



ADRIANO FERREIRA LOPES DA CRUZ

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE CÂMERA ACÚSTICA
EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS QUE PROCESSAM
CAFÉ E LEITE**

LAVRAS – MG

2023

ADRIANO FERREIRA LOPES DA CRUZ

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE CÂMERA ACÚSTICA EM INDÚSTRIAS
BRASILEIRAS QUE PROCESSAM CAFÉ E LEITE**

Monografia apresentada ao Departamento de
Ciência dos Alimentos da Universidade
Federal de Lavras como parte das exigências
do curso de Engenharia de Alimentos, para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
de Alimentos.

Professor Roney Alves da Rocha
Orientador

LAVRAS – MG

2023

ADRIANO FERREIRA LOPES DA CRUZ

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE CÂMERA ACÚSTICA EM INDÚSTRIAS
BRASILEIRAS QUE PROCESSAM CAFÉ E LEITE**

**POTENTIAL OF USE OF ACOUSTIC CAMERA IN BRAZILIAN
INDUSTRIES THAT PROCESS COFFEE AND MILK**

Monografia apresentada ao Departamento de
Ciência dos Alimentos da Universidade
Federal de Lavras como parte das exigências
do curso de Engenharia de Alimentos, para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
de Alimentos.

Aprovada em: 4 de dezembro de 2023

Clara Mariana Gonçalves Lima, M.Sc

Hugo Leonardo André Genier, M.Sc

Paula Giarolla Silveira, M.Sc

Prof Roney Alves da Rocha

Orientador

LAVRAS – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente dou graças a Deus por sempre estar abençoando minha vida, meu caminho e minhas escolhas. Todos os desafios que passei durante em minha graduação foi um aprendizado que o Senhor me determinou para eu poder tirar uma lição.

Sou grato a universidade federal de Lavras (UFLA), por ter me proporcionado todo ensinamento, todas as oportunidades e experiências que passei. Sou natural de Lavras e sempre foi um sonho poder estudar na UFLA, e hoje além de estudar estou concluindo meus estudos, serei eternamente grato por tudo. Não por menos sou grato ao departamento de ciências dos alimentos (DCA). Um departamento incrível e completo, tudo que precisei eu encontrei no departamento e quando não encontrava os profissionais dele me mostrava o caminho.

Sou grato ao amigo e professor Roney Alves da Rocha. Antes mesmo dele aceitar ser meu orientador já tínhamos criado uma amizade durante as aulas, sempre conversamos bastante de assuntos de tecnologia (assunto que ambos têm grande afinidade), sou grato também de uma dica que o senhor me deu em um dia que apresentei um seminário sobre sensores sonoros dentro das indústrias e associou a uma reunião de empresa. Levo esse dia até hoje comigo. Sou grato por toda paciência e dedicação para me auxiliar com o trabalho de conclusão de curso (TCC).

Por fim, mas não menos importante sou grato aos meus familiares. Primeiramente a minha mãe por ser uma mulher que sempre batalhou para que nunca faltasse nada para nós dentro de casa e sempre dizia “o que eu posso te dar é isso, só peço de você um diploma da UFLA”. E esse dia ta chegando mãe, o dia que irei te dar o que sempre pediu. Muito obrigado por tanto, serei eternamente grato a senhora. Agradeço aos meus tios Alexandre, Alessandra e Andreisa. Por sempre me apoiarem e ajudar com todas as necessidades que tive desde pequeno e durante minha graduação. Sempre orarei pelas vidas de vocês, agradeço por tudo.

Serei sempre grato aos meus avós, por serem esses segundos pais que os avós são. Minha vó que sempre me dava bronca por saber que eu não estava estudando e sim enrolando por aí. E ao meu avô por ser esse “chefão” da família e estar sempre nos apoiando e defendendo. Agradeço a minha noiva e futura esposa Maria Luísa, por sempre estar ao meu lado me apoiando em minhas decisões, mesmo sabendo que a escolha não é boa ela me apoiava e se desse errado ela falava “pelo menos você tentou uai, agora é fazer outra coisa”.

E para finalizar eu agradeço a duas pessoas que não estão mais entre nós, mas, sei que de onde estiver estão morrendo de orgulho. É a Dagmar Lopes (tia preta) e a Elizabeth Lopes (tia Beth). A tia Beth sempre falava que eu ia conseguir passar no vestibular e ela ainda me via entrando na UFLA, mas infelizmente ela partiu antes de sair o resultado. E a tia preta me viu entrando e me acompanhou um pouco durante minha graduação e ela dizia “drico vou la ver você pegar esse diploma ainda”, mas infelizmente ela partiu no meio da minha graduação. Sei que vocês duas estão descansando em paz e sou grato por todo momento que estivemos juntos aqui na Terra.

Obrigado a todos por tudo que fizeram e ainda fazem por mim, meu eterno obrigado.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma revisão de literatura sobre um aparelho que é a câmera acústica. Criada na Alemanha no início do século XXI esse equipamento tem como função a captação de ruídos e vibrações conseguindo localizar com uma exatidão o local onde está emitindo esse som. Através de vários microfones acoplados no dispositivo ele capta os sons e por meio de um *software* interno faz a conversão do som em imagem que é mostrado no painel do aparelho por meio de um mapa de calor, indo da escala da cor mais clara para a mais escura (vermelha), do local com menos emissão de ruídos para o com mais emissão de ruídos, respectivamente. A câmera acústica vem sendo utilizada dentro de indústria de automóveis, aeronáuticas, construções civis, indústrias de materiais pesados, vazamento de ar em tubulações etc. Assim, esse trabalho abordou a possibilidade de aplicação da câmera na indústria alimentícia, mostrando os pontos fortes e fracos do aparelho, para avaliar a viabilidade de uso na indústria de laticínios e de processamento do café. Além disso, estudou-se o tema em questão sob vários pontos de vista, a saber: disponibilidade de aparelhos semelhantes no mercado; avaliação de profissionais experientes no uso da câmera nos mais diversos ambientes; potencial prejuízo à saúde dos trabalhadores envolvidos.

Palavras-chave: Análise de som, investimento, mapa de calor, qualidade, segurança.

ABSTRACT

This work presents a literature review on a device that is an acoustic camera. Created in Germany at the beginning of the 21st century, this equipment has the function of capturing noise and vibrations, being able to accurately locate the place where this sound is emitting. Through several microphones attached to the device, it captures sounds and, through internal software, converts the sound into an image that is shown on the device panel through a heat map, going from the lightest color scale to the lightest dark (red), from the place with less noise emission to the one with more noise emission respectively. The acoustic camera has been used in the automobile industry, aeronautics, civil construction, heavy materials, air leakage in pipes etc. thus, this work addressed the possibility of applying the camera in the food industry, showing the strengths and weaknesses of the device, to evaluate the feasibility of use in the dairy and coffee processing industry. Furthermore, the topic in question was studied from several points of view, namely: availability of similar devices on the market; evaluations by experienced professionals in using the camera in the most diverse environments; potential harm to the health of the Workers involved.

Keywords: Heat map, investment, quality, safety and sound analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem obtida de uma câmera acústica quando aplicada para identificação de ruídos.....	13
Figura 2: Ficha técnica do dispositivo Câmera de som portátil Mikado	14
Figura 3: Ficha técnica do dispositivo Câmera de som portátil Mikado	15
Figura 4: Ficha técnica do dispositivo Octógono câmera de som	17
Figura 5: Ficha técnica do dispositivo Octógono câmera de som	18
Figura 6: Aplicação do dispositivo em uma sala com ruído e o dispositivo localizando o ruído mais intenso.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivo específico	11
3 MATERIAL E MÉTODO	12
3.1 Material	12
3.2 Métodos	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Câmera acústica	13
4.1.1 Definição	13
4.1.2 Estruturas e modelos	14
4.2 Aplicações em geral da câmera acústica	20
4.3 Possíveis aplicações nas indústrias alimentícias	21
4.3.1 Possíveis aplicações em laticínios	22
4.3.2 Possíveis aplicações em indústrias produtoras de cafés	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Vantagens	23
4.2 Desvantagens	23
6 CONCLUSÃO	25
7 REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversas ferramentas no mercado voltadas para manutenção de maquinário e equipamentos pesados, desde um simples dispositivo até um robô de última geração com *software* integrado com inúmeros sensores que trabalha praticamente autônomo.

É impossível desligar os ouvidos, no máximo conseguir ignorar os sons indesejados, mas não conseguimos ignorar ruídos que são intensos e constantes. O conceito de ruído é, portanto, muito subjetivo, mas o fato de o ruído poder fazer adoecer nós seres humanos é uma questão de fato científico. O corpo e a psique de uma pessoa sofrem quando são expostas permanentemente ao ruído (Michael Vogel, 2021).

Quantas vezes no nosso dia a dia já ouvimos a expressão “nossa você viu que barulhão” quando está vindo aquela chuva bem forte e escutamos trovoadas, ou então “você está vendo o barulho que isso está fazendo” quando tem algo em nossa casa que está estragando ou mesmo o vizinho do andar de cima deixa cair algo no chão. Na hora nos já pensamos que essas frases estão erradas, pois não conseguimos ver o som. Mas nesse trabalho você verá que sim, é possível ver o som e é uma técnica muito utilizada nos dias de hoje.

O presente trabalho se trata de uma revisão de literatura onde irá abordar o assunto de um equipamento de prevenção e correção dentro de diferentes segmentos de indústrias, construções civis, tubulações, entre outros locais. O equipamento se trata de uma câmera acústica que basicamente é um dispositivo que capta sons de todos os locais, e através de um *software* mostra por meio de um mapa de calor onde o som é mais intenso para o de menor intensidade. Fazendo com que é possível localizar a fonte desse som que está perturbando e trazendo risco para as pessoas no local.

Analisando por outro lado, as câmeras acústicas não são utilizadas apenas para medir a emissão externa de produtos, mas também para melhorar o conforto dentro de um local, como por exemplo cabines de automóveis ou um laboratório interno de uma indústria (Andy Meyer e Dirk Döbler, 2006).

Portanto, esse trabalho tem como objetivo trazer um conhecimento teórico sobre esse equipamento, suas aplicações e possíveis aplicações no segmento alimentício.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Fazer uma revisão de literatura sobre a aplicações da câmera acústica no cenário industrial.

2.2 Objetivo específico

Estudar o potencial de utilização da câmera acústica nas indústrias que processam café e leite.

Consultar sites, Google academico, fornecedores, videos na internet em plataformas de videos sobre o funcionamento da câmera acústica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Para a realização deste trabalho de conclusão de curso foi utilizado um notebook da marca Acer, modelo Aspire 5. Das características: Windows 10, processador Intel core i5 10210U CPU de 1.60 GHz a 2.11 GHz. Memória Ram de 8,00 GB. Seu sistema operacional de 64 bits. Tela de 15,6" LED Full HD (1920x1080).

3.2 Métodos

As pesquisas bibliográficas foram realizadas em sites de pesquisas como: Google acadêmico, revistas de engenharias, catálogos de fornecedores, vídeos em plataformas de reprodução de vídeos. Para a busca pelo conteúdo foi utilizado as palavras-chave: “ câmara acústica”, “sound camera”, “câmera de imagem sonora”, “câmera por mapa de calor”.

A partir do material reunido foi feita uma leitura e entendimento para a seleção de informações específicas levando em consideração a objetividade da abordagem para o contexto do presente trabalho e priorizando afirmações mais atualizadas. Por fim foi realizada a escrita às devidas referências.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Câmera acústica

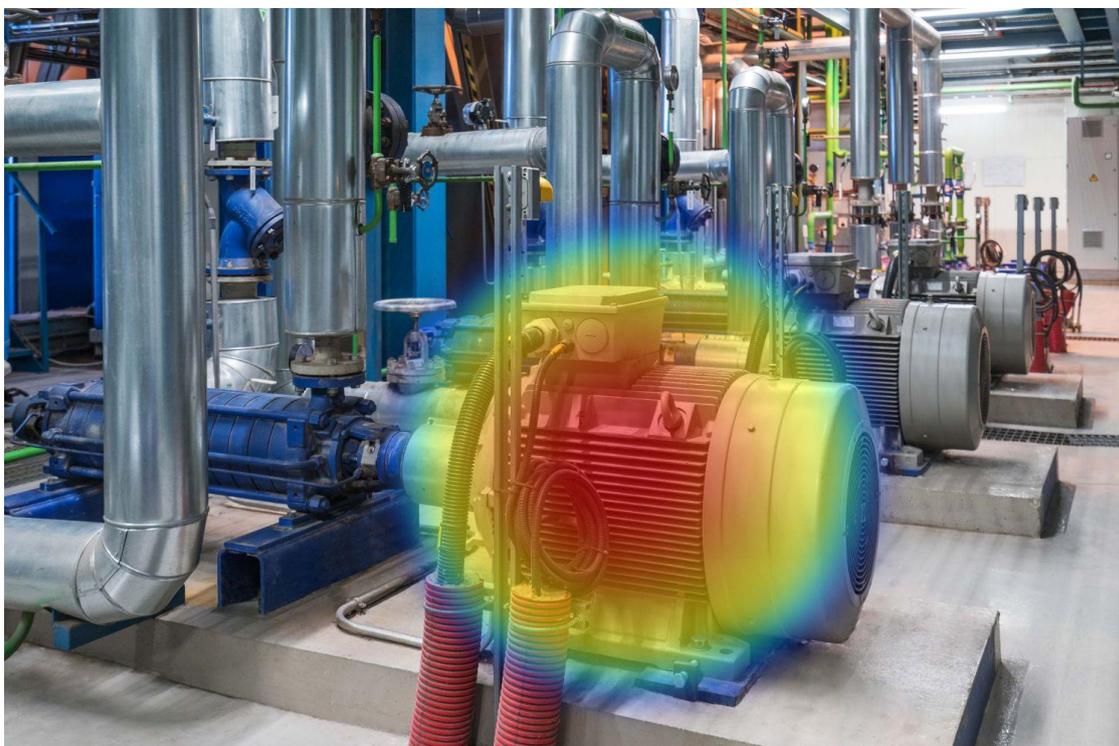
4.1.1 Definição

As câmeras acústicas ou câmeras de imagem acústica como são conhecidas no mercado, são verdadeiros trunfos para ser usadas pelas equipes de manutenção e segurança do trabalho das empresas. O equipamento é composto por microfones integrados que captam ruídos ultrassônicos e por meio de uma câmera digital, criam instantaneamente uma imagem na tela do equipamento (ATM Brasil, 2023).

Segundo Ilja Richter (2021), cada dia é um “dia contra o ruído”. Ele é especialista em emissões de ruídos na DEKRA e usa uma câmera acústica como instrumento de trabalho para rastrear as causas de ruídos e vazamentos de equipamentos industriais. “com os dispositivos usuais de medição, voce só pode registrar a soma das fontes sonoras em um determinado local. Você sabe o quão alto é, mas não necessariamente quais são as fontes relevantes que estão causando.”

Explica Richter (2021), “a câmera acústica, por outro lado torna as fontes visíveis nas imagens.” Ele usa um conjunto de três placas, cada uma com 128 microfones, para capturar qualquer tipo de ruído, que é então codificado por cores sobreposto à imagem óptica: as áreas particularmente com mais intensidade de barulho são vermelhas, enquanto as mais silenciosas são azuis. Isto se assemelha com uma câmera de imagem térmica. Como mostra na Figura 1, é a visão que se tem quando o equipamento é apontado para o maquinário que está emitindo um ruído intenso.

Figura 1: Imagem obtida de uma câmera acústica quando aplicada para identificação de ruídos.



Fonte: Dekra Solutions (2019)

4.1.2 Estruturas e modelos

Existem vários modelos de diferentes fornecedores hoje no mercado de câmera acústica, falando um em específico, a empresa pioneira nesse equipamento grupo Gfai tech (sociedade para o Avanço da Ciência de Computação Aplicada), com sede em Berlin na Alemanha, tendo seu primeiro lançamento de câmeras acústicas em 2001. Trás hoje seus dois últimos lançamentos, que são a “Câmera de som portátil Mikado” e a “Octógono da câmera de som”(Gfai tech, c2023)

Corfome o catálogo do fornecedor Gfai tech (2023) à Câmera de som portátil Mikado é composta por: “Conjunto de microfones, aquisição de dados e tablet com *software* Noiselmage Mobile.” “O dispositivo é móvel e sem fio, que permite utilizar em diferentes posições e ângulos de medição.” Falando sobre a estrutura do equipamento, no catálogo informa que são “96 canais de microfones digital que são processados com até 24 kHz. A bateria de íons de lítio intercambiável e o tablet Surface Pro, torna o dispositivo totalmente autônomo. E sua superfície de distribuição dos microfones é de 35cm de diâmetro com um peso total de 3,4 kg incluindo bateria.”

Segue abaixo as Figuras 2 e 3, que mostram a ficha técnica da câmera de som

Mikado em inglês . (Gfai tech, c2023).

Figura 2: Ficha técnica do dispositivo Câmera de som portátil Mikado.



NOISE | VIBRATION | EXCELLENCE



Soundcam Mikado

Handheld Acoustic Camera for Troubleshooting Noise and Vibration Problems



BENEFITS

- All-in-one Acoustic Camera
- 3D scanning and beamforming (DynaBeam)
- 100 % autonomous due to rechargeable Bosch batteries (available worldwide)
- Completely flexible during measurement
- Use as handheld or mounted on a tripod
- For beginners and experts

APPLICATIONS

- Troubleshooting noise and vibration problems
- Quality management of products and components
- Leakage detection
- Research & development
- Close-up measurements in aerospace, automotive, electronics and appliances, education and research

The Mikado is the perfect solution for troubleshooting noise and vibration problems. The fully mobile device enables measurement from nearly any location.

As a complete package consisting of a microphone array, data recorder, and Microsoft® Surface Pro with NoiseImage Mobile software. The Mikado includes all components needed for quick and efficient acoustic measurements and analyses.

Data recording and basic analyses in both the frequency and time domains are possible directly on the device. Features such as the touch screen and manual trigger button ensure fast and easy operation. The Mikado can also be easily connected to your workstation for more in-depth analyses with the software NoiseImage Pro.

The array comes with an integrated Intel® RealSense™ depth camera which features Full HD resolution and the ability to record depth information.



Acoustic Camera Mikado set



Fonte: Gfai tech (2023)

Figura 3: Ficha técnica do dispositivo Câmera de som portátil Mikado.

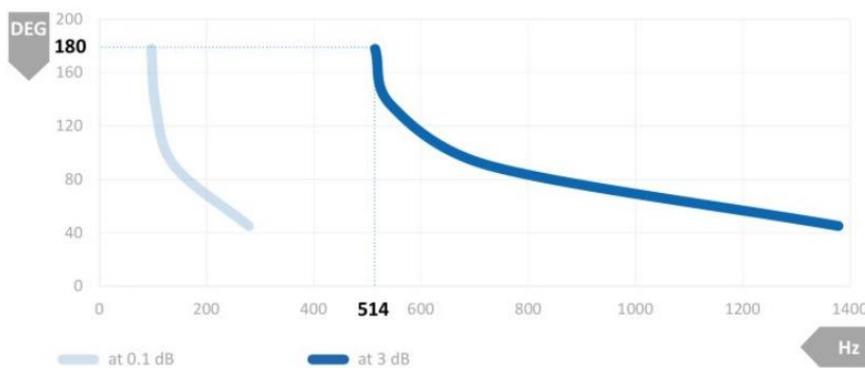


TECHNICAL DATA

Soundcam Mikado

SIZE AND WEIGHT	
Array-body dimensions	45 x 35 x 15 cm
Weight	1.7 kg (3.4 kg incl. battery and Microsoft® Surface)
FEATURES	
Video camera	Intel® RealSense™ Depth Camera D435 opening angle 77°
Resolution	1920 x 1080 (Full HD)
Sampling rate	48 kS/s
Additional channels	4 digital channels
OPERATING CONDITIONS	
Ingress protection code	IP20
Operating environment	0 °C – 35 °C (handheld operation) -10 °C – 45 °C (desktop operation)

MICROPHONE DATA (BY KNOWLES)	
Microphones	MEMS
Frequency response	10 Hz – 24 kHz 100 Hz – 5 kHz (< 0.5 dB) 100 Hz – 11 kHz (< 3 dB)
Max. sound pressure level	121 dB at 10 % THD
Noise level	30 dB(A)
Sensitivity (1 kHz, 94 dB SPL)	-26 dBFS
ARRAY DATA	
Channels	96
Recommended measurement distance	> 0.3 m (Beamforming) < 0.15 m (acoustic holography)
Acoustic mapping range	9 dB – 120 dB
Recommended mapping frequencies	514 Hz – 24 kHz (Beamforming) 30 Hz – 2 kHz with near field (acoustic holography)
Dynamic range*	15 dB – 27 dB, up to 50 dB with advanced algorithms



Calculation of the lowest frequency (Hz) at 180° opening angle (DEG)

* Distance to the source: 1 m; calculation points: 90.000

© gfai tech GmbH 10/2022

gfai tech GmbH
Volmerstraße 3,
12489 Berlin, Germany

www.gfai.tech.com
E-Mail: info@gfai.tech.de
Tel.: +49 (0)30 81 45 63-750



Fonte: Gfai tech (2023)

Outro modelo de equipamento é o Octógono da câmera de som, esse modelo já é focado para medições exigidas de maior precisão e de uma área maior segundo o fornecedor (Gfai tech 2023). Em seu catálogo de descrição ele cita que: “ O dispositivo é composto por 192 microfones, devido à densa distribuição dos microfones, são possíveis medições de formação de feixe e holografia, cobrindo uma faixa de frequência de 30 hz a 24 kHz.” Ele continua: “Seu peso é de 5 kg sem o tripé e cabos, da dimensão é de 90 cm de diâmetro tendo 12 canais digitais e 4 analógicos, com uma tela de resolução Full HD (1920x1080).”

Em seguida nas Fíguas 4 e 5 temos a ficha técnica da Octógono câmera de som em inglês. (Gfai tech, c2023).

Figura 4: Ficha técnica do dispositivo Octógono câmara de som.



Soundcam Octagon

All-in-One Soundcam for Demanding Measurements



BENEFITS

- All-in-one Acoustic Camera
- Extremely high acoustic dynamic
- Excellent holography results due to high microphone density
- Interface for 12 digital and 4 analog channels
- Acoustically transparent

APPLICATIONS

- Detailed acoustic analysis of products and components
- Detection of masked sources
- Leakage detection for buildings and pipes
- Correlation measurements order analysis of rotating parts

The Octagon system is the perfect solution for challenging measurements. 192 microphones in an acoustically transparent frame guarantee high accuracy with the highest dynamic. Due to the dense microphone distribution, beamforming as well as holography measurements are possible – covering a frequency range from 30 to 24.000 Hz.

The integrated data acquisition makes it a handy system with no set-up time. 12 digital and 4 analog channels can be directly connected to the Octagon for your additional sensors. The array comes with an integrated Intel® RealSense™ depth camera which features Full HD resolution and recording 3D data.

The fiber-carbon construction makes the Octagon stable and light at the same time, integrated handles allow for easy transport. All these features make the Octagon the perfect system for a wide range of applications in R&D, quality assurance, maintenance or environmental acoustics.



The Octagon can be placed on the ground or on a tripod



www.gfai.tech.com

Datasheet

Figura 5: Ficha técnica do dispositivo Octógono câmara de som.

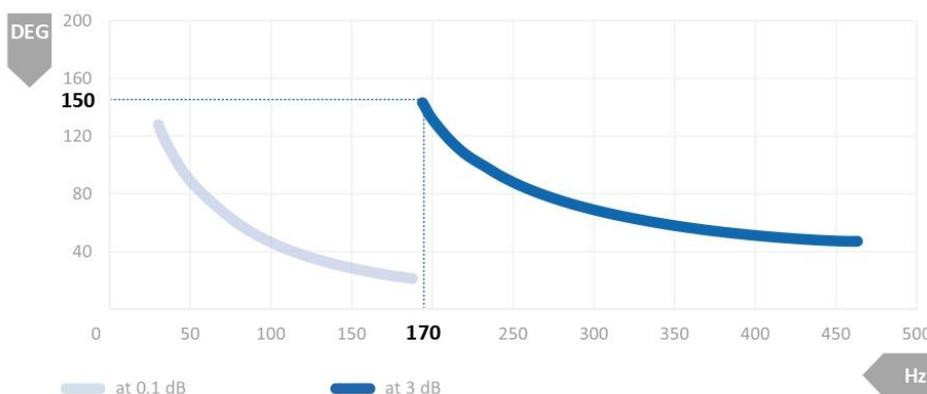


TECHNICAL DATA

Soundcam Octagon

SIZE AND WEIGHT	
Array-body dimensions	90 x 82 x 19 cm (H x W x D)
Weight	5 kg (without tripod, cable)
FEATURES	
Video camera	Intel® RealSense™ Depth Camera D435 opening angle 77°
Resolution	1920 x 1080 (Full HD)
Sampling rate	microphones: 24 kHz and 48 kHz digital: 48 – 6144 kHz IEPE: 24 – 192 kS/s (32 Bit)
Additional channels	12 digital channels 4 analog channels (each switchable dc or voltage-input)
OPERATING CONDITIONS	
Ingress protection code	IP20
Operating environment	0 °C – 40 °C

MICROPHONE DATA	
Microphones	Infineon XENSIV™ MEMS IM69D130
Frequency response	20 Hz – 24 kHz 100 Hz – 10 kHz (< 0.5 dB) 28 Hz – 20 kHz (< 3 dB)
Max. sound pressure level	125 dB at 10 % THD
Noise level	25 dB(A)
Sensitivity	-36 dBFS (1 kHz, 94 dB SPL)
ARRAY DATA	
Channels	192
Recommended measurement distance	> 0.5 m (beamforming) < 0.15 m (acoustic holography)
Acoustic mapping range	9 dB – 120 dB
Recommended mapping frequencies	170 Hz – 24 kHz (beamforming) 30 Hz – 2 kHz with near field (acoustic holography)
Dynamic range*	15 dB – 27 dB, up to 50 dB with advanced algorithms



Calculation of the lowest frequency (Hz) at 180° opening angle (DEG)

* Distance to the source: 1 m; calculation points: 90.000

Octagon_Datasheet_V03.0.0_04-23

gfai tech GmbH
Volmerstraße 3,
12489 Berlin, Germany

www.gfaitech.com
E-Mail: info@gfaitech.de
Tel.: +49 (0)30 81 45 63-750



4.2 Aplicações em geral da câmera acústica

Segundo a GROM (2023) empresa de engenharia, especializada em acústica e vibrações. Representante nacional dos equipamentos do grupo Gfai tech. As aplicações podem ser usadas em diversos ambientes diferentes, como: Ruídos automotivos, controle de qualidade, ruído ambiental/industrial, construções civis, segurança de trabalhadores e identificação de fontes sonoras em geral.

Esses equipamentos detectam problemas antes mesmo que eles se tornem inconvenientes, prevenindo vazamentos em linhas de ar comprimido, gás encanado, quebra ou danificação interna de equipamentos; que podem resultar em baixo rendimento dos maquinários ou até em acidentes graves. Outra possível identificação é em fudas de corrente em linhas de alta tensão, permitindo correções rápidas e evitando o consumo excessivo de energia. (ATM Brasil, 2023).

Nas indústrias, a câmera acústica mostra-se uma ferramenta indispensável para identificar e resolver diversos problemas. A identificação de vazamentos em tubulações e a detecção de ruídos em equipamentos industriais é fundamental para reduzir o tempo gasto com paradas de máquina e manutenções corretivas, aumentando assim a eficiência da linha de produção. (MMC Lab, c2023).

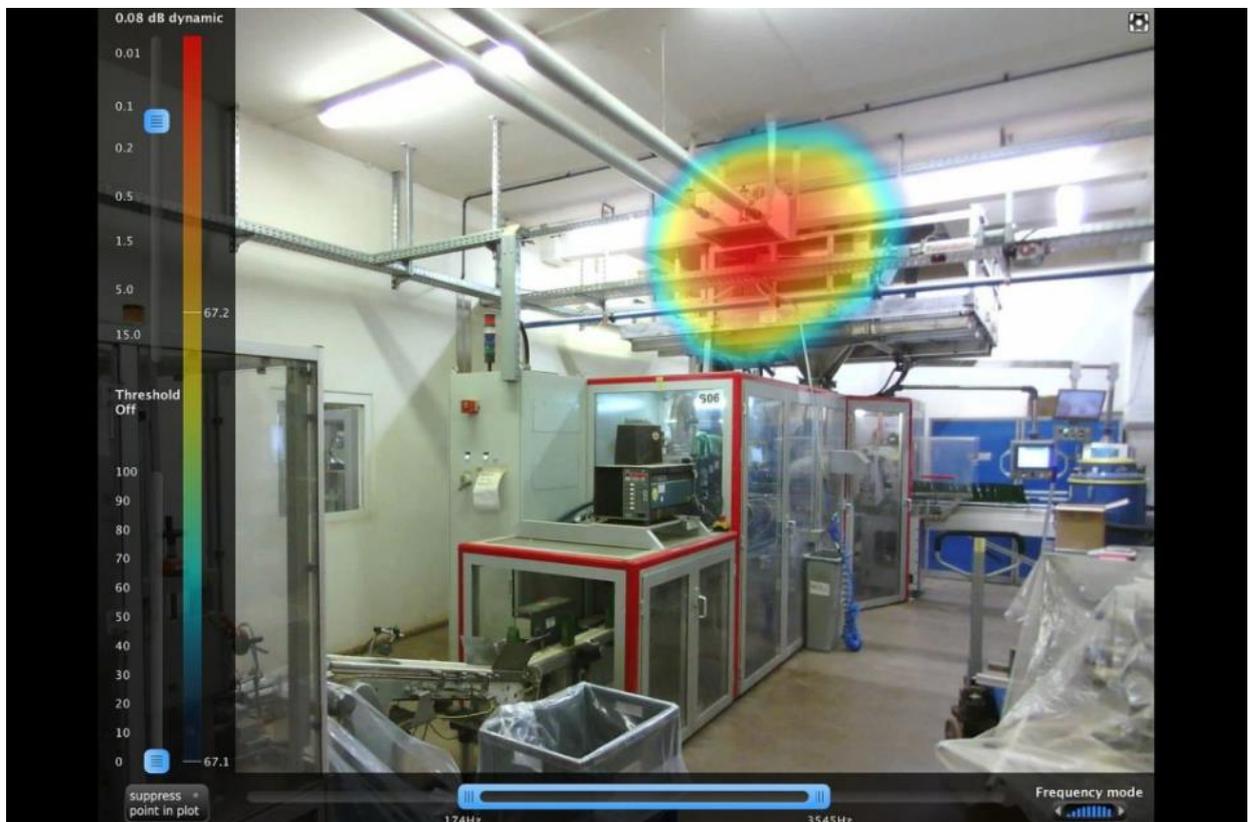
Em relação à segurança dos colaboradores, o equipamento é um aliado para identificação e avaliação de fontes de ruídos excessivos nos locais de trabalho. Ao fazer o mapeamento das áreas com maior exposição ao ruído, as empresa podem implementar medidas de proteção e prevenção, gratindo a saúde auditiva dos trabalhadores. (MMC Lab, c2023).

Falando de uma aplicação prática. Segundo Ilja Richter (2021) os trabalhadores de uma empresa de processamento de chapas metálicas em Lower Saxony (estado da Alemanha) foram expostos a ruído extremo, Mais precisamente, ao som estridente de assobio em um enorme galpão. Richter prestou serviço ao local com objetivo de descobrir qual máquina era a fonte e o que estava causando isso. “A fonte acabou sendo uma máquina para cortar chapas”.

Conforme Richter (2021) que uma máquina enorme: cortava chapas que eram desenroladas em rolos de um metro de largura e dois metros de espessura. Para fazer o corte, usou vácuo para sugar a chapa desenrolada para um tambor giratório. “Com imagens detalhadas da câmera e o desenho do projeto do fabricante da máquina, consegui identificar partes da suspensão do eixo como a fonte do ruído”, Richter continua contado que “a turbulência do ar em um local específico dentro do tambor estava causando o apito estridente.” A empresa solicitou aos técnicos do fabricante da máquina para irem e com o auxilio da câmera acústica solucionar o problema dos ruídos.

Outra aplicação de eficiência do dispositivo é a localização de ruído intenso em um local onde há mais ruído de intensidade considerável. Segundo Richter (2019) “Você é sensibilizado e ouve de maneira diferente das outras pessoas”, diz o ele que é um especialista no ramo da audição há mais de 25 anos. Ele conta que em um de seus trabalhos foi necessário utilizar o equipamento para localizar um ruído em local onde tinha muito ruído. “Esse foi o caso, por exemplo, quando foi necessário encontrar as máquinas mais barulhentas em uma área de produção com máquinas de embalagem para proteger os funcionários do ruído”. A Figura 6 mostra a utilização da câmera acústica na sala de produção com muitos ruídos e ela localizando o ruído mais intenso.

Figura 6: Aplicação do dispositivo em uma sala com ruído e o dispositivo localizando o ruído mais intenso.



Fonte: Dekra Solutions (2019)

4.3 Possíveis aplicações nas indústrias alimentícias

Trazendo um pouco do tema para a realidade das indústrias alimentícias, a utilização do equipamento para o PCM (planejamento e controle de manutenção) pode ser de extrema importância. Sabemos muito bem que interromper um processo de produção de alimento pode ser muito prejudicial, podendo acontecer com que perca

todo insumo ali utilizado, fazendo assim virar um possível descarte e prejuízo para empresa. Para isso a solução e a prevenção de um problema futuro de manutenção têm que ser rápidas e eficientes.

O aparelho tem a função de localizar ruídos e/ou vibrações fora do comum vindo de um maquinário, podendo ser utilizado de diferentes formas. No caso de indústrias alimentícias pode ser usado para sua função principal de prevenção e manutenção de dos maquinários, mas também pode ser utilizado para localização de algum corpo estranho no meio do processo de produção do alimento. Os consumidores não irão querer encontrar um corpo estranho no meio de uma caixa de leite por exemplo.

4.3.1 Possíveis aplicações nos laticínios

A câmera acústica nos segmento laticínios poderá ser usada em tanques de resfriamos, em homogenizadores de leite e nos envazes. Nos tanques de resfriamentos com o objetivo de prevenção de algum vazamento do líquido refrigerante ou um gás comprimido que mantém a pressão desejada. Nos homogenizadores de leite com foco no cuidado com o equipamento para que nenhuma pá interna esteja danificada, amassada ou quebrada já que é uma máquina que funciona constantemente em alta velocidade emitindo ruídos e vibrações altas. E nas máquinas de envazes para que nenhuma peça interna esteja solta e/ou folgada correndo o risco de que essa pequena peça saia no envaze e fique dentro da embalagem sem a percepção do colaborador.

4.3.2 Possíveis aplicações nas indústrias produtoras de cafés

Para realização da produção de cafés, esse tipo de empresa conta com máquina de beneficiamento que faz a separação dos frutos, despolpas o mesmo e separa os grãos bons dos grãos com defeitos. Dentro da industria o café passa por duas etapas importantes: torra e moagem.

As etapas utilizam grandes máquinas para realizarem os processos, visto que a quantidade é de sacas e sacas por cada processo. Esses equipamentos por ocasionam ruídos de alta intensidade. Possível utilização da câmera acústica nesse segmento seria para prevenção/correção na manutenção. Os torradores são cilindros grandes que funcionam por um eixo central fazendo rotação e movimentando o café lá dentro fazendo uma alta vibração nas paredes do equipamento. Na moagem são varias lamina que o café passa para diminuir a granulometria, também por rotação interna de um eixo central. A possível utilização do dispositivo seria para prevenção de quebra de uma lamina que seria misturada no produto e empacotado sem a precepção do colaborador.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vantagens

Em relação à segurança ocupacional, a câmera acústica é uma aliada valiosa para identificar e avaliar fontes de ruídos excessivo em ambientes de trabalho. Ao mapear as áreas com maior exposição ao ruído, as empresas podem implementar medidas de proteção e prevenção, garantindo a saúde auditiva dos trabalhadores. (MMC Lab, c2023).

Deslocamento com o aparelho. Por serem portáteis e leves variando entre 1,4 kg e 5,0 kg, as câmeras acústicas são fáceis de serem usadas e transportadas para diferentes lugares não precisando de mais de um colaborador para essa função.

Faixa de frequência efetiva. Um dos primeiros recursos a considerar é a faixa de frequência da câmera. É de se imaginar que quanto maior a faixa mais fácil captar a variedade de sons. No entanto, na realidade, a faixa de frequência mais eficaz para detectar um vazamento de ar comprimido por exemplo é entre 20 e 30 kHz. Isso acontece porque a faixa de 20 a 30 kHz ajuda a distinguir os vazamentos de ar comprimido dos ruídos de fundo em uma fábrica. (Potencia portal, 2019).

Número ideal de microfones. Um microfone pode criar ruído próprio suficiente ao ponto de tornar impossível que o sistema detecte um vazamento de ar comprimido com um sinal de 16,5 kHz. Uma câmera acústica com 32 microfones seria capaz de detectar esse vazamento, mas a relação sinal ruído ainda é insuficiente para ouvir algo mais silencioso. Por outro lado, uma câmera com 124 microfones é capaz de captar o vazamento de 16,5 kHz e outro de 18,5 kHz, facilitando a detecção, localização e quantificação do pequeno vazamento. (Potencia portal, 2019).

5.2 Desvantagens

É possível citar o desempenho dos microfones. Como a frequência, há um ponto ideal para a quantidade de microfones contido no dispositivo. “Uma possível desvantagem de muitos microfones é que cada um exige uma capacidade de processamento para converter sinais de dados de áudio em imagens. Portanto, adicionar muitos microfones reduz a eficácia”. Segundo a Potencia portal(2019), continua dizendo que “ Alguns fabricantes equilibram esse fator reduzindo a resolução dos pixels da imagem acústica, ou pixels de “som”, mas isso afetará o desempenho geral da câmera”.

Uma das principais desvantagens é o alto preço do equipamento, em média no

mercado não se encontra com valor menor do que R\$ 100.000,00. Somente o valor do dispositivo, além disso será necessário investimento com curso para aprender a manusear o mesmo. Não é simplesmente apontar para algum lugar e ver algo bem colorido na tela, tem que saber interpretar corretamente os dados da análise. É necessário avaliar a extensão do problema, e isso exige conhecimentos multidisciplinares.

Esse equipamento não tem produção em território nacional, onde pode se tornar um grande problema caso o dispositivo necessite de calibração e/ou manutenção, visto que deverá ser enviado para algum laboratório de calibração fora do Brasil. Como os equipamentos não são nacionais, em suas compras o valor poderá ser taxado para entrar em nosso país.

Outro fator que deixa o equipamento menos atrativo é que o seu valor é praticamente o valor de um automóvel só que muito mais frágil, fazendo com que será muito improvável alguém utilizá-lo sem fazer um seguro, da mesma forma que um seguro para carros. Se acontece desse equipamento cair da mão do colaborador e não tiver seguro, será um prejuízo enorme para a empresa.

Em virtude de todo estudo realizado, conseguimos verificar a praticidade e eficiência da câmara acústica tanto visando praticidade e rapidez para uma manutenção preventiva e corretiva, como segurança dos trabalhadores. Esse equipamento poderá ajudar a dar um passo muito grande na evolução de nossas indústrias do setor alimentício no nosso país. Todos os seus pontos positivos faz com que o aparelho seja atrativo para as indústrias locais.

O equipamento objeto de estudo mostrou-se eficiente em seu funcionamento e será muito agregador para as indústrias, mas seus pontos negativos como: valor elevado, custo com manutenção e calibração já que não é produzido no Brasil, custo com treinamento, entre outros. Faz com que esse equipamento não seja um investimento ideal para esse momento do mercado. Pode-se utilizar alguma empresa terceirizada e especializada em ruídos e vibrações, para que as indústria não tenha um investimento alto com o dispositivo e o utilize poucas vezes (quando necessário).

Pelo estudo feito anteriormente, mostrou que o dispositivo é eficiente também para prevenção e manutenção da saúde auditiva dos colaboradores que estão expostos a ruídos intensos. Além disso a melhoria da eficiência das linhas de produção com as correções rápidas e diretas de maquinários que possam vir apresentar algum tipo de defeito.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDY MEYER, DIRK DÖBLER. **Localização da fonte de ruído no interior do carro usando matriz de microfones 3D**. 21 de nov. de 2006. Disponível em: < https://www.bebec.eu/fileadmin/bebec/downloads/bebec-2006/papers/BeBeC-2006-17_Meyer_Doebler.pdf> Acesso em 23 de nov. de 2023

ATM BRASIL. **Câmera de imagem acústica: como funciona e qual sua aplicação?** 12 de julho de 2023. Disponível em: < <https://atmbrasil.com.br/camera-de-imagem-acustica-como-funciona-e-qual-sua-aplicacao/>>. Acesso em 17 de nov de 2023.

DEKRA SOLUTIONS. **Ruído colorido**. 15 de nov. de 2019. Disponível em: < <https://www.dekra-solutions.com/2019/11/colored-noise/?lang=en>> Acesso em 21 de nov. de 2023.

GFAI TECH. **Câmera de som Mikado**. c2023. Disponível em: <<https://www.gfai.tech.com/products/acoustic-camera/handheld-soundcam-mikado>> Acesso em 20 de nov. de 2023

GFAI TECH. **Octógono câmera de som**. c2023. Disponível em: <<https://www.gfai.tech.com/products/acoustic-camera/all-in-one-soundcam-octagon>> Acesso em 20 de nov. de 2023

GROM. **GROM acústica & vibração. Produtos-Beamforming**. c2023. Disponível em: <https://www.grom.com.br/produtos/ruído_e_vibração/beamforming> Acesso em: 17 de nov. de 2023

MICHAEL VOGEL. **Câmeras acústicas: detetives de ruído em ação**. DEKRA Soluções, Inovação especial. 13 de out. de 2021. Disponível em: < <https://www.dekra-solutions.com/2021/10/noise-detectives-in-action/?lang=en#>> Acesso em 17 de nov. de 2023

MMC Lab. **E se pudessemos ver o som?** MMC Lab controle tecnológico. c2023. Disponível em: < <https://www.mmclab.com.br/e-se-pudessemos-ver-o-som-conheca-a-camera-acustica-soundcam-20>> Acesso em: 17 de nov. de 2023

POTENCIA PORTAL. **Escolha da câmera de imagens acústicas.** c2019. Disponível em: <<https://revistapotencia.com.br/portal-potencia/produtos/escolha-da-camera-de-imagens-acusticas/>> Acesso em 23 de nov. de 2023

RICHETER ILJA. **Câmeras acústicas: detetives de ruído em ação. DEKRA Soluções, Inovação especial.** 13 de out. de 2021. Disponível em: <<https://www.dekra-solutions.com/2021/10/noise-detectives-in-action/?lang=en#>> Acesso em 17 de nov. de 2023