UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ABAETETUBA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS – FACET

ESPECIALIZAÇÃO EM MATEMÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

ANTÔNIO FERNANDO DE SOUSA NASCIMENTO

ELIVÂNIA DA SILVA MACHADO

Análise do nível de intensidade dos ruídos no centro comercial do Município de Abaetetuba-PA utilizando a Fundamentação Teórica dos Logaritmos

ABAETETUBA/PA

2017

ANTÔNIO FERNANDO DE SOUSA NASCIMENTO

ELIVÂNIA DA SILVA MACHADO

Análise do nível de intensidade dos ruídos no centro comercial do Município de Abaetetuba-PA utilizando a Fundamentação Teórica dos Logaritmos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Especialista em Matemática para o Ensino Médio, pela Universidade Federal do Pará Campus Universitário de Abaetetuba, sob a orientação do Professor Dr. Manuel de Jesus dos Santos Costa.

ABAETETUBA/PA

2017

ANTÔNIO FERNANDO DE SOUSA NASCIMENTO

ELIVÂNIA DA SILVA MACHADO

Análise do nível de intensidade dos ruídos no centro comercial do Município de Abaetetuba-PA utilizando a Fundamentação Teórica dos Logaritmos

Banca Examinadora

_____

Orientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus dos Santos Costa

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário do Baixo Tocantins/Abaetetuba – PA

_____

Banca: Prof. Dr. Osvaldo Barros

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário do Baixo Tocantins/Abaetetuba - PA

_____

Banca: Profª. Mestre Silvana da Costa Gomes

Universidade Federal do Pará – Campus Universitário do Baixo Tocantins/Abaetetuba - PA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi utilizar a fundamentação teórica dos logaritmos para analisar o nível de intensidade dos ruídos, presentes em lojas do centro comercial de Abaetetuba-PA. Neste contexto, foram utilizados dados fornecidos pela Secretária de Meio Ambiente do Município de Abaetetuba (SEMEIA), bem como dados oriundos de uma pesquisa de campo obtidos através de um aplicativo de celular vinculados a uma fórmula analítica dependente dos logaritmos. Ao analisar os referidos dados, foi possível constatar que ambos se encontram em discordância com Organização Mundial da Saúde (OMS). Foi utilizada ainda, para efeito de visualização uma representação gráfica, a qual ratifica de maneira qualitativa a constatação supracitada. Finalmente, foram indicadas estratégias buscando minimizar a problemática apresentada na pesquisa em questão.

Palavras Chaves: Matemática Aplicada. Logaritmos. Análise de Ruídos.

ABSTRACT

The objective of this work was using the theoretical basis of the logarithms to analyze the level of noise intensity present in stores in the commercial center of Abaetetuba-Pa. In this context, data provided by the environment secretary of the municipality of Abaetetuba (SEMEIA) were used, as well as data from a field survey obtained through a mobile app linked to an analytical formula dependent on logarithms. In analyzing these data, it was possible to verify that both are in disagreement with the world health organization (WHO). It was also used, for visualization purposes, a graphic representation, which ratifies in a qualitative way the aforementioned finding. Finally, strategies were suggested to minimize the problem presented in the research in question.

Keywords: Applied Mathematics. Logarithms. Analysis of Noise.

1 . INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo principal investigar o índice de poluição sonora no centro comercial do município de Abaetetuba/PA, utilizando a fundamentação teórica dos logaritmos. Neste sentido, será investigada uma problemática, na qual corresponderá a verificação da intensidade dos ruídos sonoros no centro comercial da referida cidade. Este local apresenta uma variedade de lojas e estabelecimentos comerciais, por exemplo, confecções, calçados, eletrodomésticos, supermercados, varejos e atacados dentre outros.

Para atrair a população que por ali passar, em geral utiliza-se como meio de comunicação microfones acoplados a caixas amplificadas de sons para fazer a divulgação (propaganda) dos produtos, na expectativa de conquistarem consumidores em potencial. Porém, verifica-se que nestes locais inexiste uma fiscalização continua de caráter informativo ou até mesmo punitivo para auxiliar os consumidores se assim for necessário na questão dos níveis de ruídos. Somados a estes fatos, é possível constatar que a maioria das pessoas que frequentam rotineiramente esses lugares, desconhece a gravidade do problema que poderão desencadear no futuro devido a uma exposição cotidiana a níveis de ruídos fora de um determinado padrão.

O estudo contou com o desenvolvimento de um cronograma de atividades a serem desenvolvidas no decorrer da pesquisa, obedecendo aos seguintes critérios para investigação: um levantamento dos tipos de problemas relevantes para pesquisa, seleção do problema apropriado para a pesquisa, adequação ao conteúdo matemático a ser aplicado, levantamento de fontes bibliográficas, medição da frequência dos ruídos sonoros nos horários de intensidade de movimento no comércio da cidade de Abaetetuba e o apoio da Secretária Municipal de Meio Ambiente do Município de Abaetetuba (SEMEIA), juntamente a uma coleta e análise dos dados para a pesquisa em questão.

O artigo encontra-se dividido nos seguintes eixos: Introdução, Desenvolvimento e Conclusão. O desenvolvimento perpassa pelas seguintes etapas: poluição sonora, limite de som/ruído permitido pela Organização Mundial (OMS) e Lei Orgânica Municipal de Abaetetuba, história, definição e propriedades operatórias de logaritmos, o segundo momento é realizada a

análise dos dados fornecidos pela SEMEIA bem como os dados coletados na pesquisa de campo, com o auxílio de um medidor chamado decibelímetro[1].

No terceiro momento destaca-se, a comparação dos dados obtidos através de uma análise gráfica, com intuito de averiguar os valores coletados na pesquisa e os valores fornecidos pelo órgão público do referido Município (SEMEIA). Transformando os valores adquiridos em Níveis de Intensidade watts/metro quadrado (*w/m²*). Para a produção textual do artigo, alguns autores foram utilizados como embasamento teórico.

1

Decibelímetro: aparelho digital utilizado para medir níveis sonoros em decibéis, convertendo os valores em máximos e mínimos de sons/ruídos presentes no ambiente.

2 - POLUIÇÃO SONORA

A poluição sonora é um problema que atinge grande parte da população que vive na zona urbana, os grandes centros comerciais são os locais em que ocorrem o maior índice de poluição sonora. As pessoas que trabalham ou frequentam esses ambientes são as que mais sofrem com essa intensidade de ruído e, que podem causar alguns danos à saúde humana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1990) considera-se que o início do estresse auditivo, dar-se, mediante a exposição de 55 decibéis (dB), que ao tentar determinar as consequências do ruído em relação a qualidade de vida das pessoas é difícil, pois, existem diversos fatores de interferência, porém a perturbação sonora é a que mais afeta a população.

A Lei Orgânica do Município de Abaetetuba / 2005, lócus da pesquisa de campo, em seu artigo 191, inciso III e IV, afirma que:

> A fim de garantir a tutela do meio ambiente contra qualquer forma de poluição sonora, assegurando direito ao sossego e a tranquilidade ambiental dos cidadãos a lei determinará o seguinte: III – horário de propaganda sonora ambulante estabelecendo entre oito e dezoito hora; IV - Proibição de utilização, a qualquer hora, de aparelhagem sonora com mais de sessenta decibéis. (p. 96)

Esse limite permitido pelo Município foi confirmado pela Secretária Municipal em exercício, a Senhora Odalina Emiko Aoki Alves, portaria nº 642/2015, a mesma informou que no Município de Abaetetuba o limite permitido é de 60 decibéis. Fazendo uma análise na comparação dos limites sonoros permitido, o Município em questão apresenta limite que supera em 5 decibéis do limite permitido pela OMS que é de 55 decibéis.

Para obter um entendimento sobre poluição sonora, faz-se necessária uma diferença entre som e ruído. Desta forma, para HOUAISS (2004) som é a vibração que se propaga pelo ar e pode ser percebida pelo aparelho auditivo. SOUZA (2004), diz que o ruído afeta diretamente a saúde das pessoas, desqualifica o ambiente e traz sérios problemas de ordem social, na medida em que seus efeitos mudam e degradam as relações sociais dos indivíduos.

Ainda sobre ruído Souza (1998) apud AZEVEDO (1994), dispõe de duas características do ruído: a intensidade e a frequência, para ele a intensidade é a quantidade de energia vibratória em áreas próximas, neste caso, utiliza-se de termos de energia w/m^2 ou pressão N/m^2(newton por metro quadrado) ou Pascal, já a frequência são as vibrações em segundos, tem como unidade de medida a expressa em hertz (*Hz*).

Assim para efeitos do nível de compreensão do ruído este mesmo autor Souza (1998) apud CAMAROTTO (1983 e 1985), GERGES (1992), SANTOS (1994) e AZEVEDO (1994), fazem uma análise acerca do ruído e consideram válidas três categorias importantes e divulgadas segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto Newton C. Braga em 2014, a respeito das medidas de ruído ambiente (INS149), na qual, relaciona a primeira categoria como ruído contínuo: aquele em que o nível de pressão sonora varia de mais ou menos três decibéis, durante um longo intervalo de tempo e dura em média quinze minutos. A segunda é o ruído intermitente: aquele em que o nível de pressão sonora varia de mais ou menos três decibéis e dura em média alguns segundos. A terceira é o ruído de impacto: aquele em que os picos de vibrações ou energias acústicas são inferiores a um segundo.

A poluição sonora independentemente dos níveis que é transmitida perturba as atividades humanas, os níveis de ruídos/sons potencializam uma certa agressão ao ouvido humano, causando um incomodo nas pessoas, em relação ao seu bem estar social e físico.

3 . HISTÓRIA DA MATEMÁTICA - LOGARITMOS

Acredita-se que o papel da História da Matemática, contribuiu significativamente com o avanço do estudo desta ciência. O grande marco na evolução da matemática moderna, procedeu-se por volta do século XVII, neste período grandes escritores matemáticos lançaram suas teorias em diversos campos da Matemática, entre eles, destacam-se a contribuição do escocês John Napier, quando este apresenta em seus estudos, as quatro produções inéditas referentes à aplicação dos cálculos matemáticos sendo estas: a notação indo-arábico, as frações decimais, os logaritmos e os modernos computadores.

Segundo Eves (2004, p. 341) “(...) é hora de se considerar o terceiro desses grandes dispositivos poupadores de trabalho, os logaritmos, inventados por John Napier perto do início do século XVII”. Este mesmo autor destaca o poder dos logaritmos para a redução dos cálculos numéricos que até então só eram possíveis realizá-los através da multiplicação e divisão.

Iezzi (2010, p. 194), define que:

> A invenção dos logaritmos causou grande impacto nos meios científicos da época, pois eles representavam um poderoso instrumento para cálculo numérico que impulsionaria o desenvolvimento do comércio, da navegação e da Astronomia. Até então, multiplicações e divisões com números muito grande eram feitas com auxílio de relações trigonométricas.

Desta maneira, a descoberta dos logaritmos revolucionaria a matemática da época, uma vez que ao se apropriar de cálculos numericamente grandes, resolveriam muitos problemas não só no ramo da Matemática como também em áreas afins. Desta forma, a contribuição de John Napier para essa ciência, proporcionou avanços em diversas áreas do conhecimento científico, possibilitando aos seus contemporâneos novas descobertas, uma vez que após está descoberta, foi possível transformar complicadas operações de multiplicação e divisão em simples operações de adição e subtração.

O termo logaritmo significa “número de razão”, nome dado pelo seu inventor John Napier, que ao descrever a sua maravilhosa invenção espalhou sua descoberta no mundo todo. E nos dias de hoje, o estudo dos logaritmos é universalmente considerado como um expoente, sendo que a grande consistência relacionada a História da Matemática, está na reflexão de que os logaritmos foram descobertos muito antes de se usar os expoentes, como afirma Eves (2004, p. 346) “as leis dos logaritmos decorrem imediatamente das leis dos expoentes”.

A essa afirmação, resulta uma curiosidade ainda não descoberta, o que sabe é que a descoberta dos logaritmos revolucionou os cálculos matemáticos apresentando possibilidades para o desenvolvimento desta prática no âmbito especifico desta renomada ciência.

3.1 Definição e Propriedades Operatórias dos Logaritmos

Considerando a importância do Ensino da Matemática atrelada a relevância que os logaritmos exercem na resolução de inúmeros problemas em áreas do conhecimento científico, convém-se definir logaritmos, bem como suas propriedades operatórias. Para tanto, buscou-se referência no autor Iezzi (2010).

3.2 Definição de Logaritmo

Dados dois números reais a e b, positivos, com $a \neq 1$ denomina-se logaritmo de b na base a o expoente x que se deve elevar a base a de maneira que se tenha a^x igual a b, isto é (IEZZI 2010, p. 190):

$$log_a b = x \Leftrightarrow a^x = b \quad (1)$$

Segue ainda da definição que:

Dados a, b e c números reais arbitrários, com $0 < a \neq 1, b > 0$ e $c > 0$, tém-se:

I) O logaritmo de 1 em qualquer base é igual a 0, ou seja (IEZZI 2010, p. 192):

$$log_a^1 = 0 \quad (2)$$

II) O logaritmo de uma determinada base (a), qualquer que seja ela será sempre igual a 1, como segue (IEZZI 2010, p. 192):

$$\log_{\mathrm{a}}^{\mathrm{a}} = 1 \quad (3)$$

III) Uma potência de base a e expoente log_a^b é igual a b (IEZZI 2010, p. 199):

$$a^{log_a^b} = b \quad (4)$$

3.3 Propriedades Operatórias dos Logaritmos.

Neste tópico serão apresentadas as propriedades operatórias dos logaritmos chamadas de: logaritmo do produto, quociente, potência e mudança de base, respectivamente;

3.3.1 Logaritmo do produto

Em qualquer que seja a base (a), o logaritmo do produto de dois números reais e positivos será sempre igual à soma dos logaritmos de cada um deles, ou seja, se $0 < a \neq 1,\ b > 0$ e $c > 0$, assim tem-se (IEZZI 2010, p. 195):

$$log_a^{(b.c)} = log_a b + log_a c \tag{5}$$

3.3.2 Logaritmo do quociente

Para toda base (a), o logaritmo do quociente de dois números reais e positivos é igual à diferença entre o logaritmo do antecedente e o logaritmo do consequente, isto é, se $0 < a \neq 1, b > 0$ e $c > 0$, segue da definição dado por (IEZZI 2010, p. 196):

$$log_a \frac{b}{c} = log_a\, b - log_a c \tag{6}$$

3.3.3 Logaritmo da potência

Dada uma base qualquer (a), o logaritmo de uma potência de base real e positiva é igual ao produto do expoente pelo logaritmo da base da potência, ou seja, se $0 < a \neq 1, b > 0$ e $r \in \mathbb{R}$ segue que (IEZZI 2010, p. 196):

$$log_a^{b^r} = r\,.\,log_a b \tag{7}$$

3.3.4 Mudança de base

Dados a, b e c números reais e positivos, sendo a e b diferentes de 1, tem-se que (IEZZI 2010, p. 201):

$$log_a c = \frac{log_b c}{log_b\, a} \tag{8}$$

4 - APLICAÇÃO

O Município de Abaetetuba, localizado na região nordeste paraense, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - 2015) possui uma população de aproximadamente 141.054 habitantes. A atividade econômica desta população está relacionada com: o artesanato, a pesca, a

agricultura, o comércio, o funcionalismo público estadual e municipal entre outros.

Uma das práticas de trabalhos está relacionada ao comércio local, à atividade do setor comercial tem como base as lojas de calçados, confecções, acessórios em geral, existentes em todos os bairros da cidade, porém, o fluxo de maior quantidade referente a essa atividade, encontra-se localizada na área que corresponde à feira livre do comércio da cidade em questão. Esta área compreende os perímetros entre a Rua Justo Chermont, Travessa Tiradentes, Avenida 15 de Agosto e Barão do Rio Branco, onde a movimentação do comércio é intensa.

Neste sentido, destaca-se que um dos fatores que levou a essa pesquisa provém do alto índice de ruídos sonoros nesta área, ocasionados pela utilização de equipamentos de sons e alto falantes, que os lojistas utilizam para atrair os consumidores, dessa maneira justifica-se o interesse em saber o nível de intensidade e a frequência dos ruídos sonoros no referido perímetro.

Compreende-se que a questão ambiental hoje em dia é muito discutida em todo planeta. Várias nações têm se reunido para discutirem questões relacionadas ao meio ambiente, entre elas a poluição sonora. Tal problema é uma realidade presente, principalmente, nos centros urbanos, e que podem causar sérios danos à saúde.

Afim de investigar o índice de poluição sonora existente no centro comercial do município de Abaetetuba, nordeste paraense e verificar se os índices de som/ruídos emitidos nos estabelecimentos comerciais estão em conformidades com as leis ambientais, o estudo tem como embasamento de pesquisa a fundamentação teórica dos logaritmos para verificar a gravidade do problema.

Observando estas condições o ser humano com uma audição normal é capaz de ouvir uma grande intensidade de sons de modos diferentes, sendo este de maneira forte ou fraco, no entanto, existe um valor mínimo de intensidade deste som, ao qual, considera-se ser impossível ouvir algo. Como afirma Iezzi, (2010, p. 217), “A essa intensidade damos o nome de limiar de audibilidade, que vale, em média, $10^{-12}\ w/m^2$”.

Tomando como base os dados apresentados anteriormente é possível encontrar os valores de intensidade de som em qualquer ambiente e classificá-los em sua categoria. Desta maneira, Iezzi, (2010, p. 217), apresenta a seguinte fórmula:

$$\beta = 10 \,.\log\left(\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I}_0}\right) \tag{13}$$

onde:

- I é a intensidade que corresponde ao nível β.
- I_0 é uma constante que representa o nível de referência tomado como limiar de audição.
- $I_0 = 10^{-12}\ w/m^2$

A exposição a níveis sonoros podem causar perda irreparáveis a saúde humana, com base nessa afirmação a Organização Mundial da Saúde (OMS 1990) adequa um sistema de limites de som permitido sem perdas a audição humana. Conforme, afirma Iezzi (2010, p. 218) “sons de até 55 dB são aceitáveis”. Isso significa que os níveis de decibéis do som podem ser diferentes, porém é aceitável até esse valor sem proporcionar nenhum dano à saúde.

Assim, dados:

$\beta = 55\ dB.$; $I_0 = \ 10^{-12} w/m^2$.

Calcula-se I utilizando simultaneamente (1) e (13), como segue:

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 55 = 10.\log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Rightarrow \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 5{,}5 \Rightarrow$$

$$\frac{I}{10^{-12}} = \ 10^{5{,}5} \Rightarrow I = \ 10^{-12}\,.10^{5{,}5} \Rightarrow I = \ 10^{-6{,}5} w/m^2$$

Portanto, o limite de intensidade permitido pela Organização Mundial de Saúde é de $I = 10^{-6{,}5} w/m^2$. A seguir serão mostrados na Tabela (1) diferentes tipos de sons causados por elementos diferentes, que podem ou não causar riscos à saúde humana, dependendo do grupo a que estejam inseridos e baseados no limítrofe I, regulamentado pela OMS.

Tabela 1 – Intensidade dos ruídos em watts/metro quadrado

Grupos	Fontes de Ruídos	Watts/metro quadrado
Danos à saúde	Avião	$10^{1,5}$ w/m^2
	Britadeira	10 w/m^2
	Alto falante	$10^{0,5}$ w/m^2
	Tiro	1 w/m^2
	Banda tocando	$10^{-0,5}$ w/m^2
	Intervalo das aulas	10^{-1} w/m^2
	Caminhão	$10^{-1,5}$ w/m^2
	Cortador de Grama	10^{-2} w/m^2
	Moto	$10^{-2,5}$ w/m^2
	Telefone tocando	$10^{-3,5}$ w/m^2
	Piano	10^{-4} w/m^2
	Sala de aula	$10^{-4,5}$ w/m^2
	Cachorro latindo	$10^{-5,5}$ w/m^2
Irritação	Irritação aumenta	10^{-6} w/m^2
Limite Permitido	**Bebê chorando**	**$10^{-6,5}$ w/m^2**
Conforto Acústico	Aspirador de pó	10^{-7} w/m^2
Limite	Sono	10^{-9} w/m^2
Conforto Acústico	Relógio	$10^{-9,5}$ w/m^2
	Conversa	10^{-10} w/m^2
	Torneira	$10^{-10,5}$ w/m^2
	Cochicho	10^{-11} m/m^2
	Passarinho	$10^{-11,5}$ w/m^2

Fonte: Modificado (w/m²) (IEZZI 2010, p.213)

Os valores atribuídos de intensidade dos ruídos watts por metro quadrado, na Tabela (1) identificam os tipos de ruídos e o limite que a audição humana permite sem causar grandes danos à saúde.

Os cálculos realizados têm embasamento teórico no autor Iezzi (2010), que discute o estudo dos logaritmos e suas consequências, para a análise e transformação dos dados obtidos na pesquisa de campo, houve a necessidade de abordar a fundamentação teórica da definição de logaritmos, baseada na propriedade III que discute a potência de base a e expoente log_a^b é igual a b. Definida por Iezzi (2010, p.192) como: $a^{log_a^b} = b \quad (4)$. Este mesmo autor destaca que para obter uma transformação de dados obtidos em decibéis,

afim de modifica-los para intensidade em watts por metro quadrado (*w/m²)*. Basta substituir na fórmula: $\beta = 10 \,.\, log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ (13).

De posse da propriedade III (4) e da fórmula (13), a análise e os cálculos dos dados obtidos na pesquisa foram realizados a partir dessas informações e em seguida serão representados em forma de tabelas e gráficos.

Para melhor compreensão da pesquisa o estudo foi baseado em uma análise de dados fornecidos pela SEMEIA. E por valores coletados pelos pesquisadores nos respectivos locais, diagnosticados pela secretaria. Esses valores correspondem a cinco empreendimentos comerciais, classificadas como lojas de confecções.

Vide tabela 2 especificamente em decibéis.

Tabela 2 – Dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente - SEMEIA.

Nome do empreendimento	Nível de ruído/som permitido	Nível de ruído/som encontrado	Classificação do ruído	Endereço
Loja Mega 10	60 Db	90,2db (A)	Ruído descontínuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Sena Matriz	60 Db	90,2 db (A)	Ruído descontínuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Exibida	60 Db	90,4 db (A)	Ruído descontínuo dB (A)	Rua Siqueira Mendes
Atacadão Sena I	60 Db	101,2dB(A)	Ruído descontínuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Fama	60 Db	90,2 dB (A)	Ruído descontínuo dB (A)	Avenida Dom Pedro II
Atacadão Sena II	60 Db	96,2 dB (A)	Ruído descontínuo dB (A)	Avenida 15 de Agosto

Fonte: Pesquisa de Campo – SEMEIA

Vide tabela 3, modificada para intensidade w/m².

Tabela 3 – Dados da SEMEIA modificados para intensidade watts por metro quadrado (w/m^2), e classificados de acordo com a tabela 1.

Nome do Empreendimento	Nível de intensidade de som/ruído permitido em watts/metro quadrado	Nível de intensidade de som/ruído encontrado em watts/metro quadrado	Classificação do ruído de acordo com a Tabela 1	Grupos de acordo com a Tabela 1
Loja Mega 10	10^{-6} w/m^2	$10^{-2,98}$ w/m^2	Entre moto e telefone tocando	Danos à saúde
Loja Sena Matriz	10^{-6} w/m^2	$10^{-2,98}$ w/m^2	Entre moto e telefone tocando	Danos à saúde
Loja Exibida	10^{-6} w/m^2	$10^{-2,96}$ w/m^2	Entre moto e telefone tocando	Danos à saúde
Atacadão Sena I	10^{-6} w/m^2	$10^{-1,8}$ w/m^2	Entre caminhão e cortador de grama	Danos à saúde
Loja Fama	10^{-6} w/m^2	$10^{-2,98}$ w/m^2	Entre moto e telefone tocando	Danos à saúde
Atacadão Sena II	10^{-6} w/m^2	$10^{-2,38}$ w/m^2	Entre cortador de grama e moto	Danos à saúde

Fonte: Dados da SEMEIA transformado em (w/m²)

Analisando as fontes expostas em unidades de intensidade watts por metro quadrado, percebe-se que todas estão acima do limite permitido, tanto pela Lei Orgânica do município de Abaetetuba que é de 60 decibéis, quanto pelo limite permitido pela Organização Mundial da Saúde, isto é, 55 decibéis, como também a limiar de audibilidade humana permitida, ou seja, $10^{-6,\,5}$ w/m^2.

Note que, de acordo com os dados da tabela 1, todos os estabelecimentos comerciais estão em desconformidade com as Leis que limitam o nível de intensidades de som/ruídos que podem ser ouvidos sem causar danos à saúde.

Observando esses espaços comerciais, percebe-se que o grande fluxo de movimento ocorre em horários pré-estabelecidos, onde se inicia o trabalho às sete da manhã até ao meio dia e trinta minutos, realizando uma parada para o almoço com retorno às quinze horas, finalizando o expediente aproximadamente às dezenove horas.

Com o objetivo de comprovar os dados fornecidos pela SEMEIA, foi feita uma visita nesses pontos comerciais que estavam com níveis de intensidade sonora acima do permitido pela Lei Municipal. Para auxiliar a medição do som/ruído da problemática em questão, utilizou-se um aplicativo de celular conhecido como decíbelimetro para fazer a medição do som/ruído existente nesses ambientes detectados em desconformidades pela SEMEIA. Assim, em posse dessas informações, fizeram-se medições que ocorreram pelo horário da manhã, em torno das dez e trinta até ao meio dia.

Para a realização as medições, foi necessário a utilização de um aplicativo chamado decíbelimetro. Este aplicativo é de fácil instalação e pode ser utilizado em aparelho que possuem o sistema Android, o aplicativo possuí algumas funções importantes tais como: calibração do nível do som/ruído, classificação do som/ruído nas cores (verde, amarelo e vermelho), a frequência do som/ruído, o tempo do som/ruído e a classificação dos valores máximos e mínimos do som/ruído presente no ambiente e a média do som/ruído.

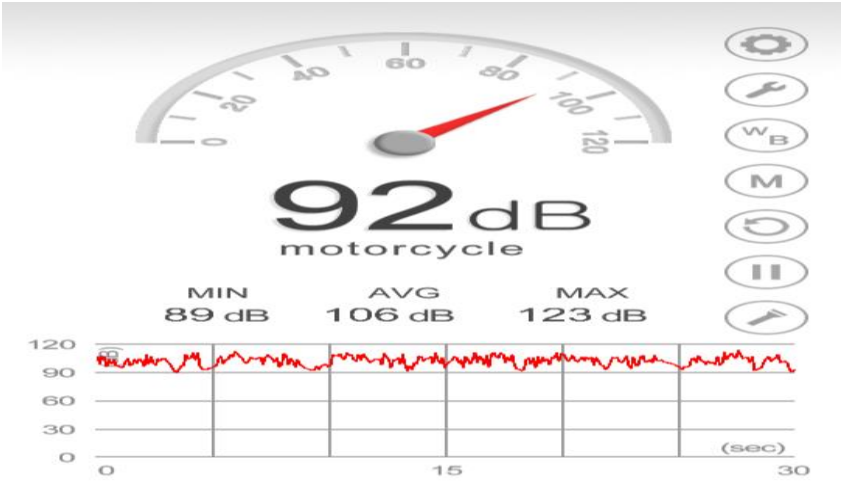
A figura abaixo indica o aplicativo e sua caixa de ferramentas representando suas respectivas funções:

FIGURA 1 – Aplicativo Decíbelimetro

Fonte: Barra de ferramentas do aplicativo decíbelimetro

Na figura 2, é um exemplo de medição realizada na Loja Exibida, uma das seis lojas comercias, detectados com alto índice de som/ruído pela SEMEIA.

Figura 2 – Valor encontrado na Loja Exibida



Fonte: Valor da medição na Loja Exibida no centro comercial de Abaetetuba/PA

Os dados apresentados na Tabela (4) em decibéis e na Tabela (5), transformados em intensidade por metro quadrado (w/m^2). Resulta dos valores obtidos na pesquisa de campo.

Tabela 4 - Dados da Pesquisa de Campo medição com o auxílio de decíbelimetro feita pelos próprios pesquisadores na área comercial da pesquisa.

Nome do Empreendimento	Nível de ruído/som permitido	Nível de ruído/som encontrado	Classificação do ruído	Endereço
Loja Mega 10	60 Dc	111 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Sena Matriz	60 Dc	113 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Exibida	60 Dc	106 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Rua Siqueira Mendes
Atacadão Sena I	60 Dc	107 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Pedro Rodrigues com Justo Chermont
Loja Fama	60 Dc	105,5 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Avenida Dom Pedro II
Atacadão Sena II	60 Dc	106,5 dB (A)	Ruído descontinuo dB (A)	Avenida 15 de Agosto

Fonte: Pesquisa de Campo

Tabela 5 – Dados da Pesquisa de Campo intensidade watts por metro quadrado (w/m^2).

Nome do Empreendimento	Nível de intensidade de som/ruído permitido em watts/metro quadrado	Nível de intensidade de som/ruído encontrado em watts/metro quadrado	Classificação do ruído de acordo com a Tabela 1	Grupos de acordo com a Tabela 1
Loja Mega 10	10^{-6} w/m^2	$10^{-0,9}\, w/m^2$	Entre banda tocando e intervalo das aulas	Danos à saúde
Loja Sena Matriz	10^{-6} w/m^2	$10^{-0,7}\, w/m^2$	Entre banda tocando e intervalo das aulas	Danos à saúde
Loja Exibida	10^{-6} w/m^2	$10^{-1,4}\, w/m^2$	Entre caminhão e intervalo das aulas	Danos à saúde
Atacadão Sena I	10^{-6} w/m^2	$10^{-1,3}\, w/m^2$	Entre caminhão e intervalo das aulas	Danos à saúde
Loja Fama	10^{-6} w/m^2	$10^{-1,45}\, w/m^2$	Entre caminhão e intervalo das aulas	Danos à saúde
Atacadão Sena II	10^{-6} w/m^2	$10^{-1,35}\, w/m^2$	Entre caminhão e intervalo das aulas	Danos à saúde

Fonte: Pesquisa de Campo modificados (w/m²)

Com base nos dados da pesquisa de campo, comprovou-se que os proprietários destes estabelecimentos comercias no Município de Abaetetuba, continuam descumprindo as leis, e com isso colocando em risco a saúde de funcionários e clientes, bem como daqueles que residem no entorno do perímetro.

A tabela 3 ratifica o que consta nas tabelas 1 e 2, neste contexto é possível perceber que ambas as pesquisas comprovam que o nível de intensidade de som/ruído está acima do limite máximo permito podendo causar danos à saúde.

5 . ANÁLISE GRÁFICA

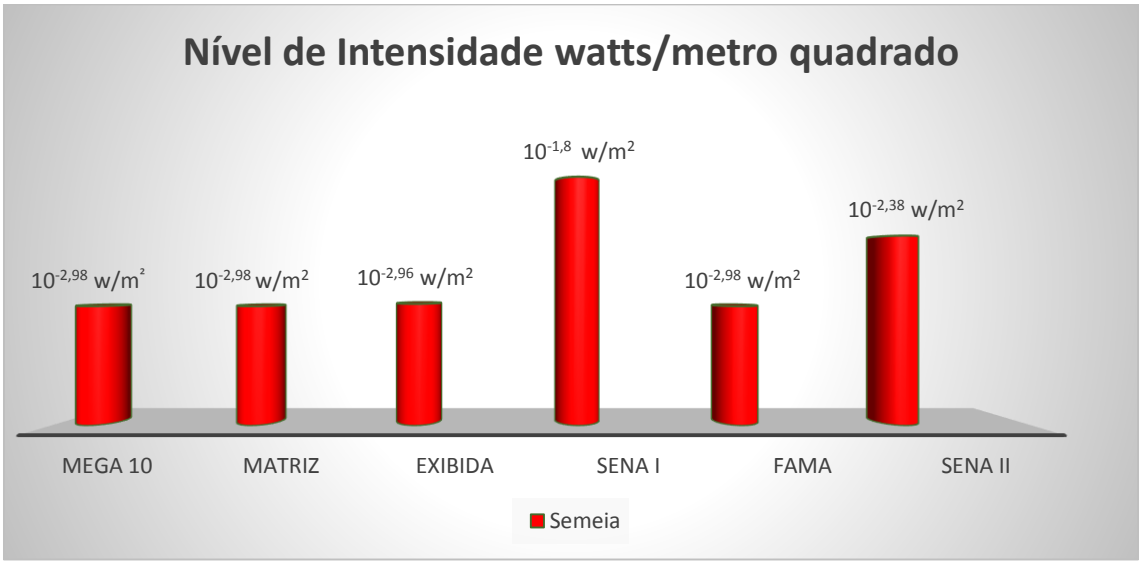
A necessidade de explorar o desenvolvimento da interpretação dos gráficos, está relacionado a importância deste, para o tratamento de informações quantitativas. Neste contexto Monteiro (1998, p, 12) afirmam que: “os gráficos

tornaram-se poderosos sistemas de representação que permitem sistematizar dados, possibilitando a compreensão do todo e não apenas de aspectos das informações tratadas".

Desta forma, a análise gráfica para a interpretação de dados, permite uma melhor visualização e interpretação das informações contidas no objeto de estudos, pensando em oportunizar melhor esclarecimento ao leitor e as informações retiradas a partir dos dados coletados na pesquisa. Além de permitir a representação de dados em diversos conteúdos, o estudo possibilita uma ampliação dos sistemas de representação não somente nos conteúdos abordados em Matemática, com também em diversas áreas do conhecimento, pois redimensiona os conteúdos compartilhados a partir de objetos de estudos, partindo de uma construção inicial, com objetivos claros e precisos de cada etapa de estudo.

A construção gráfica a seguir, baseou-se nos seguintes critérios da pesquisa: a Figura 3 está relacionado à construção dos dados fornecido pela SEMEIA, a Figura 4 foi elaborado a partir da pesquisa de campo e a Figura 5 uma análise comparativa dos dois dados coletados. Vide Figura 3:

FIGURA 3 - Dados fornecidos pela SEMEIA e transformado em watts/metro quadrado (w/m²*).*

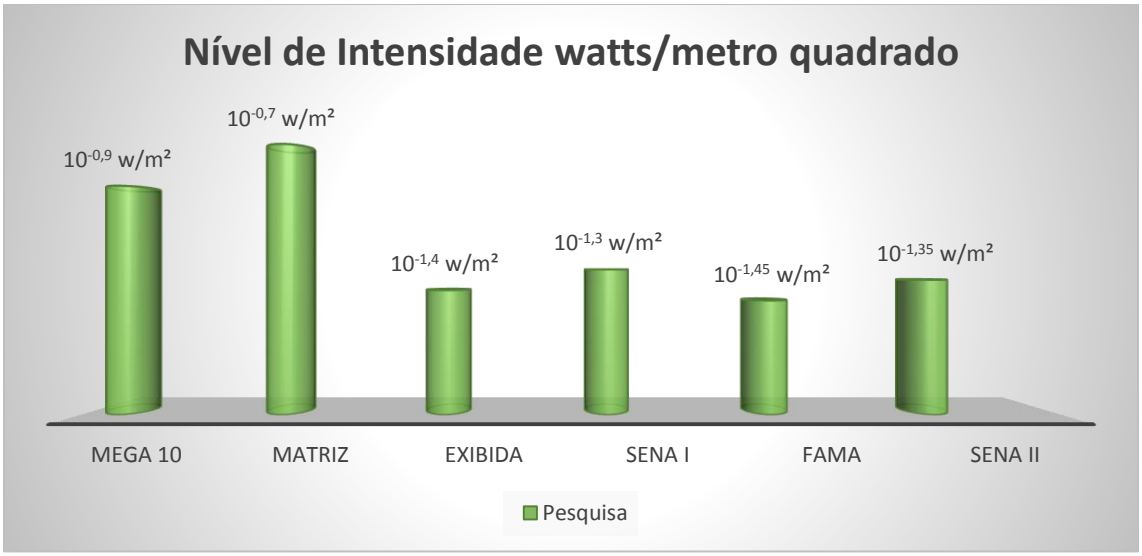


Fonte: modificado para intensidade (w/m²) (SEMEIA)

A Figura 3, corresponde aos dados disponibilizados pela SEMEIA que em uma de suas fiscalizações na área da região comercial, detectou que estás lojas representadas pelas colunas em vermelho estavam todas com o nível de ruído/som acima do limite máximo permitido pelo Município, pelo limiar de audibilidade e pela organização mundial da saúde. E que de acordo com a tabela 1, retirada do autor (Iezzi, 2010). Apresentam fatores de risco e danos à saúde.

Vide Figura 4.

FIGURA 4 – Dados fornecido na Pesquisa de Campo – Decibelímetro e transformado em watts por metro quadrado(*w/m²*).

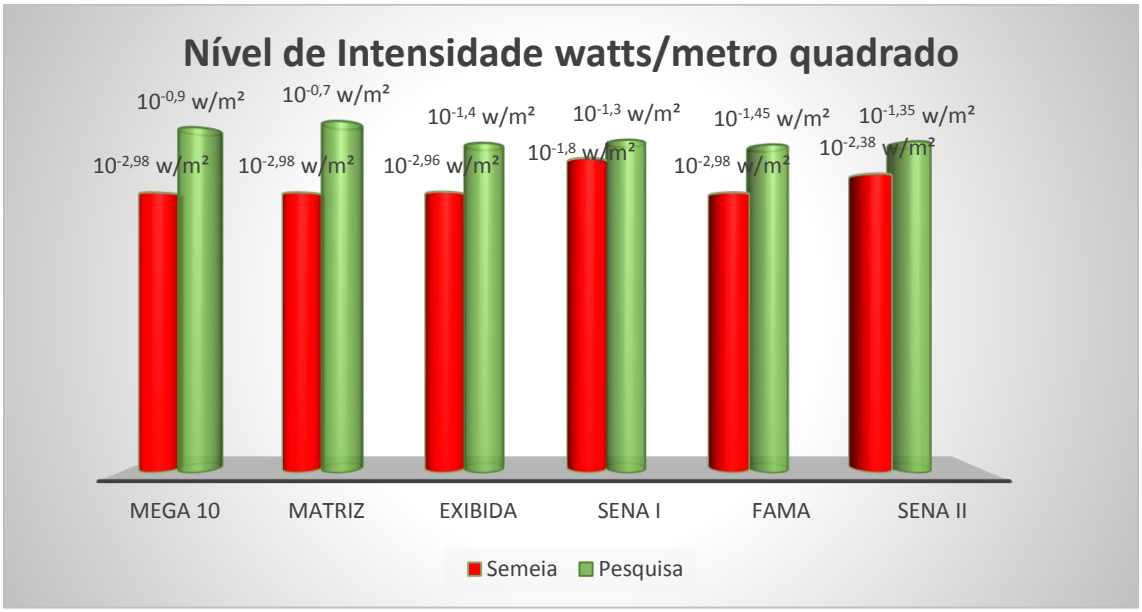


Fonte: Modificada para intensidade (w/m²) (Pesquisa de Campo)

Na Figura 4, encontra-se os dados referentes a pesquisa realizada nos estabelecimentos comerciais citados pela SEMEIA, afim de averiguar com dados reais a veracidade dos fatos. Para tanto, fez-se necessário o uso de um aplicativo chamado decíbelimetro para a medição do nível de som/ruído emitidos, sendo transformado em seguida para nível de intensidade de sons/ruídos. As colunas em verde representam cada loja pesquisada e valores encontrados em cada uma no dia da medição. Percebe-se no entanto, que todas estão acimas dos valores permitidos, nas referências supracitadas.

Para concluir o grau comparativo dos dados visualizados na Figura 3 e na Figura 4, a seguir será apresentado uma terceira análise gráfica, desta vez realizando uma comparação dos dados fornecidos pela SEMEIA e dos dados coletados no local da pesquisa. Vide Figura 5.

FIGURA 5 – Comparativa gráfica entre os dados fornecidos pela SEMEIA e os dados coletados na Pesquisa de Campo.



Fonte: Modificada para intensidade (w/m²)

A Figura 5 é um gráfico comparativo, para melhor visualização das informações obtidas através da pesquisa de campo e dos dados fornecidos pela SEMEIA, afim de fazer uma análise dessas informações, e comparar os níveis de intensidade dos sons/ruídos encontrado nas lojas. A partir dessa construção é possível perceber que ambas as informações demonstram que o nível de emissão de som/ruído emitidos nesses ambientes estão muito acima do limite aceitável, podendo causar danos à saúde humana. Os dados coletados na pesquisa de campo pelos pesquisadores, estão acima dos valores fornecidos pela SEMEIA e que por consequência oferecem riscos à saúde da população que por ali trabalham e frequentam esses ambientes. Conforme afirma a tabela 1.

Para obter uma compreensão favorável aos dados obtidos na pesquisa e relaciona-los em uma abordagem Matemática. O autor Biderman apud (1989), comenta sobre esse recurso que: “É importante fazer a distinção entre o uso do gráfico para demonstrar à aplicação da Matemática as informações e o uso da Matemática para facilitar o gráfico, isto é, a apresentação visual das informações” (apud. p. 21)

5 . CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo possibilitou uma melhor compreensão da fundamentação teórica dos logaritmos, juntamente ao fator poluição sonora no centro comercial do Município de Abaetetuba, Nordeste Paraense. A pesquisa baseada em dados reais, busca relacionar um problema enfrentado diariamente pela população que por ali trabalha ou frequenta, a poluição sonora, relacionada ao elevado nível de sons/ruídos causados pelo uso inadequado de equipamentos de sons nos estabelecimentos comerciais neste município.

Essa problemática está ocasionando uma agressão ao meio ambiente e um incômodo auditivo as pessoas. Nota-se que o uso de equipamentos sonoros para propaganda nos estabelecimentos comerciais está em desconformidades tanto pela Lei Municipal que é de 60 decibéis, quanto pela Organização Mundial de Saúde, onde o limiar de audibilidade permitido é de 55 decibéis. Esses valores transformados para intensidade watts/metro quadrado equivalem a $10^{-6} w/m^2$ *e* $10^{-5,5} w/m^2$, que não são prejudiciais à audição humana. E os valores encontrados na pesquisa está acima do permitido, e conforme Iezzi (2010) podem causar danos à saúde.

Portanto é necessário tomar medidas preventivas e eficazes com a máxima urgência. Há uma necessidade do Município em caráter de urgência adotar mediadas eficientes como: alteração da lei orgânica do município, criando itens com medidas preventivas e punitivas, haja vista a lei não é clara no que diz respeito ao controle dos níveis de sons/ruído emitidos por esses estabelecimentos comerciais.

Articular campanhas de orientação as pessoas que frequentam o centro comercial deste município, utilizando folders contendo informações referentes aos danos causados por exposição aos altos índices de sons/ruídos emitidos por estabelecimentos comercias que desrespeitam a Lei orgânica Municipal, bem como a OMS que limitam o valor máximo de sons/ruídos emitidos, a fim de informá-las da gravidade do problema.

É conveniente tomar uma medida de proteção capaz de sensibilizar e responsabilizar os proprietários destes estabelecimentos afim de cumprirem a Lei Municipal, pois o indivíduo exposto a um índice elevado de poluição sonora,

futuramente poderá apresentar problemas auditivos com grande relevância, tais como surdez total ou parcial, além de outros problemas de saúde que podem ser ocasionados no individuo, devido ao alto índice de ruídos/sons muito frequentes.

REFERÊNCIAS

ABAETETUBA, Lei Orgânica do Municípal & Regime Interno da Câmara. Promulgada em 23 de março de 1990, revisada em 2005. Câmara Municipal de Abaetetuba. Poder Legislativo. P. 97.

BIDERMAN, E. (1989) The Payfair Enigma: Tawardunderstandingthedeveloppmentoftheschematicrepresentationofstatisticsfromorigins o the presente day. Institutfur. Didaktik der Mathematik: Universitat Bielefeld.

BRAGA. C Newton**. Medidas do Ruído Ambiente (INS149)** Disponivel em: http://www.newtoncbraga.com.br3556-ins149: acesso em :20 de outubro de 2016 às 21hs:10min.

EVES, Howard. **Introdução à história da matemática.** Howard Eves; tradução: Hygino H. Domingos. – Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2004.

HOUAISS, Antônio. **Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa/**organizado pelo Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. – 2. ed. rev. e. aum.- Rio de Janeiro: Objetiva, 2004.

IEZZI, Gelson. **Matemática: Ciência e Aplicações, 1: ensino médio.** Gelson Iezzi... [et al]. – 5. Ed. – São Paulo: Atual, 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br.abaetetuba/para,brasil: acesso em: 17 de dezembro de 2016.

MONTEIRO, C. E. F. (1998). **Interpretação de gráficos sobre economia veiculado pela mídia impressa.** Dissertação de Mestrado. Pós Graduação em Psicologia da UFPE, Recife – PE.

ORGANIZATION MONDIALE DE LA SANTÉ. **Critéres d'hygène de l'environnement Genève:** OMS; 1980

SOUZA, Hilda Maria Montes Ribeiro de. **Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peças de mão de alta rotação em consultórios odontológicos: possibilidades de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista.** [Doutorado] fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1998. 107 p.

SOUZA, D. S. **Instrumentos de gestão da poluição sonora para sustentabilidade das cidades brasileiras.** [Tese]. Rio de Janeiro: UFRJ; 2004.

Anexos

Imagens das lojas, localizadas no centro comercial da cidade de Abaetetuba

Foto 1: Local da Fonte de Pesquisa

Foto 2: Local da Fonte de Pesquisa

Foto 3: Local da Pesquisa de Campo

Foto 4: Local da Pesquisa de Campo

Foto 5: Local da Pesquisa de Campo

Apêndice

Resolução dos Cálculos, baseado no Decibelímetro nas lojas pesquisadas na Feira Municipal de Abaetetuba.

1- Loja Mega 10

Encontrando a média

$$M = \frac{99 + 123}{2} = \frac{222}{2} = 111\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 111 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{111}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 11{,}1 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{11,1} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{11,1}$$

$$I = 10^{11,1}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-0,9} w/m^2$$

2- Loja Sena Matriz

Encontrando a Média

$$M = \frac{103 + 123}{2} = \frac{226}{2} = 113\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 113 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{113}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 11{,}3 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{11,3} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{11,3}$$

$$I = 10^{11,3}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-0,7} w/m^2$$

3- Loja Exibida

Encontrando a média

$$M = \frac{89 + 123}{2} = \frac{212}{2} = 106\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 106 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{106}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 10{,}6 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{10,6} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{10,6}$$

$$I = 10^{10,6}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-1,4} w/m^2$$

4- Loja Atacadão Sena I

Encontrando a Média

$$M = \frac{90 + 124}{2} = \frac{214}{2} = 107\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 107 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{107}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 10{,}7 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{10{,}7} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{10{,}7}$$

$$I = 10^{10{,}7}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-1{,}3} w/m^2$$

5- Loja Fama

Encontrando a média

$$M = \frac{90 + 121}{2} = \frac{211}{2} = 105{,}5\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 105{,}5 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{105{,}5}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 10{,}55 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{10{,}55} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{10{,}55}$$

$$I = 10^{10{,}55}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-1{,}45} w/m^2$$

6- Loja Atacadão Sena II

Encontrando a Média

$$M = \frac{88 + 125}{2} = \frac{213}{2} = 106{,}5\ decibéis$$

Transformando para Intensidade

$$\beta = 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Longrightarrow 10.log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 106{,}5 \Longrightarrow log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = \frac{106{,}5}{10} \Longrightarrow$$

$$log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) = 10{,}65 \Longrightarrow 10^{log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)} = 10^{10{,}65} \Longrightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^{10{,}65}$$

$$I = 10^{10{,}65}.10^{-12} \Longrightarrow I = 10^{-1{,}35} w/m^2$$