

CARVALHO, A. M. P. and Vannucchi, A. I.: 2000, “**History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How?”**”, Science & Education 9 (5), 427- 448.

CAVALCANTI, R. R. G. **Desenvolvimento e aplicação de um método de análise de mapas conceituais com o objeto de acompanhar mudanças na compreensão de um grupo de alunos sobre o tema equilíbrio químico**. São Paulo, 2011. 92f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Área de concentração Ensino de Química), Universidade de São Paulo.

CHAVES, M. I. A. **Modelando matematicamente questões ambientais relacionadas com a água a propósito de ensino-aprendizagem de funções na 1ª. Série – Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, 2005.

CRUZ, S. & CARVALHO, A. **Produção de vídeo com o Movie Maker: um estudo sobre o envolvimento dos alunos do 9.º ano na aprendizagem**. In Silva, M.; Silva, A.; Couto, A. & PEÑALVO, F. (eds), **IX Simpósio Internacional de Informática Educativa**. Porto: Escola Superior de Educação do IPP, pp.241-246. . (2007).

DEMO, Pedro. **Avaliação Qualitativa**. 5.ed. Campinas, SP: Autores Associados, 1995.- (Coleção polêmicas do nosso tempo).

ELIADE, Mircea. **Aspectos do Mito**. Rio de Janeiro: Edições 70, s/d p. 12-13,1989.

FERRÉS, J. (1996). **Vídeo e Educação**. Porto Alegre: Artes Médicas.

FISCHER, R. M. B. *Televisão & Educação: fruir e pensar a TV*. 2. ed., Belo Horizonte (MG): Autêntica, 2003.

FLICK, U., von Kardorff, E. & STEINKE, I. (Orgs.) (2000). Was ist qualitative Forschung? Einleitung und Überblick. [O que é pesquisa qualitativa? Uma introdução.]. Em U. Flick, E. von Kardorff & I. Steinke, (Orgs.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* [Pesquisa qualitativa - um manual] (pp. 13- 29). Reinbek: Rowohlt.

FRANCO, G. A. L. **O vídeo educativo: subsídios para a leitura crítica de documentários**. Tecnologia Educacional. Rio de Janeiro (RJ), no. 136-137, maio/ago,1997.

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

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

GALILEI, G., **A pequena balança. Um clássico da matemática**. Editora ZAHAR, 2014.

GUSDORF, G. **Present, passé a venir de la recherche interdisciplinaire**. Rev.Int. De Sciences Sociales.29:627-48,1977.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliação: mito e desafio; uma perspectiva construtivista**. 21. ed. Porto Alegre, Mediação, 1996.

JAPIASSU, Hilton. **As paixões da ciência: estudo de história das ciências**. São Paulo: Letras e Letras, 1991.

KAPLÚN, M., (1997). **De médio y fines em comunicación. Chasqui** -Revista Latino americana de Comunicación. Quito: Centro Internacional de Estudios Superiores de Comunicación para América Latina (CIESPAL).

KAPLÚN, M. **De médio y fines em comunicación**, 1983.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo (SP): EPU, 1987.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química**.1996.

LOPES, B. J. **Aprender e ensinar Física**. Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

LUCKESI, Cipriano Carlos. ”**O que é mesmo o ato de avaliar aprendizagem?**”, in. Pátio, revista pedagógica, Porto Alegre. Artmed, 2000.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos**, Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 17, nº 2, agosto de 2000.

MARTINS, L. A. P. & Brito, A. P. O. P. M., **A história da ciência e o ensino da genética e evolução no nível médio: um estudo de caso**. In Silva, C.C.(ed.) Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, (no prelo).

MATHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências**: a tendência atual de reaproximação, v. 12, n.3,p. 164-214,m dez.1995.

MATTHEWS, M. R.Science Teaching -**The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

MAYER, S. F. Inovação metodológica na sala de aula com o uso de mapas conceituais no ensino superior. 2013. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. **A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da Física.** Educação & Ciência, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MEDEIROS, A.; LIMA Jr., N. **Identificando pressupostos e contextos de validade em experimentos com eletroscópios.** In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, VII, 2000, Florianópolis.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. **Considerações sobre os contextos da descoberta e da justificativa na Álgebra de Pedro Nunes.** Episteme, v. 15, Agosto-Dezembro 2002.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. **Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física.** Revista Brasileira de Pesquisas em Educação em Ciências, v. 1, n. 1, 2001.

MOURA, R.; CANALLE, J. **Os mitos dos cientistas e suas controvérsias.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 2, Junho 2001.

MORAN, J. M. **O vídeo na sala de aula.** Revista Comunicação & Educação. São Paulo (SP): ECA, 1995, p. 27-35, Janeiro / Abril.

MASINI, E.A.F. e MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa:** condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor Editora Psico-Pedagógica. (2009).

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa.** Ciência e Cultura, 32(4): 474-479. (1980).

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa.** São Paulo: Centauro (2010).

MOREIRA, M.A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física.** Porto Alegre: Editora de Universidade. (1983).

MOREIRA, Marco Antônio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas Conceituais:** instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Ed. Moraes, 1987. p. 15.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa.** Brasília: (1999). Editora da UnB.
Moreira, M.A. **Aprendizaje significativo:** teoría y práctica. Madrid: Visor. (2000).

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro Editora. (2010).

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências:** A Teoria da Aprendizagem Significativa. Porto Alegre-RS, 2009.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa:** a teoria e texto complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física. (2011a).

MOREIRA, M.A. e Masini, E.F.S **Aprendizagem significativa:** a teoria de aprendizagem de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes. (1982)

MOREIRA, M.A. e Masini, E.F.S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel. São Paulo: Centauro Editora. 2ª edição. (2006)

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999b, 130 p.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais**: fundamentos e pressupostos. Química Nova, v. 23, n. 2, p.273-83, 2000.

NOVAK, Joseph David. **Apreender, criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceptuais TM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano edições técnicas, 1998.

NOVAK, Joseph D. **Uma teoria da educação**. São Paulo: Pioneira Editora, 1981.

OKADA, Alexandra. **Cartografia cognitiva**: novos desafios e possibilidades, 2006.

PÁDUA, E. M. M., **O processo de pesquisa** In: PÁDUA, E. M. M. Metodologia de Pesquisa (abordagem teórico-prática). São Paulo. Papirus Editora. 2008. p. 52 – 77.

PIAGET, Jean. **A Evolução Intelectual da Adolescência à Vida Adulta**. Trad. Fernando Becker e Tania B.I. Marques. Porto Alegre: Faculdade de Educação, 1993. Traduzido de: Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. Human Development, v. 15, p. 1-12, 1972.

RAMOS, M. G. **Epistemologia e Ensino de Ciências**: Compreensões e Perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). Construtivismo e o ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre (RS): Edipucrs, 2000, p. 13-35.

SALGADO, R. G.; PEREIRA, R. M. R.; SOUZA, S. J. **Pela tela, pela janela:** questões teóricas e práticas sobre infância e televisão. Cad. Cedes, vol. 25, n.65, p.9_24, Campinas (SP):jan/abr,2005.

SANTOS, G. L. **Módulo integrado III – Meios e materiais para a educação à distância.** Brasília: SESI / UnB, 2001.

SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. 381p.

SILVA, C. C. & MARTINS, R. de A.: 2003, **A teoria das cores de Newton:** um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. Ciência & Educação 9(1), 53- 65.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. **A História da Ciência Ajudando a Desvendar Algumas Dificuldades Conceituais no Ensino de Produto Vetorial.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, Águas de Lindóia.

SILVEIRA, F. L.; MEDEIROS, A. **A ilusão do tamanho da lua no horizonte.** A Física na Escola, v. 7, n. 2, p. 67-69, 2006.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, p. 7-27, 2002.

SILVEIRA, F. L.; PEDDUZI, L. O. Q. **Três episódios de descoberta científica:** da caricatura empirista a uma outra História. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 1, p. 26-52, 2006.

TAKE Charge of your Life (**Manual do Facilitator**). The University of Akron, 2003.

UIBSON, J. **As TIC como facilitadoras da aprendizagem significativa no ensino de física**. 2012. 188f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2012.

VALADARES, J.A. e MOREIRA, M.A. (2009). **A teoria da aprendizagem significativa**. Sua fundamentação e implementação. Coimbra: Almedina.

VASCONCELLOS, Celso dos Santos. **Coordenação do trabalho pedagógico**: do projeto político-pedagógico ao cotidiano da sala de aula. 8. ed. São Paulo: Libertad, 2007.

VIANNA, F. D. A era tecnológica exige nova educação. **Revista Mundo Jovem**. Porto Alegre, n 396, p.10, maio 2009.

VITRUVIUS, M. P. **The ten books on architecture**. Tradução de: M. Morgan. New York: Dover, 1960.

WINNIE, S. W. M. **Meaning representation in video outcomes of inquiry project**. Computers & Education, 55, p.1532-1541, 2010.

ZORZAN, Adriana Loss. **O conhecimento científico em Bachelard**. Revista de Ciências Humanas. Frederico Westphalen/RS, p. 85-100, 2006.

Anexo (Roteiro do filme)

Heureca

ATO 1: CONHECENDO VITRUVIUS

Narrador: Temos notado que a história da ciência, em livros didáticos, está cheia de relatos que buscam ilustrar descobertas através do uso de situações diversas, muitas vezes imaginárias, como uma fábula, em sua estrutura. Tais situações, quando colocadas, apontam um modo de divulgar a ciência de uma forma interessante e divertida. Muitas pessoas conhecem as histórias que envolvem cientistas e cabe a pergunta: O que há de verdade nessas histórias?

Cenário: Casa/Quarto de estudos.

(Aluno estudando hidrostática, dorme e sonha)

Vitruvius: Meu nome é Marcus Vitruvius. Fui um arquiteto romano do sec. I a.C. Vivi dois séculos após Arquimedes. Irei relatar um pouco sobre a vida de Arquimedes, um homem criativo, matemático exímio e atento aos fenômenos da natureza. Sou o autor mais antigo de uma história contada nos livros e que lembrarei aqui.

ATO 2: A COROA

Cenário: Palácio real.

Cena 1

Vitruvius: “Arquimedes está envolvido em muitos enigmas ou mitos. Hierão, rei de Siracusa, desejava oferecer aos deuses uma coroa de ouro e, para isso, contratou um ourives, a quem forneceu uma porção em prata, como pagamento, e outra porção de ouro em pó. O rei desejava muito a coroa com todo o ouro entregue”.

Hierão: “Faça uma coroa com todo o ouro que lhe entreguei!”

Ourives: “Pode deixar, farei nos conformes”.

Hierão: “Certo, as medidas são essas, faça a contento”.

Ourives: “Tudo bem, começarei a fazer imediatamente grande rei”.

Cena 1; Ato 2. Emenda de cena 1

A rainha, mulher de Hierão, aparece ao seu lado. Ela lixa suas unhas, desinteressada nos assuntos da coroa.

Cena 1; Ato 2. Emenda técnica 1

A câmera deve focar na rainha durante um breve momento para enfatizar sua indiferença.

Vitruvius : “Quando a coroa foi entregue ao rei, este desconfiou que não havia sido empregado na sua confecção todo o ouro em pó que ele entregara ao ourives. Na impossibilidade de provar o roubo, Hierão consultou Arquimedes, assim, prossigo minha história a vocês”.

(Vitruvius aparece em cena, sozinho, fazendo o apontamento)

Cena 2

O ourives entrega a coroa a Hierão, que fica muito orgulhoso, se observando, pedindo opiniões e aparentemente feliz com o resultado.

Cena 2; Ato 2. Emenda de cena 1

A rainha olha a coroa com cara de desaprovação.

(O ourives sai de cena)

Vitruvius: “Passados alguns dias, o povo começa a comentar que o rei havia sido enganado”.

Cena 2; Ato 2. Emenda técnica 1

As portas aparecem fechadas. Personagens em cena: Rei, Rainha.

A porta abre. O servo entra, e elas se fecham em seguida.

Personagens em cena: Rei, Rainha, Servo.

O servo curva-se à realeza antes de prosseguir com sua fala.

Servo: “Majestade... Estão dizendo que o senhor foi enganado, essa coroa não é esse ouro todo!”

Hierão: “O que? Como assim?”

Servo: “O povo está comentando que o ourives roubou uma parte do seu ouro e colocou prata na coroa, o suficiente para que ela ficasse tão pesada quanto o ouro puro que você havia dado a ele. O rei não pode ver, mas a sua coroa não tem todo o ouro que foi entregue ao ourives.

Cena 2; Ato 2. Emenda de cena 1

A rainha aparenta indiferente o tempo todo, lixando suas unhas. Frustrado com sua indiferença, Hierão diz a ela:

Hierão: Tu sabes que usei de tuas joias para fazer a coroa dos deuses, não sabes?

A Rainha para de lixar as unhas e se vira lentamente ao Rei.

Rainha: O que você disse? Hierão!

(Hierão sai de cena, enlouquecido)

Rainha: Não vire suas costas para mim!

(Rainha sai de cena, murmurando xingamentos)

Servo dá uma risada tímida e sai de cena. As portas se fecham.

Cena 3

Vitruvius: “Restou ao rei, chamar Arquimedes”.

Cena 3; Ato 2. Emenda de cena 1

Arquimedes se curva ao rei.

Arquimedes: Pois não, Vossa Majestade?

Hierão: “ARQUIMEDES! Tenho uma tarefa para você, os deuses deram essa tarefa para você”.

Arquimedes: “Que tarefa? O que aconteceu grande rei?”

Cena 3; Ato 2. Emenda de cena 2

O rei anda de um lado para o outro, inquieto. Então para, mas aparenta frustrado e irritado.

Hierão: “O povo está rindo de mim, dizem que a minha coroa, digo a coroa dos deuses, não foi feita com todo ouro que dei”.

Arquimedes: “E o que queres que eu faça?”

Hierão: “Ora! Quero que descubra se minha coroa foi adulterada, se aquele maldito ourives trapaceou...”.

Arquimedes: “Não sei o que fazer grande rei”.

Hierão: “Pois trate de saber!”.

Arquimedes: “Preciso de tempo majestade...”

Hierão: “Sim, sim... Uma semana, e já sabe, tudo resolvido, se não, te corto o pescoço.

Arquimedes assustado: “É tempo de sobra, o tempo é bem relativo!”

Cena 3; Ato 2. Emenda de cena 3

Hierão: O que ainda faz em minha presença? Vá!

Arquimedes se curva mais uma vez.

Arquimedes: Como quiseres Majestade.

ATO 3: SOLUÇÃO DE ARQUIMEDES, SEGUNDO VITRUVIUS.

Cena 1

Vitruvius: “Arquimedes, em seguida, começa a se debater sobre como iria resolver o problema”.

“Após dias, cansado, foi tomar banho com o problema sempre em mente”.

“Arquimedes observou, quando tomava banho, que à medida que seu corpo mergulhava na banheira, a água subia pelos bordos. Imediatamente percebeu como poderia solucionar o problema, e conta-se que ele teria saído pelas ruas, completamente nu, gritando "Heureka! Heureka!", isto é, "Achei! Achei! Não vou morrer! Já sei o que fazer para resolver o problema da coroa do rei!”

Cena 2

[Vitruvius narra, segundo a visão por ele transmitida, como Arquimedes procedeu para resolver o problema]

Vitruvius: “Arquimedes encheu uma banheira de água até a borda. A coroa tinha um peso P . Construiu, então, dois blocos, um de ouro, outro de prata, ambas com peso P ”.

Vitruvius: “Arquimedes pegou o bloco de ouro e colocou na banheira completamente cheia. Notou que escoou para fora um certo volume V_1 . Encheu a banheira novamente.”

Vitruvius: “Arquimedes pegou o bloco de prata e colocou na banheira cheia. Notou que escoou para fora um certo volume V_2 . Encheu a banheira novamente.”

Vitruvius: “Arquimedes notou que o volume de água derramado pelo bloco de prata era maior que o derramado pelo bloco de ouro, pois a densidade da prata é menor que a densidade do ouro.”

Vitruvius: “Arquimedes colocou a coroa, supostamente de ouro puro, na banheira e notou que o volume derramado era V_3 , sendo que esse volume era maior do que o volume derramado pelo bloco de ouro puro”.

Vitruvius: “Arquimedes então concluiu: se a coroa de peso P fosse somente de ouro puro, ela derramaria o mesmo volume derramado pelo bloco de ouro, também de peso P . Mas derramou um volume maior”.

Cena 2; Ato 3. Emenda de cena 1

O castelo da realeza aparece mais uma vez.

Arquimedes entra e se curva.

Arquimedes: Grande rei, o senhor foi mesmo enganado. A coroa não é de ouro puro. É uma mistura”

Hierão: “Matem o ourives que trapaceou! Ninguém ousa enganar o grande rei... Quer dizer, enganar os deuses!”

[corte de cena]

ATO 4: APRESENTAÇÃO DE GALILEU/ CENA COM VITRUVIUS.

Vitruvius: “Concluimos a história de Arquimedes e a coroa do Rei” (Galileu aparece na cena)

Galileu: “Vitruvius... Por que o senhor conta essa falsa história?”

Vitruvius: “Quem você pensa que é?”

Galileu: “Sou Galileu Galilei, aquele que defendeu que a terra está se movendo e não é o centro do universo. Quase fui mandado para a fogueira... Construí uma luneta para observar a lua, os satélites de Júpiter, as manchas solares e, nas horas vagas ouço histórias sem muito nexo”

Vitruvius: “Como? O que queres fazer?”

Galileu: “Tentarei te mostrar impossibilidades do método que sua história possui”.

Vitruvius: “Todo mundo acata minha história, é fantástica, como pode duvidar?”

Galileu: “Pois bem, como podes contar algo tão convicto se vivestes séculos após o Arquimedes? Será que Arquimedes teria tomado banho com a banheira cheia? Qual a necessidade de um escravo encher uma banheira até as bordas? Só para ter que limpar tudo depois? E será mesmo que ele seria louco a ponto de sair nu pelas ruas?”

Vitruvius: “ah?!”

Galileu: “Outro problema, Vitruvius, é que você conta coisas improváveis em Física!”
 “O que você diz que Arquimedes fez, na verdade não funciona. Esse método que você atribui a ele é muito falho, e longe da perfeição para um exímio matemático como Arquimedes.”

Vitruvius: “Por quê?”

Galileu: “Bom, meu caro Vitruvius, basta um pouco de bom senso, para percebermos que esse método de medição não funciona.

Vitruvius: “Como assim?”

Galileu: “Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro de 20 cm. Certo?”

Vitruvius: “Certo.”

Galileu: “Então, se eu fosse mergulhar a coroa eu precisaria de um recipiente com diâmetro de no mínimo 20 cm e uma área superior a 300 cm^2 ”.

Vitruvius: “Certo, mas até aí não vejo novidade. Toda banheira é grande assim!”

Galileu: “Vou, então, medir a mudança do nível da água na banheira quando eu mergulho a coroa”.

Vitruvius: “Até agora não me convenceu de nada”.

Galileu: “Calma, Vitruvius... Agora imagine que o peso da coroa fosse de um quilograma. Se ela fosse falsificada, feita com ouro e prata, sua densidade deveria ser, vamos supor, de cerca de 15 g/cm^3 , que é uma densidade intermediária entre esses dois metais”.

Vitruvius: “Concordo até aí”

Galileu: “Então, o volume da coroa seria de 67 cm^3 , aproximadamente”.

Vitruvius: “Continue, homem, deixe de enrolar”.

Galileu: “Colocando uma coroa desse volume, num recipiente de diâmetro de 20 cm, o nível do líquido subiria cerca de 2mm. Só isso, 2mm!”

Vitruvius: “Mas isso é algo imperceptível!”

Galileu: “Acho melhor você mesmo dizer Heureka agora. Finalmente, Vitruvius, você percebeu que Arquimedes não conseguiria medir isso!”

Vitruvius desapontado: “Tens razão. E eu que repeti essa história durante tantos anos para tanta gente...”

ATO 5: PENSAMENTO DE GALILEU SOBRE COMO TERIA ACONTECIDO A
“DESCOBERTA” DE ARQUIMEDES

Vitruvius: “O que aconteceu Galileu?”

Galileu: “Eu escrevi um trabalho relatando como Arquimedes teria encontrado a solução... Meu trabalho é chamado de A pequena balança, se quiser, podes ler”.

Vitruvius: “Pois é.... De repente eu leia, proceda sua explicação...”.

Galileu: “Arquimedes deve ter, possivelmente, usado medidas de peso e não de volume... o que ficou conhecido como Princípio de Arquimedes”.

Vitruvius: “Como?”

Galileu: “Todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido”.

Vitruvius: “Sim, empuxo... Mas na prática, como funcionou a tal balança? E o que tem a ver com a coroa?”

Galileu narra: “Arquimedes pegou a coroa de peso P e um bloco de ouro, também de peso P, medidos no ar. Não sabia se a coroa era de ouro puro ou não”.

Vitruvius: “Não estou percebendo solução alguma...”

Galileu: “Tenha calma, chegaremos na solução!”

Vitruvius: “Acho que você não tem uma proposta de solução...”

Galileu: “Vamos lá então. Arquimedes colocou os dois objetos mergulhados na água, cada um suspenso por um fio, sustentado por uma haste horizontal comum. O resultado disso era uma balança, onde cada lado ficava mergulhado na água”.

Vitruvius: “Não entendi... Você não disse que os dois lados tinham peso P? Se era assim, a balança deveria ficar em equilíbrio... e aí não dava para concluir nada. Ele continuou sem saber se a coroa era de ouro puro.”

Galileu: “Acho bom você ler meu trabalho, lembra, A Pequena Balança... Vai te ajudar a entender”

Vitruvius: “Tá subestimando minha capacidade?”

Galileu: “Você acabou de dizer que concordava com a existência do empuxo! Se os pesos da coroa e do bloco são iguais, mas a coroa é falsa, ela tem uma densidade diferente da

densidade do bloco de ouro. Então, como o peso é o mesmo, o bloco e a coroa têm volumes diferentes.”

Vitruvius: “Tá, os volumes da coroa e do bloco são diferentes... mas, e daí?”

Galileu: “Se o bloco de ouro tem volume V_2 ele desloca um volume de água V_2 . Se a coroa tem volume V_3 ela desloca um volume de água V_3 . Então, como o empuxo equivale ao peso do líquido deslocado, o empuxo exercido sobre o bloco de ouro é diferente do empuxo exercido sobre a coroa.”

Vitruvius: “Huuumm... Acho que estou começando a entender ... No ar, a balança ficaria equilibrada, mas na água não... porque o empuxo do ar pode ser até desprezível, na água não.”

Galileu: “Sim! Como a coroa era de ouro e prata, seu peso na água (peso aparente) era menor do que o do bloco de ouro puro. Então, Arquimedes conseguiu mostrar ao Rei que a coroa era falsa”.

Vitruvius: “É! Galileu, você aponta uma solução viável”

Galileu: “Sabe, Vitruvius, sua história parece ser bem furada, mas numa coisa eu sempre concordei com você”.

Vitruvius: “É?”

Galileu: “Arquimedes era brilhante”.

Vitruvius: “E essa história é tão fantástica quanto antes, só que agora fisicamente plausível! Que tal se agora nós dois passássemos a divulgá-la?”

Galileu: “Fechado, mas com uma condição”.

Vitruvius: “Qual?”

Galileu: “Leia meu trabalho, aquele, A Pequena Balança... Hahhahaahahaha

Vitruvius: “Será ótimo! Não sabia que a Física era assim tão interessante!”

Ato 5; Adição de cena [Cena 2]

O estudante acorda. Ele aparece em seu quarto, confuso.

Estudante: Acho que eu preciso mesmo é de um intervalo.

[Créditos finais]

