

A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO METODOLOGIA INOVADORA PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Leandro Quaresma de Sousa¹

RESUMO:

A preocupação básica deste estudo é refletir sobre a viabilidade da inserção da Modelagem Matemática no contexto educacional de ensino e aprendizado da Física no ensino médio. Uma vez que a realidade do ensino de Física percebida atualmente resume-se no predomínio de uma didática de ensino tradicional que, sem o auxílio de outras metodologias, para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica considerando as contribuições de autores como Bassanezi (2004) e Biembengut e Hein (2000), outrossim, realizou-se uma pesquisa de campo com alunos do terceiro semestre do Curso de Licenciatura Plena em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus de Serra Talhada, com os quais foi realizada a modelagem de um experimento em forma de circuito elétrico com o intuito de aprender a Lei de Ohm. Concluimos que a Modelagem Matemática Realmente pode contribuir para o ensino – aprendizado de uma Física mais presente, interessante e atuante na vida dos discentes. E em consequência, formar cidadãos mais críticos, autônomos e capazes de interagir com o mundo natural, tecnologias e a própria sociedade.

Palavras-chave: Aprendizagem. Ensino. Física. Modelagem Matemática.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo fazer uma reflexão sobre a viabilidade da inserção da Modelagem Matemática no contexto educacional de ensino e aprendizado da Física no ensino médio. Para este fim, usa-se a modelagem de um experimento sobre a Lei de Ohm e uma aplicação deste conteúdo relacionando-o com a dissipação de energia em cabos condutores da rede elétrica de alta tensão urbana de Tavares/PB.

Para o desenvolvimento desta pesquisa embasaram-se em obras como Bassanezi (2004), Biembengut e Hein (2000), Halliday *et al.* (2004), Trefil e Hazen (2006), Trivínos (1987), Young e Freedman (2004) e Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2000).

A realidade do ensino de Física percebida atualmente resume-se no predomínio de uma didática de ensino tradicional que, sem o auxílio de outras metodologias, não propicia aos alunos a aprendizagem das competências que essa disciplina deve desenvolver perante as

¹ Acadêmico da Pós-graduação *Latu Sensu* em Metodologia do Ensino de Matemática e Física, possui Licenciatura em Matemática (2017) pela Faculdade de Formação de Professores de Serra Talhada - FAFOPST e em Pedagogia (2016) pela Universidade Paulista – UNIP, outrossim cursa Licenciatura em Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IFSertão.

finalidades da educação brasileira, mencionadas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional vigente: “A educação, [...], inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996, p. 1).

Para o desenvolvimento desta pesquisa será proposto aos alunos como tema de estudo o conceito de resistência elétrica. Essa escolha se deve aos seguintes motivos:

- Por ser a Física uma ciência experimental por essência, optou-se por trabalhar com um experimento com os alunos como forma de desmistificar a ideia de que as atividades de observação e aplicação dos conhecimentos físicos em contextos reais são próprias de laboratórios de pesquisas científicas e, portanto, distantes da realidade dos alunos. Assim, a escolha por um tema ligado à eletricidade foi favorecida, por serem conteúdos geralmente trabalhados de forma abstrata;
- Dentre os temas que relacionam conteúdos da área de eletricidade, a escolha pelo conceito de resistência elétrica deve-se ao fato de que nos dias de hoje as resistências (contidas em lâmpadas, chuveiros, ferros de passar, ou mesmo na forma de um fio condutor que esteja impondo considerável resistência à passagem de corrente) estão presentes em qualquer residência, sendo assim este conceito é conhecido dos alunos em nível do senso comum. Acredita-se aqui que uma vez que este tema seja abordado com um experimento relacionado à Lei de Ohm, tornar-se-á de grande interesse por parte dos alunos.

Nesta optou-se por fazer um estudo exploratório aliado a métodos descritivos qualitativos que são a observação e o uso de diário de campo. Para Triviños, dentre outros momentos, o estudo exploratório pode ser usado quando:

(...) o investigador, baseado numa teoria, precise elaborar um instrumento, uma escala de opinião [...] que cogita num estudo descritivo que está planejando. Então o pesquisador planeja um estudo exploratório para encontrar os elementos necessários que lhe permitam, em contato com determinada população, obter os resultados que deseja (1987, p. 109).

O universo desta pesquisa compreendeu o Curso de Licenciatura Plena em Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus de

Serra Talhada/PE. Os sujeitos foram acadêmicos do terceiro semestre do Curso. O contato com o público participante aconteceu na aula da Disciplina de Física Geral III.

A preferência pela turma acima citada deve-se ao fato de que os alunos estavam estudando os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência, encontrando-se aptos a fazer a modelagem do experimento descrito na seção anterior, a fim de compreender a Lei de Ohm. Inicialmente houve um planejamento para realizar a pesquisa em uma escola pública que oferecesse o Ensino Médio, porém, tal desenvolvimento mostrou-se inviável por praticamente não existir escola com aula no período noturno que ofereça o Terceiro Ano Regular.

1 A MODELAGEM MATEMÁTICA E O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

A didática de ensino tradicional de Física, amplamente praticada, prende-se unicamente a uma breve apresentação dos conceitos, muitas vezes sem ao menos uma discussão que procure contextualizá-los, e à apresentação de fórmulas matemáticas sintetizadas, prontas e acabadas, acompanhadas de uma lista de exercícios onde aparecem valores que devem ser jogados nas fórmulas e feitos os cálculos matemáticos.

É importante salientar que esta pesquisa não tem o objetivo de ir contra as práticas da didática tradicional. Porém, após a apresentação dos conceitos, estes devem ser trabalhados de tal forma que os alunos construam os devidos significados a ponto de desenvolverem a maturidade necessária para igualmente compreenderem as formulações matemáticas. E que ao resolverem os exercícios não os façam como simples processos mecânicos, mas sim, consigam imaginar o que tais resultados representariam em uma situação real.

Esta abordagem vai ao encontro das habilidades e competências da área de conhecimento de “Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias” descritas na Resolução nº 3/1998 da Câmara de Educação Básica (CEB) do Conselho Nacional de Educação (CNE). Este instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNs – Ensino Médio), os quais apresentam:

- f) Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos socioeconômicos, científicos ou cotidianos.
- g) Apropriar-se dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural (2000, 105).

O ensino tradicional limitado ao quadro, giz e livro didático deve dividir espaço com metodologias que levem os alunos a perceberem que os conhecimentos formais de Física surgiram de situações reais e que estão presentes à sua volta no seu cotidiano, sendo estes indispensáveis para compreender e interagir criticamente com o mundo de hoje. Com essa visão, entende-se que é necessário formar cidadãos que valorizam a ciência em sua plenitude, pois perceberão que os conhecimentos construídos, acima de tudo, proporcionar-lhes-ão crescimento pessoal.

Para dar conta desse desafio, propõe-se aqui a inserção da Modelagem Matemática ao meio escolar como metodologia de ensino - aprendizagem de Física. Uma vez inserida no contexto educacional, a Modelagem Matemática passa a chamar-se “modelação matemática (modelagem em Educação)” (BASSANEZI, 2004, p. 38).

Ao pensar em uma prática de educação que revele aos alunos uma Física tão viva e dinâmica quanto o mundo que está ao seu redor e que seja a resposta para muitos de seus problemas e curiosidades cotidianas, a Modelagem Matemática apresenta-se como uma metodologia desafiadora quanto a sua aplicação e pesquisa na prática da docência, uma vez que bem sucedida pode reunir as qualidades que o ensino-aprendizagem de Física tanto precisa.

“Modelagem matemática é o processo que envolve a obtenção de um modelo” (BIEMBENGUT, 1999, p. 20). Existem muitas definições para modelo no meio científico. Para Granger: “... é uma imagem que se forma na mente, no momento em que o espírito racional busca compreender e expressar de forma intuitiva uma sensação, procurando relacioná-la com algo já conhecido, efetuando deduções” (1969 *apud* BIEMBENGUT, 1999, p. 19).

Kneller (1980 *apud* PINHEIRO *et al.* 2001, p. 37), Bunge (1974 *apud* PINHEIRO *et al.* 2001, p. 36) e Bassanezi (2004, p. 20) definem modelo teórico como um conjunto de pressupostos construídos em torno de um modelo-objeto, ou sistema, e para o último, vinculado a uma teoria geral existente.

A construção de modelos, dentre eles os matemáticos, sempre estiveram presentes na história das ciências. Biembengut (1999) descreve que há indícios em textos históricos suficientes para crer que os egípcios e babilônios utilizaram a Modelagem Matemática para a construção de conhecimentos de geometria e astronomia, dentre outros. Relata ainda, que os grandes mestres gregos como Tales de Mileto (639-568 a.C.), Pitágoras (530 a.C.), Platão (428-347 a.C.), Euclides (300 a.C.), Arquimedes (287-212 a.C.) e Eratóstenes de Cirene (276-194 a.C.) e os gênios do Renascimento como Leonardo da Vinci (1452-1547), Nicolau Copérnico (1473-1547), Galileu Galilei (1564-1642), Willian Harvey (1578-1657), René Descartes (1596-

1650) e Isaac Newton (1642-1727), usaram Modelagem Matemática em alguns dos seus mais importantes feitos.

Além destes citados por Biembengut, temos Kepler (1571-1630) que também foi um grande modelador. Bassanezi (2004, p. 18 e 19) diz que na ciência contemporânea a consistência de uma teoria ou sua validação tem dependido, em muitos casos, da linguagem matemática que a envolve. Esclarece que a Matemática Aplicada (que alia a abstração e o formalismo matemático com a construção de conhecimentos de alguma área do mundo real) teve seu início no começo do século XX e ganhou força após a Segunda Guerra Mundial nos mais diversos campos de conhecimento. Cita ainda Descartes e Leibnitz que defenderam um método científico universal com base na razão e na lógica, e afirma que nas pesquisas científicas atuais a Matemática funciona como agente unificador de um mundo racionalizado devido ao seu poder de síntese e de generalização.

Perante o atual contexto científico em que as ciências se desenvolvem de forma acelerada e cada vez mais respaldadas pela linguagem matemática, é fundamental que os alunos (principalmente os de Física, a qual, desde a sua essência, apoiou-se nas construções matemáticas) entendam a importância desta linguagem científica universal e consigam aplicá-la em contextos diversos. Para o desenvolvimento de tais habilidades para a aprendizagem de Física, Pinheiro *et al.* (2001, p. 41) considera necessário desenvolver etapas iniciadoras nas quais se trabalhe com a construção de modelos matemáticos com os alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

Considera-se aqui, porém, que se pode ir além de etapas iniciadoras. A Modelagem Matemática, uma vez que reflexões como esta a revele viável, pode tornar-se a metodologia central do processo de aprendizagem, pois, conforme a história nos revela, foi de fundamental importância para o desenvolvimento da Física. “[...], o ensino relativo a uma determinada ciência segue a mesma trajetória que orienta o desenvolvimento e a pesquisa desta ciência” (BASSANEZI, 2004, p. 171).

E ainda a Resolução 03/1998 da CEB/CNE presentes nos PCNs – Ensino Médio apresentam a seguinte competência a ser desenvolvida pela área de Ciência Naturais, Matemática e suas Tecnologias: “Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das ciências naturais” (2000, p. 104).

Para Bassanezi (2004, p. 16), a Modelagem Matemática ainda, “[...] consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. Percebe-se nesta definição que esta metodologia pode ser perfeita para a aprendizagem de Física com ampla significação ao possibilitar aos alunos

percorrerem passos semelhantes àqueles dados na formulação e validação dos conhecimentos físicos que explicam o fenômeno em estudo. Esse propósito consiste em analisar problemas físicos da realidade dos alunos com o auxílio da Modelação Matemática e interpretá-los a luz dos conceitos da Física.

Dessa forma, procura-se cumprir o papel da Física na formação de cidadãos críticos e atuantes na sociedade, ao passo que esta revele aos alunos não só uma ciência cheia de elementos do mundo real, mas sim, um mundo acessível cheio de elementos que poderão ser observados e compreendidos com uma visão científica. Para Bassanezi (2004, p. 17), “A modelagem matemática, em seus vários aspectos, é um processo que alia teoria e prática, motiva seu usuário na procura do entendimento da realidade que o cerca e na busca de meios para agir sobre ela e transformá-la”.

Embora o método de Modelação Matemática dê total liberdade aos alunos de optarem pela questão que queiram pesquisar e os mantenham sempre no centro do processo de construção do modelo, para um claro entendimento do que venha a ser esta metodologia, e de como proceder para o alcance do êxito de uma real aprendizagem é necessário que se defina uma sequência de procedimentos que orientem a prática da docência.

1.1 O PROCESSO DE MODELAÇÃO EM MATEMÁTICA

Embora o método de Modelação Matemática dê total liberdade aos alunos de optarem pela questão que queiram pesquisar e os mantenham sempre no centro do processo de construção do modelo, para um claro entendimento do que venha a ser esta metodologia, e de como proceder para o alcance do êxito de uma real aprendizagem é necessário que se defina uma sequência de procedimentos que orientem a prática da docência.

Quanto ao trabalho com Modelagem Matemática na área de Física segue-se a mesma ordem de procedimentos já definidos para a aprendizagem de Matemática. Porém, devem-se considerar alterações no desenvolvimento de alguns procedimentos, pois, apesar de continuar valorizando os conhecimentos matemáticos, tem-se como principal objetivo atingir uma eficiente aprendizagem de Física.

A escolha do tema deve ser feita de preferência pelos alunos. Porém, quando ainda pretende-se implantar o método de Modelação Matemática com uma turma e o professor não é um modelador experiente, o que de fato é a realidade existente para o desenvolvimento desta pesquisa, torna-se preferível para um maior controle dos rumos da modelação, que esta escolha seja feita pelo professor.

Nesse caso, deve-se tomar o cuidado para que o tema seja de interesse dos alunos e que consiga estimulá-los aos passos seguintes, além de possibilitar o desenvolvimento dos conteúdos físicos programados para o momento. O tratamento dos conteúdos físicos propostos nesta fase de matematização acontecerá da mesma forma que os conteúdos matemáticos, ou seja, serão trabalhados assim que haja necessidade, com o diferencial em relação à fase de interação, que agora serão conteúdos específicos existentes no problema de interesse dos alunos. No exemplo da hidrelétrica, poderiam modelar o funcionamento do gerador da turbina, dos transformadores, a pressão, quantidade ou velocidade da água no interior da turbina, dentre muitos outros, proporcionando oportunidades para o tratamento de muitos conteúdos.

É importante ressaltar aqui que o objetivo da modelação é a aprendizagem de Física e não a construção de modelos altamente representativos que exijam rigorosos processos de validação. “Na modelação a validação de um modelo pode não ser uma etapa prioritária. Mais importante do que os modelos obtidos é o processo utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sociocultural” (BASSANEZI, 2004, p. 38). Quanto à avaliação objetiva do processo devem-se priorizar os aspectos relacionados à assimilação, compreensão e aplicação dos conhecimentos físicos.

1.2 DEFINIÇÃO DE LEI DE OHM E CONCEITOS RELACIONADOS

Para haver resistência elétrica, é indispensável a pré-existência de campo elétrico e corrente elétrica em um meio condutor, por isso estes últimos conceitos também serão definidos aqui. Young e Freedman definem: “[...] campo elétrico E em um ponto como a força elétrica F que atua sobre uma carga q nesse ponto, dividida pela carga q . Ou seja, o campo elétrico em um dado ponto é igual à força elétrica por unidade de carga que atua sobre uma carga situada nesse ponto [...]” (2004 p.11). A unidade de campo elétrico no Sistema Internacional de Unidades (SI) é volt por metro (V/m).

A força elétrica proveniente do campo elétrico agindo sobre partículas portadoras de carga elétrica faz com que tais partículas entrem em movimento originando uma corrente elétrica. Esta é definida como a quantidade de carga elétrica que atravessa uma dada seção do fio condutor por unidade de tempo.

O sentido de uma corrente elétrica é convencionalizado como sendo o sentido do movimento das cargas positivas. Devido a esta convenção, para o fluxo das cargas denomina-se corrente convencional. Assim, a velocidade de arraste das cargas, ou seja, a velocidade das

cargas causada pela força elétrica de um campo elétrico, só terá o mesmo sentido do campo elétrico e, conseqüentemente, da corrente elétrica, se as cargas forem positivas.

A corrente elétrica também pode ser definida a partir da velocidade de arraste das cargas que se movem. Para esta definição seguir-se-á os passos da obra de Young e Freedman (2004, p. 134-35).

Considerar-se-á aqui as seguintes grandezas existentes em um condutor sob a influência de um campo elétrico: concentração (n), ou seja, o número de partículas carregadas por unidade de volume existente no condutor; velocidade de arraste (v) das partículas carregadas; área (S) de seção reta do condutor.

Para uma melhor compreensão da relação entre campo elétrico e portadores em um meio condutor, falta a descrição de mais alguns importantes conceitos. Definir-se-á na sequência a Lei de Ohm, e através desta, serão descritos outros conceitos como, condutibilidade elétrica, resistividade e resistência elétrica.

Geralmente a relação entre densidade de corrente (J) e campo elétrico (E) é muito complexa, mas para muitos condutores líquidos e sólidos em dadas temperaturas, especialmente os metais, esta relação é explicada pela Lei de Ohm: “A resistividade (ou condutividade) de um material é independente da intensidade, direção e sentido do campo elétrico” (HALLIDAY *et al.*, 2004, p. 111).

Conforme as fórmulas acima, a resistividade é definida como a razão entre o campo elétrico e a densidade de corrente. Como a unidade de E é V/m e a de J é A/m^2 , temos, $(V/m)/(A/m^2) = V.m/A$, e ainda sendo $V/A = \Omega$, a unidade de resistividade no SI é $\Omega.m$. A condutividade é o inverso da resistividade e sua unidade de medida no SI é $(\Omega.m)^{-1}$. De forma equivalente ao enunciado da Lei de Ohm acima, temos: “A resistência de um objeto é independente da intensidade ou do sinal da diferença de potencial aplicada” (HALLIDAY *et al.* 2004, p. 111).

Antes de se tratar de resistência elétrica, definir-se-á potencial elétrico e diferença de potencial a que se refere o enunciado acima. Hewitt define potencial elétrico da seguinte forma: “O conceito de energia potencial por unidade de carga é denominado potencial elétrico [...]” (2002, p. 385).

A unidade de potencial elétrico e de diferença de potencial no SI é o volt (V) e é igual a 1 joule (J) de energia por 1 coulomb (C) de carga. Portanto, uma carga submetida a 1 V de potencial elétrico possui 1 J de energia potencial elétrica para realizar um determinado trabalho, por unidade de sua carga. Considerar-se-á um fio condutor que: a Lei de Ohm seja válida, que

mantém uma área de seção S constante em todo o seu comprimento L e que é percorrido por uma corrente elétrica I e uma densidade de corrente J .

Um dos motivos da existência de resistividade elétrica em um material deve-se a choques entre os portadores de carga em movimento e as demais partículas constituintes do meio condutor. Nos metais, por exemplo, os elétrons, que são os portadores de carga, se chocam com os íons positivos transferindo para estes, parte da energia cinética que mantém a corrente. Esta transferência de energia faz com que os íons, que já se encontravam vibrantes, vibrem ainda mais, o que aumenta a temperatura do metal. Este aumento de vibração dos íons também significa um aumento na probabilidade de choques com os elétrons responsáveis pela corrente. Para muitas substâncias condutoras e para uma faixa considerável de temperatura acima da ambiente, a relação entre a quantidade de vibração das partículas constituintes do condutor (ou seja, a temperatura do condutor) e a quantidade de choques entre estas e os portadores de carga da corrente (ou seja, a resistividade).

2 PROCEDIMENTOS UTILIZADOS EM SALA DE AULA

Em um primeiro momento, houve uma breve apresentação de como seria a aula e que estava embasada na metodologia de Modelação Matemática. Optou-se por não dividir os alunos em grupos durante a aula devido a tratar-se de uma turma reduzida, e para que todos participassem das discussões, não havendo assim, necessidade de uma socialização no final dos trabalhos para a interação por todos de eventuais discussões que surgissem em grupos isolados.

Na etapa de “interação com o tema”, esclareceu-se que a aula tinha como tema o conceito de resistência elétrica e que seriam abordados aspectos e conteúdos físicos relacionados a esse conceito. Apresentou-se aos discentes o experimento com a descrição dos dispositivos constituintes. Tratava-se de um circuito elétrico com: uma fonte de alimentação de corrente contínua estabilizada com ajustes de tensão fino e grosso de 0 a 25 V; cabos elétricos tipo banana-banana; um resistor de 100Ω , $1/8$ W e 5% de tolerância; um multímetro digital com chave seletora no voltímetro (200 V) e corrente contínua; um miliamperímetro com escala de -100 a +100 mA. A ligação foi feita com o multímetro usado como voltímetro em paralelo e o miliamperímetro em série, ambos em relação ao resistor.

Para dar suporte aos alunos na construção do gráfico utilizou-se o programa computacional gnuplot e explicou-se, que o mesmo, é um software livre para plotagem de gráficos.

Uma vez que o gráfico foi uma reta, o primeiro questionamento já estava respondido. Seguiu-se a transcrição do problema em linguagem matemática discutindo com os alunos o que significava fisicamente cada variável da função de primeiro grau $y = ax + b$, com enfoque especial para o coeficiente angular. Os discentes responderam que y pode ser substituído V (diferença de potencial), x por I (corrente elétrica) e b por 0 .

Conclui-se que o coeficiente angular da função que representa o comportamento do gráfico obtido é numericamente igual à resistência elétrica do circuito. A função pode ser reescrita como $V = RI$.

A validação do resultado do modelo obtido deu-se com a apresentação aos alunos da Lei de Ohm, onde se esclareceu que $V = RI$ é uma relação válida exclusivamente para materiais ôhmicos. Aproveitando o interesse dos discentes foi explicada a relação $R = \frac{\rho L}{A}$ onde ρ é a resistividade do material; L , o comprimento do condutor; e A , a área de seção reta.

Assim, os alunos tiveram as informações necessárias para responderem a mais um questionamento da ficha a fim de registrarem o que concluíram do modelo. O questionamento foi:

- 2) Com base no gráfico obtido podemos dizer que os condutores e o resistor do circuito é ôhmico? Se sim, por quê?

A fim de ligar o conteúdo Lei de Ohm a uma situação de maior utilidade prática que o experimento realizado, pensou-se na dissipação de energia elétrica nos fios de alta tensão da rede elétrica urbana de Tavares/PB. Sabe-se que a transmissão de energia elétrica sofre um rebaixamento de tensão de 230 kV, que é a tensão de condução de uma cidade para outra do Sistema Interligado Nacional (SIN), para 13,8 kV, que é o padrão de alta tensão de distribuição urbana. Tem-se que a estação de rebaixamento de tensão de Tavares fica no Bairro São Sebastião a aproximadamente 15 km do centro da cidade, e que a Norma Técnica de “Montagem de redes de distribuição aérea urbana trifásica – 13,8 e 34,5 kV” (NTE-026, 2008) do Departamento de Planejamento e Engenharia (DPE) da Cemat, determina que os cabos de condução utilizados nas redes de alta tensão urbana são: 2 AWG - CAA; 1/0 AWG - CAA; 4/0

AWG - CAA; e 336,4 MCM - CA. O cabo 336,4 MCM – CA é o mais grosso deles com área de seção reta de 170,55 mm² de alumínio e uma alma de aço, isolada da corrente, com 27,83 mm² de seção reta. Com tais dados formulou-se o seguinte problema constante na ficha dos alunos:

- 3) Sabendo que uma linha de transmissão urbana de energia elétrica de Sinop tem 15 km de comprimento da estação de rebaixamento de tensão até o centro da cidade, tem ainda 13,8 kV de tensão e possui condutores formados de alumínio e aço com área de seção reta de 170,55 milímetros quadrados e 27,83 milímetros quadrados respectivamente para cada material constituinte, pergunta-se, qual é a potência dissipada nesta transmissão por cada fio condutor? Considere que se trata de condutores ôhmicos.

Foi explicada a formação dos cabos condutores para os alunos enfocando que só há corrente na parte de alumínio. Surgiu com essa atividade, a necessidade de trabalhar um novo conteúdo de Física, potência. Dessa forma, definiu-se potência como a quantidade de energia fornecida por unidade de tempo para manter uma corrente em um condutor. E potência dissipada, como a quantidade de energia transformada em calor por unidade de tempo em um condutor. Para a resolução do problema proposto explicou-se para os alunos que a potência dissipada poderia ser calculada pela fórmula:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

A fórmula acima, porém, só pode ser usada para o cálculo da potência dissipada em condutores percorridos pela intensidade máxima de corrente que suportam em relação a uma dada diferença de potencial. Contudo, a mesma não representa a situação que foi proposta uma vez que foi usado no problema, o fio de maior bitola da Norma da Cemat e tal condutor não trabalha com sua capacidade máxima de corrente. Todavia, o fato de se apresentar aos discentes essa fórmula proporcionou uma rica discussão do resultado obtido. Os alunos calcularam a resistência pela fórmula $R = \frac{\rho L}{A}$, onde o valor de ρ (resistividade do material) para o alumínio foi retirado da obra de Young e Freedman (2004, p. 136) como sendo $2,75 \times 10^{-8}$. Os valores das demais variáveis encontravam-se no enunciado do problema. Em seguida aplicaram a fórmula $P = \frac{V^2}{R}$, resultando em uma potência dissipada de 79 MW.

Para fazer a interpretação do resultado com os alunos, foi formulada uma ficha e entregue a eles. Parte da discussão constante em tal ficha é a apresentada a seguir.

A fim de fazer uma estimativa da potência elétrica consumida por toda a cidade, considerar-se-á um consumo de energia mensal médio de 150 kWh por cada um dos aproximados 100 mil habitantes de Sinop. Então o consumo mensal seria de $150 \times 100000 = 15000000$ kWh.

Sabe-se que 1 kWh é igual a 1000 joules de energia por segundo durante uma hora, ou seja, durante 3600 segundos, resultando em $1000 \times 3600 = 3600000$ J. Os 15000000 kWh que representam o consumo da cidade, correspondem a $15000000 \times 3600000 = 54000000000000$ J mensal. Como é mensal, para calcular a média de quantos joules de energia são gastos por segundo, é necessário dividir esse número pela quantidade de segundos existentes no mês, ou seja, por 3600 segundos de uma hora vezes 24 horas de um dia vezes 30 dias de um mês: $36 \times 24 \times 30 = 2592000$ s. Dividindo o consumo mensal de energia da cidade pela quantidade de segundo de um mês, chegasse a potência média de energia gasta pela cidade de aproximadamente 21 MW.

Se toda a cidade consome somente 21 MW de energia, como pode o resultado da dissipação ter sido 79 MW? Temos que os condutores da rede de alta tensão de Tavares trabalham com uma corrente bem menor que a capacidade máxima e por isso a fórmula correta a ser utilizada é $P = RI^2$, onde R é a resistência e I , a corrente. Para o cálculo da corrente, pode-se utilizar a fórmula:

$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi}$, onde $\cos \phi$ é o fator de potência elétrica.

Porém, como o objetivo é apenas fazer uma estimativa, esta variável será considerada como 1, ou seja, adota-se potência ativa igual a aparente. Como a resistência já foi calculada como sendo $2,41 \Omega$, tem-se $P = RI^2 = 2,41 \times 8712 \cong 1828324$ W, ou seja, 1,82 MW de potência dissipada. Desse modo, o valor da potência dissipada representa 8,7 % da energia consumida. Ainda é um valor alto, contudo muito mais coerente com a realidade do que o resultado anterior, principalmente por não se saber o real valor do fator de potência. Assim encerram-se os procedimentos adotados em sala de aula para o desenvolvimento desta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

Perante o contexto em que o ensino – aprendizagem de Física acontece ancorado em uma didática tradicional, em muitos casos, desprovida de qualquer reflexão sobre os conteúdos e análise de fenômenos do mundo real, esta pesquisa surge do anseio e necessidade de uma nova metodologia.

Assim, a partir dos textos de Bassanezi (2004) e Biembengut (1999), perceberam-se potencialidades da Modelação Matemática (Modelagem Matemática aplicada à educação) que podem completar as lacunas existentes no ensino – aprendizagem de Física. Esta metodologia alia: o interesse dos discentes em estudar temáticas de sua vivência (contextualização); reflexão permanente e postura científica por colocar os alunos no centro do processo educativo; possibilidade de trabalhar com experimentação, inclusive abordando os conteúdos de forma próxima daquela em que foram concebidos; liberdade de estudar e usar tecnologias como ferramentas pedagógicas, podendo proporcionar aos alunos um entendimento crítico e científico dos avanços tecnológicos; interdisciplinaridade Física – Matemática e, dependendo da temática utilizada, com inúmeras outras ciências; e valorização da linguagem matemática como sintetizadora dos conhecimentos físicos.

Devido as potencialidades citadas acima e com o objetivo de contribuir para a reflexão e melhoria da educação em relação à Física, propôs-se neste trabalho refletir sobre as contribuições da inserção da Modelagem Matemática no ensino – aprendizagem desta ciência.

Para tal reflexão, decidiu-se desenvolver uma aula com a modelação de um experimento sobre a Lei de Ohm que promovesse maior significação, por parte dos alunos, ao conceito de resistência elétrica.

Portanto, como conclusão desta reflexão acredita-se que a Modelação Matemática Realmente pode contribuir para o ensino – aprendizado de uma Física mais presente, interessante e atuante na vida dos discentes. E em consequência, formar cidadãos mais críticos, autônomos e capazes de interagir com o mundo natural, tecnologias e a própria sociedade.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. Traduzido por: PARMA, Gustavo Guimarães. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- BASSALO, José Maria Filardo. **Eletrodinâmica clássica**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2007.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004.
- BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2000.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem matemática & implicações no ensino e aprendizagem de matemática**. Blumenau: Ed. Da Furb, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de educação. Câmara de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio**. Brasília: MEC/CNE/CEB, 2000.
- _____. Lei Nº 9.394/96. **Leis de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília: Ministério da Educação, 1996.
- CENTRAIS ELÉTRICAS MATOGROSSEENSES S. A. Departamento de Planejamento e Engenharia. Norma Técnica Nº 26/08. **Montagem de redes de distribuição aérea urbana trifásica – 13,8 e 34,5 kV**. 7ª ed. Cuiabá: CEMAT/DPE, 2008.
- DORIA, Mauro M.; MARINHO, Franciole da Cunha. **Ondas e Bits**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3**. Traduzido por:
- PACHECO, Pedro M. C. L.; XAVIER, Leydervan de S.; KENEDI, Paulo P. 5 ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2004.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Traduzido por: RICCI, Trieste Freire; GRAVINA, Maria Helena. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica: eletromagnetismo**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- PINHEIRO, Terezinha de Fátima; PIETROCOLA, Maurício; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, Maurício (org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed.UFSC, 2001, p.33-52.
- TREFIL, James S.; HAZEN, Robert M. **Física viva, v. 3: uma introdução à física conceitual**. Traduzido por: BIASI, Ronaldo Sérgio de. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears e Zemansky Física III:** eletromagnetismo. Colaboradores: SANDIN, T. R.; FORD, A. Lewis. Traduzido por: LUIZ, Adir Moisés. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.