

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

RICARDO PORTES PATARO

**A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ARTIFÍCIO ESTRUTURADOR
DO PENSAMENTO CIENTÍFICO.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2018

RICARDO PORTES PATARO



**A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ARTIFÍCIO ESTRUTURADOR
DO PENSAMENTO CIENTÍFICO.**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Polo UAB do Município de Itapevi, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA Orientadora: Prof^a. Ma. Neusa Idick Scherpinski

MEDIANEIRA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

A modelagem matemática como artifício estruturador do pensamento científico.

Por

Ricardo Portes Pataro

Esta monografia foi apresentada às..... h do dia..... **de..... de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino – Polo de, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Prof^a. Ma.
UTFPR – Campus Medianeira
(orientadora)

Prof. Dr.
UTFPR – Campus Medianeira

Prof^a. Ma.
UTFPR – Campus Medianeira

Dedico a você que ainda está por chegar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa e companheira Neiva pela paciência, persistência e constante revisão deste trabalho e do meu ser. A todos os bate papos regados de sabedoria, inteligência e poesia. Minha musa incentivadora e inspiradora, eu te amo.

Aos meus pais pela combinação genética e zelo por minha vida.

Ao Corinthians, por me distrair nas horas de tensões e por oportunizar me viver uma paixão sem limites.

Aos meus alunos com os quais aprendi e aprendo muito durante toda minha carreira docente.

Aos professores do curso de Especialização em Ensino de Ciências, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Por fim, à minha orientadora professora Ma. Neusa Idick Scherpinski, pelas provocações, paciência e orientação deste trabalho.

“Para ensinarmos um aluno a inventar precisamos mostrar-lhe que ele já possui a capacidade de descobrir” (Gaston Bachelard)

RESUMO

PATARO, Portes Ricardo. A Modelagem Matemática como artifício estruturador do pensamento Físico. 2018. 44f. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências e matemática. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Este trabalho objetivou estudar a modelagem matemática aplicada ao ensino de Ciências, mais precisamente o de Física. A pesquisa foi realizada com uma turma de primeiro ano, na qual um problema ou uma experimentação que necessitasse de um modelo matemático explicativo para sua solução é apresentado para investigação. Analisou-se a manifestação de habilidades cognitivas apresentadas pelos estudantes e o comportamento dos alunos de acordo com o grau de liberdade dado durante a experimentação. A modelagem apresentou-se ser uma alternativa interessante para o ensino de Física em atividades com viés investigativo e como estímulo à formação científica.

Palavras-chave: Modelagem- Ensino – Ciências- Física – Formação Científica

ABSTRACT

PATARO, Portes Ricardo. Mathematical Modeling as a structuring artifact of Physical thinking. 2018. 44f. Monograph (Specialization in Science Teaching and Mathematics, Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2018).

This work aimed to study the mathematical modeling applied to the teaching of Sciences, more precisely that of Physics. The research was carried out with a first year class, in which a problem or an experiment that needed an explanatory mathematical model for its solution is presented for investigation. It was analyzed the manifestation of cognitive abilities presented by the students and the behavior of the students according to the degree of freedom given during the experimentation. The modeling was presented as an interesting alternative for the teaching of Physics in activities with investigative bias and as a stimulus for scientific training.

Keywords: Modeling- Teaching - Physics - Scientific Training

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação Esquemática da Modelagem I.....	16
Figura 2 – Representação Esquemática da Modelagem II.....	17
Figura 3 – Esquema de Modelagem Proposto pelos Autores	21
Figura 4 – Alunos Realizando Atividade I.....	25
Figura 5 –Trilho de ar Linear	29
Figura 6 – Carrinho Integrado com a Régua para Medida de Tempo	30
Figura 7 – Alunos Realizando Experimento II	30
Figura 8 – Captura de Tela do Experimento Influência das Massa na Velocidade ..	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Análise de Respostas Apresentadas Atividade I	26
Tabela 2– Análise de Respostas Apresentadas Atividade II	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Habilidade Cognitivas	22
Quadro 2 – Graus de Liberdade do Professor/Aluno em Aulas de Laboratório	23
Quadro 3 – Diálogo com Aluno no Fechamento de uma Atividade de Gráficos.....	24
Quadro 4 – Grau de Liberdade Atividade I.....	25
Quadro 5 – Análise de Hipóteses – Atividade I	26
Quadro 6 – Análise Conclusões Atividade I	27
Quadro 7 – Análise de Questão 1 – Atividade II.....	31
Quadro 8 – Análise de Questão 2 – Atividade II.....	31
Quadro 9 – Análise de Questão 3 – Atividade II.....	31
Quadro 10 – Análise de Questão 4 – Atividade II.....	32
Quadro 11 – Análise de Conclusão – Atividade II	32
Quadro 12 – Diálogo com um Aluno Sobre a Influência da Massa	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 CRISE NO ENSINO DE CIÊNCIAS	13
2.2 SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA.....	14
2.3 A MODELAGEM COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	18
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
3.1 ESQUEMA DA MODELAGEM UTILIZADA NAS ATIVIDADES	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
APÊNDICE(S).....	39
Apêndice A – Modelo de Atividade I.....	39
Apêndice B – Modelo de Atividade II.....	41

1 INTRODUÇÃO

Antes de estabelecer qualquer discussão sobre este trabalho, avalia-se ser importante iniciar com uma breve abordagem: por que se ensinar/aprender Física? Trata-se da mais antiga Ciência e que possui um grande potencial de despertar a curiosidade e encantar com suas interpretações do mundo ao nosso redor. A Física permite ao seu observador enxergar a realidade além da imediata (BUNGE,1974). Seria como se oferecêssemos óculos que ampliassem nosso poder de visão e nos aproximassem mais intimamente da natureza. A Física tem uma forma particular de interpretar o mundo, ela o experimenta e cria modelos capazes de descrever e prever situações, ou seja, trata-se da oportunidade de oferecer a seus estudantes uma nova forma de pensar e agir, além de estabelecer uma nova linguagem para o diálogo com a natureza. Acredita-se que a Física modela pensamentos assim como já modela o mundo.

Como dito anteriormente, a Física estabelece uma nova forma de diálogo com a natureza e a linguagem utilizada para esta comunicação é a matemática. Quase sempre, ao estudar-se um fenômeno físico, depara-se com alguma expressão matemática que tem a intenção de modelá-lo. Por detrás desta equação, existe uma ideia de prever, e de forma quantitativa nos são apresentadas as variáveis das quais depende este fenômeno. Consegue-se realizar previsões e projeções mudando as condições iniciais do estudo, ou ainda determinar as condições iniciais analisando os resultados finais. Trata-se da elaboração da nossa capacidade de raciocinar, ou seja, a migração do senso comum para o senso científico.

O projeto deste trabalho surgiu após reflexões sobre a inserção e aplicação de atividades investigativas nos experimentos realizados em laboratório. Acostumados a seguir roteiros do tipo “receita de bolo”, percebe-se que os alunos têm um comportamento apático e quase estático, sem saber quais passos devem ser realizados, e uma atividade que teria como objetivo estimular, acaba desanimando os grupos participantes. A leitura realizada a partir desta abordagem pressupõe que a ausência de atividades investigativas nos cursos de ciências em geral, impediu o desenvolvimento de competências e habilidades importantes para implementação de um modelo de trabalho em que o aluno assumisse um papel protagonista no processo de ensino e de aprendizagem. Ou seja, existem lacunas a

serem preenchidas: desconstruir o paradigma das atividades laboratoriais baseadas em roteiros do tipo “siga os passos e conclua” e estimular o aluno a encarar uma nova rotina de laboratório em que ele resolva ou, pelo menos, proponha soluções aos problemas apresentados.

Percebe-se também que boa parte dos alunos apresentavam dificuldades em lidar com gráficos e fórmulas, que na interpretação de muitos professores, isto ocorre pela pequena bagagem matemática dos estudantes. Admite-se que alguns problemas podem estar relacionados a uma possível defasagem, porém, não é o único fator, segundo Pietrocola (2001, p.81) “Admitir que boa parte dos problemas no aprendizado da Física localiza-se no domínio da Matemática reflete concepção ingênua sobre o conhecimento” . Desta maneira, torna-se importante refletir sobre as diferentes matemáticas e propor abordagens que colaborem para o melhor entendimento de ambas.

Por fim, o objetivo deste trabalho é discutir a modelagem como ferramenta de mediação entre a Física, Matemática e Experimentação, inspirada na intenção da ciência de construir modelos na tentativa e necessidade de descrever o mundo ao nosso redor. Entende-se que permitir ao aluno construir um modelo para descrever uma certa situação experimental é colocá-lo no centro do processo de ensino e de aprendizagem, estimulando-o a apropriar-se da linguagem científica e do pensamento científico, quebrando assim o modelo de educação bancária (FREIRE, 1996) e afastando o imperativo dos roteiros de laboratório. Deixa-se claro, que a intenção desta pesquisa não é provar a validade da modelagem matemática para o Ensino (já muito debatida), mas sim buscar dados empíricos sobre a possibilidade de aplicação em realidades adversas das escolas públicas. Entende-se que o objetivo principal da educação é fazer o cidadão pensar e seria interessante que todos desfrutassem das inúmeras formas de pensamentos possíveis, principalmente o científico. Tem-se a certeza de que a Física pode preencher uma grande parte desta lacuna.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A transposição didática das Ciências não é uma tarefa fácil. Muitas vezes as estratégias utilizadas para o ensino baseiam-se nas apresentadas pelos livros didáticos ou por materiais apostilados, que retratam a Ciência como uma verdade absoluta criada e alicerçada a partir de um momento de inspiração de um determinado cientista. Para Sasseron (2011, p.3) “Na maioria das vezes, os materiais didáticos trazem uma concepção de ensino bastante tradicional e limitam-se, quase na totalidade, à informação e transmissão de conhecimento aos estudantes”. Desta forma, omite-se todo trabalho científico, construído a longo prazo em um determinado momento social e político, fruto de constantes diálogos entre cientistas e deles com a natureza, objetivando a resolução de alguma questão contemporânea da época. Ou seja, a Física apresentada pelos manuais de ensino acaba parecendo diferente da desenvolvida pelos cientistas que, segundo Astolfi (2012, p.45), trata-se “da despersonalização e da descontemporialização dos conceitos quando se tornam objeto de ensino. Em vez de estar ligados por questões científicas precisas a serem resolvidas tornam-se verdade de natureza”.

A partir disso, cria-se o mito da Ciência como objeto de interesse restrito unicamente a cientistas, que normalmente são retratados como pessoas fora de seu tempo que fogem do padrão de normalidade. Ora, querer entender melhor o mundo e a natureza não pode de forma alguma ser sinônimo de devaneios e sim de uma escolha em satisfazer a curiosidade e agir como cidadão consciente ao emitir opiniões, pautadas em argumentos sólidos, sobre questões que envolvem a Ciência e a humanidade.

2.1 CRISE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Fazer Ciência é uma atividade inerente ao ser humano e não somente de cientistas. Desde criança, experimenta-se o mundo com a intenção de compreendê-lo melhor. Lançam-se objetos de berços, apertam-se botões ou qualquer coisa semelhante a um, presta-se atenção em qualquer objeto sonoro e, às vezes, surpreende-se quando entre os dedos é estabelecido uma diferença de potencial (tomada). Tem-se o desejo e a curiosidade incansáveis de conhecer o mundo ao nosso redor. Sendo assim, ensinar Física é elaborar olhares sobre a natureza. Para

Pietrocola (2006,p.12) “(...) o conhecimento físico deve ser submetido às necessidades de uma educação geral que permita aos indivíduos incrementarem seu entendimento sobre o mundo em que vivem.”, significa dizer então que a função do conhecimento físico é subsidiar ações que colaborem para o refinamento do nosso pensamento.

A Ciência tem influenciado significativamente na vida das pessoas. Hoje é praticamente impossível viver sem tecnologia, basta realizar uma experiência simples de olhar ao redor e ver quantas pessoas estão interagindo com algum tipo de sistema inteligente (celulares, tablets, computadores, cancelas eletrônicas, entre outros). É praticamente impossível alguém dizer que não gosta de tecnologia, porém é aparentemente normal alguém não gostar de Ciência, mais precisamente de Física. Este paradigma necessita ser quebrado. O professor especialista falha quando afasta seus estudantes do conhecimento científico, deixa-se de formar um cidadão crítico (o que pode ser algo muito perigoso), abrindo uma grande lacuna que poderá ser preenchida pelas pseudociências (SAGAN,1996) e ressuscitar mitos. Pode-se citar como exemplos o grande número de adeptos (no ano de 2017!!) da ideia de que a Terra seja plana (terraplanistas), ou ainda as frequentes fábulas sobre as vacinas que são muito difundidas pelos atuais meios de comunicação: trata-se de um grande retrocesso!

Por outro lado, é razoável pensar que o ressurgimento dos mitos, a paixão pela astrologia e o estabelecimento de teorias conspiratórias possam ser um sinal de que na verdade as pessoas gostam de Ciência, e talvez o problema deva estar na forma como é retratada. A escola tem condições de mudar este cenário, precisa-se investir na formação científica do estudante para ao menos desenvolver habilidades e competências que o possibilite a realizar uma leitura crítica do mundo. É esta leitura que se pretende desenvolver e, para isso, enxerga-se a modelagem matemática como uma alternativa interessante para se ensinar Ciência.

2.2 SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA

A preocupação em melhorar a compreensão dos estudantes de conceitos ligados à área da Ciência e da Física já é objeto de estudo por muito tempo. Uma das correntes muito estudada é a contextualização (LDB nº 9.394/96 e PCN por exemplo), isto é, parte-se do pressuposto de que apresentar a Ciência de forma

contextualizada colabore com aprendizagem científica de qualidade. Mas o que seria exatamente contextualizar o ensino? Para Ricardo (2001,p.32) “A ausência de discussões leva a compreensões simplificadas da contextualização como mera ilustração para iniciar o estudo de determinado assunto (...)”. Sendo assim, entende-se que contextualizar não pode se limitar a apontar aplicações práticas do conteúdo sob o risco de cairmos em um aspecto reducionista do termo. Ao recorrer-se a esta perspectiva, está-se trabalhando ainda no campo teórico da Ciência e segundo Astolfi (2012, p.34) “(...) ensinar um conceito de Biologia, Física ou Química, não pode mais se limitar a um fornecimento de informações e de estruturas correspondendo ao estado da ciência no momento” .

Acredita-se que o estudante deve ser inserido em um ambiente em que seja convidado a agir e interagir com objetos e pessoas socializando indagações, reflexões e conclusões, colaborando para estruturação de um ambiente de alta interatividade, no qual a contextualização e aprendizagem ocorrerão espontaneamente, esta ideia harmoniza com Zabala (1998, p.90) “(...) ensinar envolve estabelecer uma série de relações que devem conduzir a elaboração, por parte do aprendiz, de representações pessoais sobre o conteúdo objeto de aprendizagem”.

Argumenta-se então neste momento sobre a necessidade de se inserir no ambiente de ensino artefatos experimentais ou problemas que necessitem conceitos científicos/matemáticos para sua elucidação, como ponto de partida para o ensino de Ciências, infere-se que esta seja uma alternativa para provocar os estudantes a buscar conhecimentos científicos (para fundamentação da solução). Em outras palavras, colocá-lo no centro do processo de aprendizagem, no qual (o aluno) tem o papel protagonista e o professor de provocador/orientador. Sustenta-se então a perspectiva construtivista do ensino, em que atividades que exigem interatividade com objetos de aprendizagem e pessoas sejam uma das formas de experimentar e aprender a Ciência. Trata-se de se desenvolver ao longo do tempo estudantes pesquisadores (em um primeiro momento, norteados pelo professor) aproveitando-se do fato da facilidade de obter conteúdo em diversos meios. Uma alternativa interessante que contempla esta intenção é a modelagem matemática.

Segundo Bassanezi (2016, p.16) “A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” . As fases da modelagem

matemática também são apresentadas esquematicamente pelo autor de acordo a Figura 1:

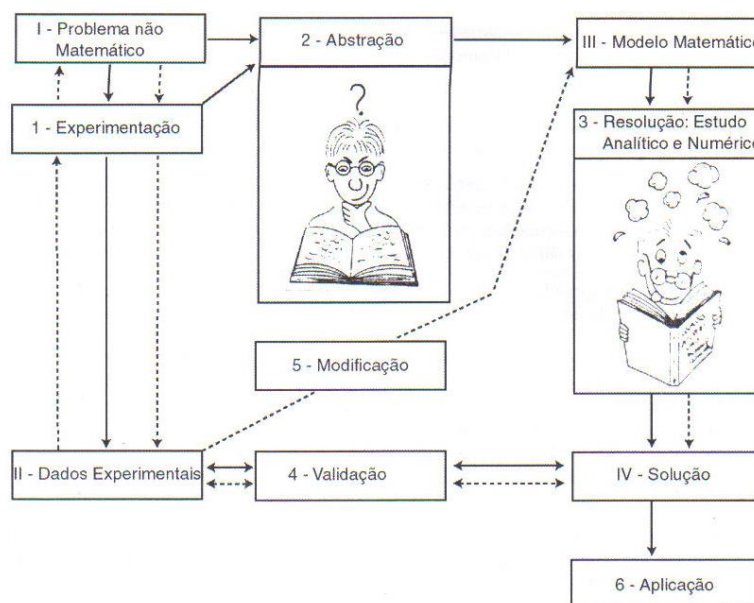


Figura 1 – Representação Esquemática da Modelagem I

Fonte: Bassanezzi (2016, p.27).

Basicamente, a atividade se inicia com a apresentação de um problema real que necessite elucidação. Parte-se da experimentação na qual coleta-se dados para encaminhamento de possíveis soluções. Na fase de abstração, selecionam-se variáveis, formulam-se hipóteses, fazem-se simplificações, transformando a linguagem natural em linguagem convencional (D'AMBROSIO,1986) (ex.: matemática, física). O próximo passo é a apresentação de um modelo matemático que descreva a situação real apresentada, que, por sua vez, será submetido à validação. A partir daí, tem-se dois caminhos a seguir: a aceitação do modelo proposto (capaz de descrever a situação-problema e realizar previsões) ou a modificação, descartar o modelo proposto por não descrever a realidade de forma satisfatória e realizar ajustes necessários para isso.

D'Ambrósio em *Da realidade à ação: reflexões sobre educação e matemática*, descreve a modelagem esquematicamente conforme a Figura 2. O plano é novamente inserir o estudante em um ambiente de experimentação, no qual ele deve analisar uma situação-problema real. A partir disso, o primeiro passo é compreender o problema (linguagem natural) e reformulá-lo em linguagem

convencionada (matemática), fazendo os ajustes necessários (simplificações e/ou aproximações). Em seguida, parte-se para o levantamento de hipóteses que serão testadas durante a experimentação/resolução. Por último, os dados obtidos são analisados e confrontados com as hipóteses na expectativa de apresentar uma resposta pertinente a situação investigada.

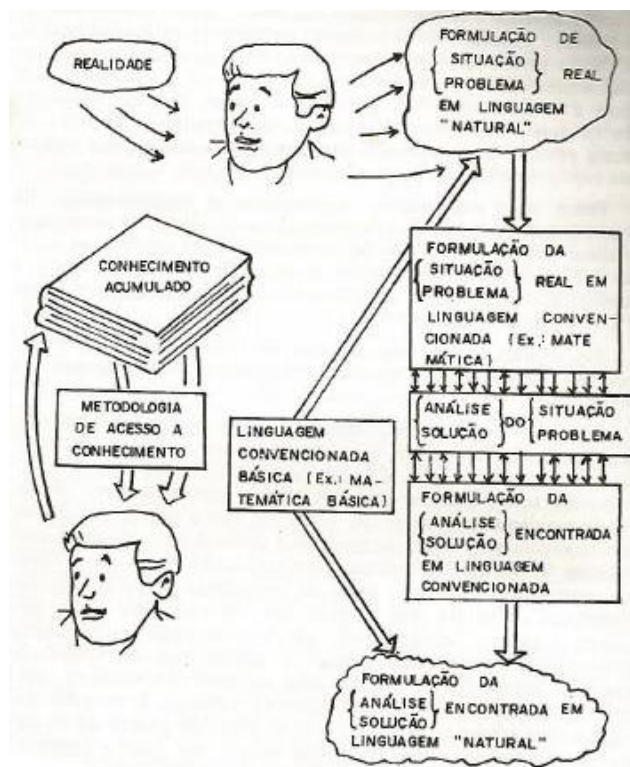


Figura 2 – Representação Esquemática Modelagem II

Fonte: D'Ambrósio (1986, p.66)

No esquema apresentado na Figura 2 cabe destaque para o conhecimento acumulado que segundo D'Ambrósio (1986, p.67) significa "(...) todo cabedal científico, filosófico, tecnológico (...) de que dispõe a humanidade como propriedade comum e a disposição de toda ela". Chamado pelo autor como conhecimento estático, refere-se à toda e qualquer fonte de informações que podem ser consultadas quando necessária durante a aplicação de uma atividade de modelagem.

2.3 A MODELAGEM COMO ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

A Física é uma Ciência experimental e se utiliza excessivamente de modelos para descrever o mundo real, e em muitas situações experimentais analisadas é exigida a descrição matemática para melhor interpretação dos fenômenos estudados. Segundo Bachelard (2005, p.8) “A ciência da realidade já não se contenta com o como fenomenológico; ela procura o porquê matemático”. Sendo assim, pode-se aproxima-la da modelização matemática. Pensa-se que esta sempre foi a ideia da Física e a intenção é reproduzi-la em atividades experimentais.

Parte-se do pressuposto de que a modelização integrada ao ensino de Física possa ser uma alternativa para a dinamização das aulas experimentais dando um viés de investigação na experimentação, aproximando a atividade com o trabalho de um cientista. Entende-se que expondo os alunos a situações que eles tenham que solucionar problemas, está-se gradativamente colaborando para o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para que ele desenvolva a enculturação científica defendida por Carvalho (2011, p.57):

A aprendizagem como enculturação ou alfabetização científica traz um novo olhar sobre os conteúdos e atividades trabalhados nas aulas de Física, abrangendo aspectos diversos da construção de conhecimentos científicos, desde seu caráter de produção humana até a importância de símbolos na construção de conceitos científicos.

A ideia de enculturação científica é corroborada pelos PCNs (2002, p.22).

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação.

Por último, é necessário assumir que é responsabilidade do professor despertar o protagonismo em seu aluno, a reclamação da ausência dele é comum em reuniões pedagógicas. Assim, tenta-se transferir para os alunos, com toda a imaturidade característica da idade, que desenvolvam algo que “nunca” foi estimulado, corrobora com esta ideia Machado (1994, p.72),

(...) tem sido verificado através de pesquisas que o trabalho escolar se pauta principalmente na transmissão/aquisição de conhecimentos ou técnicas, ou sejam o trabalho com o domínio cognitivo do aluno. Assim

parece ser um tanto contraditório os professores gerarem a expectativa de terem alunos com aquelas características (...) pouco faz para desenvolvê-las.

Deixa-se claro que a intenção não é responsabilizar o professor pelo insucesso da educação, porém é preciso refletir se de fato está-se colaborando para o desenvolvimento de um aluno autônomo e protagonista. Muitas vezes, ao propor uma nova abordagem de um determinado conteúdo (que foge das atividades padrões) frustra-se com o resultado final e a “nova” antiga prática de transferir o conhecimento é constantemente ressuscitada. Entende-se que a autonomia e o protagonismo tenham a curva de aprendizagem lenta, sendo assim, necessita-se de um intervalo de tempo maior para maturação. Acredita-se que o trabalho com a modelagem matemática pode colaborar com a mudança do perfil do aluno.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os pesquisadores realizaram uma pesquisa empírica em uma escola estadual no município de Assis-SP, na qual observaram o comportamento dos alunos em seu ambiente real de ensino. A cidade em questão está localizada no interior do Estado de São Paulo e possui 104 mil habitantes. Distribuídas pela região encontram-se 12 escolas estaduais, sendo que apenas três delas oferecem ensino em tempo integral (PEI – Programa de Ensino Integral). As atividades foram aplicadas na Escola Ernani Rodrigues (Integral), que está localizada em uma região periférica e recebe alunos de bairros populares próximos ao local. Trate-se de um ambiente privilegiado em termos de estrutura e recursos quando comparado com as demais escolas estaduais. A instituição goza de bons ambientes para desenvolvimento de atividades na área de Ciências. São três espaços exclusivos para uso dos professores de Física, Química, Biologia, Ciências e Matemática. As disciplinas de práticas experimentais iniciam-se no oitavo ano. No Ensino Fundamental II, são duas aulas por semana dedicadas às atividades práticas. Já no Ensino Médio, as turmas de 1º e 2º ano possuem 4 aulas experimentais por semana. A escola tem como um de seus pilares a elaboração do projeto de vida de seus alunos.

A tomada de dados aconteceu por meio de relatórios pós atividades e registro de observações durante a experimentação, e foram submetidos a uma análise qualitativa. O pesquisador é professor regente das turmas. O experimento aconteceu com uma sala de primeiro ano do Ensino Médio. Esta turma iniciou uma nova rotina de laboratório na qual atividades investigativas foram inseridas. O professor trabalha em regime de dedicação exclusiva.

A sequência didática utilizada para aplicação desta pesquisa se dividiu em três momentos distintos: o primeiro batizado como pré-laboratorial, no qual discutiu-se conceitos relacionados a experimentação com a intenção de fornecer subsídios aos experimentadores; o segundo momento é a apresentação de um problema, ou de um experimento que exige-se uma solução, aqui os alunos realizaram a tomada de dados necessárias para encaminhamento da conclusão, e o último momento caracterizado pela análise de dados, elaboração de relatórios e compartilhamento de soluções. As atividades serão realizadas em grupos de no mínimo 2 (dois) estudantes. O agrupamento é realizado pelos alunos de acordo a afinidades entre eles.

3.1 ESQUEMA DA MODELAGEM UTILIZADA NAS ATIVIDADES

Inspirado nos diagramas apresentados na fundamentação teórica, utiliza-se neste trabalho um modelo simplificado de modelagem sem perder sua essência, conforme a Figura 3:

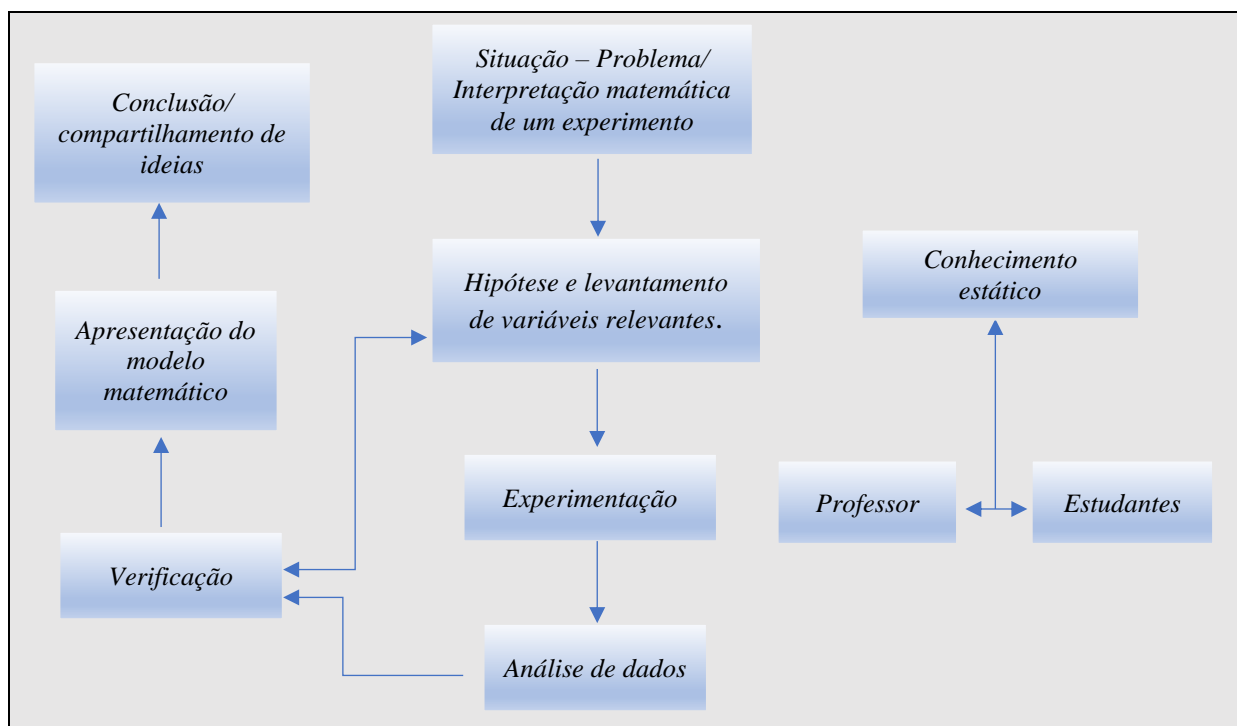


Figura 3 – Esquema de Modelagem – Etapas a serem seguidas durante a resolução do problema.

Fonte: Adaptado de D'Ambrósio (1986)

A Figura 3 esquematiza a modelagem proposta desta pesquisa: a ideia é partir de uma situação-problema ou da análise de um experimento. Em seguida, os experimentadores são convidados a levantar hipóteses, verificar as variáveis que devem ser investigadas para solução do problema, seguido da experimentação. Os dados são organizados, analisados e um modelo matemático é elaborado. Este modelo passa por uma verificação e pode ser encaminhado para uma conclusão, caso apresente uma resolução satisfatória, ou ainda retornar a uma das etapas anteriores, caso refutado, para ajuste e posteriormente uma nova verificação. Do outro lado (direito) do esquema, destaca-se a representação do conhecimento estático proposto por D'Ambrósio, refere-se a toda e qualquer forma de informação disponível que pode colaborar para a resolução do problema proposto. Trata-se de uma ferramenta de apoio onde as referências podem ser acessadas a partir da literatura disponível ou ainda de um diálogo com o professor. Por fim, entende-se

como modelagem matemática a apresentação de uma solução pautada em argumentações lógico-científicas que pode ser esclarecida de forma experimental ou teórica (esquemas, equações, entre outros) contanto que seja didaticamente clara e elucide o problema proposto.

3.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

Os pesquisadores realizaram uma análise buscando habilidades cognitivas expressadas pelos alunos proposta por Zoller (1993, apud Saud, 2009 p.58). Os parâmetros apresentados no Quadro 1 foram utilizados para mensurar a estruturação do pensamento científico dos estudantes a cada uma das atividades propostas.

Quadro 1 - Habilidades Cognitivas

Nível	Categoria de resposta ALG
N1	- Não reconhece o problema - Limita-se a expor um dado lembrado - Retêm -se a aplicação de fórmulas ou conceitos.
Nível	Categoria de resposta LOCS
N2	- Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado. - Não identifica variáveis - Não estabelece processos de controle para seleção de informações. - Não justifica respostas de acordo com os conceitos exigidos
N3	- Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações. - Identifica e estabelece processo de controle para seleção das informações. - Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais.
Nível	Categoria de resposta HOCS
N4	- Seleciona as informações relevantes. - Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema. - Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema. - Exibe capacidade de elaboração de hipóteses.
N5	- Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais.

Fonte: adaptado de Zoller (1993, apud Saud, 2009 p.76)

Segundo Saud, Zoller define as habilidades cognitivas em duas categorias: LOCS que são as habilidades cognitivas de baixa ordem, caracterizadas pela capacidade de conhecer, lembrar, aplicar os conhecimentos e algoritmos em situações já vivenciadas, e as de alta ordem HOCS que são caracterizadas por um

pensamento mais crítico e investigativo da situação problema. Ainda dentro das LOCS encaixa-se a ALG como subcategoria caracterizada também pela falta de raciocínio lógico. Dentro de cada categoria existe os Níveis (N1, N2, etc.) que são caracterizados de acordo com o grau de elaboração das respostas. Entende-se que para que o processo de enculturação científica (Carvalho, 2011) ocorra, a experimentação deve provocar o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem, já que deseja-se estruturar o pensamento científico com a intenção de formar um cidadão crítico e atuante, tal pensamento encontra respaldadas nos PCNs (Brasil, 2002), “Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (p.59).

Outro fato que se torna interessante é avaliar o grau de abertura das atividades proposta pelo professor. Por se tratar de atividades investigativas, é interessante verificar o comportamento dos alunos diante de diferentes cenários. O Quadro 2 apresenta a variação do grau de liberdade em uma atividade experimental proposto por Pella (1969):

Quadro 2 – Graus de Liberdade do Professor/Aluno em Aulas de Laboratório.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

Fonte: Carvalho (2011, p.55)

A autonomia dos estudantes vai aumentando conforme a elevação dos graus de liberdade. Por exemplo, no grau I o problema, as hipóteses, o plano de trabalho e a conclusão são de responsabilidade do professor. Neste cenário, cabe aos estudantes apenas a tomada de dados. Este modelo de experimentação é conhecido como “receita de cozinha” (Carvalho, 2011), são atividades do tipo “prove que” e com pouca ou nenhuma característica de investigação. Já no outro extremo, o grau V é caracterizado pela total soberania, em que até o problema a ser investigado é proposto pelos experimentadores. Estas serão as referências utilizadas para análise das atividades propostas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho iniciou-se de forma exaustiva e um pouco fora do planejado. Nas primeiras conversas sobre a modelagem matemática, sentiu-se a necessidade de realizar atividades de nivelamento matemático e resolução de problemas experimentais. Acostumados a sempre terem um exemplo a ser seguido, os estudantes tiveram comportamento apático todas as vezes que foram convidados a pensar. Então durante as primeiras semanas realizou-se atividades simples de análise e confecção de tabelas, gráficos e montagem de equações, resolução de problemas experimentais de baixa dificuldade, manipulação de instrumento de medidas e calculadora, e estimativa de distâncias e alturas através de triangulação.

Para esta etapa da pesquisa trabalhou-se o capítulo II da Coleção FAI - Física Auto Instrutiva - GETEF, no qual se explorou os conceitos de construção e interpretação de gráficos. Na parte de laboratório, foram desenvolvidas algumas atividades experimentais (com adaptações) das coleções Projeto de Física-Fundação Calouste Gulbenkian (Análise do comportamento de um elástico p.140 e experiência 1.3 pag. 149), PEF – Projeto de Ensino de Física – IFUSP (Período de um pêndulo pág. 3.6). Após este trabalho, notou-se uma evolução na leitura de gráficos, a maior parte dos estudantes conseguiu responder a questões sobre os fenômenos estudados em dois momentos (análise gráfica do movimento de um veículo e curva de resfriamento da água). Destaca-se no Quadro 3 o diálogo com um estudante no fechamento das atividades de gráfico.

Quadro 3 – Diálogo com Aluno no Fechamento de uma Atividade de Gráficos

“- Professor, sabe o que eu percebi?
- Não. O que você percebeu?
- Que a Física é mais fácil que a matemática.
- Hummm! Que legal! Tem gente que acha que não. Por que você acha isso?
- Eu consigo ver! Eu consigo entender o que está rolando.
- Na matemática, não? Arrisco dizer que se trata do mesmo tipo de coisa, você não acha?
- Sim, eu sei! Quer dizer eu acho que sei! Na matemática.... Ahhhh.... sei lá... não faz sentido, é só x e y. Aqui não, tem velocidade, temperatura e tempo, por exemplo. “tendeu”? Ah não sei! Acho que é isso.”

Na conversa apresentada mostra-se a importância de se contextualizar o ensino (uma das possibilidades). Interpreta-se que este aluno faz referência a

compreensão lógica do gráfico (“Eu consigo ver”). O fato dos eixos cartesianos deixarem de serem genéricos e representarem grandezas físicas colaborou para o estudo e aprendizagem de funções. Presume-se então que a virada de grandezas genéricas (X e Y) para grandezas físicas (V, T, etc.) não seja tão automática para parte dos alunos.

Esperava-se que, após esta revisão, uma maior facilidade dos estudantes em lidar com gráficos e equações. Por isso, decidiu-se seguir esta linha nos experimentos propostos. Delimitou-se a investigação a problemas que envolvessem equação do primeiro grau e seu gráfico. Basicamente, em todas as atividades propostas, os estudantes eram convidados a montar uma tabela, marcar os pontos, traçar a curva, calcular os coeficientes linear e angular e interpretá-los fisicamente.

Mudou-se também o modelo do roteiro de atividade de totalmente aberto (Grau V), para um mais direcionado (entre Grau III e IV). Praticamente em todas as atividades convidou-se os alunos a levantar hipóteses, que devem ser estudadas conforme o andamento da experimentação. As perguntas foram elaboradas de forma a direcionar uma conclusão. Após este período, os alunos foram submetidos a primeira atividade de modelagem matemática (Figura 4), ver apêndice A.



Figura 4- Alunos Realizando Atividade I

Fonte: Arquivo pessoal

O quadro 4 apresenta o grau de liberdade concedidos aos estudantes.

Quadro 4 – Grau de Liberdade Atividade I

	Problema	Hipóteses	Plano de Trabalho	Obtenção de dados	Conclusões
Tarefa	P	A	A	A	A

De acordo com o Quadro 4, pode-se classificar o experimento como grau IV. O objetivo desta atividade era estimar o volume de uma gota de água utilizando-se um gráfico. Para isso, foram disponibilizados uma proveta com alguma quantidade de água (parâmetro linear), e um conta gotas. Esperava-se que os estudantes associassem o parâmetro angular ao volume de uma gota. Na primeira parte da experimentação, analisou-se o nível cognitivo das hipóteses apresentadas pelos grupos e na segunda (parte) foram analisadas as respostas das questões norteadoras até o fechamento da atividade (conclusão). A Tabela 1 apresenta o nível cognitivo das respostas dos alunos.

Tabela 1 – Análise de Respostas Apresentadas Atividade I

Questão	% de alunos em cada um dos níveis cognitivo 25 alunos			
	N1	N2	N3	N4
Hipótese	60	-	-	40
Conclusão	60	-	-	40

A começar-se pela hipótese, nota-se que 40 % das repostas apresentadas estão catalogadas no Nível cognitivo N4, ou seja, grupos que demonstraram alguma forma de raciocínio lógico para realizar a estimativa. No Quadro 5, seguem as hipóteses apresentadas pelos alunos.

Quadro 5 – Análise de Hipóteses – Atividade 1

Grupo	Hipóteses	Análise
Grupo 1	“... usamos como exemplo uma seringa de 10 ml, ao apertar a seringa e ver as gotas caírem percebe-se que tem muitas gotas lá dentro, acreditamos que tenha aproximadamente 150 gostas, cada com 0,06ml”	N4
Grupo 2	“Partimos do exemplo de um copinho de xarope de 2ml, e vemos que dentro de 2ml podemos retirar muitas gotas. Nossa estimativa é 0,02 ml.”	N4
Grupo 3	“A metade de 1ml é muito, a metade da metade também, a metade da metade, da metade, também. Deve ser algo muito pequeno, o volume de uma gota está próximo de algo entre 0,02”.	N4
Grupo 4	“Nosso grupo decidiu após uma longa discussão que o valor da gota está entre 0,5 ml e 1ml, portanto achamos que o valor da gota é aproximadamente 0,2ml”	N1
Grupo 5	“0,25 ml, por que há uma pequena quantidade de água numa gota”	N1

Faz-se importante realizar um panorama das repostas apresentadas pelos estudantes. O grupo 1 estava realizando uma atividade (em outro momento) utilizando seringas para construção de uma escavadeira. Durante a experimentação

encheram a seringa de água e deixaram gotejar algumas gotas para apresentar sua estimativa. Ao serem questionados sobre qual foi o raciocínio utilizado para tal procedimento, disseram que lembraram de uma atividade feita anteriormente de nivelamento, na qual foram desafiados a estimar a espessura de uma folha. Outro fato interessante foi no grupo 2, em que um dos membros estava ministrando uma medicação e utilizou-se da medida do remédio para discutir com os colegas da equipe. Algumas gotas foram despejadas na tampinha da medicação e chegaram à conclusão que necessitava de muitas gotas para atingir um 1ml, a partir deste raciocínio apresentaram a estimativa. O grupo 3 utilizou de uma lógica bem interessante. Foram reduzindo pela metade os volumes, induzindo os membros do grupo a fazer um experimento de pensamento. Os grupos 4 e 5 não apresentaram respostas com evidência de raciocínio lógico.

No fechamento das atividades, todos os grupos foram orientados para que uma conclusão fosse apresentada: 60% dos alunos chegaram ao final do trabalho demonstrando não reconhecer o problema a ser investigado. Durante o trabalho com os dados, necessitaram demasiadamente da presença do professor e os resultados apresentados foram altamente influenciados pelo mestre. Os demais (40%) chegaram ao final da experimentação, apresentando um bom entendimento da atividade, elaboraram o gráfico, e com algum auxílio do professor, identificaram os parâmetros linear e angular e seus respectivos sentidos físicos. No Quadro 6 apresenta-se algumas das conclusões elaboradas pelos estudantes:

Quadro 6 – Análise Conclusões Atividade I

Grupo	Conclusão	Análise
Grupo 1	“Concluímos que através dos dados analisados da tabela e representados no gráfico, conseguimos detectar o volume total do que se deseja descobrir, a quantidade de água existente na proveta sem nenhuma gota, o volume estimado de apenas uma gota e o número total de gotas estudadas no experimento. Ainda conseguimos estimar a quantidade de gotas para preencher qualquer volume”.	N4
Grupo 2	“Chegamos à conclusão que uma gota possui 0,06 de volume, que através do gráfico e da equação que conseguimos chegar a esse resultado. Descobrimos também qual a quantidade de água que iniciamos a experiência 10”	N4
Grupo 3	“Chegamos a 0,05 ml, percebemos que nossa estimativa não chegou perto do que era, houve muita diferença. Conseguimos calcular quantidade de gotas para outros volumes”.	N4
Grupo 4	Não apresentou conclusão	N1
Grupo 5	Não apresentou conclusão	N1

Nesta primeira experimentação, percebeu-se que os grupos que iniciaram a atividade com uma hipótese mais coerente conseguiram chegar ao final do trabalho com uma certa facilidade e com uma linha de raciocínio mais direcionada. Durante o desenvolvimento da experimentação, notou-se que ainda existe uma dependência muito grande do professor. Em muitos momentos, a presença do docente era solicitada por insegurança na interpretação da equação e não por necessidade. Outro fato que chamou a atenção foi o desconforto dos alunos ao trabalhar com números decimais e dízimas que, segundo os próprios, um valor quebrado é sinal de que alguma coisa estava errada. Ao serem questionados o porquê desta ideia, argumentaram que durante os exercícios trabalhados em sala os números sempre davam exatos.

Na confecção dos gráficos, também se teve muito trabalho. Primeiro, por ser tratar de dados experimentais, os pontos não ficaram perfeitamente alinhados, necessitando fazer uso da reta média. Esta situação gerou grandes, intensas e interessantes discussões. E depois, para cálculo do parâmetros linear e angular, ainda que os estudantes já tivessem a oportunidade de fazê-lo mais de uma vez, encontraram bastante dificuldades.

Analisando-se as conclusões, notou-se a ausência da alfabetização científica na apresentação de dados, e também habilidade na escrita do texto. As conclusões não utilizam como ponto de partida a hipótese apresentada, são curtas e objetivas e não extrapolam o que foi solicitado na atividade.

O estudo da primeira experimentação reflete a importância das atividades de nivelamento como preparativo para o trabalho com a modelagem. Observou-se uma sensível melhora na manipulação de instrumentos, na organização dos grupos e na tentativa de executar a atividade experimental até o fim, isto é, conseguiu-se estabelecer uma rotina de laboratório. Outra reflexão que se faz importante é sobre o possível distanciamento entre os tipos de atividades discutidas em sala e no laboratório. A Física apresentada na teoria está dentro de um cenário ideal, no qual os números são quase sempre exatos e nos gráficos os pontos estão sempre alinhados. No ambiente de experimentação, a realidade é um pouco diferente, constatou-se que o aparecimento de números decimais e de medidas imprecisas foi diagnosticado como algo errado, ou seja, a virada de cenários (teoria para prática) aparenta novamente não ser automática e necessita ser trabalhada. Sobre os gráficos, ainda se observou dificuldades em determinar as variáveis dependente e

independente, além de determinar escalas, marcar o ponto e traçar a curva. Diagnostica-se que se trata de algo novo para a rotina dos estudantes e que este cenário tende a ser modificado.

Após os resultados obtidos na atividade 1, optou-se por aplicar uma nova experimentação, só que agora iniciando a aula com uma discussão coletiva auxiliada pelas perguntas norteadoras, com a intenção de fazer com que todos os grupos partissem com uma hipótese mais elaborada e com um plano de trabalho mais definido. O roteiro (ver apêndice B) desta vez foi mais indutivo na expectativa de desenvolver um ambiente de compartilhamento de impressões e dúvidas. Novamente os estudantes foram induzidos a solucionar o problema utilizando um gráfico. A turma foi separada em 5 grupos com 5 membros cada e o plano distribuído. Para esta atividade, utilizou-se o trilho de ar (Figura 5). Este equipamento é utilizado para estudo de diversos movimentos e colisões com atrito mínimo, pois o carrinho flutua sobre um trilho de ar. A tomada de dados é realizada utilizando-se foto-sensores, um computador e o software fornecido pelo fabricante. Existe apenas um kit para experimentação e os grupos se revezaram para utilizá-lo.

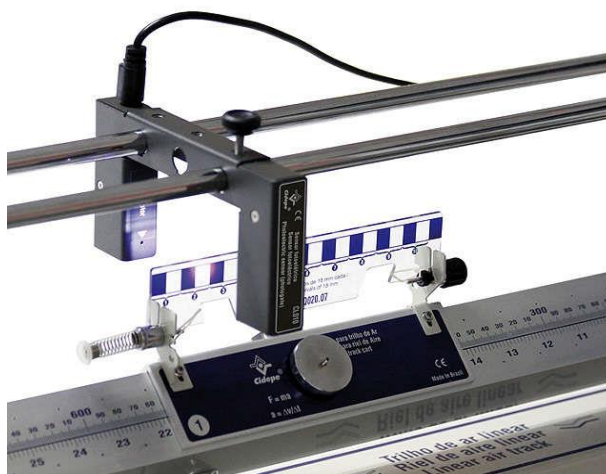


Figura 5 - Trilho de ar Linear
Fonte: CIDEPE - 2018

A atividade iniciou-se com a apresentação do equipamento e seus recursos para os grupos, explanou-se sobre o uso do software e a interação dos sensores e o carrinho. Integrou-se no móvel uma régua para medir o tempo de passagem entre dez intervalos (igualmente) espaçados pelos sensores, conforme a Figura 6:

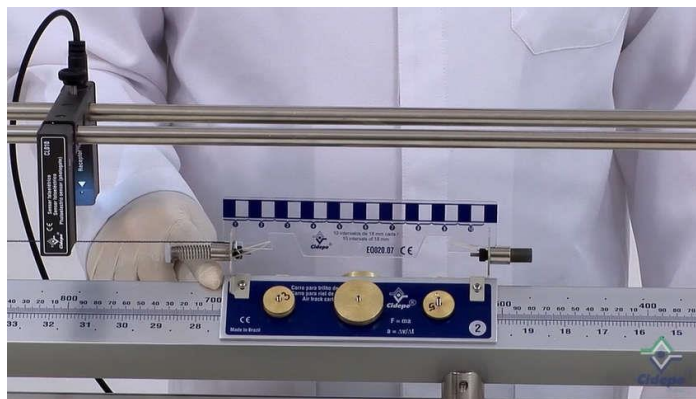


Figura 6 - Carrinho Integrado com a Régua para Medida de Tempo
 Fonte: CIDEPE - 2018

A aula se iniciou colocando o carrinho em movimento. Através da compressão de uma mola, um impulso foi dado e o móvel percorreu o trilho com velocidade constante. Quando questionados sobre o tipo de movimento observado, alguns grupos apontaram que se tratava de um movimento acelerado, pelo fato de ter sido iniciado com um impulso. Este questionamento foi pertinente para discutir-se a ideia da cinemática sobre estudo dos movimentos sem se preocupar com suas causas e para delimitar nosso objeto de estudo. Após esclarecimentos, restringiu-se o estudo em considerar que o móvel já iniciava com alguma velocidade, desprezando o impulso dado pela mola. Feito os ajustes, os grupos iniciaram a atividade (Figura 7).

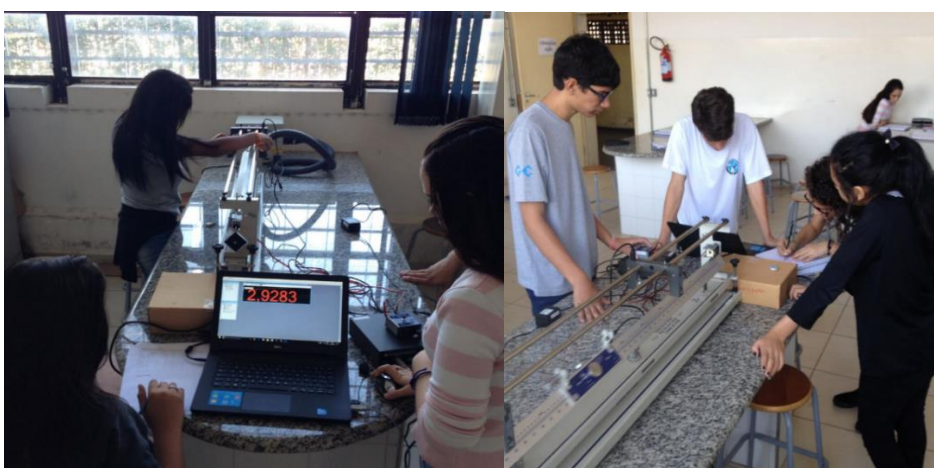


Figura 7 – Alunos Realizando Experimento II
 Fonte: Arquivo pessoal

Nos Quadros 7 a 10 apresenta-se as respostas das questões juntamente com a análise realizada.

Quadro 7 – Análise de Questão 1 – Atividade II

Questão 1	Observe que o carrinho flutua sobre o trilho, você e seu grupo saberia dizer qual é a vantagem que teremos com este fato? Qual variável nós queremos eliminar?	Análise
Grupo I	“Quanto está em contato com o ar, não tem atrito e quando o ar está desligado há um atrito grande o que fará com que o objeto se locomova com dificuldade”.	N4
Grupo II	“A vantagem é que não teria atrito e o experimento irá desenvolver mais rápido.”	N1
Grupo III	“Ele elimina o obstáculo, a variável eliminada é a relação do peso como o trilho, ou seja, não tem atrito com trilho, fazendo com que a velocidade não sofra variações, deduzindo que o carrinho tenha velocidade constante.”	N5
Grupo IV	“A vantagem do ar é que diminui o atrito, o atrito entre o carrinho é a régua.”	N3
Grupo V	“O carrinho não sofre atrito com a régua, devido ao ar que o elimina”.	N3

Na primeira questão, nota-se que todos os grupos aparentemente compreenderam as vantagens obtidas com o fato do carrinho flutuar. Destaca-se a resposta apresentada pelo grupo III, em que relacionou corretamente o movimento com velocidade constante devido à ausência de atrito.

Quadro 8 – Análise de Questão 2 – Atividade II

Questão 2	Observe o movimento do carrinho sobre o trilho, de acordo com os movimentos por nós estudados em sala, você e seu grupo conseguiria classificá-lo? Qual seria os parâmetro(s) físico(s) utilizado(s) para classificar este movimento? Em breve vocês realizarão uma experimentação, quais dados o grupo espera tomar, para ratificar esta hipótese?	Análise
Grupo I	“Movimento constante e o parâmetro físico utilizado para a classificação foi a velocidade.”	N4
Grupo II	“Movimento uniforme. O parâmetro físico é a velocidade.”	N4
Grupo III	“Movimento uniforme, pois, nós achamos que o impulso da mola não conta em nosso estudo. Para chegar nessa hipótese observamos a velocidade que parece constante.”	N4
Grupo IV	“Movimento uniforme. Por que a partir do estímulo que você dá para o carrinho a velocidade é mantida uniformemente.”	N4
Grupo V	“Sim. O Movimento de ida é uniforme por que a velocidade é constante. O parâmetro que devemos investigar é a velocidade”.	N4

Na questão 2, aparentemente todos os grupos identificaram que o principal objetivo da atividade era estimar a velocidade do móvel.

Quadro 9 – Análise de Questão 3 – Atividade II

Questão 3	Observe o movimento do carrinho, o grupo consegue estimar a velocidade em algum instante de tempo? Registre o valor e técnica utilizada para isto e apresente uma expressão matemática que descreva o movimento do carrinho.	Análise
Grupo I	“Espaço percorrido 93 cm. Tempo percorrido 3,48s. Velocidade estimada 0,268 m/s.”	N4
Grupo II	“O carrinho percorre 930 mm em aproximadamente 3s. A velocidade é 310mm/s.”	N4
Grupo III	“São 0,930 m em 3s. A $v=0,31\text{m/s}$ ”	N4
Grupo IV	“4 segundos estimado através do pensamento.”	N1
Grupo V	“Sim utilizando a velocidade é estimada é de 3,47”	N1

Nesta fase nota-se que os grupos I, II e III estimaram de maneira correta a velocidade do carrinho, buscando acertadamente informações sobre o espaço percorrido e o tempo gasto para este percurso. Já os grupos IV e V confundiram o conceito de velocidade com o de tempo, demonstrando não ter entendido o que deve ser investigado na atividade proposta.

Quadro 10 – Análise de Questão 4 – Atividade II

Questão 4	O gráfico é uma ferramenta muito utilizada para interpretação de diversos fenômenos, e por isso, faremos um nesta atividade. Que tipo de gráfico o grupo pretende construir? Qual o tipo de curva é esperado (reta, parábola, entre outras)? Justifique sua resposta.	Análise
Grupo I	“Uma reta, pois o movimento é constante. Distância por tempo.”	N4
Grupo II	“Um gráfico S x T. Será uma reta pela velocidade ser constante.”	N4
Grupo III	“Gráfico SxT. Uma reta, a qual a velocidade não se altere.”	N4
Grupo IV	“Velocidade por distância. Reta.”	N1
Grupo V	“Velocidade por distância. Reta.”	N1

Observa-se na questão 4, que os grupos IV e V novamente não apresentaram respostas esperada, evidenciando mais uma vez que não entenderam a atividade experimental. Já os demais grupos apontaram corretamente o gráfico necessário para elucidação da investigação.

Quadro 11 – Análise de Conclusão – Atividade II

	Conclusão	Análise
Grupo I	“No gráfico apresentamos todos os dados presentes na tabela, chegamos a uma estimativa de 0,3m/s, o que foi bem próximo do resultado final a 0,28m/s. Portanto após a atividade experimental podemos concluir que o resultado foi excelente, pois ficou muito aproximado ao estimado. O carrinho de fato se move com velocidade constante.”	N4
Grupo II	“A nossa estimativa foi de 0,31 m/s e ao desenvolver o experimento chegamos em 0,28 m/s bem próximo a nossa hipótese. Tivemos vários problemas com o gráfico, mas acabamos entendendo o problema depois de conversas com o professor.”	N4
Grupo III	“É possível concluir que o experimento nos levou a raciocinar de forma lógica e afirmar que a velocidade é constante. O Gráfico é uma reta, não há variações, ou seja, é possível determinar em qualquer lugar em que a reta vai estar através de uma equação. “	N4
Grupo IV	“O grupo não apresentou conclusão”	N1
Grupo V	“O trabalho foi bom, porém tivemos bastante dificuldades, pois não estamos acostumados a trabalhar com gráfico.”	N1

No fechamento do experimento, nota-se que o grupo I conclui que o carrinho se move com velocidade constante, mas peca na fundamentação de seu fechamento quando não aponta os resultados que justifiquem a resposta. O grupo II relata problemas durante o desenvolvimento da atividade, mas não aproveita o espaço para explorá-los. Já o grupo III conclui corretamente o movimento do

carrinho, justificando através de evidências:“ O gráfico é uma reta, não há variações”, apresentando uma resposta mais completa e fundamentada em impressões.

Reflete-se então que as questões norteadoras junto com a discussão coletiva colaboraram de forma significativa para o desenvolvimento do trabalho tanto na apresentação de hipóteses como no encaminhamento de conclusões, pois estimularam e orientaram os olhares dos estudantes em relação a experimentação. Nota-se que todos os grupos (I, II, III) que apresentaram respostas com alguma lógica conseguiram desenvolver a atividade sem maiores problemas, obtiveram dados, marcaram os pontos, traçaram a curva, encontraram a equação e identificaram corretamente os sentidos físicos dos parâmetros linear e angular. Apresentaram uma conclusão considerada satisfatória para estudantes de ensino médio. É possível também notar uma evolução no comportamento dos estudantes durante a atividade, assumindo uma postura mais reflexiva diante da situação problema apresentada, deixando-se de lado a apatia.

As questões norteadoras também colaboram para evidenciar o momento em que os grupos se perderam durante a atividade. Nota-se que os grupos IV e V falharam em identificar o que era necessário para resolver o problema (questões 3 e 4), impossibilitando desta forma o desenvolvimento esperado da atividade e a apresentação de uma conclusão.

Tabela 2 – Análise de Respostas Apresentadas Atividade II

Questão	% de alunos em cada um dos níveis cognitivo 25 alunos			
	N1	N2	N3	N4
Hipótese	40	-	-	60
Conclusão	40	-	-	60

Na Tabela 2, apresenta-se novamente um resumo sobre a manifestação de habilidades cognitivas, aparentemente manifestadas pelos estudantes na elaboração da hipótese e da conclusão. Percebe-se um aumento na porcentagem de resposta no nível cognitivo IV, em relação ao primeiro experimento. Atribuímos este aumento a dois fatores: a inserção de questões norteadoras acompanhadas de discussões e o fato de ter sido a segunda atividade aplicada no modelo investigativo, buscando a modelagem matemática do experimento.

Na atividade 2, observou-se que uma nova rotina de laboratório está sendo construída. Houve uma participação maior dos estudantes na atividade. As questões norteadoras colaboraram para direcionar os olhares dos alunos para as

características do aparelho, e a implicação destas na experimentação. Destaca-se que, durante o estudo do movimento do carrinho sobre o trilho, um aluno questionou sobre a influência das massas na velocidade do móvel e foi desafiado a investigar seu questionamento, transcreve-se no Quadro 12 o diálogo:

Quadro 12 – Diálogo com um Aluno Sobre a Influência da Massa

“- Professor, professor, o peso influencia?
- No que, filho?
- No movimento, na velocidade?
- Por que você acha isso?
- Não sei, estou perguntando...
- Ela influencia???
- Ah! Professor, eu estou perguntando!
- Eu também. Será que o influencia?
- Professor, eu perguntei primeiro você tem que me responder.
- Não, não tenho não! (risos)
- Tem sim!!!!
- Bom, então eu não sei e agora quero saber! Vamos lá filho, mostre-me!!!
- Ah não, deixa quieto, deixa quieto, professor!
- Não, não, aluno A! Não deixo! Por que você não experimenta?
- Posso?
- Sim, como faria?
- Não sei! Não sei!
- Vamos lá!!! Pense!!! O experimento é seu!
- É sério?
- Sim, pode experimentar!
- Beleza, professor! Vamos comigo, Aluno B?”

Os alunos foram até o experimento e realizaram três lançamentos, um com o carrinho sem massa alguma, outro integrado a 100g e outro a 200g. Notaram que, para um mesmo impulso, o tempo de passagem pelos sensores aumentava (ver Figura 8), conforme o acréscimo das massas e concluíram que se tratava da diminuição da velocidade. Pediu-se então para que eles apresentassem o questionamento, o método utilizado e o resultado para o restante da sala. Trata-se de uma atividade com grau de liberdade V, no qual os alunos apontaram o problema, propuseram o método, realizaram a experimentação e apresentaram uma conclusão. O interessante é que tudo ocorreu de forma natural e informal. Destaca-se o aparente medo que os alunos têm em fazer algo fora do *script* da aula. Pois todas as vezes que são questionados o porquê de determinado pensamento, recuam (“deixa quieto, professor”), como se estivessem fazendo algo de errado.

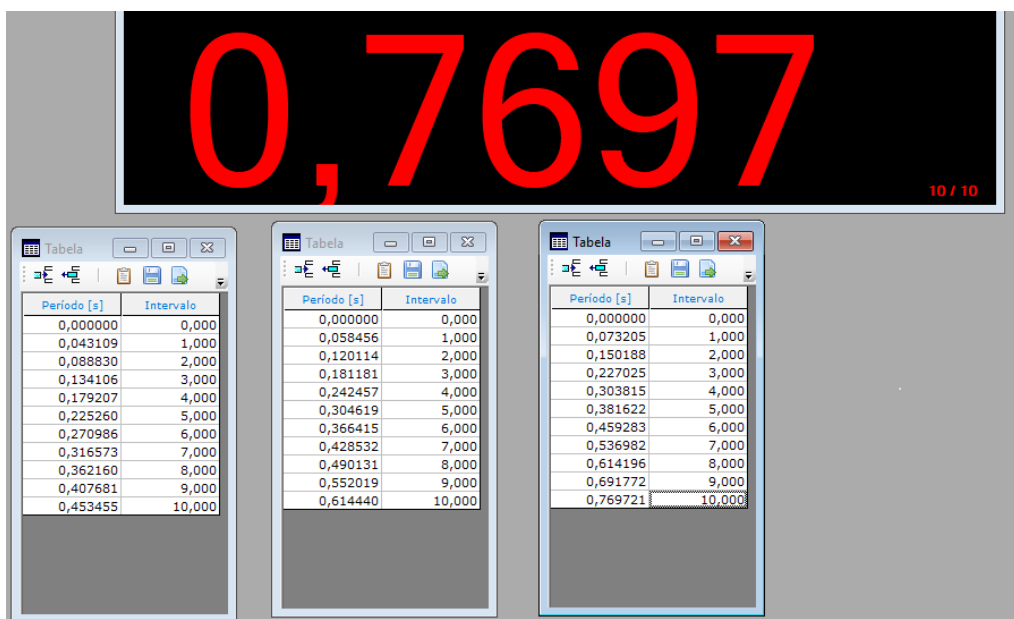


Figura 8 – Captura da Tela do Experimento Influência das Massas na Velocidade

Fonte: Arquivo pessoal

As conversas finais desta atividade foram bem interessantes. Observou-se maior interesse dos alunos em resolver o problema apresentado. Criou-se de forma natural um clima de disputa para ver qual grupo apresentava a conclusão mais adequada para descrição do fenômeno estudado. Ainda que não seja perfil dos pesquisadores criar ambiente de competições, este episódio mostrou-se interessante para fomentação de debates sobre possíveis divergências. Estimulou-se os grupos a confrontarem os métodos experimentais, trocar dados e identificarem o motivo das divergências. Este momento foi útil para discutir-se arredondamentos, ordem de grandezas, e a importância da descrição da metodologia utilizada para o estudo em questão.

Por fim, ao final da segunda atividade, teve-se a certeza que se abriu um (longo) caminho para uma “nova” forma de se fazer Ciências no laboratório. Baseada em evidências observacionais e não somente em apresentação de conclusões. Constatou-se que mesmo de forma sensível e ainda com grande dependência do professor, os estudantes começaram a enxergar as aulas experimentais de forma atrativa. Em todos os feriados e eventos que impedissem a continuação das atividades experimentais, escutava-se reclamações sobre a interrupções dos trabalhos em percurso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou o estudo da modelagem matemática aplicada a atividades de laboratório *in loco*. Avalia-se que o trabalho não chegou ao seu final e sim a finalização de uma etapa. Entende-se que falar em conclusão é simplificar toda a complexidade do ensino e suas relações. Porém, isto não diminui a sua importância, pois conseguiu-se apresentar dados e compartilhar reflexões importantíssimas com seus leitores.

A primeira é que o problema do Ensino de Física não está restrito somente ao repertório matemático dos estudantes das escolas públicas, trata-se de alguma coisa mais complexa ou talvez ainda mais simples, algo aparentemente contraditório (explica-se). Pôde-se observar que o aluno, ao ser inserido em um ambiente de experimentação, apresentou dificuldades em lidar com instrumentos de baixa complexidade como uma régua, um termômetro, uma balança ou ainda um dinamômetro, ao mesmo tempo que em apresentava conhecer conceitos ligados a comprimento, largura, altura, temperatura, massa e peso.

A segunda é a importância da resistência, insistência e persistência. Inicialmente a escolha por um viés mais investigativo nas atividades de laboratório encontrou resistência por parte dos estudantes. Tirá-los da zona de conforto causou muito trabalho e experiências iniciais infrutíferas. O que demandou muita paciência, reflexão, política e constantes ajustes nas atividades.

A terceira é que se deseja um aluno questionador, pesquisador e investigador em um sistema de Ensino que muitas vezes ainda privilegia a repetição de algoritmos como melhor método de aprendizagem. Será este o melhor caminho para desenvolver o pensamento científico? A falta de habilidade em manipular instrumentos simples não seria reflexo deste modelo? Espera-se que, em uma atividade laboratorial do tipo modelagem, o método científico e sua sequência lógica sejam aplicados. Mas será que se desenvolvem estas habilidades?

Por último, talvez a escola privilegie somente o acerto, a relação vertical entre professor e aluno, e a transferência da maior quantidade, e não qualidade de conteúdos possíveis (focando o desenvolvimento de competências). Todos os fatores apresentados acima parecem ser contrários às necessidades do trabalho com a modelagem matemática. A modelagem necessita de tempo, seleção de conteúdos (qualidade x quantidade), a valorização do erro, e o estímulo frequente ao protagonismo do discente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 16^a. edição. Campinas: Papirus, 2012.

BASSANEZI, R. C. **Ensino- Aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. 4ed. São Paulo, 2016.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 5ed. Rio de Janeiro, 2005

BIEMBENGUT, M. S. **Qualidade de Ensino de Matemática na Engenharia**: uma proposta metodológica e curricular. 1997. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BUNGE, M. **Ciência e desenvolvimento**. Tradução Cláudia Regis Junqueira. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Ed. da Universidade de São, 1980.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CARVALHO, A.M.P et al. **Ensino de Física**. São Paulo : Cengage Learning, 2011.

CIDEPE - Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa. Canoas/RS. Disponível em : <http://www.cidepe.com.br/index.php/br/produtos-interna/trilho-de-ar-com-2-sensores-e-software-1935>. Acesso 01/07/2018

CIDEPE - Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa. Canoas/RS. Disponível em: <http://www.cidepe.com.br/index.php/br/produtos-interna/trilho-de-ar-multicronometro-2-sensores-e-unidade-de-fluxo-1910>. Acesso 01/07/2018

D'AMBRÓSIO, U. **Da realidade à ação**: Reflexões sobre educação e matemática. 6 ed. São Paulo: Sumus, 1986.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: Saberes Necessários à Prática Educativa. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

KNELLER, G.F. **A ciência como atividade humana**. Tradução de Antonio José de Souza. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

MACHADO, C. E. G. **Características do bom professor de do bom aluno do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual de Londrina, na opinião de sujeitos envolvidos**. Londrina 1994. Monografia (Especialização em Metodologia do Ensino Superior) Departamento de Educação, Universidade de Londrina.

PCN+ ENSINO MÉDIO: ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS. Brasil: Ministério da Educação/Semtec, 2002.

PIACENTINI, João J. et al. **Introdução ao laboratório de física**. 2 ed. rev. reimpr. Florianópolis: UFSC, 2005. 119 p.

PIETROCOLA, M et al. **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2006.

PINHEIRO, T. F. **Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão**. Florianópolis, 1996. Dissertação de mestrado. UFSC.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas**. Primeira reimpressão. Tradução e adaptação de Heitor Lisboa de Araújo. Rio de Janeiro: Interciências, 1986.

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar Física**. 1 ed. São Paulo – Livraria da Física, 2017.

SUART, R.C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas** – Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

ZABALA, A. **A prática educativa: Como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed 1998.

APÊNDICE(S)

Apêndice A – Modelo de Atividade I

Nome dos alunos	Nº

A finalidade desta atividade é elaborar estratégias de resolução de problemas e sua exposição didática.

I) Durante sua vida, você já deve ter interagido com uma pequena gota de água. Por exemplo, na administração de alguns remédios, é solicitado sua diluição em água através de pequenas gotas, outro exemplo são os descongestionantes nasais como o *Rinosoro* que são administrados em gotas durante o dia. Você já parou para pensar qual é o volume de uma gota? Que tal agora? **Discuta** com seu grupo e realize uma estimativa razoável para o volume de uma única gota. Em seguida, execute o procedimento experimental sugerido abaixo.

Valor estimado pelo grupo: _____

Justificativa:

Procedimentos Experimentais

II) Para realizar esta atividade, será disponibilizada uma pequena proveta graduada, um copo com água e um conta gotas para cada grupo. O grupo deve transferir a água do copo para proveta utilizando o conta gotas. Ao atingir alguma graduação “cheia” (que possa ser medida) o número de gotas deve ser anotado assim como o valor do volume atingido. Continue a adicionar água até a próxima marcação ser atingida, preenchendo a tabela abaixo. Observamos que a contagem das gotas não deve retornar ao zero entre um ensaio e outro.

Volume total da proveta: _____ Graduação mínima: _____

Ensaio	Número de gotas (N)	Volume Lido (V)cm ³
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Análise dos dados:

- Construir o gráfico V (volume) x N (Número de gotas).
- Determinar os parâmetros linear e angular.
- Escrever a expressão algébrica.

III) Conclusão.

- Observando sua tabela, o gráfico e a expressão matemática, qual o significado físico dos parâmetros linear e angular?
- A expressão algébrica construída corresponde às expectativas de sua estimativa?
- Com a experimentação acima foi possível estimar o volume de uma gota? Você saberia dizer quantas gotas são necessárias para preencher um volume de 0,5L , 2L e 5L sem realizar a experimentação?
- Por último, reúna-se com seu grupo e organize uma rápida apresentação para socializar suas conclusões.

Referência Bibliográficas:

PIACENTINI, João J. et al. **Introdução ao laboratório de física**. 2 ed. rev. reimpr. Florianópolis: UFSC, 2005. 119 p.

PIETROCOLA, M et al. **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2006.

Apêndice B – Modelo de Atividade II

Nome dos alunos	Nº

A finalidade desta atividade é elaborar estratégias de resolução de problemas.

I) Durante sua vida, você observa uma porção de movimentos. Carros e ciclistas nas ruas, pássaros, aviões e pipas no céu. A maior parte (ou todos!) são explicados pela Física, aliás, não só explicado! Esta ciência é capaz de determinar as condições ideais para que uma avião voe, ou para que um carro seja estável ou para que o ciclista se equilibre, entre outras coisas. A Física também estuda situações com o objetivo de prever eventos futuros, e para isso é necessário analisar constantes e variáveis. É o que tentaremos fazer nesta atividade. Hoje utilizaremos um equipamento de grande sofisticação, trata-se de um trilho de ar com foto sensores acoplados. Vamos começar a explorá-lo?

II) Observe que o carrinho flutua sobre o trilho, você e seu grupo saberia dizer qual é a vantagem que teremos com este fato? Qual variável nós queremos eliminar?

III) Observe o movimento do carrinho sobre o trilho, de acordo com os movimentos por nós estudados em sala, você e seu grupo conseguiria classificá-lo? Qual seria os parâmetro(s) físico(s) utilizado(s) para classificar este movimento? Em breve vocês realizarão uma experimentação, quais dados o grupo espera tomar, para ratificar esta hipótese?

IV) Observe o movimento do carrinho, o grupo consegue estimar a velocidade em algum instante de tempo? Registre o valor e técnica utilizada para isto e apresente uma expressão matemática (se possível) que descreva o movimento do carrinho.

V) O gráfico é uma ferramenta muito utilizada para interpretação de diversos fenômenos, e por isso, faremos um nesta atividade. Que tipo de gráfico o grupo pretende construir? Qual o tipo de curva é esperada (reta, parábola, entre outras)? Justifique sua resposta.

Procedimentos Experimentais

II) Para realizar esta atividade, utilizaremos um carrinho, um sensor e uma cerca ativadora de 10 intervalos iguais (0,018m). Nossa ideia é registrar o tempo de passagem de cada um dos intervalos da cerca. Os dados serão obtidos através do software fornecido pelo fabricante do equipamento (CIDEP).

intervalo	S (m)	T(s)
0	0,000	0,0000
1	0,018	
2	0,036	
3	0,054	
4	0,072	
5	0,090	
6	0,108	
7	0,126	
8	0,144	
9	0,162	
10	0,180	

Análise dos dados:

- d) Construir o gráfico.
- e) Determinar os parâmetros linear e angular.
- f) Escrever a expressão algébrica.

III) Conclusão.

- a) Observando sua tabela, o gráfico e a expressão matemática, qual o significado físico dos parâmetros linear e angular?
- b) A expressão algébrica construída corresponde às expectativas de sua estimativa?
- c) Com a experimentação acima foi possível caracterizar o movimento? Você conseguiria estimar quanto tempo o móvel demorará para percorrer o trilho por inteiro? Apresente os cálculos e verifique o resultado experimental.
- d) Por último, reúna-se com seu grupo e organize uma rápida apresentação para socializar suas conclusões.

Referência Bibliográficas:

PIACENTINI, João J. et al. **Introdução ao laboratório de física**. 2 ed. rev. reimpr. Florianópolis: UFSC, 2005. 119 p.

PIETROCOLA, M et al. **Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2006.

