

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE ARAGUAÍNA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

MAGLENE SÉRGIO DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DOS
CONDICIONADORES DE AR DA ESCOLA EDUCANDÁRIO ESPÍRITA
FRANCISCO THIESEN.**

ARAGUAÍNA

2019

MAGLENE SÉRGIO DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DOS
CONDICIONADORES DE AR DA ESCOLA EDUCANDÁRIO ESPÍRITA
FRANCISCO THIESEN.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Licenciatura em
Matemática da Universidade Federal do
Tocantins, como requisito parcial para a
obtenção de título de Licenciado em
Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Deive B. Alves

ARAGUAÍNA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S237m Santos, Maglene Sérgio dos.
MODELAGEM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR
DOS CONDICIONADORES DE AR DA ESCOLA EDUCANDÁRIO ESPÍRITA
FRANCISCO THIESEN. / Maglene Sérgio dos Santos. – Araguaína, TO, 2019.
48 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Araguaína - Curso de Matemática, 2019.
Orientador: DEIVE BARBOSA ALVES

1. INTRODUÇÃO. 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO. 3.
METODOLOGIA. 4. ANÁLISE DE DADOS. I. Título

CDD 510

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

MAGLENE SÉRGIO DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO A PARTIR DOS
CONDICIONADORES DE AR DA ESCOLA EDUCANDÁRIO ESPÍRITA
FRANCISCO THIESEN**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Licenciatura em
Matemática da Universidade Federal do
Tocantins, como requisito parcial para a
obtenção de título de Licenciado em
Matemática.

Aprovado em: 16 / 12 / 2019

COMISSÃO EXEMINDADORA

Prof. Dr. Deive Barbosa Alves

Prof. Msc. André Luiz Ortiz da Silva

Prof. Msc. Gildemberg da Cunha Silva

Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram e que acreditaram em mim. Primeiramente a Deus por estar sempre me ajudando a encarar os obstáculos da minha vida e que nunca me desamparou nos momentos difíceis. A minha mãe, pelo exemplo de coragem e simplicidade, e a meu querido filho Leonardo Kauã Resplandes dos Santos que foi uma das fontes para as minhas inspirações e a todos os meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a DEUS que me deu força e coragem para vencer todos os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o curso. Ele foi meu socorro espiritual, dando-me serenidade para que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida. Não somente nestes anos como universitária, mas em diversos outros momentos de dificuldade e alegria. É o maior mestre que alguém pode conhecer.

A minha mãe, Deuzimar Leal dos Santos, meu filho Leonardo Kauã Resplandes dos Santos, e aos meus irmãos Willam, Wallas, Magno, e Ecilia, a minha tia Deurivan e com eles compartilho a realização deste trabalho que é um dos momentos mais importante da minha vida.

Ao professor Deive, meu orientador, por ter acreditado na possibilidade da realização deste trabalho, pela sua disponibilidade e sugestões que foram preciosas para a concretização deste trabalho.

Muito obrigado a todos os meus amigos que de um modo ou de outro, contribuíram para o término dessa caminhada. Em especial a Brunna Karoliny, Liviane e Wga por poder contar com vocês por diversas vezes sempre que eu estava precisando conversar ou até mesmo de estudar.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

A esta universidade, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje enxergo um horizonte superior.

Agradeço a Escola Educandário Espirita Francisco Thiesen, por ter sempre me ajudado com os dados que sempre precisei para almejar esse trabalho.

Chega-se ao fim um ciclo de muitas risadas, choro, felicidade e frustrações. Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida.

RESUMO

O presente trabalho tem o objeto de produzir reflexões, em uma perspectiva da matemática, sobre os condicionares de ar do Educandário Espirita Francisco Thiesen, escola de Ensino Fundamental da cidade de Araguaína no Estado do Tocantins. A pergunta norteadora desta investigação foi: Como os saberes matemáticos explicam as possibilidades e concretudes dos condicionadores de ar da escola Educandário Espirita Francisco Thiesen? O estudo de caso foi produzido através de entrevista e sob aspectos da abordagem qualitativa, com uso da Modelagem Matemática enquanto método para estruturar a análise deste trabalho de conclusão de curso. O “caminho” construído pelo referido procedimento apontou seis categorias que, na análise, foram chamados de Temas: “A compra de um condicionador de ar”; “O Condicionador de ar correspondente para uma sala de aula”; “A água produzida por um condicionador de ar de 9000 btus”; “A vazão da água gerada pelos aparelhos de condicionador de ar”; “Economia de água” e “Consumo de energia de condicionador de ar”. Tais temas/categorias convergiram para a constatação de que todos os condicionadores de ar, da escola, são inadequados aos espaços que devem refrigerar, o que obriga os aparelhos a trabalharem no limite máximo da capacidade deles. Isso faz com que a escola tenha uma elevação na conta de energia elétrica. Constatou-se, ainda, que a água produzida pelos condicionadores de ar pode ajudar a economizar no valor da conta de água da unidade escolar, se ela for armazenada.

Palavras-Chave: Ar Condicionado. Reaproveitamento de Água. Modelagem Matemática.

ABSTRACT

The present work aims to produce reflections, from a mathematical perspective, about the air conditioners of Educandário Espirita Francisco Thiesen, elementary school of the city of Araguaína in the state of Tocantins. The guiding question of this research was: What are the mathematical knowledge intertwined with the air conditioners of Spiritist Educandário Francisco Thiesen? The study was produced under aspects of the qualitative approach, using the Mathematical Modeling as a method to structure the analysis of this course conclusion work. The “path” built by the above procedure pointed to six categories which, in the analysis, were called Themes: “The purchase of an air conditioner”; “The corresponding air conditioner for a classroom”; “The water produced by a 9000 btus air conditioner”; “The flow of water generated by air conditioners”; “Water Saving” and “Air Conditioner Power Consumption”. These themes / categories converged to the realization that all air conditioners in the school are inadequate to the spaces that must cool, which requires the appliances to work at their maximum capacity. This causes the school to have an increase in the electricity bill. It has also been found that water produced by air conditioners can help save on the value of the school unit's water bill if it is stored.

Keywords: Air Conditioner. Reuse of water. Mathematical Modelling.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
2 OS CONDICIONADORES DE AR: HISTÓRIA, MODELOS E USOS	13
2.1 História do ar condicionado.....	13
2.2 Como saber que o aparelho de ar condicionado é adequado para o seu uso.	14
2.3 Tipos de aparelhos de ar condicionado.....	15
2.4 Aproveitamento da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar na Escola de Araguaína-To.....	18
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Local da investigação.....	21
3.2 Modelagem Matemática	21
4 ANÁLISE DE DADOS:	25
4.1 A adequação dos condicionadores de ar	25
4.2 Água produzida pelos condicionadores de ar.....	28
4.3 Estimativa da produção da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado do Educandário Espírita Francisco Thiesen	31
4.4 Economia na conta de água do Educandário Espirita Francisco Thiesen	35
4.5 Consumo de energia dos condicionadores de ar	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS.....	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ar condicionado tipo janela.....	16
Figura 2 - Ar condicionado tipo portátil.....	17
Figura 3 - Split: (A) Evaporador, (B) Condensador e (C) Controle.....	18
Figura 4 - Tambor que faz o armazenamento da água (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação) .	19
Figura 5 - Agua diretamente do tambor (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação)	19
Figura 6 - Agua usada para regar a horta (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação)	20
Figura 7 - Dinâmica da modelagem matemática	22
Figura 8 - Construção do modelo matemático	24
Figura 9 - Planta da sala que foi feita a coleta da água	26
Figura 10 - Planta da sala que foi feita a coleta da água	27
Figura 11 - Ar condicionado de 9000 BTUs que foi coletado a água	29
Figura 12 - Copo de liquidificador usado para medir a água	29
Figura 13 - Estrutura tarifária da BRK ambiental	36
Figura 14 - Conta de água da Escola	37
Figura 15 - Eficiência energética dos equipamentos.....	41
Figura 16 - Modalidade tarifária.....	42
Figura 17 - Conta de energia	43

1 INTRODUÇÃO

Quais os saberes matemáticos entrelaçados aos condicionadores de ar do Educandário Espírita Francisco Thiesen da cidade de Araguaína no Estado do Tocantins? Estudo que aponta para a possibilidade de reuso da água não potável para limpeza, irrigação, outras necessidades do dia-a-dia, ele mostrou, ainda, que por não considerarem os saberes matemáticos desde a compra dos aparelhos, além de os condicionadores de ar não darem confortos à comunidade da escola, ele pode estar elevando o consumo de energia elétrica, uma vez que não são compatíveis com espaço que devem resfriar.

Os avanços gradativos dos custos no fornecimento de água, a crescente demanda e poluição dos centros urbanos, a distribuição dos recursos hídricos e no abastecimento de água das cidades brasileiras, são as principais dificuldades que originaram o desenvolvimento de programas de conservação da água, com o objetivo de minimizar o consumo excessivo da água.

A água é fluxo, movimento, circulação. Ela se infiltra no ar, na terra, na agricultura, nas indústrias, nas casas, nos edifícios, em nosso próprio corpo. Por ela e com ela flui a vida e, assim, o ser vivo não se relaciona com a água: ele é água. (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Embora pareça inesgotável ela é finita, desse modo devemos pensar e refletir que com o aumento da população e a urbanização sem planejamento, a eficácia do ciclo hidrológico é afetada, colaborando para a escassez da água, ainda que esse fato só tenha se tornado realmente formidável nos últimos anos. O desenvolvimento sustentável é proeminente como sendo o desenvolvimento correspondente de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a competência de atender as necessidades das futuras gerações.

A água é um meio amplamente usado por todos os lados e, diferentemente de qualquer commodity, ela é insubstituível [...]. Por isso, o ser humano precisa desenvolver habilidades, conhecimentos, procedimentos para administrar o seu uso de forma integrada e abrangente, e manter o suprimento em quantidade e qualidade (VILLIERS, 2002 *apud* MAY, 2004).

Dentro desta perspectiva, o uso inconsequente da água pode ser acentuado como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam o crescimento da eficiência do seu uso. Os equipamentos de ar condicionado¹ são utilizados em larga escala em residências, prédios comerciais e universidades. A utilização desses aparelhos gera o gotejamento de água, proveniente da umidade do ar condensado pelo resfriamento do aparelho que fica no ambiente

¹ Usaremos como sinônimo de Condicionador de Ar pela popularidade do uso desse termo.

interno. Levando em consideração o volume de água que goteja é expressivo e na maioria dos casos é jogado no ambiente de forma inapropriada.

Desse ponto de vista, há a possibilidade do reaproveitamento da água da drenagem dos equipamentos condicionadores de ar, o que pode ser de ampla importância para o meio ambiente, pois a vazão que provém desses equipamentos pode suprir as necessidades de repartições públicas, instalações comerciais e outras, quanto ao consumo humano.

O fator economia de energia elétrica também se dá ao comprarmos adequadamente um aparelho de condicionador de ar para os ambientes a serem resfriados. É intuitivo pensarmos que um ar condicionado inadequado ao ambiente que resfriará traz gasto a mais de energia elétrica, uma vez que o mesmo trabalhará no seu limite máximo e, por vezes, não conseguindo resfriar o local. Intuímos, ainda, que em repartições públicas como, por exemplo, escolas a escolha e instalação do referido aparelho de ser feito de forma consciente e adequado, pois trabalha-se com muitos aparelhos que pode ser oneroso, ou não, aos cofres públicos em relação ao conforto que proporcionam. Assim, estabelecemos a seguinte questão norteadora de nosso trabalho: **Como os saberes matemáticos explicam as possibilidades e concretudes dos condicionadores de ar da escola Educandário Espírita Francisco Thiesen?**

O objetivo geral desse trabalho é compreender pela matemática o contexto dos condicionadores de ar na escola Educandário Espírita Francisco Thiesen. Para tal, construímos os seguintes objetivos específicos:

1. Listar todos os aparelhos de ar condicionados da Escola Educandário Espírita Francisco Thiesen;
2. Estabelecer modelos matemáticos que possam constatar e mostrar as possibilidades dos condicionadores de ar da referida escola.

Para responder à questão norteadora e alcançar o objetivo proposto, nosso Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, foi dividido em cinco capítulos. No primeiro, fazemos uma introdução, à qual mostra a necessidade de economizarmos água diante de tantos desperdícios, e um deles são os produzidos pelos aparelhos de ar condicionados. No segundo elaboramos um referencial teórico a partir da história dos aparelhos de ar condicionado e os tipos mais comuns de aparelhos usados no Brasil. No terceiro capítulo abordamos a metodologia, a qual em uma abordagem qualitativa analisamos os dados pelo método da Modelagem Matemática. No quarto, fazemos uma análise dos modelos matemáticos que produzimos ao nos debruçar sobre

os dados que os aparelhos de ar condicionado do Educandário Espírita Francisco Thiesen nos foi fornecido. Por fim, no último capítulo estabelecemos algumas considerações sobre a respostas do questionamento inicial e das discussões que os modelos matemáticos construídos nos possibilitaram alcançar nessa discussão.

2 OS CONDICIONADORES DE AR: HISTÓRIA, MODELOS E USOS

Neste capítulo, apresentaremos a história do ar condicionado, dos vários tipos que há no mercado, bem como de como uma escola da cidade de Araguaína está fazendo uso da água produzida por condicionadores de para usá-la quando não existe a exigência da água ser potável.

2.1 História do ar condicionado

Relatos históricos delineiam que a primeira franqueada de uma máquina de refrigeração mecânica foi inglesa e que surgiu no ano de 1834, cujo princípio era análogo ao dos aparelhos de refrigeração mecânica contemporâneos. Contudo, até a segunda metade do século XIX, os aparelhos de refrigeração usados tinham particularidades diferentes dos atuais, ou seja, eram imensos, dispendiosos e não muito competentes. Esses aparelhos requeriam auxílio permanente de um engenheiro de operação. A partir de 1900, com a eletricidade chegando as residências e o desenvolvimento do motor elétrico, a refrigeração foi se desenvolvendo cada vez mais e conhecida em todo o mundo, surgindo inovações como, por exemplo, soluções para controlar a temperatura (GONÇALVES, 2005).

Segundo Antonovicz e Weber (2013) os condicionadores de ar servem para controlar a temperatura de recintos fechados. Isso foi possível devido a invenção de um processo mecânico de condicionar o ar, criado em 1902 pelo engenheiro norte-americano Willys Carrier. Tal processo surgiu da necessidade por causa de impressões em papel, o clima muito quente e úmido fazia com que o papel concentrasse a umidade de forma que as impressões saíam sujas e fora de foco. Para resolver esse problema optaram por desenvolver um equipamento que resfriava o ar, funcionava pela circulação do ar quente dentro de dutos resfriados artificialmente. Esse foi um dos primeiros modelos mecânicos de condicionamento de ar.

Posteriormente a este experimento muitas indústrias americanas de múltiplos segmentos aderiram ao aparelho de circulação por dutos resfriados artificialmente. Em 1914, Carrier adaptou o equipamento para o uso residencial, também delineou o principal condicionador de ar para hospitais (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Constituiu-se na década de 1920 e apresentou uma grande ampliação ao uso dos condicionadores de ar, o qual colaborou muito na indústria cinematográfica, pois foram instalados equipamentos de ar condicionados nas salas de cinema, as quais permaneciam vazias devido ao clima muito quente. Na década de 1930 teve-se um sistema de ar condicionados com

distribuição de ar em ampla velocidade, que economizava mais espaço no ambiente, em semelhança aos produtos usados na época (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Os tipos de equipamentos de ar condicionados residenciais começaram a ser produzidos nos meados de 1950, e a demanda foi muito ampla, os primeiros estoques acabaram com apenas duas semanas. Na década seguinte se expandiu em um mercado de intensidade mundial, com amplo espaço para expansão tecnológico e inovações dos produtos. Os produtos hoje se subdividem categorias: residencial, comercial, industrial, e para veículo.

2.2 Como saber que o aparelho de ar condicionado é adequado para o seu uso.

A potência de um condicionador de ar é medida em BTU, *British Thermic Units*, essa é a unidade de medida que concebe a competência de um equipamento refrigerar ou aquecer um ambiente.

O principal erro dos consumidores na hora de adquirir um condicionador de ar é dimensionar mal a quantidade de BTUs indispensáveis para climatizar o espaço de instalação. Ao comprar um aparelho mais potente, as pessoas podem acabar baixando demais as temperaturas e se sentirem desconfortáveis, enquanto que um de baixa potência não conseguirá garantir os níveis de temperatura almejáveis. Outro problema é escolher um equipamento de ar condicionado pelo fato de ser mais comum e não por proporcionar os melhores benefícios. Portanto, quanto maior a capacidade mais potente, mas as vezes você compra um aparelho com uma potência muita grande para o tamanho do cômodo que você quer instalar o aparelho o que gera custos com energia elétrica desnecessário.

Para compreendermos a competência correta do equipamento de condicionador de ar precisamos saber quantas pessoas e aparelhamentos elétricos que emitem calor permanecerão presentes no recinto, além disso precisamos analisar determinados fatores como o nível de insolação, se o espaço é exposto ao sol da manhã, sol da tarde ou sol o dia todo. Então podemos determinar a capacidade de BTU's por meio de alguns cálculos.

Ao consolidar um cálculo mais personalizado pode-se utilizar a regra de 600 BTU's por m² (metro quadrado) para até duas pessoas e, mais 600 BTU's por pessoa, pois não é contado a primeira. Os equipamentos que emita calor no ambiente também se somam 600 BTUs (GONÇALVES, 2005).

Um equipamento apropriado propicia benfeitoria para um ambiente mais agradável e com moderação no consumo de energia elétrica. Determinados fatores podem ter interferência

na implicação final. Quantidade de aparelhos eletrônicos: esses elementos esquentam o ambiente e, caso tenha muitos no lugar em que o aparelho for instalado, analise para adquirir um modelo com ampla potência. Os tipos e abundância de lâmpadas: as incandescentes causam mais calor ao ambiente, se confrontadas às fluorescentes. Se escolher um equipamento com menos potência, do que a indicada, podem ocasionar problemas para o equipamento, como deterioração exagerada das peças, o que pode ceder custos de manutenção e diminuir a vida útil do equipamento. Além de todos os fatores, pode originar um gasto desnecessário de energia porque o condicionador de ar necessitará trabalhar mais para refrigerar o ambiente. Se a potência do equipamento se encontrar acima do indicado os gastos de energia elétrica podem ser elevados.

Existem modelos diferentes de condicionadores de ar que se dividem em: os de janela, os portáteis e os Splits.

2.3 Tipos de aparelhos de ar condicionado

São caracterizadas diversas maneiras de qualificar os ares condicionados existentes no mercado atual. Se consideramos a capacidade, em BTUs, os aparelhos podem ser pequenos, médio ou de grande tamanho. Quanto ao uso, eles podem ser do tipo residencial, comercial, hospitalar, industrial ou automotivo. E segundo os modelos os de janela, os portáteis e os Splits.

2.3.1 Ar condicionado tipo Janela

Os primeiros condicionadores de ar do tipo janela são aqueles equipamentos antigos, que permanecem com a parte traseira para fora do ambiente. Como essa tecnologia é mais clássica, esses modelos podem ser um pouco mais em conta do que os outros modelos, podem também originar muito ruído e gastar mais energia elétrica. Essa série de produto trabalha com baixas capacidades, sendo provável encontrar no mercado modelos de baixa potência, de 7000 BTUs até, no máximo, a 30000 BTUs (ANTONOVICZ e WEBER, 2013).

Segundo Antonovicz e Weber (2013) o condicionador do tipo janela, Figura 1, proporciona algumas vantagens: normalmente pode ser obtido por um custo mais barato em semelhança às outras linhas de condicionadores de ar, são mais espessos, pois a condensadora, o compressor e a evaporadora são no mesmo equipamento, sendo mais fáceis para alojar. Ideais

para locais pequenos ou para lugares em que o nível de ruído não é um problema, uma vez que provocam um maior nível de ruídos.

Figura 1 - Ar condicionado tipo janela



Fonte: Site da Springer (2019)

Este aparelho é o mais recomendado para recintos de pequenas dimensões. Como são mais compactos, a evaporadora e a condensadora são no próprio equipamento. O aparelho é posto na abertura na parede que na maioria das vezes observamos em casas e apartamentos.

2.3.2 Ar condicionado portáteis

Os aparelhos portáteis são aqueles que não necessitam ser instalados e podem ser movidos de um recinto a outro por meio de rodas. São mais silenciosos, mas devem permanecer perto de janelas e devemos ter o cuidado de perpetrar a troca do reservatório com mais assiduidade.

O ar condicionado portátil tem a mesma funcionalidade dos demais aparelhos de ar condicionado, o seu sistema faz a permutação do ar quente pelo ar gelado como nos outros modelos. Este aparelho tem uma tubulação desmontável atrelada ao equipamento que faz a saída do ar quente e que deve ser depositada, na porta, na janela ou então em uma abertura na parede, o mais importante é impelir o ar quente para fora do recinto.

Figura 2 - Ar condicionado tipo portátil



Fonte: Springer (2019)

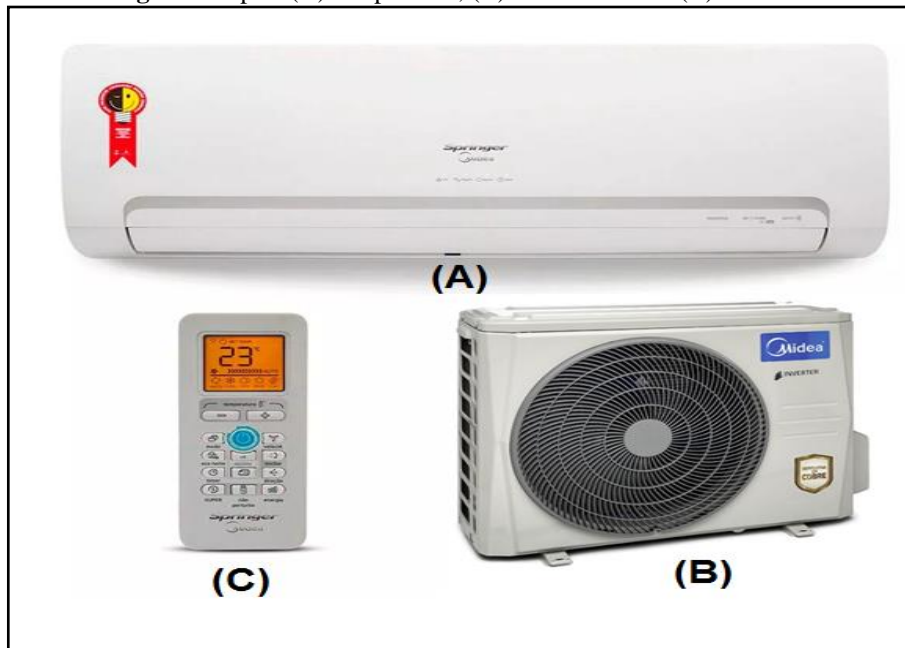
No período de funcionamento ele acumula água, na maioria dos modelos portátil têm um reservatório de água, cuja sua capacidade está em torno de 20 litros. Quando ele está cheio, o aparelho se desliga automaticamente. É importante adaptar uma mangueira que desvia a água que seria derramada no reservatório para outro recipiente ou para um local apropriado.

2.3.2 Ar condicionado tipo split

Os aparelhos do tipo Split Piso Teto foram produzidos para atender amplos ambientes comerciais ou residenciais, com capacidade de até 80000 BTUs, dispõem de maior saída de ar. Os modelos Split Inverter são os mais novos em padrões de tecnologia para aplicação em

diversos recintos. São econômicos e silenciosos, esses aparelhos cuja parte que elimina o ar que fica restringida internamente, enquanto a parte resfriador fica na área externa.

Figura 3- Split: (A) Evaporador, (B) Condensador e (C) Controle



Fonte: Site da Springer (2019)

O ar condicionado *Split Piso Teto* é ideal para médios e grandes lugares, residencial ou comercial. Além de espaços que proporcionem muita, aglomeração de pessoas e circulação, pois sua saída de ar é maior que os clássicos. Consisti em ser um equipamento que dar conta de ambientes amplos com maior facilidade.

2.4 Aproveitamento da água proveniente de aparelhos condicionadores de ar na Escola de Araguaína-To

Em Araguaína, norte do Tocantins, a Escola Estadual João Alves Batista inseriu o projeto de capacitação da água proveniente do ar condicionado que estaria sendo desperdiçado no decorrer do ano letivo. Este projeto, figura 4, teve ampla repercussão regional, sendo notícia do portal G1 Tocantins e publicada em 03/03/2017.

Figura 4 - Tambor que faz o armazenamento da água (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação)



Fonte: Portal do G1 Tocantins (2017)

De acordo com a fala do diretor a ideia foi pensada no ano de 2017. Seis meses depois, o projeto foi colocado em prática. O levantamento da economia de água seria feito no decorrer do ano escolar. Ele acredita que o projeto, Figura 5, fará a diferença para economia de água na escola.

Figura 5 - Água diretamente do tambor (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação)



Fonte: Portal do G1 Tocantins (2017)

Esse projeto de reutilização da água do ar condicionado foi idealizado por professores e alunos da Escola. Essa água recolhida por meio de encanação é armazenada em tambores e depois usada para limpeza da escola.

Figura 6 - Água usada para regar a horta (Foto: Manoel Barbosa/Divulgação)



Fonte: Portal do G1 Tocantins (2017)

Segundo o diretor a repercussão nacional do projeto, foi um incentivador para futuras escolas aderirem ao projeto, pois envolve os alunos e toda equipe escolar. Esse projeto pode ser trabalhado abrangendo uma forma interdisciplinar, a onde se engloba aulas de ciências, envolvendo a matemática com a quantidade de água produzida e com os cálculos da economia de água.

Tal projeto nos influenciou a partir do momento em que eu estive na escola citada acima em que meu filho estudava, e me deparei com os alunos regando a horta com a água que estava no reservatório que vinha dos condicionadores de ar. Essa concepção nos influenciou a estudar os condicionadores de ar na escola Educandário Espírita Francisco Thiesen conveniada com a rede municipal de ensino de Araguaína –To. Para isso, propomo-nos a analisar a quantidade de BTUs adequados para cada tipo de ambiente, a quantidade de água que é produzida pelos aparelhos de ar condicionado dessa escola e consumo de água e energia elétrica por meio da modelagem matemática.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida de acordo com os dados que foi fornecido pela escola Educandário Espírita Francisco Thiesen, através de uma entrevista e usando a abordagem qualitativa inserindo a Modelagem Matemática como uma forma possível de investigar com a matemática na leitura das coisas do cotidiano.

3.1 Local da investigação

O local de nossa investigação foi o Educandário Espírita Francisco Thiesen, uma escola criada em 2005 na cidade de Araguaína no Estado do Tocantins, fica localizada na avenida perimetral, setor maracanã, é conveniada com o município possuindo um total de 51 funcionários, com 13 salas de aulas, sendo que uma sala é atendimento educacional especializado (AEE). As 12 salas de aulas possuem condicionadores de ar de 12.000 BTUs e a sala do AEE possui um aparelho de ar condicionado de 9.000 BTUs.

3.2 Modelagem Matemática

A modelagem matemática é uma das estratégias que contribui para ser trabalhado os conteúdos a partir de fatos reais, que vivenciamos no nosso dia-a-dia com o objetivo de melhorar a aprendizagem e um ensino mais expressivo. Segundo BASSANEZI, (2002) trabalhar com a Modelagem Matemática é compreender que o

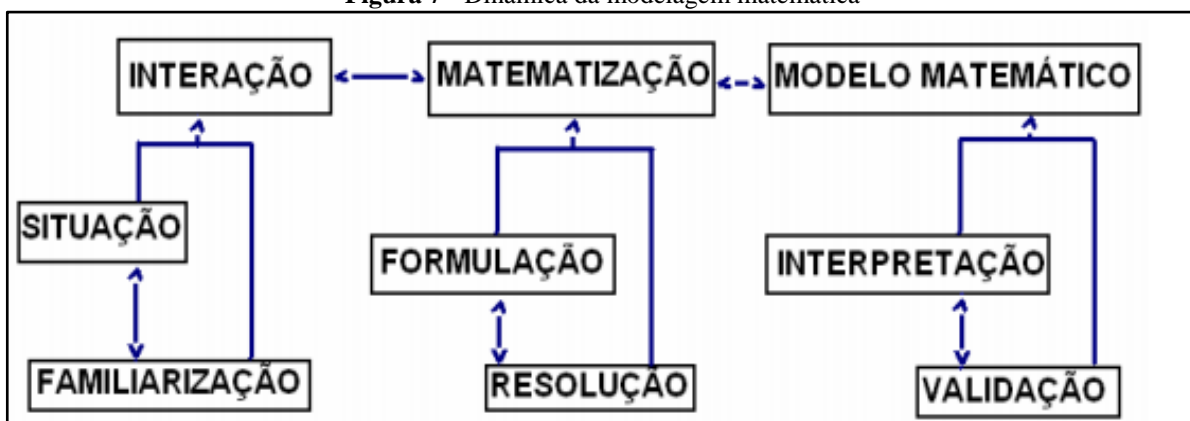
[...] ensino relativo a uma determinada ciência segue a mesma trajetória que orienta o desenvolvimento e a pesquisa desta ciência. A Matemática não foge a regra; ao contrário, os procedimentos que têm direcionado a educação matemática nos nossos dias parecem refletir os pressupostos valores que orientam a ação do matemático-pesquisador – a descontextualização, por exemplo, é uma marca forte no âmbito da pesquisa em Matemática assim como da prática em educação Matemática. (BASSANEZI, 2002, p. 171)

Nesse sentido a Modelagem Matemática transforma problemas do cotidiano em problemas matemáticos, ou seja, é um método que analisa uma situação-problema não matemática que buscamos construir um modelo matemático para a solução do problema.

Quando se procura refletir sobre uma porção da realidade, na tentativa de explicar, de entender, ou de agir sobre ela – o processo usual é selecionar, no sistema, argumentos ou parâmetros considerados essenciais e formalizá-los através de um sistema artificial: o modelo. (BASSANEZI, 2009, p.19).

Não existe Modelagem sem modelo, o qual é uma conexão que permite a passagem da situação real para o problema matemático, ou seja, é o caminho para a solução de um problema mencionando momentos de levantamento de hipóteses e reflexão sobre tal acontecimento. O ser humano consecutivamente recorreu aos modelos, tanto para comunicar-se com seus análogos como para organizar ações. Nesse sentido, a modelagem, arte de modelar, é um método que emerge da oportuna razão e participa da nossa vida como forma de construção e de expressão do conhecimento. Esse caminho é sugerido por Biembengut e Hein (2007), Figura 7.

Figura 7 - Dinâmica da modelagem matemática



Fonte: Biembengut e Hein (2007, p. 15)

Segundo Biembengut e Hein (2007), o procedimento de desenvolver a Modelagem Matemática se divide em três etapas que têm sub-etapas:

1º- A interação:

- a) Reconhecimento situação- problema
- b) Familiarização com o assunto a ser modelado. (BIENBENGUT; HEIN, 2007).

Nessa etapa, vamos a campo para saber qual é o contexto da situação – problema, estabelecemos contatos com a comunidade formulamos o problema em uma linguagem não matemática, bem como hipóteses que busque responder a situação. É uma fazer em que o diálogo é ponto chave da investigação mais escutar do que dizer.

2º- Matematização:

a) Formulação do problema – hipótese;

b) Resolução de problema em termos do modelo. (BIENBENGUT; HEIN, 2007)

Esta é a etapa mais complexa, pois é nela que se terá a tradução da situação problema para o problema matemático. Para estabelecer e legitimar as hipóteses do modelo é necessário:

- Classificar as informações relevantes e não relevantes, identificando fatos envolvidos
- Decidir os fatores a serem perseguidos levantando hipóteses
- Selecionar variáveis relevantes e constantes envolvidas
- Selecionar símbolos apropriados para essas variáveis e
- Descrever essas relações em termos matemáticos. (BIENBENGUT; HEIN, 2007)

Para aproximar-se do modelo faz-se uma análise do problema a onde irá se constituir em várias deduções. Ao fim deste passo, precisará obter informação e conhecimento matemático para resolver os cálculos usando, expressões e fórmulas, equações algébricas, gráficos, e programas computacional que levem a solução ou admitam a indução de uma solução.

3º- Modelo matemático:

a) interpretação da solução e

b) validação do modelo-avaliação (BIENBENGUT; HEIN, 2007).

A etapa consiste em validar ou não a solução encontrada para o problema, verificando o nível de confiabilidade na sua utilização. Assim, a interpretação do modelo deve ser feita por meio de análise dos resultados proveniente do modelo que consistir em ser investigado. Por fim, é necessário verificar até que ponto o modelo encontrado satisfaz a situação problematizada. Caso o modelo não consinta às necessidades que o originaram, o procedimento deve ser corrigido voltando à etapas anteriores.

A partir dos dados obtidos pela Educandário Espírita Francisco Thiesen e fazendo o uso da Modelagem Matemática situamos as seguintes fases para analisar os dados: Situação inicial

(problemática); Inteiração; Definição do problema; Matemáticação (formulação do problema e resolução) que se subdivide em hipóteses, definição de variáveis e busca de dados.

Figura 8 - Construção do modelo matemático



Fonte: da pesquisa

Seguindo os dizeres de Bienbengut e Hein (2007) estabelecemos nosso processo de Modelagem Matemática consiste em primeiro lugar buscar um Tema, uma situação inicial, que em Inteiração com os sujeitos da comunidade estabelece-se o problema, duas etapas iniciais que são dialógicas, pois há necessidade de conversar com a comunidade para compreender o contexto do problema. Na terceira e quarta etapa é individual, pois o pesquisador recria o problema na linguagem matemática separando hipóteses, variáveis e dados que possibilitem a construção de modelo matemático que responda ao problema, que é nossa situação final. Esse processo vai e volta constantemente até chegar uma solução adequada ao problema e à comunidade.

4 ANÁLISE DE DADOS:

Os dados analisados foram obtidos no Educandário Espirita Francisco Thiesen que é uma escola conveniada com o município que atualmente possuem 13 aparelhos de ar condicionado de 12.000 BTUs e 1 aparelho de 9.000 BTUs.

4.1 A adequação dos condicionadores de ar

Situação Inicial: A compra dos ares condicionados

Interação: Buscamos informações sobre como escolher um condicionador de ar em cinco lojas de eletrodoméstico na cidade de Araguaína, percebemos que a maioria dos vendedores não têm conhecimento para indicar um aparelho adequado.

A primeira loja visitada A um dos maiores estabelecimentos comerciais da cidade. Ao chegar nela, falei para o vendedor que queria comprar um aparelho de ar condicionado, perguntei qual aparelho ele me indicaria. O mesmo só me indicou um aparelho de 12000 BTUs que estava na promoção, em seguida perguntei se ele tinha algum conhecimento de como fazer os cálculos para saber quantos BTUs seriam necessários para o meu ambiente, ele disse que o aparelho da promoção atenderia minhas necessidades.

A segunda loja foi a B fiz a mesma pergunta e o vendedor só me falou que qualquer aparelho de qualquer quantidade de BTUs serviria para suprir minhas necessidades.

O terceiro estabelecimento comercial visitado foi a loja C o atendente só me indicou um aparelho de 9.000 BTUs que tinha na loja, mas o mesmo não soube explicar qual seria o ideal para suprir minhas necessidades.

A quarta escolhida foi a loja D o atendente me indicou um aparelho de 7.000 BTUs que estava na promoção, o mesmo também não soube me explicar qual seria o ideal para suprir minhas necessidades.

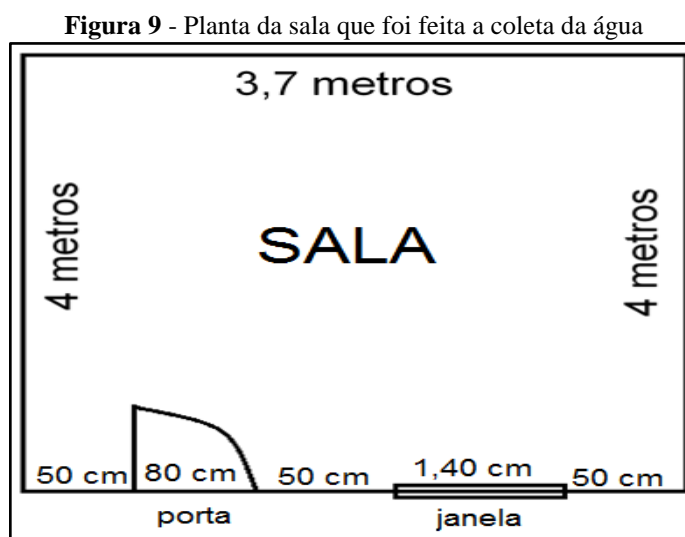
A última loja entrevistada foi a loja E o atendente já soube me explicar qual seria um aparelho ideal para meu consumo, ele disse que eu teria que saber as medidas do cômodo que eu queria instalar o ar condicionado. Assim definimos nosso problema inicial.

Definição do problema: Como comprar um ar condicionado? Qual matemática a ser usada para adquirir um aparelho de ar condicionado adequado para sala que foi feito o levantamento dos dados da pesquisa?

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

Nossa primeira hipótese é que multiplica-se 600 BTUs pela quantidade de metros quadrados se não tiver incidência do sol, ou 800 BTU caso contrário. Para mais locais com mais de duas pessoas (k) soma-se $(k-1)*600$ BTU's, pois não é contada a primeira. Equipamentos (w) que emitem calor no ambiente também é soma-se $(w)*600$ BTUs.

A Figura 9 apresenta a planta da sala do AEE do Educandário, ela é pequena, pois há somente duas pessoas que a usa constantemente.



Fonte: da pesquisa

Para escolher adequadamente um condicionador de ar o primeiro modelo matemático a ter na nossa caixa de ferramentas é do cálculo de área (A), como a Figura 9 mostra um retângulo, sabe-se que sendo a base (b) e altura (h) teremos que $A = b \times h$, logo:

$$A = 3,7 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 14,8 \text{ m}^2$$

Considerando A para área em metros quadrados, y a quantidade de BTUs, k o número de pessoas e w o número de eletrodoméstico, podemos usar as hipóteses para construir um modelo matemático que nos dê a informação de quantos BTUs a sala do AEE precisaria, assim temos que

$$y(A, k, w) = 600(A) + 600(k - 1) + 600(w) \text{ se não há incidência do sol}$$

$$y(A, k) = 600(A + w + k) - 600$$

$$se t = A + k + w$$

$$y(t) = 600t - 600 se t \geq 1, em que t \in \mathbb{R}.$$

Assim considerando os valores da sala do AEE da escola investigada temos que: $A = 14,8 m^2$ (área da sala); $k = 2$ (pessoas) e $w = 2$ (dois computadores), logo

$$y(14,8 + 2 + 2) = 600(18,8) - 600$$

$$y(18,8) = 10680 \text{ BTUs}$$

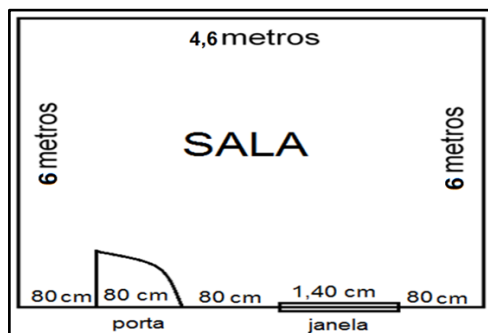
Situação Final: Calculamos a escolha adequada de um aparelho de condicionador de ar para uma sala que trabalha duas pessoas, com dois computadores e sem incidência solar, característica específica da sala do AEE do Educandário Espirita Francisco Thiesen. Nessa sala foi instalado aparelho de ar condicionado de 9.000 BTUs, podemos perceber que não é um aparelho adequado para essa sala, pois por nosso modelo matemático o aparelho adequado seria um aparelho de 12.000 BTUs, uma vez que é o tipo de condicionador de ar que há mercado que mais se aproxima dos cálculos que foi realizado para essa sala.

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

Não há de se esquecer das outras 13 salas de aulas, as quais atendem 25 alunos nos períodos matutino e vespertino. Essas salas são diferentes das salas do AEE, pois são maiores, a planta é apresentada na Figura 10; há incidência do sol; atendem constantemente 27 pessoas, sendo 25 alunos, uma professora e uma auxiliar. Dessa forma nossas hipóteses foram:

1. Multiplica-se 800 BTUs, pois há incidência do sol;
2. Para mais locais com mais de duas pessoas (k) soma-se $(k-1)*600$ BTU's, pois não é contada a primeira.
3. Equipamentos (w) que emitem calor no ambiente também soma-se $(w)*600$ BTUs.

Figura 10 - Planta da sala que foi feita a coleta da água



Fonte: da pesquisa

Seguindo as informações da Figura 10 temos que a área (A) da sala de aula é dada por

$$A = 4,6 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 27,6 \text{ m}^2$$

Considerando $A = 27,6 \text{ m}^2$; $k = 27$, sendo k o número de pessoas e $w = 0$, sendo w o número de eletrodoméstico que não há na sala podemos encontrar a quantidade de BTUs (y) da sala de aula pelo modelo matemático:

$$y(A, k, w) = 800(A) + 600(k - 1) + 600(w) \text{ se há incidência do sol}$$

$$y(A, k, 0) = 800(A) + 600(k - 1), \text{ em que } A, k \geq 1, \text{ tal que } A \in \mathbb{R}, k \in \mathbb{Z}.$$

$$y(27,6; 30) = 800(27,6) + 600(27 - 1)$$

$$y(27,6; 30) = 22080 + 15600$$

$$y(27,6; 30) = 37680 \text{ BTUs}$$

Situação Final: Esse modelo matemático foi realizado para uma sala de aula em que trabalha duas pessoas, com vinte e cinco crianças, nesse local tem incidência solar. Em cada sala, das 13 salas de aula, está instalado um aparelho de ar condicionado de 12.000 BTUs, podemos perceber que não é um aparelho adequado, o indicado segundo nosso modelo matemático seria um condicionador de ar de 38.000 BTUs, o qual iria comportar o resfriamento do recinto com mais viabilidade e permitindo que o equipamento trabalhasse de forma mais amena.

4.2 Água produzida pelos condicionadores de ar

Temática: A água produzida por um condicionador de ar de 9000 btus.

Interação: A quantidade de água que é liberada pelos aparelhos pode modificar de acordo com a potência do equipamento, o período de funcionamento e o clima da região. Em climas mais úmidos, os aparelhos condensam uma maior quantidade de água. E quando a umidade está baixa é produzida menos água. Os equipamentos mais modernos trabalham para controlar a umidade relativa do ar, permitindo clima mais agradável. Sendo assim por 21 dias foi registrado o quantitativo de água gerado no tempo de uma hora, no período vespertino, sempre no período das 14h às 15h, com medidas de umidades, temperatura e previsão de chuva, de um ar condicionado de 9.000 BTUs. A Figura 11 mostra a unidade condensadora do aparelho.

Figura 11 - Ar condicionado de 9000 BTUs que foi coletado a água



Fonte: da pesquisa

Para saber qual foi a quantidade de água produzida pelo aparelho de 9000 BTUs instalado na escola, coletamos a água em um recipiente para fazer a medição, Figura 11, essa água é desperdiçada pela escola e poderia ser reutilizada de várias formas possíveis, o que beneficiaria a própria escola e o meio ambiente. Para medir a quantidade de água coletada usamos um copo de liquidificador com escala graduada em milímetros(*ml*), ele permite uma medição de até 2500 ml.

Figura 12 - Copo de liquidificador usado para medir a água



Fonte: da pesquisa

Além da quantidade de água registramos no Quadro 1 a temperatura, a umidade, a possibilidade de chuva, esses dados foram obtidos no google que nos fornece a temperatura de Araguaína todos os dias sempre no mesmo horário como mostra os dados da coleta.

Quadro 1 - Amostra da quantidade de água produzida

Nº	Temperatura	Umidade	Chuva	Horário	Quantidade de água/hora
01	26°C	90%	73%	14:00 às 15:00	1300

02	27°C	90%	65%	14:00 às 15:00	1100
03	27°C	82%	38%	14:00 às 15:00	1250
04	27°C	82%	64%	14:00 às 15:00	1400
05	26°C	82%	65%	14:00 às 15:00	1350
06	27°C	81%	70%	14:00 às 15:00	1050
07	27°C	81%	67%	14:00 às 15:00	1100
08	31°C	80%	73%	14:00 às 15:00	1050
09	31°C	72%	59%	14:00 às 15:00	950
10	31°C	71%	71%	14:00 às 15:00	1050
11	31°C	67%	50%	14:00 às 15:00	1300
12	31°C	66%	51%	14:00 às 15:00	1500
13	29°C	65%	59%	14:00 às 15:00	1250
14	31°C	63%	16%	14:00 às 15:00	1100
15	33°C	53%	0%	14:00 às 15:00	950
16	31°C	51%	71%	14:00 às 15:00	900
17	33°C	48%	4%	14:00 às 15:00	700
18	33°C	42%	2%	14:00 às 15:00	600
19	34°C	39%	0%	14:00 às 15:00	550
20	34°C	37%	0%	14:00 às 15:00	450
21	34°C	35%	0%	14:00 às 15:00	400

Fonte: da pesquisa

De início o Quadro 1 nos mostra que o aparelho de ar condicionado de 9000 BTUs da sala do AEE é um aparelho moderno, pois ele consegue regular a perda de umidade do ar. Observando a coluna da umidade em comparação com a coluna de água produzida podemos concluir que a medida que a umidade cai a produção de água também cai, se não houve esse controle por parte do equipamento a produção de água teria que ter valores aproximados. Observamos ainda que a previsão de chuva e a temperatura não influenciaram na produção de água.

Definição do problema: Qual é a quantidade de água produzida por um ar condicionado de 9000 BTUs?

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

Nossa hipótese é que podemos dividir em dois momentos a produção de água segundo umidade. Supomos que acima 53% é considerado por nós uma alta umidade e abaixo disso baixa umidade. Assim, em um primeiro momento usamos a média aritmética para calcular a média de água que um aparelho de ar condicionado produz água com a umidade alta entre 90% a 53%. No segundo momento fizemos os cálculos quando temos umidade baixa entre 51% a 35%.

$M = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{n}$, em que M é média de água produzida, x_i as medidas de água produzidas e n a quantidade de medidas que foi usada para calcular a média. Logo, com a umidade alta optamos $n = 15$ e temos a seguinte média (M_a):

$$M_a = \frac{3(1050) + 3(1100) + 2(1300) + 2(1250) + 2(950) + 1500 + 1400 + 1350}{15}$$

$$M_a = \frac{3100 + 3300 + 2600 + 2500 + 1900 + 1500 + 1400 + 1350}{15}$$

$$M_a = \frac{17.700}{15} = 1.180 \text{ ml Por hora.}$$

Assim a média de água produzida em alta umidade é de $M_a = 1.180 \text{ ml}$. Já na baixa umidade tivemos $n = 6$ o que resultou em um média M_b de:

$$M_b = \frac{900 + 700 + 600 + 550 + 450 + 400}{6}$$

$$M_b = \frac{3600}{6} = 600 \text{ ml Por hora.}$$

Dessa forma a média de água produzida em baixa umidade é de $M_b = 600 \text{ ml}$ por hora.

Situação Final: Utilizamos duas condições para fazer os cálculos, uma quando a umidade é alta, produz $M_a = 1180 \text{ ml}$ de água por hora. Já quando temos baixa umidade produz-se $M_b = 600 \text{ ml}$ de água por hora.

4.3 Estimativa da produção da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado do Educandário Espírita Francisco Thiesen

Situação Inicial: A produção da água gerada pelos condicionadores de ar

Interação: Na escola que foi realizado a coleta dos dados o valor de BTUs não é igual para todos os aparelhos conforme Quadro 02 abaixo:

Quadro 2 - Quantitativo de aparelhos/BTUs

	Quantidades	BTUs	Total BTUs
Salas	13	12000	156000
	1	9000	9000
Total	14		

Fonte: da pesquisa

Nós fizemos coleta de dados foi pautada em condicionador de água de 9000 BTUs, contudo na escola há dois tipos, com o Quadro 2 mostra. Segundo Carvalho et al. (2016), para a produção de água, é possível tendo uma quantidade de água que um ar condicionado produz calcular o que outro ar condicionado de BTUs diferente produz. Esse autor esclarece que essa conversão pode ser feita fazendo a razão entre a somatória da quantidade de BTUs dos aparelhos. No caso da escola Educandário queremos converter os aparelhos de 12000 BTUs para os de 9000, assim temos:

$$Q_{9000} = \frac{\sum BTUs_{12000}}{\sum BTUs_{9000}} = \frac{13 \cdot 12000 \text{ BTUs}}{1 \cdot 9000 \text{ BTUs}} = 17, \bar{3} \approx 17$$

Sendo Q_{9000} a quantidade de aparelhos de condicionadores de ar de 9000 BTUs, pela conversão, os ares condicionados de 12000 representam 17 condicionadores de ar de 9000 BTUs. O valor encontrado foi 17 aparelhos que somados a um, já existente, totalizou-se 18 aparelhos de 9.000 BTUs.

Definição do problema: Qual será a quantidade de água produzida diariamente pelos condicionadores de ar? E semanalmente, mensalmente e anualmente?

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

A média dos volumes obtidos em alta umidade foi 1180 ml de água por hora. Já quando temos baixa umidade produz-se 600 ml. Utilizando os dados que já temos vamos calcular o volume de água total produzido pelos 18 aparelhos de ar condicionado de 9000 BTUs. No primeiro momento vamos calcular o volume de água em alta umidade durante uma hora, no segundo momento vamos calcular o volume de água em baixa umidade durante uma hora. Dessa forma iremos fazer para um dia, vinte dias e duzentos dias letivos. Pois iremos considerar somente os dias letivos durante o ano.

Considerando Q_a para quantidade de água produzida pelo condicionador de ar, Q_{9000} a quantidade de ar condicionados de 9.000 BTUs, t a quantidade de horas em que o condicionador de ar fica ligado e, por fim, d a quantidade de dias letivos, com essas variáveis estabelecemos o seguinte modelo matemático.

Se a umidade é menor que 51%, alta umidade, com $t = d = 1$ teremos:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 1180 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,1,1) = 1180 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1$$

$$Q_a(18,1,1) = 21240 \text{ ml}$$

Convertendo os 21240 ml para litros, temos:

$$Q_a = \frac{21240}{1000} = 21,24 \text{ l Por hora.}$$

Mas essa produção de água pode ocorrer na baixa umidade, menor que 51%, isso nos daria uma produção de água de:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 600 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,1,1) = 600 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1$$

$$Q_a(18,1,1) = 10800 \text{ ml}$$

Convertendo os 10800 ml para litros, temos:

$$Q_a = \frac{10800}{1000} = 10,8 \text{ l Por hora.}$$

Vamos considerar, agora, que a escola trabalhe dois turnos, matutino e vespertino, e considerando que os ares condicionados fiquem ligados, em média, 8 horas, temos assim uma produção de água de:

Se a umidade for maior que 51%, temos que $t = 8$ e $d = 1$, logo:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 1180 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,1) = 1180 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 1$$

$$Q_a(18,8,1) = 169920 \text{ ml por dia}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{169920}{1000} = 169,920 \text{ l/dia}$$

Já quando a umidade é menor que 51%, com $t = 8$ e $d = 1$ teremos:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 600 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,1) = 600 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 1$$

$$Q_a(18,8,1) = 86400 \text{ ml por dia}$$

Convertendo os 86400ml para litros, temos:

$$Q_a = \frac{86400}{1000} = 86,4 \text{ l/dia}$$

A escola fica em funcionamento cinco dias por semana, logo:

Se a umidade for maior que 51%, temos que $t = 8$ e $d = 5$, logo:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 1180 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,5) = 1180 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 5$$

$$Q_a(18,1,1) = 849600 \text{ ml por semana}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{849600}{1000} = 849,6 \text{ l/semana}$$

Quando a umidade é menor que 51%, com $t = 8$ e $d = 5$ teremos:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 600 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,5) = 600 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 5$$

$$Q_a(18,8,1) = 432000 \text{ ml por semana}$$

Convertendo os 432000 ml para litros, temos:

$$Q_a = \frac{432000}{1000} = 432 \text{ l/semana}$$

Sabemos que, por lei, as escolas devem ter 200 dias letivos, considerando que em dezembro e julho são férias temos 10 meses de funcionamento, ou seja, em mês $d = \frac{200}{10} = 20$ dias para um mês de uso dos condicionadores de ar, assim em mês temos a seguinte produção de água para a alta umidade:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 1180 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,20) = 1180 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 20$$

$$Q_a(18,8,1) = 3398400 \text{ ml por mês}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{3398400}{1000} = 3398,4 \text{ l/mês}$$

Para umidade abaixo de 51% teremos a seguinte produção de água pelos condicionadores de ar:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 600 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,20) = 600 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 20$$

$$Q_a(18,8,1) = 1728000 \text{ ml por mês}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{1728000}{1000} = 1728 \text{ l/mês}$$

Para finalizar vamos saber a produção de água durante um ano, ou seja, os 200 dias letivos considerando a alta umidade teremos:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 1180 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,20) = 1180 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 200$$

$$Q_a(18,8,1) = 33984000 \text{ ml por ano}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{33984000}{1000} = 33984 \text{ l/ano}$$

Para uma baixa umidade os ares condicionados produzem águas no valor:

$$Q_a(Q_{9000}, t, d) = 600 \cdot Q_{9000} \cdot t \cdot d$$

$$Q_a(18,8,20) = 600 \cdot 18 \cdot 8 \cdot 200$$

$$Q_a(18,8,1) = 17280000 \text{ ml por ano}$$

Ou em litros:

$$Q_a = \frac{17280000}{1000} = 17280 \text{ l/ano}$$

Situação Final: A água produzida em uma hora de todos os aparelhos com alta umidade é de 21,24 litros por hora, em um dia é de 169,92 l, em uma semana é de 849,6 l, em um mês é de 3.398,4 l e em um ano 33.984 l de água desperdiçados. Quando temos baixa umidade o volume de água produzida em uma hora é de 10,8 litros por hora, em um dia é de 86,4 l, em uma semana é de 432 l, em um mês é de 1.728 l e em um ano 17.280 l de água desperdiçados por 18 condicionadores de ar de 9.000 BTUs.

4.4 Economia na conta de água do Educandário Espirita Francisco Thiesen

Temática: Economia de água

Interação: Sabendo da quantidade de água que a escola Educandário Espirita Francisco Thiesen produz foi necessário compararmos com o quanto que essa escola gasta de água por mês para sabermos o quanto ela economizaria ao ano, a Figura 13 apresenta estrutura tarifária cobrada pela empresa de água e esgoto BRK Ambiental (2019a).

Figura 13 - Estrutura tarifária da BRK ambiental

BRK Ambiental		ESTRUTURA TARIFÁRIA				
CIDADE: TOCANTINS						
2018						
VIGENTE A PARTIR 01/07/2018						
RESIDENCIAL						
TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/M ³)	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
R1	00 - 10	10	4,51	-----	45,06	45,06
R2	11 - 15	5	6,18	16,79	30,92	75,98
R3	16 - 20	5	7,91	42,64	39,54	115,52
R4	21 - 25	5	9,49	74,22	47,43	162,95
R5	26 - 30	5	10,99	111,87	54,97	217,92
R6	31 - 35	5	11,85	137,51	59,24	277,16
R7	36 - 40	5	14,63	234,84	73,14	350,30
R8	41 - 50	10	16,06	292,20	160,62	510,93
R9	> 50	-----	19,16	447,17	-----	-----
RESIDENCIAL SOCIAL						
TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/M ³)	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
R1	00 - 10	10	1,40	-----	13,97	13,97
COMERCIAL						
TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/M ³)	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
C1	00 - 10	10	11,56	-----	115,58	115,58
C2	> 10	-----	13,88	23,17	-----	-----
INDUSTRIAL						
TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/M ³)	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
I1	00 - 15	15	12,83	-----	192,49	192,49 #
I2	> 15	-----	15,51	40,19	-----	----- #
PÚBLICO						
TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/M ³)	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
P1	00 - 15	15	7,71	-----	115,58	115,58
P2	> 15	-----	11,43	55,83	-----	-----

Fonte: da pesquisa

Essa estrutura tarifária apresenta as categorias em que os usuários se enquadram na cobrança do consumo de água, embora ela não tenha os impostos, ela indica que a unidade escolar está na categoria comercial e dependendo do consumo pode ser C1, consumo inferior a 10 m³, ou C2 em que o consumo é superior ao referido valor. Nossos cálculos foram realizados em litros. Sabemos que um metro cúbico equivale a mil litros, assim a água produzida pelos condicionadores de ar por mês em metros cúbicos na alta umidade é de:

$$Q_a = \frac{3398,4}{1000} = 3,3984 \frac{m^3}{\text{mês}}$$

Já com a umidade abaixo de 51% teríamos:

$$Q_a = \frac{17280}{1000} = 1,7280 \frac{m^3}{mês}$$

Com tais valores é possível constatar a economia de água que a Unidade Escolar teria se ela reutilizasse a água produzida pelos condicionadores de ar, para tal a Figura 14 apresenta o registro de consumo de água, da escola, feita pela empresa BRK Ambiental (2019a).

Figura 14 - Conta de água da Escola

BRK Ambiental COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS
312 Sul, Av. LÔRÔS - CEP 77.021-200 - Palmas - TO
CNPJ: 25.089.509/0001-83 I.E. 29.031.448-8
www.brkambiental.com.br/tocantins

FATURA MENSAL DE ÁGUA/ ESGOTO/SERVIÇOS

CDC - CÓDIGO DO CLIENTE 274681-6	REFERÊNCIA 02/2019	DATA VENCIMENTO 03/03/2019	VALOR A PAGAR - R\$ 356,87
-------------------------------------	-----------------------	-------------------------------	-------------------------------

NOME
EDUCANDARIO FRANCISCO THIESEN

ENDEREÇO
MUTUM MARACANA N. 0 - QD 29
MARACANA, ARAGUAINA - CEP 77825-480

TIPO DE FATURAMENTO ÁGUA	CATEGORIAS / ECONOMIAS L09 J	TIPO DE CONSUMO FATURADO MENSAL
-----------------------------	---------------------------------	------------------------------------

HIDRÔMETRO Y155608980	IDENTIFICAÇÃO 36.0000.605.000.1200.00	CÓDIGO DA FATURA 21881877
--------------------------	--	------------------------------

HISTÓRICO DO CONSUMO

08/18	09/18	10/18	11/18	12/18	01/19	MÉDIA
1	0	0	0	1	4,9	108

DATA EMISSÃO	25/02/2019	COND. LEIT.	
DATA LEITURA ANTERIOR	25/01/2019	LEITURA ANTERIOR	625
DATA LEITURA ATUAL	25/02/2019	LEITURA ATUAL	625
PREV. PRÓX. LEITURA	26/03/2019	CONSUMO RESIDUAL	0
DIAS DE CONSUMO	31	CONSUMO MEDIDO	0
MÉDIA	108	CONSUMO FATURADO	20

FORNECIMENTO ÁGUA
MULTA - R. 01/2019
ATUALIZ. MONETARIA - R. 09/2018

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS
231,16
138,29
0,82

AVISO DÉBITO
ATUALIZ. MONETARIA - R. 08/2018

4,68
1,99

VALOR TOTAL 356,87

VAL APROX. DOS TRIBUTOS R\$21,82 (9,25%) CONFORME LEI 12.741/12


ESCR. ATENDIMENTO: Av. Cônego João Lima nº 470 - Centro (Funciona no RELATÓRIO ANUAL DE QUALIDADE DISPONÍVEL A PARTIR DE 01 DE MARÇO NA VERSÃO IMPRESSA E NO SITE BRKAMBIENTAL.COM.BR

*** ATENÇÃO: AVISO DE DÉBITO ANEXO A ESTA CONTA 01/19 ***

QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA - DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS NO VERSO (ATENDIMENTO AO DECRETO 5.448/2005)

PARÂMETROS	Nº ANÁLISES REALIZADAS	AMOSTRAS QUE ATENDEM A LEGISLAÇÃO	TURBIDEZ MÉDIA MENSAL (NTU)
TURBIDEZ	43	43	0,45
CLORO RESIDUAL LIVRE	43	43	TURBIDEZ - VALOR MÁXIMO RECOMENDADO (MRL)
COLORIFORMES TOTAIS	43	43	0,79
CONTAGEM BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS	0	0	CLORO RESIDUAL LIVRE MÉDIA MENSAL (mg/L)
pH	5	5	0,72
COR APARENTE	43	43	CLORO RESIDUAL LIVRE MÁXIMO RECOMENDADO (MRL)
ESCHERICHIA COLI	0	0	0,76
FLUORETO	0	0	

828600000037 568701072017 903030102741 681201902065



21881877

CDC - CÓDIGO DO CLIENTE 274681-6	VALOR A PAGAR - R\$ 356,87
REFERÊNCIA 02/2019	DATA VENCIMENTO 03/03/2019

AUTENTICAÇÃO MECÂNICA NO VERSO

Fonte: da pesquisa

É necessário que compreendamos essa fatura mensal de água da empresa BRK Ambiental, pois nosso primeiro impulso foi fazer os cálculos pelo consumo faturado, 20 m³, contudo esse valor discriminado não é o correto que a empresa faz os cálculos, uma vez que ele não se sustenta quando observamos os valores de leitura anterior (*Lan*) e atual (*Lat*), os quais geram o consumo medido (*Cm*):

$$C_m = Lat - Lan = 625 - 625 = 0$$

Ou seja, como a Figura 14 apresenta tanto pelas leituras quanto consumo medido não houve consumo no mês de março na escola, logo ela se enquadra na tarifa para comércio C1, na qual o educandário paga o valor mínimo de R\$ 115,58. Isso é discriminado na fatura por: "TIPO DE CONSUMO FATURADO", nele está escrito "MÍNIMO". Segundo Brk Ambiental (2019b) quando o discriminante "TIPO DE FATURAMENTO" da fatura está escrito "Água e Esgoto" o usuário paga pelo esgoto que gera e, segundo a empresa, a cobrança é sempre 100% do valor pago pelo consumo da água (V_p), assim no caso do educandário:

$$V_p = 115,58 + 115,58 = R\$ 231,16$$

Esse valor é exatamente o mesmo valor registrado na discriminação "FORNECIMENTO DE ÁGUA" da Figura 14, ou seja, é assim que a empresa está a cobrar o fornecimento de água à escola. Contudo, o "TIPO DE FATURAMENTO" da Unidade Escolar é somente água. Portanto, em nossa análise, a Brk Ambiental está agindo de má fé para com seu consumidor, uma vez que ela cobra pelo esgoto onde não há. Além de induzir o usuário ao erro quando coloca na fatura que o discriminante "CONSUMO FATURADO" foi de 20 m³, nos levando a crer que valor tarifário (V_t) que escola paga foi de:

$$V_t = \frac{231,16}{20} = R\$ 11,558 \approx R\$ 11,56$$

Dando a entender que a escola paga aproximadamente R\$ 11,56 por metros cúbicos consumidos, quando nem consumo houve. E isso é, no nosso entendimento, é estelionato por parte da Brk Ambiental.

Feito essa denúncia contra a empresa de tratamento de água vamos trabalhar um pouco com a média que o educandário tem no consumo de água, segundo a fatura essa média é de 108 m³.

Definição do problema: Qual será o valor que pode ser economizado na conta de água quando o consumo é de 108 m³?

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

Nossa hipótese é que o consumo de água da escola seja 108 m³ ao mês. Pautaremos nosso modelo no tempo de um ano, com consumo médio ($C_{médio}$) de 108 m³ de água por parte da escola. Sabemos que com a alta umidade $Q_a = 3,3984 \text{ m}^3/\text{mês}$ e com a umidade

abaixo de 51% temos $Q_a = 1,7280 \text{ m}^3/\text{mês}$, assim vamos construir um modelo que nos diga a economia, em dinheiro, se reutilizássemos a água produzida pelos ares condicionados. Primeiramente vamos saber a quantidade de água consumida (Q_c) pela escola em um mês letivo:

$$Q_c(C_{\text{médio}}, t) = C_{\text{médio}} \cdot t \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$Q_c(C_{\text{médio}}, t) = 108 \cdot 1 = 108 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Desse ponto de vista, se a umidade for alta teremos consumo com economia (C_{ce}) de:

$$C_{ce} = Q_c - Q_{\text{altaumidade}} \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$C_{ce} = 108 - 3,3984 = 104,6016 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Na baixa umidade teríamos:

$$C_{ce} = 108 - 1,7280 = 106,272 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Vamos converter valores pagos, tanto quando temos umidades altas quanto temos baixas umidades, façamos inicialmente os valores que a escola pagaria sem reutilizar a água.

$$V_{pr}(C_{\text{médio}}, p) = C_{\text{médio}} \cdot p$$

Em que V_{pr} é o valor pago real, $C_{\text{médio}}$ é o consumo médio e p o preço tarifário pago, o qual depende se maior ou menor 10m^3 , conforme apresentado na Figura 13. Dessa forma teremos:

$$V_{pr}(108; 13,88) = 108 \cdot 13,88 = R\$ 1499,04 \text{ por mês}$$

Falta encontramos os valores pagos com a economia de água (V_{Cce}) se a escola reutilizasse a água dos condicionadores de ar, se a umidade for alta teremos:

$$V_{Cce}(C_{ce}, p) = C_{ce} \cdot p$$

$$V_{Cce}(104,6016; 13,88) = 104,6016 \cdot 13,88$$

$$V_{Cce}(104,6016; 13,88) \approx R\$ 1451,9 \text{ ao mês}$$

Já na baixa umidade teríamos:

$$V_{Cce}(C_{ce}, p) = C_{ce} \cdot p$$

$$V_{Cce}(106,272; 13,88) = 106,272 \cdot 13,88$$

$$V_{Cce}(106,272; 13,88) \approx R\$ 1475,1 \text{ ao mês}$$

Desse contexto, para sabermos a economia que a escola teria façamos:

$$V_e(V_{pr}; V_{Cce}) = V_{pr} - V_{Cce}$$

Na alta umidade:

$$V_e(1499,04; 1451,9) = 1499,04 - 1451,9$$

$$V_e(1499,04; 1475,1) = R\$ 47,14 \text{ ao mês}$$

Se lembrarmos que o educandário fica em funcionamento por 10 meses, 200 dias letivos, teríamos uma economia anual (V_{ea}) de

$$V_{ea}(V_e) = 10 \cdot V_e$$

$$V_{ea}(47,14) = 10 \cdot 47,14 = R\$ 471,4 \text{ por ano}$$

Na baixa umidade:

$$V_e(1499,04; 1475,1) = 1499,04 - 1475,1$$

$$V_e(1499,04; 1475,1) = R\$ 23,94 \text{ ao mês}$$

Por 10 meses, 200 dias letivos, teríamos uma economia anual (V_{ea}) de

$$V_{ea}(V_e) = 10 \cdot V_e$$

$$V_{ea}(23,94) = 10 \cdot 23,94 = R\$ 239,4 \text{ por ano}$$

Situação Final: Descobriu-se que a empresa Brk Ambiental cobra um valor para esgoto que é indevida, por não constar na discriminação da fatura do consumo de água, essa ação dobra o valor da conta de água do educandário. Descobrimos, ainda, que a escola economizaria entre R\$ 239,4 à R\$ 471,4 se ela reutilizasse a água produzida pelos aparelhos condicionadores de ar. Isso nos possibilita afirmar que, a reutilização da água produzida por ares condicionados, quanto mais úmido é o ambiente mais há economia no consumo de água.

4.5 Consumo de energia dos condicionadores de ar

Temática: Consumo de energia dos condicionadores de ar

Interação: Ao adquirir um aparelho de ar condicionado de menor potência não necessariamente economizará energia. Se ele estiver na dimensão errada o aparelho trabalhará sobrecarregado, funcionando boa parte do tempo na máxima potência o que gerará um gasto maior do que o necessário para resfriar o ambiente. Assim para que haja economia é necessário que o aparelho esteja bem equacionado para as dimensões de resfriamento do local em que ele for instalado. Depois dessa ação é importante observarmos o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Inmetro. O mesmo fornece os subsídios sobre a eficiência energética dos equipamentos. Desta forma, na hora de obter um equipamento, podemos escolher o mais eficiente.

Figura 15 - Eficiência energética dos equipamentos



Fonte: da pesquisa

Ao avaliar os selos de eficiência energética de dois aparelhos de ar condicionado da marca Consul e com a mesma categorização energética, e com as potências de 9000 BTUs e 12000 BTUs, constatamos que os dois consomem 17,1Kwh/mês e 23Kwh/mês, respectivamente.

Apesar disso, esse efeito só é plausível se o equipamento atuar sob as condições adequadas, as que são indicadas pelo fabricante e pelo Inmetro. Se o aparelho de 9000 BTUs atuar em um recinto amplo, o mesmo irá forçar tanto o motor que o consumo pode ficar mais alto. Se o de 12000 BTUs for instalado em um ambiente pequeno, também terá um consumo

desnecessário de energia elétrica. Nas Figuras 16 e 17 apresentamos a modalidade de tarifária fornecida pela Energisa, empresa de energia elétrica de Araguaína, bem como a fatura de energia elétrica para sabermos estimar o valor pago do consumo dos condicionadores de ar.

Figura 16 - Modalidade tarifária.

MODALIDADE TARIFÁRIA BRANCA - BAIXA TENSÃO										
GRUPO	CLASSES	TUSD + TE (R\$/KWH)			TUSD (R\$/KWH)			TE (R\$/KWH)		
		PONTA	INTERM.	FORA PONTA	PONTA	INTERM.	FORA PONTA	PONTA	INTERM.	FORA PONTA
B1	RESIDENCIAL	1,34534	0,83096	0,47858	0,95482	0,60244	0,25006	0,39052	0,22852	0,22852
B2	COOPERATIVA DE ELETRIF	0,45605	1,03325	0,63801	0,27212	0,73646	0,46434	0,18393	0,29679	0,17367
	RURAL	1,03325	0,63801	0,36588	0,73646	0,46434	0,19221	0,29679	0,17367	0,17367
	SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIG.	0,40805	0,40805	0,40805	0,24348	0,24348	0,24348	0,16457	0,16457	0,16457
B3	COMERCIAL SERVIÇOS E OUTROS	1,41639	0,87359	0,49280	1,02587	0,64507	0,26428	0,39052	0,22852	0,22852
	INDUSTRIAL	1,41639	0,87359	0,49280	1,02587	0,64507	0,26428	0,39052	0,22852	0,22852
	PODERES PÚBLICOS	1,41639	0,87359	0,49280	1,02587	0,64507	0,26428	0,39052	0,22852	0,22852
	SERVIÇO PÚBLICO	1,24642	0,76875	0,43366	0,90276	0,56766	0,23256	0,34365	0,20109	0,20109

Fonte: da pesquisa

A tabela tarifária da Energisa estipula os valores a serem cobrados por. Par saber o valor do seu consumo, basta multiplicar o consumo mensal, em quilowatts hora, pelo valor da tarifa.

Figura 17 - Conta de energia

Anterior	Atual	Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura	
24/09/19	88187	24/10/19	101590	30

CC	Descrição	Quantidade	Tarifa	Valor Base Calc.	Imp. Sim (R\$)	Imp. Calc. Po (R\$)	Consumo (R\$)
0901	Consumo em kWh	3283,000	0,948090	3110,50	2878,50	25	119,82
0901	Adc. B. Vermelha			38,34	38,34	25	3,58
0901	Adc. B. Amarela			57,57	57,57	25	14,39
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS							
0907	Contrib. de Ilum. Pub.			57,25	0,00	0	0,00
0992	ATUALIZAÇÃO MONETARIA ART. 113.09/2019			-0,01	0,00	0	0,00
0901	REST. BAND. AMAR. COMERCIAL 09/2019			-3,11	0,00	0	0,00
TOTAL				3.028,54	2.974,41		743,60
Tela de Tributos				0,800080			22,63

2723	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
	31/10/2019	R\$ 3.028,54

Histórico de Consumo (kWh)											
2304	2833	1898	990	2230	2499	2892	3518	3570	1548	3306	4747
Out/18	Nov/18	Dez/18	Jan/19	Fev/19	Mar/19	Abr/19	Ma/19	Jun/19	Jul/19	Ago/19	Set/19

Fonte: da pesquisa

A partir dessas figuras podemos analisar o quanto que a escola gasta com energia elétrica dos aparelhos de ar condicionado.

Definição do problema: Qual será o consumo de energia elétrica dos aparelhos de ar condicionado da escola?

Matematização: hipóteses, definição de variáveis e dedução do modelo matemático;

Nossas hipóteses são as mesmas da análise que fizemos para o consumo de água. É importante lembrarmos que em relação ao tempo, temos que um dia foi considerado oito horas, uma semana cinco dias, um mês vinte dias e um ano dez meses ou duzentos dias.

O modelo matemático para cálculo de consumo de aparelhos eletroeletrônicos é normatizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ela estabelece que o consumo de um aparelho eletroeletrônico é dado, segundo Aneel (2011), pela seguinte expressão matemática:

$$\text{Consumo} = (\text{potência em watt}/1000) \times (\text{tempo}) \text{ número de horas} = \text{total em KWh}$$

Estabelecemos as variáveis: consumo (C) medido em KWh, a potência elétrica (p_e) pela Figura 15 não necessidade de dividirmos a potência elétrica por mil, pois a etiqueta do aparelho já traz a medida em KWh um hora por dia por mês. Contudo nossa hipótese é que o uso é de oito horas dia, logo:

$$C(p_e; t) = p_e \cdot t$$

$$C(p_e; t) = 17,1 \cdot 8 = 136,8 \text{ KWh/mês}$$

Discutimos que a escola fica em funcionamento 10 meses logo teríamos:

$$C(p_e; 10t) = p_e \cdot 10t$$

$$C(17,1; 10 \cdot 8) = 17,1 \cdot 8 \cdot 10 = 1368 \text{ KWh/ano}$$

Para o aparelho de 12000 BTUs temos um consumo de energia elétrica tanto ao mês quanto ao ano, ficando ligado oito horas ao dia, tem o consumo de:

$$C(23; 8) = 23 \cdot 8 = 184 \text{ KWh/mês}$$

Ou para o ano teríamos:

$$C(23; 10 \cdot 8) = 23 \cdot 10 \cdot 8 = 1840 \text{ KWh/ano}$$

Agora iremos calcular o custo mensal de energia elétrica dos aparelhos de ar condicionado em reais tanto ao mês quanto ao ano, para tal basta multiplicar o valor do consumo mensal ou anual, em kWh, pelo valor da tarifa cobrada pela franquia local de destruição de energia elétrica, a empresa Energisa. Embora a qualidade da figura não esteja adequada ao observamos a Figura 17 descobrimos que há a “Tarifa sem Tributos” perto da palavra, em amarela, “VENCIMENTO” com o valor de R\$ 0,600080 por KWh. Abaixo da palavra “Discriminação do Produto” há a “Tarifa com Tributo” ao que nos parece o valor de R\$ 0,64507, valor que também aparece no grupo B3 na classe de comércio da Figura 16. Para nossos cálculos escolhemos a tarifa com tributos, neste caso, de R\$ 0,64507. Lembrando que temos um aparelho de 9000 BTUs e 13 de 12.000 BTUs. Seja Ca o custo com ar condicionado em reais, $C(p_e; t)$ consumo mensal ou anual em KWh, n_a o número de condicionadores de ar e, por fim, p_t o preço tarifário, logo:

O gasto de energia elétrica do aparelho de ar condicionado de 9000 BTUs ao mês:

$$Ca(C; n_a; p_t) = C(p_e; t) \cdot n_a \cdot p_t$$

$$Ca (136,8 ; 1; 0,64507) = 136,8 \cdot 1 \cdot 0,64507 = 87,794027 \approx R\$ 87,80$$

Ou para o ano teríamos:

$$C(1368; 1; 0,64507) = 1368 \cdot 1 \cdot 0,64507 = 877,94027 \approx R\$ 877,94$$

O gasto de energia elétrica do aparelho de ar condicionado de 12000 BTUs ao mês:

$$Ca(C; n_a; p_t) = C(p_e; t) \cdot n_a \cdot p_t$$

$$Ca(184 ; 13; 0,64507) = 184 \cdot 13 \cdot 0,64507$$

$$Ca(184 ; 13; 0,64507) = 184 \cdot 13 \cdot 0,64507 = 1543,00744 \approx R\$ 1543,01$$

Ou para o ano teríamos:

$$Ca(1840 ; 13; 0,64507) = 1840 \cdot 13 \cdot 0,64507 = 15430,0744 \approx R\$ 15430,07$$

O custo total (Ct) de energia elétrica dos catorze condicionadores de ar por mês é:

$$Ct = 87,80 + 1543,01 = R\$ 1630,81$$

Para o ano teríamos:

$$Ct = 877,94 + 15430,07 = R\$ 16308,01$$

Situação Final: O custo cobrado na conta de energia dos 14 aparelhos de ar ao mês é de R\$ 1630,81, o que representa aproximadamente 54% do valor da conta de energia elétrica da escola. Ao ano são gastos aproximadamente em torno de R\$ 16308,01 só com energia elétrica para os aparelhos de condicionadores de ar. Como o Estado do Tocantins tem temperaturas constantemente elevadas, para a comodidade da comunidade escolar é importante o uso desses aparelhos o elevado valor como o mostrado neste trabalho é importante investir em energias renováveis como, por exemplo, a conversão de energia solar em elétrica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou responder: *Como os saberes matemáticos explicam as possibilidades e concretudes dos condicionadores de ar da escola Educandário Espírita Francisco Thiesen?* Para tal produziu-se informações usando a Modelagem Matemática, a qual nos possibilitou constatar que os saberes matemáticos explicam desde como escolher o aparelho de ar condicionado à produção de água, além de estimar o consumo de energia elétrica deles.

Ao responder à pergunta norteadora verificou-se que a escola não soube comprar os condicionadores de ar adequados as necessidades de resfriamento, ela possui um aparelho de 9000 BTUs quando deveria ter comprado um de 12000 BTUs. Nas trezes salas de aula estão instalados condicionadores de ar de 12000 BTUs quando o necessário seria aparelhos de 38.000 BTUs.

O saberes matemáticos explicaram, ainda, que os ares condicionados produzem em um dia 169,92 l, em uma semana é de 849,6 l, em um mês é de 3.398,4 l e em um ano 33.984 l de água, esses valores quando há alta umidade (a umidade do ambiente é superior a 51%). Na baixa umidade temos uma produção em um dia de 86,4 l, em uma semana é de 432 l, em um mês é de 1.728 l e em um ano 17.280 l de água.

Ao analisarmos a conta de água descobrimos que a empresa distribuidora de água, Brk Ambiental, cobrou de forma indevida uma taxa de 100% do valor água para gasto com esgoto, contudo na fatura descritiva do consumo de água consta que a cobrança é somente pelo consumo da água. Essa estratégia da empresa tem dobrado a conta de água do educandário sem ele usufruir do serviço. Concluímos, também, que a escola economizaria entre R\$ 239,4 à R\$ 471,4 se reutilizasse a água produzida pelos aparelhos condicionadores de ar.

Por fim, constatamos que a escola gasta com condicionadores de ar ao mês cerca de R\$ 1630,81, aproximadamente 54% do valor da conta de energia elétrica da Unidade Escolar. Ao ano são gastos aproximadamente R\$ 16308,01, indicando uma necessidade de investimento em energias renováveis.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL). **Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia**. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/KgF1ie>>. Acesso em: 28 set. 2019.

ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC - Plano de Manutenção Operação e Controle - nos condicionadores de ar do Câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. TCC – Curso de graduação de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1380/1/MD_COMIN_2012_2_10.pdf>. Acesso em: 18 mar.2019.

BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia*. 2. Ed. São Paulo: Contexto, 2004.

BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. 3. Ed. São Paulo: Contexto, 2009.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2007.

BRK AMBIENTAL. **Estrutura tarifaria**. Disponível em: <encurtador.com.br/mAGUV>. Acesso em: 19 nov.2019a.

BRK AMBIENTAL (Araguaína). **Cálculo de sua conta de água e esgoto**. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3PUo8rxBbYQ>>. Acesso em: 29 nov. 2019b.

BURAK, D. **Modelagem matemática**: uma alternativa para o ensino de matemática na 5ª série. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Unesp. 1987. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/viewFile/1642/1058>>. Acesso em: 18 de mar. 2019.

CALDEIRA, A. D. (2004). *Modelagem matemática na formação do professor de matemática: desafios e possibilidades*. In: ANPED SUL. **Anais...** Curitiba: UFPR. 1CD-ROM. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/viewFile/1642/1058>>. Acesso em: 18 de mar. 2019.

CARVALHO, Ildeane *et al.* **Análise quantitativa e qualitativa de água proveniente de aparelho de ar condicionado visando o seu reaproveitamento**. In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRICOS DO NORDESTE, 2016, Aracaju, SE. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/srhne/detalhes-196_analise-quantitativa-e-qualitativa-de-agua-proveniente-de-aparelho-de-ar-condicionado-visando-o-seu-reaproveitamento>. Acesso em: 04 nov. 2019.

CONSUL. **Potencia.** Disponível em: <<https://loja.consul.com.br/ar-condicionado-split-inverter-9000-btus-consul-quente-e-frio-maxi-refrigeracao-e-maxi-economia/p>>. Acesso em: 19 nov.2019.

CÁLCULO. **Consumo mensal em KWH de Ar condicionado.** Direção de Alcimar Martins Ribeiro. [s.i.]: Youtube, 2018. P&B. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TXh6ScFg0QY>>. Acesso em: 20 de nov.2019

ENERGISA. **Tipos de tarifa.** Disponível em: <encurtador.com.br/kloOX>. Acesso em: 19 nov.2019.

G1. Projeto usa água do ar-condicionado para limpeza de escola no Tocantins.

Disponível em: <encurtador.com.br/cqBKL>. **Acesso em: 26 de nov.2019**

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica.** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-36.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

INMETRO. **Selo de eficiência energética.** Disponível em: <encurtador.com.br/sJT38>. Acesso em: 19 nov.2019.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. In: SADER, Emir (Org.). **O desafio ambiental.** Os porquês da desordem mundial. Mestres explicam a globalização. Rio de Janeiro: Record, 2004.

VILLIERS, M. Água: **Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. apud MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 189 f. Dissertação (mestrado) - Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em:

<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7166/1/2013_BrunoDeMesquitaMartins.pdf>. Acesso em: 26 de nov.2019