

Análise de ruído pela comparação entre aplicativo de celular e dosímetro

Matheus Coloniezi Oliveira, Alexandre Cesar Frasson, Marco Antonio Ferreira Finocchio, Edson Luis Bassetto, Rodrigo Augusto Modesto

Resumo: Este artigo apresenta a problemática nas empresas quanto ao ruído ocupacional, como agente de insalubridade. Gestores deixam de fornecer Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), por não saberem se o ruído presente é ou não insalubre. Isso acontece porque na maioria das vezes não se tem acesso aos instrumentos de medição de ruído para análise. Este estudo torna viável uma análise quantitativa usando apenas um aparelho que está presente com frequência no nosso cotidiano: o smartphone. Os resultados de medições utilizando aplicativos para medição de ruído existentes gratuitamente nas lojas virtuais dos 2 sistemas operacionais mais comuns em uso foram confrontados com o resultado de medição de ruído de um dosímetro DOS-600, o instrumento de medição mais vendido em 2017. Os aparelhos utilizados para análise foram o Samsung Galaxy J7 Duos, que utiliza o sistema Android, e o aparelho Apple iPhone 6S, que utiliza o sistema iOS, sendo 2 equipamentos relativamente populares no mercado. Por fim fez-se uma relação matemática dos valores de medição apresentados pelos celulares e do dosímetro utilizando o software popular Excel que relacionou as medidas dos app's dos smartphones e do instrumento DOS-600 e conseqüentemente, receber um alerta do nível de ruído e assim tomar decisões rápidas quanto ao uso de EPI's de proteção a ruídos em ambientes insalubres até que uma medição oficial seja feita, evitando perdas auditivas e riscos desnecessários ao trabalhador. Além disso, o trabalho concluiu que é possível fazer outros testes que podem originar interessantes trabalhos na área.

Palavras chave: Análise de Ruído, Segurança do trabalho, Dosímetro.

Noise analysis by comparing mobile app and dosimeter

Abstract: This paper presents the problem in companies regarding occupational noise as an unhealthy agent. Managers fail to provide Personal Protective Equipment (PPE) because they do not know whether or not the noise present is unhealthy. Because most of the time they do not have access to noise measurement instruments for analysis. This study makes a qualitative analysis viable using only one device that is frequently present in our daily lives: the smartphone. Measurement results using free noise measurement applications from online stores of the 2 most common operating systems in use were compared to the noise measurement result of a DOS-600 dosimeter, the best-selling measuring instrument in 2017. The devices used for analysis were the Samsung Galaxy J7 Duos, which uses the Android system, and the Apple iPhone 6S device, which uses the iOS system, being 2 relatively popular devices in the market. Finally, a mathematical relationship of the measurement values presented by the mobile phones and the dosimeter was made using the popular Excel software that related the measurements of the smartphone's app and the DOS-600 instrument and, consequently, received a qualitative alert of the noise level and thus make quick decisions regarding the use of noise protection PPE in unhealthy environments until an official measurement is taken, avoiding unnecessary hearing loss and worker hazards. In addition, the work concluded that it is possible to do other tests that may lead to interesting work in the area.

Key-words: Noise Analysis, Work Safety, Dosimeter.

1. Introdução

No Brasil, 98,7% das empresas são micro ou pequenas empresas (MPE). A realidade do país nos mostra, que a maioria enfrenta problemas estruturais e financeiros, que as colocam em uma situação complicada perante o mercado. Gerando descumprimentos de obrigações tributárias, trabalhistas e previdenciárias (FECAMP, 2004). Esse cenário tem como consequência o baixo investimento em saúde e segurança do trabalho (SST).

Assim, tem-se que o número de ações trabalhistas no nosso país vem batendo recorde ano após ano. Em 2016, mais de 3 milhões de novas ações ingressaram na justiça, quantidade 13% maior que as 2,66 milhões novas ações de 2015 em comparação com 2014. Tais ações têm como principais objetivos a cobrança de verbas rescisórias, pagamento de horas extras, adicional de insalubridade e recolhimento do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS). Em consulta a ouvidoria do Tribunal Superior do Trabalho (TST) requerendo dados estatísticos referentes a ações trabalhistas se pode observar que, em 2017, 472.237 novos processos foram abertos requerendo o adicional de insalubridade. De acordo com o Ministro do TST Ives Gandra da Silva Martins Filho, o crescimento é devido à crise econômica e o crescente índice de desemprego por ela gerado (WESTERMAN; NERIS, 2016).

O outro fator que também colabora com o crescimento do número de processos é o assédio e a influência feita pelos advogados. Abordando funcionários às redondezas dos locais de trabalho, por telefone ou a simples ação de publicidade impressa e entre outros meios, porém todos em discordância com o regimento da OAB, o que pode levar até a expulsão do profissional no conselho de classe. (WESTERMAN; NERIS, 2016).

No cenário atual, quase todas as pessoas possuem um smartfone no bolso, e com eles uma quantidade grande de aplicativos desenvolvidos por muitas empresas que se dispuseram a desenvolver aplicativos que, utilizando o microfone do celular, são capazes de captar o som do ambiente e apresentar uma leitura da intensidade sonora em decibéis de forma aproximada. Porém, no mercado, existem muitos modelos de celulares e, conseqüentemente, diversos modelos de microfones, além de versões diferentes de softwares e hardwares.

O presente trabalho explorará o risco físico relacionado a ruídos apresentando uma metodologia para uma leitura aproximada do nível de intensidade sonora no ambiente de trabalho por meio da escolha de smartfones de marcas comumente usados pelos brasileiros, assim como de aplicativos de leitura de nível de intensidade sonora, e fazer uma relação matemática entre os resultados obtido nos smartfones e os resultados apresentados por um dosímetro de ruído devidamente calibrado.

Para isso, se utilizará o software Microsoft Office Excel e sua função gráfica para encontrar as equações matemáticas ideais para a correção dos valores obtidos pelo smartfone e aplicativos e o valor real medido no equipamento calibrado.

Com a ausência do equipamento de nível de intensidade sonora disponível, o usuário poderá ter uma estimativa do nível no local para uma análise crítica e tomada de decisão posterior. O objetivo deste artigo é avaliar e validar os smartfones e aplicativos gratuitos de medição de nível de intensidade sonora, mais relevantes nos modelos de celulares comuns.

2. Fundamentação teórica

Tem-se como som audível qualquer oscilação de pressão do ar, na faixa de 20 a 20.000 Hz, que seja capaz de estimular o ouvido humano provocando a sensação que se conhece como audição. (CABRAL; AZEVEDO; SILVA, s.d.).

O som é caracterizado por apresentar uma única frequência e amplitude. (CALIXTO, s.d.). Diferentemente do som, o ruído se caracteriza pela combinação de sons de diversas fontes

cuja resultante seja não harmônica. (CALIXTO, s.d.). O ruído também é definido como um tipo de som que pode molestar, ser desagradável ou irritante quando quem o escuta não está preparado mental ou fisicamente. (MEDEIROS, 1999).

O Ministério da Saúde, em 18 de novembro de 1999, editou a Portaria nº1339/GM onde consta a Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho. Neste rol de doenças, contam aquelas comprovadamente atribuídas à exposição deliberada ao ruído, sendo elas:

- Perda de audição provocada pelo ruído;
- Outras percepções auditivas anormais;
- Alteração temporária do limiar auditivo, comprometimento da discriminação auditiva e hipercusia;
- Hipertensão arterial;
- Ruptura traumática do tímpano pelo ruído.

Além dos males catalogados na portaria, Medeiros (1999) apresenta que a exposição a excesso de ruído pode trazer diversos distúrbios extra auditivos como por exemplo:

- Distúrbios de comunicação;
- Distúrbios do sono;
- Distúrbios vestibulares;
- Distúrbios comportamentais;
- Distúrbios digestivos;
- Distúrbios neurológicos;
- Distúrbios cardiovasculares;
- Distúrbios hormonais;
- Distúrbios circulatórios;
- Alterações nos reflexos respiratórios;
- Alterações na concentração e habilidade;
- Alterações no rendimento do trabalho.

Ou seja, para que uma atividade venha a ser caracterizada como insalubre, dentre vários fatores, deve-se considerar a natureza, a intensidade e o tempo de exposição ao agente agressivo. Baseado nesses fatores, limites de tolerância à exposição foram estabelecidos. (FINOCCHIO, 2017). O Ministério do Trabalho, à época Ministério do Trabalho e Emprego, na NHO-01 define limite de exposição como:

Nos anexos da NR-15 estão discriminados tais limites, para o caso proposto neste trabalho, nos interessa especificamente o anexo 1.

Tabela 1 – Limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos

100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

O item 15.1.5 da Norma Regulamentadora nº15 nos apresenta a definição de Limite de Tolerância com o seguinte texto:

“[...] concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.”

Além do que foi apresentado nas considerações sobre ruído, o Anexo nº1 da NR-15 também apresenta, logo no seu primeiro item, a definição de ruído contínuo (Figura 1) ou intermitente (Figura 2), para os fins da norma, como aqueles que não são ruídos de impactos (definidos no item 1 do anexo nº2 da mesma norma como sendo aqueles que apresentam picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo – Figura 3).

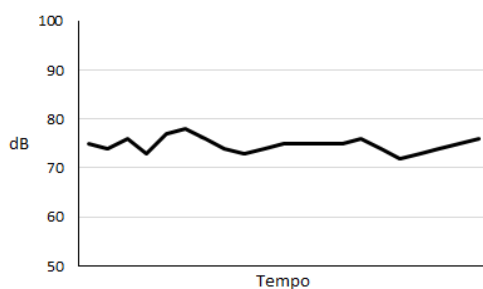


Figura 1. Curva de intensidade sonora - Ruído contínuo

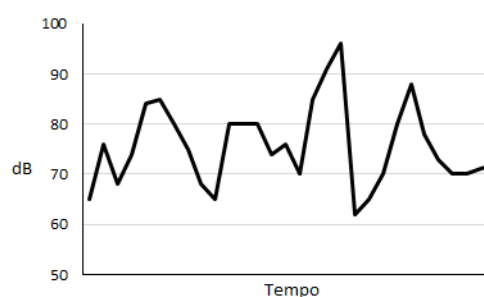


Figura 2. Curva de intensidade sonora - Ruído intermitente

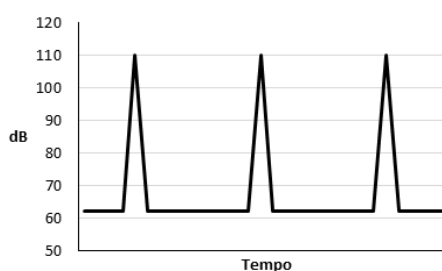


Figura 3. Curva de intensidade sonora - Ruído de Impacto.

Uma consideração importante é feita no item 5. É expressamente proibida a exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) indivíduos que não estejam devidamente protegidos, e no item 7 tem-se a consideração de tal situação (exposição a ruídos superiores a 115 dB(A) sem proteção adequada) como risco grave e iminente.

A situação que os colaboradores são expostos a diversos locais de trabalho com diferentes níveis de ruído também é considerada pela norma. O item 6 nos apresenta a equação (1) de ponderação dos níveis de ruídos diversos, tem-se:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (1)$$

Caso a soma de tais frações exceda a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância, pois na equação tem-se que C_n indica o tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico, e T_n indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo a Tabela de limites de tolerância já apresentada anteriormente.

3. Procedimentos metodológicos

Sempre quando é necessário recorrer ao mercado eletrônico de celulares existem pessoas que de início avaliam as características do aparelho, porém existem aquelas que defendem fielmente o uso de sistemas operacionais específicos. Sendo assim, uma busca foi feita nas lojas de aplicativos dos dois sistemas operacionais mais utilizados no mundo, Google Play para celulares com o sistema Android, e App Store para celulares que utilizam o sistema iOS. Nessa busca, foram encontrados vários aplicativos com números consideráveis de downloads e, conseqüentemente, de usuários, porém apenas um obteve essa relevância nas duas lojas, o aplicativo (app) DECIBEL X, que na Google Play apresenta mais de 100.000 downloads e na App Store apresenta mais de 20.000 na versão gratuita e em torno de 1.500 na versão paga. Como foi optado em atender os dois sistemas operacionais mais utilizados, uma busca foi feita pelos aparelhos mais vendidos no ano de 2017 que utilizam cada um dos dois sistemas. Para tal escolha, foi utilizada uma lista dos 20 celulares mais mencionados nas listas dos mais vendidos das maiores lojas e-commerce do país. O aparelho de sistema operacional Android escolhido foi o Samsung Galaxy J7 Duos (Figura 4), que aparece em primeiro lugar em número de menções nas listas de mais vendidos. Para aparelhos com iOS, o iPhone 7, em 2017, representou 4,7% de todos os celulares vendidos no mundo (16,9 milhões de unidades), porém a realidade econômica no Brasil é outra, e o aparelho da Apple que aparece com mais menções nas listas é o iPhone 6S (Figura 5), antecessor imediato do iPhone 7, sendo ele o escolhido para o presente estudo. (WEBINFORMADO, 2017).



Figura 4. Samsung: Galaxy J7



Figura 5. Apple: iPhone 6S

Instrumento de medição de ruído

Todas as medições de ruído foram feitas utilizando o aparelho de medida de intensidade sonora (dosímetro de ruído) modelo DOS-600 da marca INSTRUTHERM Figura 6. Instrumento calibrado e com certificado de calibração válido. E configurado para situações de ruído contínuo ou intermitente, ou seja, operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (Slow) e o incremento de duplicação de dose de 5, conforme a NR-15.



Figura 6 - Instrutherm DOS-600

Software para análise dos resultados

Para analisar os resultados das medições apresentados pelos smartphones e pelo dosímetro será utilizado a o Microsoft Office Excel. Com essa ferramenta é possível gerar Tabelas, gráficos e as equações de ajustes para os dados obtidos.

Para a geração de ruído, foi utilizado um aparelho de som da marca SONY e modelo MHC-GTX787 (Figura 7), capaz de gerar sons e ruídos de forma satisfatória para a proposta do trabalho, sintonizado em uma frequência de rádio não utilizada por nenhuma estação.



Figura 7. SONY MHC-GTX787



Figura 8. Abafador AGENA

Como a ideia do teste é validar a maior faixa de ruído possível, e chegar o mais próximo possível ao limite da norma, 115dB(A), o uso de EPI se torna necessário. Utilizar-se-á durante o teste, o abafador de ruído da marca AGENA, modelo ARS – NRRsf (Figura 8), capaz de atenuar 24 dB. Tal EPI possui certificado de aprovação (CA) número 7166 fornecido pelo Ministério do Trabalho.

4. Resultados e discussões

O aparelho gerador de ruído apresenta 30 (trinta) níveis de volume, porém foi possível efetuar apenas 25 (vinte e cinco) amostras diferentes de intensidade sonora (Tabela 2). Os 3 (três) primeiros níveis não foram suficientes para apresentar alguma amostra dentro da faixa de calibração do dosímetro (60 -130), e os níveis 29 (vinte e nove) e 30 (trinta) não apresentaram diferença quanto aos níveis medidos na amostra número 25 (vinte e cinco).

Tabela 2. Dados das medições.

Amostra	Aparelho		
	DOS-600	iPhone 6S	Galaxy J7
1	62	66,3	70,9
2	65,9	70,1	75
3	67,9	72,3	76,9
4	70	73,9	78,8
5	72,1	76,5	81,1
6	73,5	78,1	83,5
7	75,7	80,2	85,3
8	77,6	81,9	87,2
9	79,9	84	89,7

10	81,7	86,4	91,2
11	83,6	87,9	93
12	86,2	90,3	95,8
13	87,5	92	97,3
14	89,9	94,3	100
15	92	96,3	101,8
16	93,9	98,2	103,2
17	95,8	100,5	106
18	97,7	102,3	107,6
19	99,9	104,1	109,3
20	101,1	105,6	110,3
21	103,1	108,4	111,3
22	105,4	110,4	111,8
23	107,4	111,6	112,2
24	109,3	113,6	112,7
25	110	114	112,8

O Gráfico 1 facilita a análise comparativa entre os dados absolutos obtidos nas amostras dos 3 (três) aparelhos presentes no experimento.

Gráfico 1. Dados das medições
DOS-600 x iPhone 6S x Galaxy J7

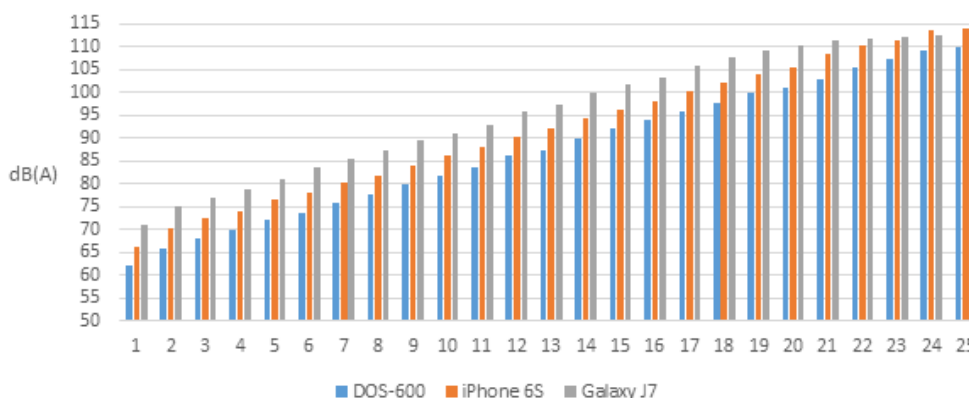


Tabela 3. Diferença entre as amostras dos celulares e dosímetro

Amostra	iPhone 6S	Galaxy J7
1	4,3	8,9
2	4,2	9,1
3	4,4	9
4	3,9	8,8
5	4,4	9
6	4,6	10
7	4,5	9,6
8	4,3	9,6
9	4,1	9,8
10	4,7	9,5
11	4,3	9,4
12	4,1	9,6
13	4,5	9,8
14	4,4	10,1
15	4,3	9,8
16	4,3	9,3
17	4,7	10,2

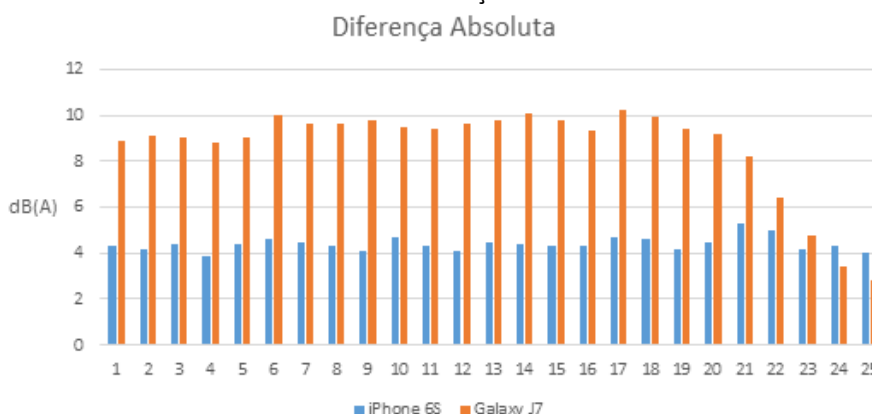
18	4,6	9,9
19	4,2	9,4
20	4,5	9,2
21	5,3	8,2
22	5	6,4
23	4,2	4,8
24	4,3	3,4
25	4	2,8

A Tabela 3 apresenta valores das diferenças entre os valores obtidos nas medições. É possível observar que os níveis de ruído medidos pelo iPhone 6S, em todas as vinte e cinco amostras, não tiveram um afastamento significativo da média (4,404 dB) da diferença. Já o aparelho da Samsung se manteve estável durante as vinte primeiras medições, cuja média da diferença foi 9,5 dB, porém, nas cinco últimas, a diferença diminuiu, fazendo com que as medidas se aproximassem do valor obtido com o DOS-600.

À primeira vista, ao se aproximar dos valores de referência parece agradar, porém se as diferenças dos valores continuassem próximos à média, os cálculos de ajuste poderiam ser mais simples, ou seja, bastaria apenas subtrair a média da diferença do valor apresentado pelo aparelho para uma análise simples e qualitativa do ruído.

No Gráfico 2 vê-se as faixas que as diferenças se mantêm, sendo próximo a 4dB no aparelho da Apple e 9dB no Galaxy J7

Gráfico 2. Diferença Absoluta



Para que fosse possível escrever as equações de correção para os resultados apresentados pelos smartphones, fez-se necessário apresentar um gráfico para cada aparelho (Gráficos 3 e 4) confrontando o respectivo valor de amostra com o valor apresentado pelo DOS-600.

Gráfico 3. DOS-600 vs iPhone 6S

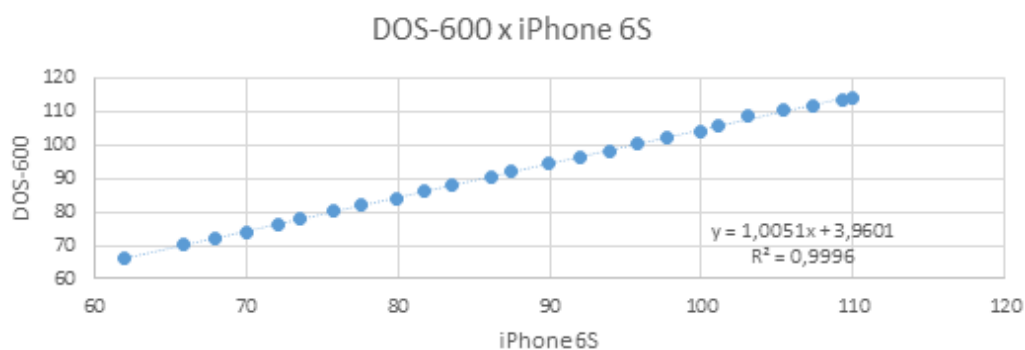
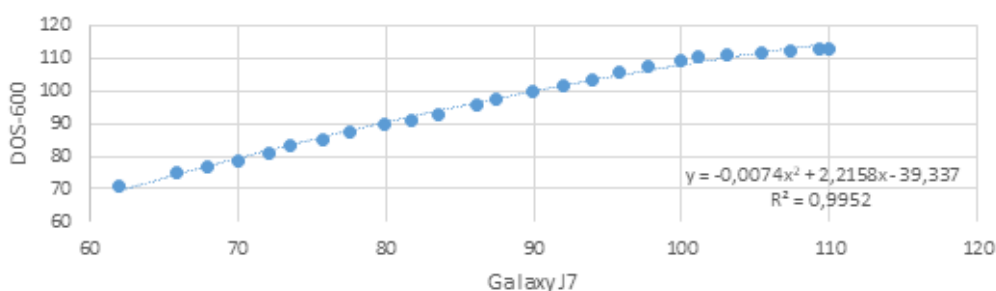


Gráfico 4. DOS-600 vs Galaxy J7

DOS-600 x Galaxy J7



A partir dos gráficos gerados, foi possível, através do Microsoft Office Excel, gerar as linhas de tendência. Dentro do software é possível gerar linhas de tendência exponencial, linear, logarítmica, polinomial até 6ª ordem e de potência. A Tabela 4 apresenta os coeficientes de determinação (R^2) encontrados nos confrontos entre dosímetro e aparelho. Ao se analisar os coeficientes de determinação, apesar de se ter melhores coeficientes, foi escolhido, para o iPhone 6S, a linear e, para o Samsung J7, a polinomial de ordem 2 pois ambas apresentam confiabilidade acima dos 99% combinado com a facilidade de aplicação.

Tabela 4. Coeficientes de determinação (R^2)

Linha de Tendência	R^2	
	iPhone 6S	Galaxy J7
Exponencial	0,9941	0,9722
Linear	0,9996	0,9846
Logarítmica	0,9941	0,9935
Polinomial ordem 2	0,9996	0,9952
Polinomial ordem 3	0,9996	0,9988
Polinomial ordem 4	0,9997	0,9994
Polinomial ordem 5	0,9997	0,9995
Polinomial ordem 6	0,9997	0,9996
Potência	0,9997	0,9898

Sendo assim, para o iPhone 6S tem-se:

$$y = 1,0051x + 3,9601 \quad (2)$$

E para o Galaxy J7 tem-se:

$$y = -0,0074x^2 + 2,2158x - 39,337 \quad (3)$$

Onde x é o valor apresentado pelo aplicativo e y o valor referente medido no dosímetro.

Assim, com a aplicação destas equações, é possível o usuário criar dos celulares e aplicativos terem uma relação confiável entre a leitura destes 2 aparelhos smartfone e o dosímetro DOS-600, auxiliando o usuário na rápida tomada de decisão para o uso do EPI enquanto uma medição oficial não pode ser feita.

É importante salientar que esta medição com os smartphones não substitui a necessidade de uma medição com um instrumento adequado dentro dos parâmetros já determinados pela legislação NR-15 e NHO-01 para que um PPRA de ruído seja corretamente elaborado. Trata-se apenas de uma linha auxiliar para que empresas menos favorecidas economicamente possam ter uma ideia qualitativa do risco e tomar uma ação preventiva até que a medição oficial possa ser realizada.

5. Considerações finais

Neste trabalho foi possível observar que, mesmo que os aparelhos não apresentem os valores reais de ruído, o crescimento das amostras foi proporcional fazendo com que a faixa de aplicação dos aparelhos seja quase total para uma análise qualitativa. Pôde-se ver também que as curvas de tendências, por serem polinomiais de primeira e segunda ordem, são de fácil aplicação e apresentaram índices de baixo erro, facilitando, mais uma vez, a análise de ruídos mesmo sem utilizar um dosímetro.

Os resultados mostram que é possível utilizar qualquer um dos dois aparelhos como primeira avaliação do ambiente de trabalho, quanto a necessidade, ou não de EPI. Os resultados demonstraram que o aparelho da Apple se saiu melhor, quanto a proximidade dos valores reais e também na manutenção da diferença das medidas próximas a média, facilitando a conversão de valores.

Referências

AGENA. ARS – **NRRsf**. Disponível em: <<https://www.agenaepi.com.br/produtos>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

APPLE. **iPhone 6S**. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/shop/buyiphone/iphone6s>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho. **Decreto-Lei nº 5.442**, de 01 de maio 1943.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho**. Portaria nº1339/GM de 18 de novembro de 1999. 2ª edição. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº15, NR-15**. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978.

BRASIL, Tribunal Superior do Trabalho. **Assuntos Mais Recorrentes na Justiça do Trabalho**. Ocorrência Ouvidoria nº 274905/2018. Brasília: CESTP, 2018.

CABRAL, L. T.; AZEVEDO, R. R.; SILVA, R. R. **Sons e Ruídos**. Belém: IESAM, s. d.

CALIXTO, A. **Vibração, som e luz. Conceitos fundamentais**. Curitiba: UFPR, s. d.

FECAMP; SEBRAE. **Texto para Discussão 5 - Segurança e saúde do trabalhador nas MPE's: diagnóstico e proposta para a constituição de "Serviços Coletivos de Segurança e Saúde no Trabalho"**. Campinas: CESIT, 2004.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1986. Nova edição revista e ampliada.

FINOCCHIO, M. A. F. **Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – Legislação e Normas Técnicas: Laudo Pericial de Insalubridade e Periculosidade**. Cornélio Procópio: UTFPR, 2017.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional, NHO-01**. 2001.

INTRUSTHERM. **DOS-600**. Disponível em: <<https://www.instrutherm.net.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

MEDEIROS, L. B. **Ruído: Efeitos extra-auditivos no corpo humano**. Porto Alegre: CEFAC, 1999.

SAMSUNG. **Galaxy J7 Duo**. Disponível em: <<https://www.samsung.com/br/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SONY. **MHC-GTX787**. Disponível em: <<https://esupport.sony.com/>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

WEBINFORMADO. **Smartphones mais vendidos em 2017 no Brasil e no mundo**. Webinformado. 26, set. 2017.

WETERMAN, D.; NERIS, F. Ações trabalhistas crescem e TST prevê 3 milhões de processos em 2016. **Estadão**. 10, maio 2016.