

A Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem: contribuições das atividades sobre energia elétrica

Mathematical Modeling as a strategy for teaching and learning: contributions of the activities on electricity

¹ Maria Rosana Soares maryrosana@uol.com.br

² Guataçara dos Santos Junior

RESUMO

Este artigo objetiva mostrar e discutir as essenciais contribuições de parte das atividades de Modelagem Matemática³ como estratégia de ensino e aprendizagem, usando o tema energia elétrica, realizadas no 1º ano do Ensino Médio (2010) e no 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária (2010). Elas foram aplicadas pela Secretaria da Educação do Paraná (SEED) em dois colégios públicos do Paraná, em que se desenvolveram várias atividades dessa natureza com os sujeitos, visando analisar o consumo de energia elétrica dos principais equipamentos eletroeletrônicos utilizados nas residências, o custo mensal de energia e a redução do consumo de energia elétrica residencial. O estudo se orienta a partir de pesquisas bibliográficas e práticas; metodologicamente, se utiliza de análises do tipo estudo de caso e abordagem qualitativa de cunho interpretativo, em que as coletas de dados foram obtidas e analisadas por meio de observação, intervenção na pesquisa, questionário pós-teste, dados retirados da pesquisa, como anotações e registros de participação dos sujeitos, e dados extraídos da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL)⁴. Os resultados apontam que as atividades desenvolvidas proporcionaram contribuições aos estudantes, pois estes evidenciaram a importância da utilização racional da energia elétrica e seu uso consciente, visto que este favorece as pessoas, suas famílias, a economia, o meio social e ambiental, as futuras gerações e os recursos sustentáveis e naturais, tanto a curto quanto a longo prazo.

Palavras-chave: Modelagem Matemática, energia elétrica, ensino e aprendizagem.

ABSTRACT

This article aims to show and discuss the essential part of contributions of mathematical modeling activities, as a teaching and learning strategy, using electricity as the theme, held in the 1st year of high school (2010) and the 1st year of Integrated Agricultural Course (2010). They were applied in two public schools of Paraná by the Paraná State Education Office (SEED), where they have developed various activities of this nature with the subjects in order to analyze the power consumption of the main electrical and electronic equipment used in homes, the monthly cost of energy and reducing household electricity consumption. The study is guided by bibliographic research and practices; methodologically, it uses analysis of the case study type and the qualitative approach of interpretative slant, and its data collections were obtained and analyzed by observation, intervention in the research, posttest questionnaires, data from the research, such as notes and participation records of subjects, and data extracted from Companhia Paranaense Electricity (COPEL). The results show that the activities provided contributions to the students, as they manifested the importance of the rational use of electricity and its conscious use, since it favors the people, their families, the economy, society and environment, the future generations and the sustainable and natural resources, both in short and long term.

Keywords: *Mathematical Modeling, electric power, teaching and learning.*

1 Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduados em Educação Matemática na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-SP, PUC/SP, Brasil.

2 Doutorado e Mestrado Acadêmico em Ciências Geodésicas, UFPR/PR, Brasil. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia na UTFPR/PG.

3 A fim de evitar repetições textuais, usaremos indistintamente os termos Modelagem Matemática e Modelagem.

4 COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. Residencial: consumo de energia.2010 e 2014. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/residencial/consumoEnergia.jsp>>. Acesso em: 04 mar. 2014.

1 INTRODUÇÃO

Uma das ciências mais antigas, a Física é responsável por grande parte do desenvolvimento científico alcançado pela humanidade (BONJORNO et al., 2005, p. 15). Assim, ela possui inúmeras aplicações científicas e tecnológicas, as quais se multiplicam constantemente devido às suas contribuições em diferentes setores da atividade humana e por meio dos fenômenos naturais. Com efeito, a Física pode ser definida como a ciência das forças naturais e das propriedades da matéria, que objetiva explicar e entender a natureza. Para Gaspar (2010, p.15) ela se divide em grandes áreas de estudo e pesquisa: mecânica clássica; termodinâmica; eletromagnetismo; relatividade restrita; mecânica quântica e relatividade geral. Assim, as três primeiras áreas compõem a Física Clássica, que reúne todo o conhecimento físico cujas bases se formaram até o final do século XIX, e as três últimas formam a Física Moderna, que é uma nova física surgida no início do século XX como resposta às indagações não respondidas e às previsões não confirmadas pela Física Clássica.

Em se tratando especificamente do tópico eletromagnetismo, este estuda a energia elétrica, a qual motivou o desenvolvimento deste trabalho, pois sua oferta já é preocupante e no futuro essa tendência pode tornar-se mais acentuada ainda. No cenário mundial, há uma busca constante por alternativas para melhorar a eficiência dos sistemas de energia e a diminuição de seu consumo. Isso ressalta a necessidade de novos campos de atuação, seja na obtenção de novas fontes energéticas ou na racionalização do consumo. Assim, o uso consciente da energia se torna uma questão essencial para se evitar o caos no sistema e com isso é importante a conscientização para o uso racional dessa fonte de energia.

Gaspar (2010, p.14-15) diz que a linguagem física pode ser expressa por cincocategorias: conceitos, princípios, leis, modelos e teorias. Na sua acepção, o conceito físico é a representação, pelo pensamento, de um objeto por meio de suas características gerais, por exemplo, energia, comprimento, massa, tempo, eletricidade, velocidade e temperatura. Para Gaspar (2010, p. 15), os modelos utilizados em Física são, por exemplo, as simplificações de determinada situação ou problema, considerando os aspectos relevantes ou desprezíveis. Para ele as leis, princípios e modelos organizados e sistematizados visam interpretar e, sobretudo, unificar um dado domínio de fenômenos naturais que formam alguma teoria.

Nesse sentido, infere-se que a teoria da relatividade, por exemplo, baseia-se na reformulação dos conceitos de espaço, tempo e energia com o estudo do comportamento das partículas em alta velocidade. Já a teoria do eletromagnetismo permite explicar a eletricidade, o magnetismo, a onda eletromagnética e a óptica, bem como oferece bases à produção e uso da energia elétrica nas telecomunicações e na eletrônica.

Do mesmo modo que as leis, princípios e modelos, as teorias são tentativas de descrever ou explicar a natureza. Assim, valem temporariamente, até que algum fato ou descoberta experimental mostre falha em suas previsões, o que leva à sua reformulação (GASPAR, 2010, p.15). Para tanto, Bassanezi (2009, p. 16) explica que “As vantagens do emprego da modelagem em termos de pesquisa podem ser constatadas nos avanços obtidos em vários campos como a Física, a Química, a Biologia e a Astrofísica, entre outros. A modelagem pressupõe a multidisciplinaridade”. Bassanezi (2009, p. 38) infere que “A Modelagem no ensino é apenas uma estratégia de aprendizagem, onde o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem-sucedido mas, caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado”.

No ensino de Física, a Modelagem Matemática é uma abordagem de ensino e de aprendizagem que envolve um processo dinâmico que propicia investigar, problematizar e transformar as situações, os fenômenos ou os dados da realidade em expressões físicas que fazem uso da matemática, ou seja, em modelos físicos e/ou matemáticos. Tal processo não objetiva obter um modelo que faça uma representação total da realidade, mas sim parcial, que permita realizar e explorar as formulações e as matematizações de problemas reais ou físicos, bem como desenvolver os modelos físicos e aplicar os conceitos da Física, entendendo-se, simultaneamente, o papel sociocultural dessa disciplina.

A respeito da Modelagem Matemática no ensino de Física há pesquisas como as de Daroit, Haetinger e Dullius (2009), Batista e Fusinato (2015) e Setti et al. (2016), os quais evidenciam que a sua utilização em sala

de aula pode favorecer o ensino e aprendizagem dessa disciplina de forma interdisciplinar ou multidisciplinar ao relacionar as pesquisas da realidade, os conceitos de Física e/ou de Matemática a partir de problemas reais, permitindo minimizar ou romper as abordagens tradicionais de ensino.

No processo de ensino e aprendizagem no ensino de Física, isso é apontado em vários estudos ou pesquisas desenvolvidas que visam proporcionar subsídios para a prática docente, com o objetivo de tornar as aulas de Física investigativas e estimulantes aos estudantes ao desenvolvê-las de forma clara, com significado, com aplicação e contextualização sobre e/ou por meio de situações ou problemas reais e/ou físicos. Esse é o motivo de se mostrarem e de se discutirem essenciais contribuições de parte das atividades de Modelagem como estratégia de ensino e aprendizagem, usando o tema energia elétrica, realizadas com os estudantes do 1º ano do Ensino Médio (2010) e do 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária (2010).

2 A MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA

“A Física ensinada atualmente, no ensino médio brasileiro, apresenta-se carente de perspectivas que a elimine [sic] da condição de disciplina cujos índices de reprovação lideram o *ranking* nas escolas” (ROSA; ALVES FILHO, 2012, p.8). O ensino da Física proporciona aos estudantes incitar, realizar e explorar seus pensamentos, curiosidades, criticidades, linguagens, criatividade, autônomo, formulações e resoluções de problemas do dia a dia, transferindo-os para a linguagem física, a qual faz uso da matemática. Por conseguinte, pode ser benéfico no sentido de que eles aprimorem suas competências, apliquem os conceitos físicos a partir de situações reais, trabalhem em grupo em sala de aula, adquiram conhecimentos e troquem experiências de aprendizado.

Nesse aspecto, Batista e Fusinato (2015, p.87) esclarecem que:

Uma proposta para novas metodologias consiste em criar novos ambientes de aprendizagem em que a participação do professor seja de orientador das atividades – e não de detentor do conhecimento – e em que os alunos tenham a liberdade de propor, desenvolver, criar, elaborar, modelar as ideias na construção dos conhecimentos, não sendo estes meros receptores de informação.

Para tanto, é necessário aderir a e explorar determinadas abordagens pedagógicas que permitam visar o ensino e aprendizagem de Física, tal como a Modelagem. “No ensino de física, a modelagem matemática também pode instigar os alunos a investigarem problemas físicos que descrevem situações reais, procurando aproximar o conhecimento ensinado na escola do cotidiano do aluno” (BATISTA; FUSINATO, 2015, p.88). A Modelagem Matemática “[...] é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a problematizar e investigar, por meio da matemática, situações com referência na realidade” (BARBOSA, 2003, p. 69, grifo do autor). No entendimento de Fernandes e Santos Junior (2012, p. 22), tem-se que:

Portanto, acredita-se que a prática da modelagem matemática poderá potencializar resultados melhores e mais satisfatórios no processo de ensino e aprendizagem, ao trazer para o contexto escolar situações reais, advindas da realidade, propiciando a busca de modelos matemáticos para compreensão e resolução frente a um desafio posto, tanto no âmbito social como no contexto matemático.

A Modelagem Matemática é uma alternativa pedagógica que proporciona apresentar a Física presente no cotidiano, propiciando a análise e reflexão sobre sua utilização nos contextos sociais e culturais, nos fenômenos e em várias situações reais, o que permite investigá-la, interpretá-la e explicá-la diante dos problemas formulados da realidade. Ela possibilita expressar os fenômenos e os problemas reais em modelos físicos, desenvolvendo a aprendizagem física. Nela, investiga-se e expressa-se parte da realidade por meio de relações físicas e/ou matemáticas, explorando-se as capacidades e os conhecimentos dos estudantes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo é resultado parcial de duas atividades de Modelagem aplicadas num 1º ano de Ensino Médio (2010) e num 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária (2010), ambos em Colégios Estaduais do Paraná, na disciplina de “Física”, no horário normal de aulas, excetuando-se o período de férias e a semana de avaliação. Em cada colégio, a atividade aplicada revelou um total de seis etapas organizadas e utilizou 16 horas-aula (h/a) em sala de aula e 1 h/a em trabalhos extraclasse, fazendo uma articulação nesses dois casos. No 1º ano de Ensino Médio (2010), houve 30 estudantes regularmente matriculados; entretanto, em virtude de abandonos e/ou de ausências provisórias de alguns, participaram efetivamente no mínimo 27 estudantes, enquanto no 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária (2010) contou-se com 31 estudantes regularmente matriculados e com a participação efetiva de em torno de 25 estudantes. Na sequência, apresenta-se um quadro ilustrando como foram organizadas as atividades de Modelagem Matemática desenvolvidas no ensino de Física:

Quadro 1 - Organização da Proposta de Modelagem Matemática

| ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA | |
|--|--|
| Natureza da Pesquisa | De acordo com Lincoln e Guba (1985), Miles e Huberman (1994), André (1998), Bogdan e Biklen (1994), Denzin e Lincoln (2006) e Lüdke e André (2012): qualitativa, bibliográfica, aplicada e interpretativa. |
| Objetivos das atividades de Modelagem | Analisar o consumo de energia elétrica dos principais equipamentos eletroeletrônicos utilizados nas residências dos estudantes; Analisar o custo mensal e a redução do consumo de energia elétrica residencial. |
| Por que a pesquisa qualitativa é aplicada? | Apresenta-se a Física presente no cotidiano relacionando a teoria à prática; Investigam-se as situações-problema da realidade; Compreende-se a natureza, a origem dos problemas e suas soluções. |
| Por que a pesquisa qualitativa é interpretativa? | Prioriza-se o ambiente natural de aprendizagem, o processo de ensino e aprendizagem; Busca-se interpretar e entender as experiências, conhecimentos, concepções, indagações e compreensões dos sujeitos e os dados obtidos na aplicação da Modelagem. |
| Procedimentos da pesquisa | Observação, intervenção na pesquisa, questionário pós-teste, dados retirados na pesquisa como anotações e registros de participação dos sujeitos e dados extraídos da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL). |
| Sujeitos da pesquisa | Estudantes do 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária; com 31 sujeitos regularmente matriculados e participação efetiva de em torno de 25; Estudantes do 1º ano do Ensino Médio; com 30 sujeitos regularmente matriculados e participação efetiva de em torno de 27. |
| Onde foi aplicada | Colégio Estadual Agrícola Mohamad Ali Hamzé, Cambará-PR (CEA); período vespertino; Colégio Estadual Professor Silvio Tavares – Ensino Fundamental, Médio, Profissional e Normal, Cambará-PR (CES); período matutino. |
| Quando foi desenvolvida | Segundo semestre de 2010, nos dois colégios citados acima. |
| Duração | Para o desenvolvimento da pesquisa, cada instituição de ensino fez uso de: Aulas regulares – 16 horas-aula total; utilizando, em média, 2 horas-aula semanalmente (cerca de 100 minutos); Atividades extraclasse – 1 hora-aula total (DMME - Desenvolvimento da Modelagem Matemática em ambientes extraclasse) |

Fonte: Os autores.

Para desenvolver as atividades de Modelagem Matemática no ensino de Física nos dois colégios citados anteriormente, os estudantes tiveram autonomia para se organizar e se subdividiram em seis grupos com número de estudantes proporcional: G1, G2, G3, G4, G5 e G6, em que foram identificados por: AG1, AG2, AG3, AG4, AG5 e AG6. Nesse contexto, G1, por exemplo, significa “primeiro grupo” e AG1 expressa “os estudantes ou alunos do primeiro grupo”, enquanto P significa “professora em ação” ou “pesquisadora em ação”. Além disso, nas

seis etapas desenvolvidas, os estudantes receberam materiais impressos visando proporcionar estímulos, indagações e discussões no processo de ensino e aprendizagem de Física. Também a maioria das atividades propostas foi feita pelos estudantes principalmente por escrito, bem como por meio de computador/notebook pessoal ou da professora pesquisadora, ou no laboratório de informática.

A presente proposta utilizou-se das abordagens qualitativa, bibliográfica, aplicada e interpretativa conforme o entendimento de Lincoln e Guba (1985), Miles e Huberman (1994), André (1998), Bogdan e Biklen (1994), Denzin e Lincoln (2006) e Lüdke e André (2012). Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 47-51) e Lüdke e André (2012, p. 11-13), a investigação qualitativa possui cinco características básicas, sendo as duas primeiras: a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal, e a investigação qualitativa é descritiva. Esses autores afirmam que as características restantes são estas: os investigadores qualitativos se interessam mais pelos processos do que pelos resultados ou produtos; os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de modo indutivo, e o significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

Nisso, abrangeu-se a análise do tipo Estudo de Caso, como explica Ponte (2006, p. 2):

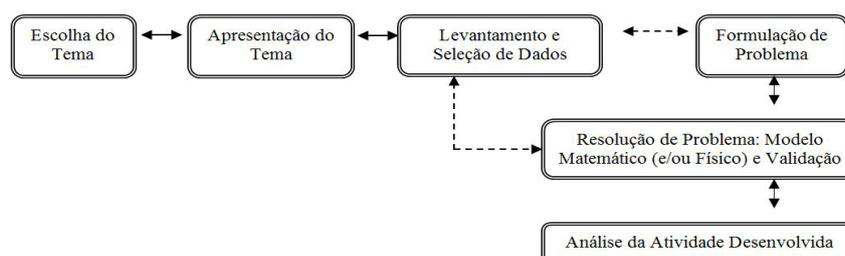
Um estudo de caso visa conhecer uma entidade bem definida como uma pessoa, uma instituição, um curso, uma disciplina, um sistema educativo, uma política ou qualquer outra unidade social. O seu objectivo é compreender em profundidade o “como” e os “porquês” dessa entidade, evidenciando a sua identidade e características próprias, nomeadamente nos aspectos que interessam ao pesquisador. É uma investigação que se assume como particularística, isto é, que se debruça deliberadamente sobre uma situação específica que se supõe ser única ou especial, pelo menos em certos aspectos, procurando descobrir a que há nela de mais essencial e característico e, desse modo, contribuir para a compreensão global de um certo fenômeno de interesse.

O objetivo foi alcançado a partir de pesquisas bibliográficas e práticas, utilizando a análise do tipo Estudo de Caso e a abordagem qualitativa de cunho interpretativo, na qual as coletas de dados foram obtidas por meio da observação, intervenção na pesquisa, questionário pós-teste, dados retirados na pesquisa como anotações e registros de participação dos sujeitos e dados extraídos da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL).

4 MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA: ATIVIDADES UTILIZANDO O TEMA “ENERGIA ELÉTRICA”

De acordo com Bassanezi (2009) e Barbosa (1999, 2001, 2003), em síntese, Soares (2012a, 2012b) sugere que as atividades de Modelagem Matemática podem ser desenvolvidas no ensino de Matemática ou de Física de acordo com a seguinte dinâmica:

Figura 1 - Dinâmica para desenvolver o processo de Modelagem Matemática



Fonte: Soares (2012a, p. 43, 2012b, p. 160).

As setas de duas direções, contínuas ou não, significam que cada etapa de Modelagem apresenta uma conexão com as demais etapas. Já as setas de duas direções, não contínuas, horizontalmente, expressam que há duas possibilidades no processo de Modelagem. A primeira é que se pode fazer o levantamento e seleção de dados e, posteriormente, a formulação de problema, enquanto a outra é fazer o processo inverso, isto é, pode-se formular o problema e depois realizar o levantamento e seleção de dados. As 3ª e 4ª etapas da atividade de Modelagem são flexíveis e alteráveis, cabendo assim aos futuros docentes, universitários, professores e/ou pesquisadores analisar o procedimento adequado para atingir o objetivo proposto e desenvolver os conceitos matemáticos.

Nesse encaminhamento, as duas setas pontilhadas significam que, se a resolução do problema não for considerada aceitável diante do processo da Modelagem, ou seja, se não for vista como satisfatória ou eficiente para resolver o problema formulado, pode-se retomar o processo da atividade na 3ª etapa escolhida a princípio, conforme já foi realizada – quer dizer, de acordo com o que já foi feito no levantamento e seleção de dados ou na formulação de problema –, para efetuar as simplificações e/ou modificações cabíveis. Também, conforme os objetivos estabelecidos, uma determinada atividade de Modelagem pode ser realizada de acordo com todas as etapas de sua dinâmica ou não – por exemplo, a referida atividade pode ser iniciada a partir do levantamento e seleção de dados ou da formulação de problema.

Soares (2012a, p. 42-110; 2012b, p. 161-213) orienta e indica uma dinâmica para realizar o processo de Modelagem Matemática no ensino de Matemática ou de Física que pode ser organizada, explorada e explicitada da seguinte forma:

- *1ª Etapa – Escolha do Tema:* É o que se pretende pesquisar e investigar. O tema a ser definido busca analisar uma situação da realidade em que se faz a formulação de problema posteriormente. O tema escolhido envolve alguma área de estudo, como saúde, meio ambiente, esporte, agricultura, agropecuária, engenharia, fenômenos, economia, política, comércio, indústria, educação, ensino, ciência, tecnologia, sociedade, universo, entre outras áreas. Assim, inicialmente, ele não apresentará conexão direta com a Matemática ou a Física e é importante que o(a) docente e/ou os estudantes agrupados escolham um tema que desperte interesse e motivação, em relação ao qual seja fácil obter informações e dados, assim como fazer a formulação e resolução de problemas.

Bassanezi (2009, p. 45, grifos do autor) infere que “O início de uma modelagem se faz com a *escolha de temas*. Faz-se um levantamento de possíveis situações de estudo as quais devem ser, preferencialmente, abrangentes para que possam propiciar questionamentos em várias direções”. Para Barbosa (1999, p. 70), “a escolha de um tema e a formulação do problema não-matemático a ser modelado pode ficar sob a responsabilidade do professor ou do aluno”. Assim, o tema foi *energia elétrica*, o qual foi selecionado pela professora para desenvolver as atividades de Modelagem, pois estava de acordo com os conteúdos básicos a serem estudados e discutidos em ambas as turmas dos colégios. Além disso, os estudantes reconheceram sua importância para realizar a referida atividade, pois a energia elétrica auxilia a vida cotidiana das pessoas e pode se tornar esgotável futuramente.

- *2ª Etapa – Apresentação do Tema:* É pesquisar, sintetizar e explicitar a importância do tema escolhido. Essa apresentação busca discutir e enfatizar a relevância do tema selecionado, em que se leva os estudantes ao envolvimento e à valorização, pois, quanto mais interesses e interações, maiores as possibilidades de se obter um resultado aceitável da prática. Para isso, é necessário pesquisar e investigar textos e trabalhos da área escolhida por meio de pesquisas bibliográficas em bibliotecas físicas e/ou *on-line*, em livros, revistas e jornais, via pesquisas de campo e/ou entrevistas e outros meios. Isso pode ser organizado pelo(a) docente ou estudantes agrupados e ser conciso ou abrangente dependendo da natureza do tema e da disponibilidade que se tem.

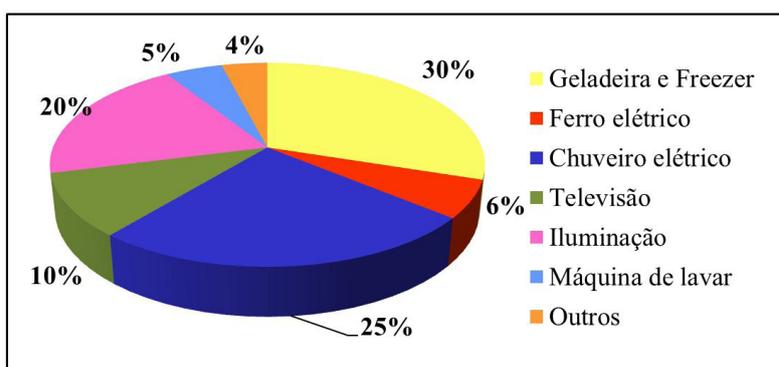
Os sujeitos refletiram sobre os conceitos físicos de eletricidade, energia, algumas fontes alternativas de energia, o trabalho de uma força, potência, rendimento e tempo. Isso os levou a perceber a importância do tema escolhido para o meio social e a valorizá-lo nas atividades propostas.

- *3ª Etapa – Levantamento e Seleção de dados:* É o que se pretende pesquisar, investigar e desenvolver. Conforme os objetivos propostos, conceitos matemáticos ou físicos a serem desenvolvidos e recursos disponíveis, pode-se fazer o levantamento e seleção de dados e, posteriormente, a formulação do problema, ou vice-versa (pode-se inverter as 3ª e 4ª etapas). Para isso, pesquisa-se fazendo um levantamento de dados, os quais são adequados às análises qualitativas e quantitativas sobre o tema escolhido. Seguidamente, analisam-se e exploram-se os dados obtidos por meio da seleção, isto é, da simplificação dos dados mais importantes e eliminação dos menos relevantes (variáveis), com a identificação das possíveis investigações para os problemas a serem resolvidos (hipóteses) e a organização, sintetização e/ou categorização dos dados, por exemplo, em tabulação, se for necessário. Isso pode ser feito pelo(a) docente e/ou estudantes agrupados, sendo assim fundamental analisar o envolvimento e motivação dos sujeitos para desenvolver este processo e a preparação docente para essa orientação.

Barbosa (2001, p.54) explica o caso 3 quando diz que “Aqui, o levantamento de informações, a formulação de problemas e a resolução destes cabem aos alunos. A ênfase está em estimular os estudantes a identificar situações problemáticas, formulá-las adequadamente e resolvê-las”. Para orientar e conduzir a aprendizagem de Física de acordo com a realidade dos estudantes foi necessário motivá-los e encorajá-los a investigarem e entenderem os conceitos físicos a partir de situações reais. Para tanto, a pesquisadora organizou e apresentou esta etapa como segue:

A Copel (2008) esclarece o consumo de energia de alguns equipamentos utilizados em residências, como exibe o gráfico abaixo:

Gráfico 1 - Uso de energia elétrica nas residências



Fonte: Copel (2008).

Os principais aparelhos que utilizam energia elétrica nas residências são a geladeira, freezer, chuveiro elétrico, iluminação, televisor, ferro elétrico, máquina de lavar roupa e louça e outros como computador, aparelhos de som e condicionadores de ar, que são prioridades na maioria das residências. A sua utilização consciente trará resultados satisfatórios à economia do lar e, de acordo com as normas e orientação da Copel (2008)⁵, há um direcionamento sobre como utilizar de modo eficiente os eletrodomésticos sem desperdiçar energia elétrica.

5 COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA(COPEL). **O uso Eficiente de Energia na sua Casa**. 11 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F9C83B5131AF54B1B032573E-C005D8B0D>>. Acesso para atualização em: 10 ago. 2010.

O consumo de energia elétrica na residência é obtido conforme o número de kW/h consumido e o número de horas utilizado, como mostra-se a seguir:

Para obter o valor em reais (R\$) do consumo mensal, multiplique o consumo mensal em kW/h pelo valor da tarifa cobrada pela concessionária local:

No estado do Paraná, a Copel, administradora e distribuidora de energia elétrica, possibilita aos seus usuários o cálculo por classe, sendo que a classe residencial denomina-se tipo B1 convencional – ou seja, as famílias que não se enquadram em baixa renda –, tal como:

Quadro 2 - Convencional B1 – Taxas e Tarifas

| | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| CONVENCIONAL | Resolução ANEEL Nº 1015 | |
| | de 22 de junho de 2010 | |
| Tarifa em R\$ / kWh | Resolução ANEEL | Com impostos: ICMS e PIS/COFINS |
| B1 – Residencial | 0,300 | 0,45816 |
| Vigência em 24/06/2010 | | |
| | | PIS dez 09 |

Fonte: Copel (2010).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regula e fiscaliza a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica. Os impostos que incidem sobre o valor da fatura são Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS), de competência Estadual e Federal; o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS).

A Copel (2010)⁶ possui um simulador de consumo de energia elétrica para diferentes produtos usados nas residências. Assim, houve a necessidade de simplificar e selecionar os principais equipamentos usados com frequência pelos estudantes e suas famílias. Para essa organização e investigação, foi apresentada a eles a tabela 1, que é, de acordo com Copel (2010):

6 COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA (COPEL). **Simulador de Consumo de Energia Elétrica**. 2010. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso para atualização em: 12 ago. 2010.

Tabela 1 - Simulador de Consumo de Energia Elétrica

| Aparelhos Elétricos (uma unidade) | Potência em Watts | Dias de Uso ao Mês | Tempo de Uso: Minutos/Dia | Consumo de Utilização: (kW/h) por mês | Custo do Consumo por Mês: R\$ |
|--|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Geladeira | 130 | 30 | 1440 | | |
| Freezer | 130 | 30 | 1440 | | |
| Chuveiro Elétrico | 3500 | 30 | 10 | | |
| Lâmpada Fluorescente | 9 | 30 | 300 | | |
| Lâmpada Incandescente | 40 | 30 | 300 | | |
| Televisor | 110 | 30 | 120 | | |
| Ferro Elétrico | 1000 | 30 | 60 | | |
| Máquina de Lavar | 350 | 30 | 60 | | |
| Alguns – Outros Produtos: | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ventilador | 120 | 30 | 480 | | |
| Ar condicionado | 1000 | 30 | 480 | | |
| Computador | 300 | 30 | 180 | | |
| Aparelho de Som | 80 | 30 | 180 | | |
| Secador de Cabelos | 1400 | 30 | 15 | | |
| Chapinha/Prancha Alisadora | 1500 | 30 | 15 | | |
| Forno de Micro-ondas | 1200 | 30 | 15 | | |
| Telefone sem Fio | 100 | 30 | 60 | | |
| Aparelho de DVD | 50 | 30 | 120 | | |
| Carregador de Celular | 1,5 | 30 | 300 | | |
| TOTAL | | | | | |

Fonte: Copel (2010).

Nas atividades de Modelagem, todos os grupos analisaram o consumo de utilização em kW/h por mês e o custo em reais do consumo por mês.

- *4ª Etapa – Formulação do Problema:* É o que se pretende pesquisar, investigar e resolver. Com o levantamento e seleção dos dados sobre o tema escolhido se definem os problemas para fazer sua resolução, ou seja, os problemas são elaborados por meio dos dados que envolvem situações da realidade, de modo claro e de fácil entendimento. Ou, ainda, primeiramente, pode-se formular os problemas e depois efetuar o levantamento e seleção de dados para fazer suas resoluções (podem-se inverter as 3ª e 4ª etapas). Nesta etapa, elaboram-se perguntas com problematizações que tenham alguma relação com o tema selecionado, variáveis envolvidas e/ou hipóteses levantadas, as quais podem ser realizadas pelo(a) professor(a) e/ou estudantes agrupados. Assim, é essencial refletir sobre as relações existentes apresentadas nos dados organizados, sintetizados e/ou categorizados e sobre as possibilidades, para problematizar e fazer sua resolução, posteriormente.

Bassanezi (2009, p.28) esclarece que “um problema se constitui em uma pergunta científica quando explícita a relação entre as variáveis ou fatos envolvidos no fenômeno”. Além disso, “Enquanto a escolha do tema de uma pesquisa pode ser uma proposta abrangente, a formulação do problema é mais específica e indica exatamente o que se pretende resolver” (BASSANEZI, 2009, p. 28). Notou-se que muitos estudantes tinham resistências em formular problemas com clareza; não estavam habituados a elaborar, questionar e investigar problemas, pois se concentraram mais na capacidade de resolvê-los. Com o levantamento e seleção de dados evidenciados, a pesquisadora apresentou e discutiu os problemas com os estudantes agrupados em ambas as turmas de modo independente:

- Como é possível reduzir o consumo de energia elétrica residencial?

- Qual é a relação existente entre Consumo em kW/h por mês e o Custo do Consumo em R\$ por mês? Que modelo físico (e/ou matemático) pode expressar essa relação?

- 5ª Etapa – Resolução do Problema – Modelo Matemático (e/ou Físico) e Validação: É desenvolver, explorar e solucionar o problema formulado, o que permite elaborar um modelo matemático e analisar sua aceitação ou não. Com as ferramentas e recursos físicos, matemáticos e/ou computacionais, o(a) docente e/ou estudantes agrupados buscam resolver o problema. O Modelo Matemático (e/ou Físico) é resultante da exploração, da organização e da transformação de problematizações das situações ou dos fenômenos (reais, físicos e/ou matemáticos) em linguagem física e/ou matemática e, por meio dele, pode-se buscar a resolução, a representação e a explicitação de matematizações, visando o ensino e a aprendizagem por meio do processo de obtenção da solução do problema formulado. Esse modelo pode ser expresso por meio de um conjunto de símbolos, estruturas e relações físicas e/ou matemáticas, como gráficos, tabelas, funções, sistemas, equações, diagramas, figuras geométricas, representações estatísticas, expressões físicas e expressões matemáticas, entre outros. Em sua elaboração analisam-se as hipóteses de resolução, definem-se as variáveis independentes e dependentes e também as representações adequadas para elas. Aqui, exploram-se os conceitos físicos e/ou matemáticos que devem estar no programa da disciplina ou não, a depender dos objetivos a serem atingidos, durabilidades e recursos disponíveis para realizar a atividade de Modelagem. A Validação do Modelo Matemático (e/ou Físico) pode ou não ser feita, conforme a finalidade do objeto de estudo, mas é de suma importância, pois possibilita analisar a relevância ou não do modelo matemático (e/ou físico) obtido ao compará-lo com os dados (reais, físicos e/ou matemáticos). Quando o modelo matemático (e/ou físico) não for considerado válido, ou seja, não tiver aproximações da situação ou fenômeno que o originou, pode-se reiniciar o processo conforme já foi feito a partir das 3ª ou 4ª etapas de Modelagem (ou seja, a partir do levantamento e seleção de dados ou da formulação do problema) para fazer ajustes na coleta de dados, formulação de problemas, simplificações e/ou modificações possíveis.

Barbosa (2001, p. 50) diz que “Nas atividades de Modelagem, o professor refaz e amplia, a todo instante, seus conhecimentos de matemática e Modelagem. A cada nova investigação, novas facetas se mostram, outros processos são feitos ou refeitos e estratégias diferentes são conduzidas”. Segundo Batista e Fusinato (2015, p.88), “No ensino de física, a modelagem matemática também pode instigar os alunos a investigarem problemas físicos que descrevem situações reais, procurando aproximar o conhecimento ensinado na escola do cotidiano do aluno”. Para desenvolver e explorar os modelos físicos e matemáticos, os estudantes utilizaram a calculadora para a conferência e criaram vários tipos de gráficos pelo *software Microsoft Office Excel*, já que este é aplicável e prático para trabalhar as atividades propostas. Assim, os participantes dos grupos conseguiram sanar suas dúvidas ao desenvolverem os modelos, auxiliar outros grupos, criar fórmulas, substituir os dados nos modelos obtidos e desenvolver habilidades e competências, além de concepções críticas e reflexivas e autonomia na aprendizagem.

Os estudantes receberam uma tabela (figura 2) impressa e a pesquisadora foi indagando-os com a finalidade de investigar e resolver os problemas da seguinte forma:

P: Dentro do quadro de uso de energia elétrica nas residências, durante um mês, qual é o consumo de cada produto em kW/h?

P: Considerando que as taxas e tarifas da Copel (2010) se enquadram em “Taxas e Tarifas por Classe Residencial - B1 convencional” para uma determinada família, investigue qual é o custo em R\$ do consumo mensal de cada produto.

P: Supondo que uma família disponha de todos esses produtos, estime o consumo total em kW/h e a quantia em R\$ a ser paga no final do mês.

Os estudantes obtiveram conclusões iguais ou próximas e, devido à quantidade de atividades e de grupos, optou-se por apresentar apenas o resultado de um dos Colégios – AG4 do CES:

Figura 2 - Estimando o consumo da eletricidade em kW/h e o custo da residência

Grupo 4

| Aparelhos Elétricos (uma unidade) | Potência em Watts | Dias de Uso ao Mês | Tempo de Uso: Minutos/Dia | Consumo de Utilização: (kW/h) por mês | Custo do Consumo por Mês: R\$ |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Geladeira | 130 | 30 | 1440 ÷ 60 | 23,6 | 42,88 |
| Freezer | 130 | 30 | 1440 | 23,6 | 42,88 |
| Chuveiro Elétrico | 3500 | 30 | 10 | 11,50 | 8,02 |
| Lâmpada Fluorescente | 9 | 30 | 300 | 1,35 | 0,62 |
| Lâmpada Incandescente | 40 | 30 | 300 | 6 | 2,75 |
| Televisor | 110 | 30 | 120 | 6,6 | 3,02 |
| Ferro Elétrico | 1000 | 30 | 60 | 3,00 | 13,74 |
| Máquina de Lavar | 350 | 30 | 60 | 10,5 | 4,81 |
| Alguns - Outros Produtos: | | | | | |
| Ventilador | 120 | 30 | 480 | 28,8 | 13,19 |
| Ar condicionado | 1000 | 30 | 480 | 240 | 103,96 |
| Computador | 300 | 30 | 180 | 27 | 12,37 |
| Aparelho de Som | 80 | 30 | 180 | 4,2 | 3,20 |
| Secador de Cabelos | 1400 | 30 | 15 | 10,5 | 4,81 |
| Chapinha/Prancha Alisadora | 1500 | 30 | 15 | 11,25 | 5,15 |
| Forno de Microondas | 1200 | 30 | 15 | 9 | 4,12 |
| Telefone sem Fio | 100 | 30 | 60 | 3 | 1,37 |
| Aparelho de DVD | 50 | 30 | 120 | 3 | 1,37 |
| Carregador de Celular | 1,5 | 30 | 300 | 0,22 | 0,10 |
| TOTAL | | | | 539,12 | 241,46 |

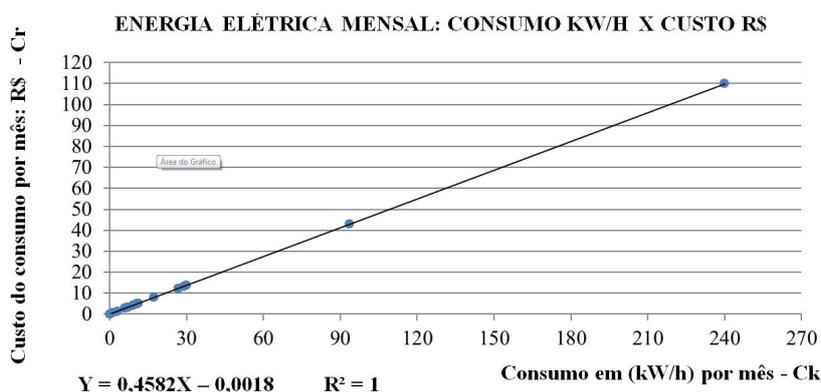
Tabela2: Consumo de Energia Elétrica
Fonte: Copel (2010)

Fonte: AG4 do CES.

Quando os estudantes foram indagados a respeito de *Como é possível reduzir o consumo de energia elétrica residencial?*, observou-se que a maioria deles não tinha conhecimento para estimar o consumo de energia, visto que suas opiniões eram de olhar a conta de energia para reduzir o consumo. Contudo, após desenvolverem as atividades de Modelagem, eles reconheceram que é necessário ter o conhecimento sobre o uso de energia, seu tipo mais eficiente, potência dos eletroeletrônicos, dias de uso ao mês, tempo de uso do equipamento e taxas e tarifas por classe conforme a concessionária local.

Para resolver os problemas apresentados, observe-se a seguinte figura:

Figura 3 - Modelo Matemático da energia elétrica mensal: consumo em KW/h x custo em R\$



Fonte: AG1 do CEA.

A expressão obtida é uma função polinomial de primeiro grau, função afim crescente:

$$y = 0,4582X - 0,0018 \tag{1}$$

Esse modelo responde ao problema formulado ao ilustrar a relação existente entre consumo de energia elétrica em kW/h por mês e custo em R\$ por mês. As atividades feitas possibilitam trabalhar de forma multidis-

ciplinar ao relacionarem a Física, a Matemática e as pesquisas para demonstrar a aplicabilidade e a importância do tema na vida dos estudantes. Isso é aplicado no contexto físico, matemático e escolar ao se analisar o consumo de energia elétrica de alguns equipamentos eletroeletrônicos utilizados nas residências, bem como o papel dos modelos físicos e matemáticos, simultaneamente. Além disso, os estudantes agrupados do CES e do CEA foram indagados para as situações sociais e financeiras reflexivas assim:

P: De acordo com os dados de uso de energia elétrica nas residências, selecione doze produtos conforme a realidade do grupo e, em seguida, estime o consumo de dez dias de uso, calcule o consumo total em kW/h e a quantia em R\$ a ser paga no final do mês.

Figura 4 - Estimando o consumo da eletricidade do grupo

| → 10 dias de uso mensal | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Aparelhos Elétricos | Minutos dias | Consumo de utilização (kW/h) por mês | Custo do Consumo por mês: R\$ |
| 1º Geladeira | 1440 | 31,2 | 14,29 |
| 2º Foneger | 1440 | 31,2 | 14,29 |
| 3º Foneger Elétrico | 15 | 8,75 | 4,01 |
| 4º Lâmpada Fluorescente | 300 | 0,45 | 0,21 |
| 5º Televisor | 100 | 1,93 | 0,84 |
| 6º Ar condicionado | 1 | 1 | 4,52 |
| Aparelhos Elétricos | | | |
| Aparelhos Elétricos | Minutos dias | Consumo de utilização (kW/h) por mês | Custo do Consumo por mês: R\$ |
| 7º Telefone sem fio | 100 | 1 | 0,46 |
| 8º Aparelho de DVD | 90 | 0,75 | 0,34 |
| 9º Carregador de celular | 400 | 0,1 | 0,04 |
| | | 99,8 kWh | 45,75 R\$ |

Fonte: AG4 do CES.

Nessa fase, analisaram-se e discutiram-se os processos realizados, os resultados obtidos pelos grupos e os fatores relacionados ao valor a ser pago pelo uso da energia elétrica. Assim, tanto no CES quanto no CEA, isso foi feito de acordo com a realidade de cada grupo, visto que os estudantes reconheceram que a quantia em R\$ a ser paga no final do mês pela utilização da eletricidade estava de acordo com o consumo total em kW/h dos equipamentos elétricos.

- **6ª Etapa – Análise da Atividade Desenvolvida:** É explorar, discutir e evidenciar as principais considerações sobre toda a atividade de Modelagem Matemática desenvolvida. Os estudantes agrupados fazem esta análise, que pode ser descrita e/ou apresentada oralmente por meio de trabalhos, relatórios ou seminários. Aqui, analisam-se os resultados obtidos na resolução do problema, a aplicação do modelo matemático (e/ou físico) na sociedade, a importância de pesquisar e aprender a Matemática por meio da Modelagem, os conceitos físicos e/ou matemáticos trabalhados e as vantagens e/ou resistências que obtiveram com a prática aplicada, entre outros itens. Essa análise permite estimular o espírito crítico, reflexivo, ativo e inovador.

Algumas contribuições obtidas por meio das atividades de Modelagem sobre energia elétrica

As atividades de Modelagem sobre energia elétrica realizadas proporcionaram várias contribuições aos sujeitos no seu uso e exploração, entre as quais temos:

- **Compreensão dos Conceitos:** ao longo do desenvolvimento das atividades de Modelagem, um de seus objetivos foi apresentar aos estudantes a aplicação da Física a partir de uma situação da realidade. Nesse ponto foi notório o envolvimento dos estudantes a cada etapa do processo; a interação entre os grupos era bastante visível e o reconhecimento da relação entre a Matemática e a Física em situações cotidianas ficou claro aos participantes.

- **Social e Ambiental:** os estudantes reconheceram a importância de agir com consciência diante dos problemas reais como consumo e desperdício de energia elétrica, de economizar e utilizar racionalmente os recursos sustentáveis, como a energia elétrica, e naturais, como a água, pois são fatores essenciais para a sociedade, para a preservação do meio ambiente e para as próximas décadas e séculos.
- **Financeiro:** A parte que mais chamou a atenção dos estudantes foi quando reconheceram a possibilidade de se beneficiarem diretamente caso fizessem economia, pois, à medida que o uso da energia elétrica se tornasse menor, a família teria condições adequadas de satisfazer seus gostos. Eles notaram que, além de auxiliarem seus familiares nas economias domésticas, poderiam também aprender a Física no dia a dia e a Matemática com as contas a pagar, assim como contar com uma “grana” extra no final do mês.

Entre as essenciais análises desenvolvidas sobre as atividades de Modelagem, apresentadas por escrito e oralmente, optou-se por apresentar a concepção de um grupo, ou seja, do segundo e do quarto grupos do CES, pois tanto os estudantes do CES quanto os do CEA exibiram concepções e conclusões iguais e/ou semelhantes. Na sequência, há outras considerações expostas pelos estudantes do AG2 e AG4, ambos do CES:

P: O que pode ser feito para reduzir o consumo de energia elétrica residencial?

- AG2 do CES: Várias, mas as mais importantes, é trocar a lâmpada incandescente por fluorescentes, tomar banho o mais rápido possível, não deixar a geladeira aberta por muito tempo, não deixar ligados os eletrodomésticos sem necessidade.

- AG4 do CES: Para reduzir o consumo de energia elétrica residencial, nós devemos utilizar os aparelhos elétricos somente o tempo necessário, ou seja, não deixá-los ligados sem necessidade. Por exemplo: ligar lâmpadas somente quando o dia estiver escurecendo; não demorar no banho; esperar juntar bastante roupa para lavar e passar tudo de uma só vez; não ficar no computador sem necessidade; utilize a máquina de lavar roupa na capacidade máxima; não ligar rádio, a televisão e o computador ao mesmo tempo, liguem somente aquele que você for usar; e assim sucessivamente.

Para reduzir o consumo de energia elétrica residencial é fundamental deixar aparelhos elétricos ligados só o tempo necessário para sua utilização, não usá-los de modo exagerado e trocar alguns equipamentos para reduzir o consumo, bem como mudar pequenos hábitos para evitar o consumo exagerado e para acabar com os gastos desnecessários. A geladeira e o freezer consomem mais por serem utilizados sem interrupção; já o chuveiro elétrico e a iluminação das residências têm consumo elevado devido à potência e ao tempo de consumo. A máquina de lavar, o televisor e o ferro elétrico, por exemplo, apesar de possuírem uma potência que não se pode dizer que é baixa, não correspondem ao maior gasto devido ao pouco tempo em que são usados.

Conforme as considerações já descritas e discutidas aqui, tem-se também o que favoreceu obter contribuições nas atividades de Modelagem. Para tanto, aplicou-se um questionário pós-teste e optou-se por apresentar as concepções dos estudantes de apenas um dos colégios devido à quantidade de grupos, isto é, o do CEA. Isso se deu porque eles apresentaram concepções iguais e/ou semelhantes. A seguir, têm-se as análises e discussões do questionário proposto, o qual obedeceu aos seguintes questionamentos, conforme os quadros 3, 4 e 5, respectivamente, que apresentam as concepções de estudantes de três grupos distintos:

Quadro 3 - Contribuições obtidas por meio das atividades de Modelagem sobre energia elétrica

| |
|--|
| Antes de participar desta atividade de Modelagem, você procurava evitar desperdícios de energia elétrica? |
| AG1: “Eu evitava, pois sabia que no final do mês a consequência viria em forma de uma conta alta”. |
| AG3: “Sim, sempre que posso estar utilizando ela, eu não a desperdiço, pois sei que no final, não sou eu quem paga as contas de casa, e sim meus pais”. |
| AG6: “Nem sempre, porque achava que seriam insignificantes algumas coisas”. |
| Diante do que foi observado na atividade desenvolvida, qual sua opinião em relação ao uso descontrolado dos eletroeletrônicos? |
| AG1: “Acho uma burrice, porque não é preciso esbanjar energia para suprir suas necessidades diárias”. |
| AG3: “Que não é necessário ficar usando mais, gastando mais, pois a consequência virá depois”. |
| AG6: “O uso descontrolado dos eletroeletrônicos, além de aumentar a quantidade a ser paga no final do mês, prejudica os recursos naturais”. |
| O que conseguiu observar no consumo consciente de energia, isto é, sem desperdício de energia elétrica, e quanto ao custo? |
| AG1: “Quando economizamos energia em casa, a conta do final diminui bem, mas não é só na conta do mês que ajuda, também ajuda a preservar o que temos de recursos para gerar energia”. |
| AG3: “Ao economizar, nós mesmos estamos nos ajudando, pois a conta vem mais barata no final do mês”. |
| AG6: “Não desperdiçando energia elétrica o custo será menor”. |
| O pouco que você economiza de energia pode contribuir para utilizá-la futuramente? |
| AG1: “É claro que sim, ninguém pensa nisso, tudo que fazemos tem uma consequência seja ela boa ou ruim, e no caso do desperdício é ruim, então o que economizamos hoje, com certeza poderá ser usado amanhã”. |
| AG3: “Com certeza, pois realmente futuramente se soubermos preservar, ajudaremos a conservar os recursos”. |
| AG6: “Sim, pois nada do que você economiza de energia é insignificante, mesmo sendo pouca sempre usando racionalmente você a terá no futuro”. |

Fonte: Dados da pesquisa.

Na sequência, apresenta-se o quadro 4:

Quadro 4 - Contribuições obtidas por meio das atividades de Modelagem sobre energia elétrica

| |
|---|
| Em sua opinião, nós precisamos nos preocupar com o uso da energia para o futuro? |
| AG1: “Precisamos, porque uma das maiores fontes usada para a produção de energia é a água e se um dia ela acabar, qual recurso que temos em abundância pode ser usado para suprir sua falta?”. |
| AG3: “Sim, pois para gerar energia, muitas vezes nas hidrelétricas se usa água (doce). Se não preservarmos ou economizarmos como ficará?”. |
| AG6: “Sim, pois os recursos naturais futuramente não darão mais para sustentar a energia das cidades”. |
| As pessoas têm o direito de fazer uso de energia indiscriminadamente como quiserem desde que possam pagá-la no final do mês? |
| AG1: “É, vai de como cada pessoa leva em conta a questão do desperdício, fica a critério de cada um contribuir ou não, independente se ela poderá pagar”. |
| AG3: “Sim, mas tem que saber economizar”. |
| AG6: “Infelizmente o uso de energia não é controlado, podendo assim as pessoas usar quando e quanto quiser, mas se elas tivessem consciência talvez fizessem diferente”. |
| Manter nosso padrão de vida e o conforto que a energia elétrica proporciona é mais importante que os recursos naturais gastos para gerar essa energia? |
| AG1: “Acho que entre as duas coisas têm que se haver um equilíbrio, deixar de usar a energia no dia a dia é quase impossível, e os recursos naturais são importantíssimos”. |
| AG3: “Não, pois todos esses recursos nem sempre estarão pra sempre, então se não preservarmos, no futuro não terão eles”. |
| AG6: “Não, seria sustentável se houvesse um equilíbrio entre conforto e recursos naturais”. |
| Não é melhor reduzir o consumo de energia elétrica, a correr o risco de ficar sem ela em nossas residências? |
| AG1: “Sim, mas o difícil é todo mundo aceitar essa condição; em minha opinião vale muito a pena”. |
| AG3: “Vale sim, mais nem todos pensam deste modo, pois por mim vale a pena”. |
| AG6: “Sim, pois assim você e o meio ambiente seriam beneficiados”. |

Fonte: Dados da pesquisa.

A seguir, tem-se o quadro 5:

Quadro 5 - Contribuições obtidas por meio das atividades de Modelagem sobre energia elétrica

| |
|--|
| Foi relevante aprender a Física por meio deste tipo de atividade? Por quê? |
| AG1: “Foi, porque é uma maneira nova de se conscientizar que com desperdícios não ganhamos nada e só perdemos”. |
| AG3: “Sim, pois é uma maneira de podermos ver o quanto gastamos do nosso bolso e como gastamos”. |
| AG6: “Sim, porque por meio dessa atividade foi possível obter novos conhecimentos sobre algo importante para nossa vida”. |
| O que você considerou mais interessante nesta atividade? Por quê? |
| AG1: “Saber o custo que pagamos sobre o consumo de energia elétrica de cada eletrodoméstico, porque assim temos uma base do que fazemos em casa e o quanto podemos economizar em dinheiro”. |
| AG3: “O quanto pagamos, quando pagamos mais ou economizamos, porque assim temos uma ideia de onde e como eles cobram a gente”. |
| AG6: “Os valores de cada eletroeletrônico, não imaginava que consumiam tanta energia”. |
| Nas aulas de Física, o que você considera importante para que esta disciplina se torne mais interessante? |
| AG1: “Trazer para a sala de aula problema do dia a dia, que podemos resolver com um pouco de conhecimento sobre um determinado assunto”. |
| AG3: “Tudo em nossos dias, tudo que fazemos, todos os movimentos, tudo mesmo, a física está em todas as coisas que fazemos”. |
| AG6: “Trabalhos em grupo, que participe a sala toda”. |
| Descreva a importância do trabalho que foi realizado em sua turma para a sua aprendizagem em Física e para o uso consciente da energia. |
| AG1: “Pra mim foi muito bom, saber do quanto pagamos a mais na conta do final do mês sem precisão”. |
| AG3: “Quando economizamos, podemos ver que estamos ajudando o nosso bolso e o meio ambiente, ou melhor, a nós mesmos”. |
| AG6: “Ter consciência”. |

Fonte: Dados da pesquisa.

No quadro 3, alguns estudantes buscavam evitar o uso da energia elétrica de modo exagerado, pois tinham consciência de que isso resultaria em fatura alta no final do mês. Todavia, eles não se preocupavam com os problemas que a utilização desordenada desse recurso pode causar ao meio ambiente. Assim, eles começam a explicitar tal prática de modo crítico devido à consciência de que é possível fazer uso dos eletroeletrônicos sem “esbanjar”, já que utilizam uma forma de energia com custo elevado. No pensamento deles, caso não haja desperdício de energia elétrica, é possível obter economia e ajudar na preservação dos recursos necessários para gerar a energia; desse modo, estarão contribuindo consigo mesmos, às pessoas e às futuras gerações. Com efeito, os sujeitos passam a ter criticidade, visto que a energia economizada passou a ser reconhecida como um fator essencial para as próximas décadas, embora não seja esse o pensamento da maioria das pessoas.

No quadro 4, há uma preocupação com o consumo da energia elétrica e da água, pois a quantidade e a qualidade desses bens são mais preocupantes a cada ano que passa, já que novos alertas são dados sempre pelos responsáveis. Contudo, alguns estudantes alegavam que não havia motivos para se preocuparem com a natureza e seus recursos. Por outro lado, vários deles afirmavam que as pessoas podem fazer uso da energia elétrica ilimitadamente, pois as concessionárias de energia não controlam o uso de energia das pessoas, só se preocupam com o recebimento da fatura. Em contrapartida, defendiam o uso consciente da energia, já que é essencial economizar. Nesse sentido, apesar de a energia elétrica ser essencial para o cotidiano, esta precisa dos recursos naturais para sua geração. Isto possibilitou aos estudantes entenderem que é necessário haver um equilíbrio entre energia e consumo ao longo da vida de cada pessoa para não se causarem danos ao meio ambiente. Todos eles chegaram à mesma conclusão de que é “impossível” não fazer uso da energia elétrica, todavia, é necessário utilizá-la com consciência, caso contrário, futuramente sofreremos as consequências.

No quadro 5, os estudantes, ao realizarem atividades por meio da Modelagem no ensino de Física, conseguiram pensar e aprender a partir de problemas da realidade, o que oportunizou momentos de reflexões no que

se refere à energia elétrica, assim como seus desperdícios e implicações sociais. Desse modo, eles reconheceram o processo de Modelagem sobre e por meio das atividades de energia elétrica e aprenderam certos conceitos de Física ao fazer uso desta estratégia de ensino e aprendizagem, pois foram analisadas situações práticas do dia a dia e do contexto escolar deles. Nesse aspecto, eles entenderam a importância de investigar e resolver situações-problema do cotidiano com o apoio da Modelagem. Isso porque foram envolvidos os problemas de sua vivência e devido ao fato de as ações terem sido realizadas em grupo, o que possibilitou uma discussão a respeito do assunto, deixando clara a importância de haver cooperação da turma à realização das atividades propostas, o que conscientizou o grupo de que juntos tornam-se eficientes e revolucionadores.

Alguns conceitos físicos e matemáticos abordados nas atividades de Modelagem

Ademais, nessas atividades foi possível explorar os conceitos físicos e matemáticos, simultaneamente, conforme a apresentação no quadro 6.

Quadro 6 - Noções dos conceitos Físicos e Matemáticos desenvolvidos nas Atividades de Modelagem

| Conceitos Físicos | O que foi desenvolvido nas atividades |
|------------------------------|---|
| Energia | <ul style="list-style-type: none"> • Eletricidade e energia; • Fontes alternativas de energia: hídrica, térmica, elétrica, marés, solar, eólica, nuclear, biomassa, geotérmica e fóssil; • Energia elétrica consumida em KW/h e R\$; • Trabalho de uma força; • Potência; • Rendimento; • Tempo. |
| Conceitos Matemáticos | O que foi discutido/explorado nas atividades |
| Estatística | <ul style="list-style-type: none"> • Análise, interpretação e compreensão dos dados; • Construção e análise de tabelas e gráficos no Excel e/ou caderno; • Formulação de problemas; • Identificação das possíveis investigações dos problemas (hipóteses); • Levantamento e seleção de dados; • Organização de informações e dados em tabelas e gráficos no Excel e/ou caderno; • Simplificação das informações e dados (variáveis). |
| Geometria Analítica | <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente angular e linear da reta; • Sistema Cartesiano Ortogonal; • Plano cartesiano e seus quadrantes; • Par ordenado e coordenada; • Reta x (eixo das abscissas) e reta y (eixo das ordenadas); • Intersecção das retas x e y (origem). |
| Números Naturais | <ul style="list-style-type: none"> • Operações com números inteiros; • Racionais: Operações com números decimais. |
| Matrizes | <ul style="list-style-type: none"> • Representação genérica da matriz – consumo de energia tabulado. |
| Funções | <ul style="list-style-type: none"> • Domínio função – Variável independente – x; • Domínio e imagem da função; • Funções polinomiais do 1º grau e seus gráficos; • Função afim; • Função crescente e decrescente; • Imagem da função – Variável dependente – y. |

Fonte: Dados da pesquisa.

No decorrer das atividades propostas foi possível também discutir questões ambientais, sociais e econômicas, como as taxas e tarifas de energia da ANEEL, as taxas e tarifas com impostos como ICMS e PIS/COFINS, a geração e a produção de energia diante de seus recursos naturais, o uso consciente da energia e o consumo exagerado e suas consequências, tanto financeiras quanto ao meio ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostra e discute as contribuições essenciais de parte das atividades de Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem, usando o tema energia elétrica, realizadas com os estudantes do **1º ano do Ensino Médio (2010)** e do 1º ano do Curso Integrado de Agropecuária (2010), resultante de uma pesquisa desenvolvida pela presente professora pesquisadora no ensino de Física, em que esta atuava na época. Nele, o objetivo proposto foi alcançado ao se trazer uma abordagem da Modelagem Matemática no âmbito das discussões e análises e tendo por focos a organização, a exploração e a explicitação de etapas de Modelagem nas atividades de energia elétrica. Isso foi feito conforme uma orientação de procedimentos aplicados com os estudantes em sala de aula, em trabalhos extraclasse e numa articulação disso.

As atividades de Modelagem se direcionaram e se desenvolveram levando em consideração os gastos de energia nos aparelhos eletrodomésticos, assim como a potência, o tempo de uso e o preço a ser pago pela fatura. Desse modo, ao término delas, os estudantes conseguiram relacionar os conceitos físicos e o consumo de energia elétrica dos aparelhos residenciais matematicamente. Assim, eles perceberam que o consumo do aparelho está relacionado à potência do equipamento e ao tempo de uso, visto que o valor da fatura pode ser reduzido se os aparelhos forem usados conscientemente.

As atividades realizadas de Modelagem possibilitaram estimular os estudantes para trabalharem em grupos, obterem novas experiências e aprendizagens, trabalharem com a Física a partir de situações concretas, temas sociais e de interesse da turma, resolverem problemas, obterem modelos físicos e/ou matemáticos e analisarem de modo crítico a atividade desenvolvida. Logo, eles receberam oportunidades para o estudo do comportamento do consumo e conscientização sobre o uso racional dos eletroeletrônicos, bem como sobre a relação de custo e desperdício, o que propiciou o reconhecimento das possibilidades de redução e contribuição ao consumo de energia elétrica residencial.

Portanto, as atividades desenvolvidas sobre energia elétrica por intermédio da Modelagem Matemática proporcionaram contribuições aos sujeitos, pois estes reconheceram e compreenderam a importância da utilização racional da energia elétrica e de seu uso consciente no dia a dia, o que contribui para eles mesmos, suas famílias, futuras gerações, economia, recursos de sustentabilidade e de natureza, meios social e ambiental, assim como aos desenvolvimentos sustentável e natural, sendo tanto em curto quanto em longo período. Essas atividades permitiram desenvolver a consciência do saber pensar e agir diante dos problemas reais como consumo, desperdício, sustentabilidade, economia, custo e benefício, reconhecer suas consequências e refletir sobre os deveres com e na sociedade.

6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro parcial concedido à bolsa de estudos para cursar o doutorado no Programa de Pós-Graduados em Educação Matemática na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da Prática Escolar**. 2. ed. Campinas: Papirus, 1998.
- BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a Modelagem Matemática? **Zetetiké**, Campinas, SP, Unicamp, v. 7, n. 11, p. 67-85, 1999.
- _____. **Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho de Rio Claro, Rio Claro, 2001.
- _____. Modelagem Matemática na Sala de Aula. **Perspectiva**, Erechim, RS, v. 27, n. 98, jun. 2003.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2009.
- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BONJORNO, J. R. et al. **Física: História & Cotidiano**. Vol. Único. 2. ed. São Paulo: FTD, 2005.
- COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **O uso eficiente de energia na sua casa**. 11 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%20%2Fhpcopel%202Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F9C83B5131AF54B1B032573EC005D8B0D>>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- _____. **Residencial: consumo de energia**. 2010 e 2014. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/residencial/consumoEnergia.jsp>>. Acesso em: 04 mar. 2014.
- _____. **Simulador de Consumo de Energia Elétrica**. 2010 e 2014. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>>. Acesso em: 05 mar. 2014.
- _____. **Taxas e Tarifas**. Tarifa por classe: residencial - B1 convencional. 26 jul. 2010. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fe3a5cb971ca23bf503257488005939ba>>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- _____. **Taxas e Tarifas**. 2013. Tarifa por classe: residencial - B1 convencional. 9 jul. 2013. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Fresidencial%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>>. Acesso em: 05 mar. 2014.
- DAROIT, L.; HAETINGER, C.; DULLIUS, M. M. O ensino de fenômenos físicos através da modelagem matemática. In: ENCONTRO GAÚCHO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., Ijuí, 2009. **Anais...** Ijuí: UNIJUI, 2009. p. 1-8.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Orgs). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006.
- FERNANDES, R. J. G.; SANTOS JUNIOR, G. Modelagem matemática: um recurso pedagógico para o ensino de matemática. **Revista Práxis**, Volta Redonda, ano 4, n. 8, p. 21-29, ago. 2012.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo: Ática, 2010. v. 1: Mecânica.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic Inquiry**. Newbury Park: Sage, 1985.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. N. **Qualitative Data Analysis: an expanded sourcebook**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994.

PONTE, J. P. da. Estudo de caso em educação matemática. Universidade de Lisboa, 2006. **Bolema**, São Paulo, v. 19, n. 25, p. 1-23, 2006. Seção Especial.

ROSA, C. W. da; FILHO, J. de P. A. Evocação espontânea do pensamento metacognitivo nas aulas de Física: estabelecendo comparações com as situações cotidianas. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 7-19, 2012.

SETTI, E. J. K. et al. Modelagem Matemática e Física: uma experiência com foguetes. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., São Paulo, 2016. **Anais...** São Paulo: EXEM, 2016, p. 1-12.

SOARES, M. R. **Caderno Pedagógico: modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem: uma perspectiva à luz dos futuros professores de matemática**. 2012. 120 f. Material instrucional – Produção Técnica. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012a. Disponível em: <http://ppgect.pg.utfpr.edu.br/site/?page_id=573>. Acesso em: 29 set. 2016.

_____. **Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem: uma perspectiva à luz dos futuros professores de matemática**. 2012. 312 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012b. Disponível em: <http://ppgect.pg.utfpr.edu.br/site/?page_id=573>. Acesso em: 29 set. 2016.