

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS



FERNANDA FRÁGUAS QUEIROGA LIMA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PRESSÃO SONORA
CAUSADA POR TORRADOR DE CAFÉ.**

LAVRAS - MG

2021

FERNANDA FRÁGUAS QUEIROGA LIMA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PRESSÃO SONORA CAUSADA POR TORRADOR
DE CAFÉ.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

LAVRAS - MG

2021

FERNANDA FRÁGUAS QUEIROGA LIMA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PRESSÃO SONORA CAUSADA POR TORRADOR
DE CAFÉ.**

EVALUATION OF THE SOUND PRESSURE CAUSED BY A COFFE ROASTER

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Avaliado em: 14 de junho de 2021

Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato

Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

LAVRAS - MG

2021

AGRADECIMENTOS

À Deus e aos meus guias por tornarem tudo possível e colocarem boas pessoas em meus caminhos.

À toda minha família pela compreensão e motivação que sempre me ajudou a continuar, em especial à minha mãe, Lílian, por todo o apoio, incentivo e esforço para me proporcionar uma formação de qualidade, à minha irmã Mariana pela amizade e ajuda essencial durante essa caminhada, e à minha avó, Maria Aparecida, por acreditar de forma inabalável que eu iria conseguir e ser sempre meu porto seguro.

À Maya, minha maior companheira e melhor cãozinho do mundo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade por acreditar em mim e por sua disponibilidade, correções e ensinamentos.

À Universidade Federal de Lavras, todo o corpo docente, técnicos e demais funcionários que com um trabalho sério e comprometido foram fundamentais para a minha formação.

Agradeço ainda aos meus amigos pela paciência, apoio e dias de estudo.

Há muitas pessoas que durante esse período ajudaram nesse percurso, seja com conhecimentos ou uma palavra gentil, portanto, à todos que algum dia, de forma direta ou indireta, contribuíram nesse processo de formação acadêmica, muito obrigada.

RESUMO

A poluição sonora é um dos principais impactos enfrentados atualmente pois causa diversos problemas à saúde, como estresse, queda de rendimento nas atividades ocupacionais, dores de cabeça, insônia entre outros e no meio ambiente estudos relacionam o aumento do ruído com o afugentamento da fauna, prejudicando a agricultura pela diminuição na polinização e o controle biológico de pragas. Nos oceanos foi constatado a mudança de rota de baleias e golfinhos em locais com grande tráfego de embarcações.

Com isso, o controle da poluição sonora está sob gestão do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esse órgão criou resoluções definindo critérios e diretrizes para avaliação do impacto além de determinar o cumprimento de leis e normas relacionadas.

No presente trabalho foi determinado e avaliado os níveis de pressão sonora causadas por um torrador de café localizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Lavras. A aplicação da norma permitiu avaliar o enquadramento na legislação dos ruídos gerados.

Apesar de não ultrapassar os limites estabelecidos na NR 15 - Anexo 1, e portanto não se enquadrar como insalubre, a pressão sonora do local quando o torrador está em funcionamento também ultrapassa os níveis de conforto ambiental estabelecidos na NBR 10.152, o que pode causar prejuízos aos usuários do laboratório, portanto medidas de controle e mitigação foram propostas.

Palavras-chave: Ruído. Exposição Ocupacional. Mapeamento. Zona de ruído

ABSTRACT

Noise pollution is one of the main impacts currently faced because it causes several health problems, such as stress, drop in income, headaches, insomnia, among others and in the environment studies relate the increase in noise with the driving away of fauna, harming agriculture by decreasing pollination and biological pest control. In the oceans, the change in the route of whales and dolphins was observed in places with a large traffic of boats.

Thus, the control of noise pollution is under the responsibility of CONAMA. This body created resolutions defining criteria and guidelines for assessing the impact in addition to determining compliance with related laws and regulations.

In the present work, we determined and evaluated the sound pressure levels caused by a coffee roaster located at the Agricultural Products Processing Laboratory of the Federal University of Lavras. The application of the standard made it possible to assess the framing of the noise generated by the legislation.

Although it does not exceed the limits established in NR 15 - Annex 1, and therefore does not qualify as unhealthy, the sound pressure of the place when the roaster is in operation also exceeds the levels of environmental comfort established in NBR 10.152, which can cause losses to laboratory users, so control and mitigation measures have been proposed.

Key-Words: Noise. Occupational Exposure. Mapping. Noise Zone.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Definições	12
3.2 Propriedades Físicas dos Sons	12
3.3 Legislação	13
3.3.1 Norma de Higiene Ocupacional 01	13
3.3.2 Norma Regulamentadora 15 - NR 15	14
3.3.3 NBR 10.151	16
3.3.4 NBR10.152.....	16
3.3.5 CONAMA 001.....	18
3.3.6 CONAMA 002.....	18
3.3.7 Ruídos.....	18
3.3.8 Conforto Ambiental.....	19
3.3.9 Impactos da Poluição Sonora	19
3.3.10 – Controle de Ruído	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Materiais.....	21
4.2 Local	21
4.3 Método	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6 CONCLUSÃO	32
7 BIBLIOGRAFIA	33

1 INTRODUÇÃO

O som é um agente físico, composto de várias ondas que se sobrepõem e causam uma variação de pressão no ambiente. Para a propagação dessas ondas é necessário um meio físico, por exemplo o ar, porém não há deslocamento de massa, apenas de energia.

A poluição sonora é um dos principais impactos ambientais causados pelo homem, que com seus processos produtivos e estilo de vida atual pode afetar a saúde e o bem estar da população e a biota do entorno. Quando um som é considerado incômodo ou prejudicial ele é chamado de ruído.

Na saúde, estresse, depressão, insônia, dores de cabeça, cansaço, perda de memória e de atenção, taquicardia e queda de desempenho são alguns dos efeitos observados. Os efeitos nocivos da poluição sonora dependem do tempo de exposição, frequência do ruído (se intermitente ou de impacto), distância da fonte, amplitude das ondas (dB) e sensibilidade individual.

No meio ambiente diversos são os impactos provocados pela poluição sonora. Estudos relacionam o aumento no nível de ruídos com o afugentamento de espécies no ambiente. Na agricultura, por exemplo, a diminuição das abelhas, pássaros e demais insetos pode acarretar uma redução da produtividade da lavoura, seja pela baixa na polinização das plantas, seja pela redução na dispersão de sementes, ou ainda por prejudicar o controle biológico de pragas.

Com o aumento da poluição sonora nos oceanos e rios constatou-se a mudança nos hábitos de baleias, golfinhos e peixes em locais onde ocorreram aumento de rotas de embarcações, principalmente para os mamíferos marinhos que utilizam o som para reprodução e comunicação.

Os ruídos são divididos e caracterizados em ruído intermitente ou de impacto. São considerados ruídos de impacto aqueles com picos de energia de duração inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo. É avaliado em decibéis e o limite de tolerância para esse tipo de ruído é de 130 dB(A). Todo ruído que não seja de impacto é considerado ruído contínuo ou intermitente, inclusive aqueles gerados entre os picos de um ruído de impacto.

Como os problemas de ruído excessivo estão sujeitos ao controle ambiental é de responsabilidade do CONAMA a regulamentação e controle de atividades potencialmente poluidoras. CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), responsável por estabelecer normas e critérios para o licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras e estabelecer normas nacionais para controle da poluição.

O CONAMA criou a resolução CONAMA 001, especificando os critérios básicos e diretrizes para a avaliação do impacto causado. A mesma norma recomenda ainda o cumprimento das NBR 10.152, 10.151 e demais normas emitidas pelos órgãos responsáveis para garantir o controle e redução dos impactos causados.

Para atuar junto à população a CONAMA criou ainda a resolução 002, instituindo o programa "SILÊNCIO" que visa educar e conscientizar a população sobre os efeitos do ruído e capacitar as polícias militar e civil para atuarem no combate ao excesso da poluição sonora.

A FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo) é uma instituição de pesquisa sobre segurança, higiene e medicina do trabalho ligada ao ministério do trabalho. Foi criada em 1966 motivada pelos altos índices de acidente de trabalho que ocorriam na época. É de responsabilidade da FUNDACENTRO as leis e normas ocupacionais que visam o controle de ruídos no ambiente de trabalho. São elas:

- Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01): Referência para estabelecer critérios para avaliação da exposição da exposição ao ruído que implique risco de surdez.
- Norma Regulamentadora 15 (NR 15) e seus anexos: Responsável por determinar o tempo máximo que o trabalhador pode ser exposto a diversos níveis de pressão sonora.

As NBRs 10.151 e 10.152 também são utilizadas para o controle ocupacional do ruído já que tratam respectivamente dos procedimentos para medição do mesmo e níveis de conforto acústico nos mais diversos ambientes

Caso a pressão sonora não esteja de acordo com o predeterminado nas normas é possível mitigar o impacto fazendo adequações ao ambiente como o uso de materiais que possam absorver e isolar uma parte desse ruído.

No caso do objeto do nosso estudo, os trabalhadores que operam o Torrador de café, estão sujeitos a esses efeitos, sendo que será apresentado qual o nível de ruído a que estão expostos, se está de acordo com a legislação vigente, bem como os possíveis impactos econômico-sociais decorrentes do adoecimento e diminuição da produtividade.

O laboratório em estudo é utilizado para secagem e moagem de grãos de café e pesquisas dentro da Universidade Federal de Lavras, possuindo um torrador, situado em uma bancada abaixo da janela. Quando em uso, esse equipamento emite um grande nível de ruído e causa desconforto aos trabalhadores e estudantes após algum tempo de exposição.

O presente trabalho teve como objetivo a medição e o mapeamento do nível de pressão sonora gerado por um torrador de café e na apresentação de medidas de controle para mitigar os efeitos dessa fonte de poluição.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar e avaliar o nível de pressão sonora ambiental causada por um torrador de café, localizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os pontos de pressão sonora são mais intensos dentro dos limites do laboratório
- Mapear e identificar os pontos de pressão sonora mais intensos em diferentes alturas dentro do laboratório
- Comparar os limites de pressão sonora obtidos com os permitidos na legislação
- Propor medidas de controle caso haja níveis de pressão sonora acima do limite de tolerância permitida

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Definições

Alguns termos serão recorrentes no presente trabalho e estão determinados abaixo:

Critério de Referência: nível médio para o qual a exposição, por um período de 8 horas, corresponderá a uma dose de 100%. (FUNDACENTRO, 2001)

Limite de Exposição (LE)/ Limite de Tolerância (LT): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e entender uma conversação normal. (FUNDACENTRO, 2001)

Situação Acústica: cada parte do ciclo de exposição na qual o trabalhador está exposto a níveis de ruído considerados estáveis. (FUNDACENTRO, 2001)

Atividades ou Operações Insalubres: São consideradas insalubres atividades que estejam acima do limite de tolerância, comprovado por meio de laudo de inspeção do local. (Brasil, 1978)

Impacto Ambiental: Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetam direta ou indiretamente:

- A saúde, segurança e o bem estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- A qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986)

3.2 Propriedades Físicas dos Sons

Um som é composto de várias ondas que se sobrepõe e pode ser definido como uma variação da pressão do ambiente detectável pelo sistema auditivo. (Bistafa, 2018)

A onda sonora se propaga através de um meio sem que haja migração de partículas, por exemplo, ao se propagar no ar, as partículas de ar ao redor da fonte adquirem movimento vibratório em uma certa frequência causada pela fonte, que se transmite em cadeia para as partículas adjacentes por meio de choques. A velocidade que a onda sonora se propaga é da ordem de 340 ms^{-1} .

Na maior parte das situações, as ondas sonoras as quais somos expostos se comportam de forma esférica, o que significa que a pressão sonora apresenta a mesma fase na superfície esférica com centro na fonte sonora. Nesses casos a amplitude da onda esférica diminui com o aumento da distância da fonte.

A amplitude das ondas sonoras costuma ser expressa em decibel (dB), um dos motivos para adoção desse sistema foi tratar-se de uma unidade física igual a variação mínima do nível de pressão sonora detectável pelo sistema auditivo, ou seja, o limiar diferencial do nível de pressão sonora é de aproximadamente 1 dB. (Bistafa, 2018)

Quando duas ondas estão em fase, suas cristas estão alinhadas, ocasionando uma interferência construtiva e suas amplitudes são somadas causando, na prática, uma amplificação do volume.

Quando as ondas estão fora de fase, há interferência destrutiva, isto é, a crista de uma onda se alinha com o vale de outra onda e causa conseqüente subtração das amplitudes. Na prática, identifica-se esse fenômeno como um chiado.

3.3 Legislação

3.3.1 Norma de Higiene Ocupacional 01

Publicada em 1980, a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) atua como ferramenta para identificação de ruídos e tem como objetivo auxiliar no controle da exposição a esse agente de risco e na prevenção de doenças ocupacionais. Esta norma, que faz parte de uma série de Normas de Higiene Ocupacional (NHO's) elaboradas pela Coordenação de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO, é a referência para estabelecer os critérios para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído que implique risco potencial de surdez. É importante ressaltar que a NHO 01 não caracteriza as condições de conforto acústico.

A avaliação de exposição ao ruído leva em conta o critério de referência, que embasa os limites de exposição diária para 8 horas contínuas, de 85 dB(A). Também é levado em consideração o incremento de duplicação de dose (q) igual a três e o nível de limiar de integração de 80 dB(A). De acordo com a NHO 01 este é um incremento em decibéis que quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose ou a redução do tempo máximo permitido para a metade.

Por serem definidos por meio de conceitos e parâmetros técnico-científica os critérios definidos não são necessariamente equivalentes aos encontrados na Norma Regulamentadora 15

O conjunto de situações acústicas ao qual o trabalhador é submetido, em sequência definida, e que se repete de forma contínua durante a execução das atividades laborais recebe o nome de “Ciclo de Exposição” . (FUNDACENTRO, 2001)

3.3.2 Norma Regulamentadora 15 - NR 15

O controle de ruídos também é tratado na Norma Regulamentadora 15 (NR 15) – Atividades e Operações Insalubres – Anexo 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, publicada em 08 de junho de 1978. Tal norma especifica como devem ser entendidos os resultados das análises de ruído, levando em consideração os limites de tolerância, e quais atitudes o empreendedor deverá tomar quando necessário para evitar doenças ocupacionais, além do acréscimo ao salário do trabalhador, caso não seja possível mitigar ou neutralizar a insalubridade, por estar exposto ao risco.

Entende-se por “Limites de Tolerância” a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral. (Brasil, 1978)

Os limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes definidos pela NR 15 estão especificados na Tabela 1 abaixo

Tabela 1: Limites 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

Fonte: Adaptado de Norma Regulamentadora 15

3.3.3 NBR 10.151

O procedimento para medição, bem como as condições para a avaliação da aceitabilidade do ruído, está especificado na NBR 10.151 – Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Tal norma foi publicada em junho de 2000.

Como será avaliada a questão ambiental o monitoramento dos níveis de pressão no ambiente do laboratório, foram avaliados em pontos internos específicos do ambiente.

3.3.4 NBR10.152

Essa norma foi escrita em dezembro de 1987 e trata dos níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes.

O nível de ruído recomendado para a manutenção do conforto acústico está especificado na tabela abaixo, retirada da NBR 10.152.

Tabela 2: Valores de dB(A) para conforto acústico em diferentes ambientes (Continua)

Locais	dB(A)
Hospitais	
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centro Cirúrgicos	35-45
Laboratórios, áreas para uso do público	40-50
Serviços	45-55
Escolas	
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35-45
Salas de aulas, laboratórios	40-50

Circulação	45-55
Hotéis	
Apartamentos	35-45
Restaurantes, salas de estar	40-50
Portaria, recepção, circulação	45-55
Residências	
Dormitórios	35-45
Salas de estar	40-50
Auditórios	
Salas de concertos, teatros	30-40
Salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo	35-45
Restaurantes	40-50
Escritórios	
Salas de reunião	30-40
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35-45
Salas de computadores	45-65
Salas de mecanografia	50-60
Igrejas e Templos (cultos meditativos)	40-50
Locais para Esportes	
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60
	(Conclusão)

Fonte: Adaptado da NBR 10.152

Na tabela 2, o valor inferior indicado refere-se ao nível sonoro para conforto e o maior valor refere-se ao nível aceitável em cada ambiente.

É importante ressaltar que mesmo que os níveis ultrapassem o valor máximo indicado na NBR 10.152 não necessariamente representam risco à saúde.

3.3.5 CONAMA 001

Foi escrita em 23 de janeiro de 1986 e publicada na DOU de 17 de fevereiro do mesmo ano. Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

Considerando que os problemas dos níveis de ruído excessivo estão sujeitos ao controle da poluição do meio ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA criou a Resolução 001, que recomenda o cumprimento da NBR 10.152 e das demais normas emitidas pelos órgãos competentes a cada atividade.

3.3.6 CONAMA 002

O CONAMA criou também a resolução 002 instituindo o programa de caráter nacional “Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO”. Tal programa tem entre seus objetivos educar e conscientizar a população sobre os efeitos prejudiciais do excesso de ruído, incentivar a fabricação e o uso de equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído em todas as atividades, industrial ou não, e incentivar a capacitação das polícias militar e civil para receber denúncias e tomar providências quanto ao combate da poluição sonora urbana em todo o território nacional.

3.3.7 Ruídos

Pode-se considerar todo som como ruído, porém destacam-se nessa classificação aqueles sons que, por causarem desconforto mental ou físico, são considerados indesejáveis.

Ruído Contínuo ou Intermitente: De acordo com a NHO 01, entende-se por ruído contínuo “todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou impulsivo”.

Ruído de Impacto ou Impulsivo: De acordo com a NHO 01, se enquadram nessa classificação “ruídos que apresentam picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo”.

Ruídos com Componentes Tonais: Ruído que contém som puro, como o som de apitos ou zumbidos. (ABNT, Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento, 2000)

3.3.8 Conforto Ambiental

Conforto ambiental é a adequação das características físicas do local para torná-lo confortável, fornecendo condições para promover o bem estar físico e psicológico do ser humano.

Dentro do conceito de conforto ambiental deve-se atentar para quatro enfoques, são eles: conforto térmico, conforto luminoso, conforto visual e conforto acústico.

O conforto térmico procura garantir um ambiente climatizado de forma confortável, o conforto luminoso é a correta iluminação dos ambientes, o visual diz respeito às sensações que a decoração escolhida irá transmitir aos ocupantes do espaço e o último, o conforto acústico, é a preocupação com os sons presentes no ambiente.

Segundo Lee (1977) citado por Kowaltowski et al. (2001), em ambientes com temperaturas elevadas as pessoas são mais facilmente distraídas pelo ruído.

3.3.9 Impactos da Poluição Sonora

Toda emissão de ruído que provoque desconforto ou danos à saúde é considerada poluição sonora e, embora não se acumule no ambiente, pode causar diversos impactos na saúde e no meio ambiente, portanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) a considera um problema de saúde pública.

Seus efeitos na saúde humana são: estresse, depressão, insônia, agressividade, perda de atenção e de memória, dores de cabeça, cansaço, gastrite, taquicardia, desequilíbrios

dos níveis de colesterol e hormônios, queda de rendimento no trabalho ou estudo, zumbido e perda de audição temporária ou permanente.

Segundo a OMS o ruído até 50 dB(A) pode perturbar, mas é adaptável, a partir de 55 dB(A) inicia-se o estresse e o desconforto.

Já no ecossistema a poluição sonora pode causar o afastamento da fauna, prejudicando a reprodução dos animais e das plantas. Nos locais de maior ruído é comprovado a presença acentuada de ratos e baratas. Isso se deve ao afastamento dos predadores naturais desses animais e mudança de postura das aves, diminuindo sua reprodução. Além disso, muitos animais dependem da audição para sobreviver e se tornam presas fáceis ou têm suas habilidades de caça prejudicadas pelo excesso de ruído.

3.3.10 – Controle de Ruído

O ruído pode ser mitigado se entendermos suas propriedades físicas e seu comportamento com relação ao meio e materiais do entorno.

Ao encontrar uma superfície a onda sonora é refletida, absorvida ou transmitida através do material. Quando o material retém essa energia sonora ele é chamado de absorvedor e quando ele reflete é um material refletor, portanto é um bom isolante acústico. Para o controle do ruído é ideal que utilizemos ambos os materiais, de modo que um supra a carência do outro.

Barreiras reflexivas: materiais sólidos homogêneos, compactos ou transparente - exemplo: madeira e concreto.

Barreiras absorptivas: materiais porosos e geralmente opacos - exemplo: fibra de madeira e lã mineral. (Amorim, Licarião, & Harris, 2005)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

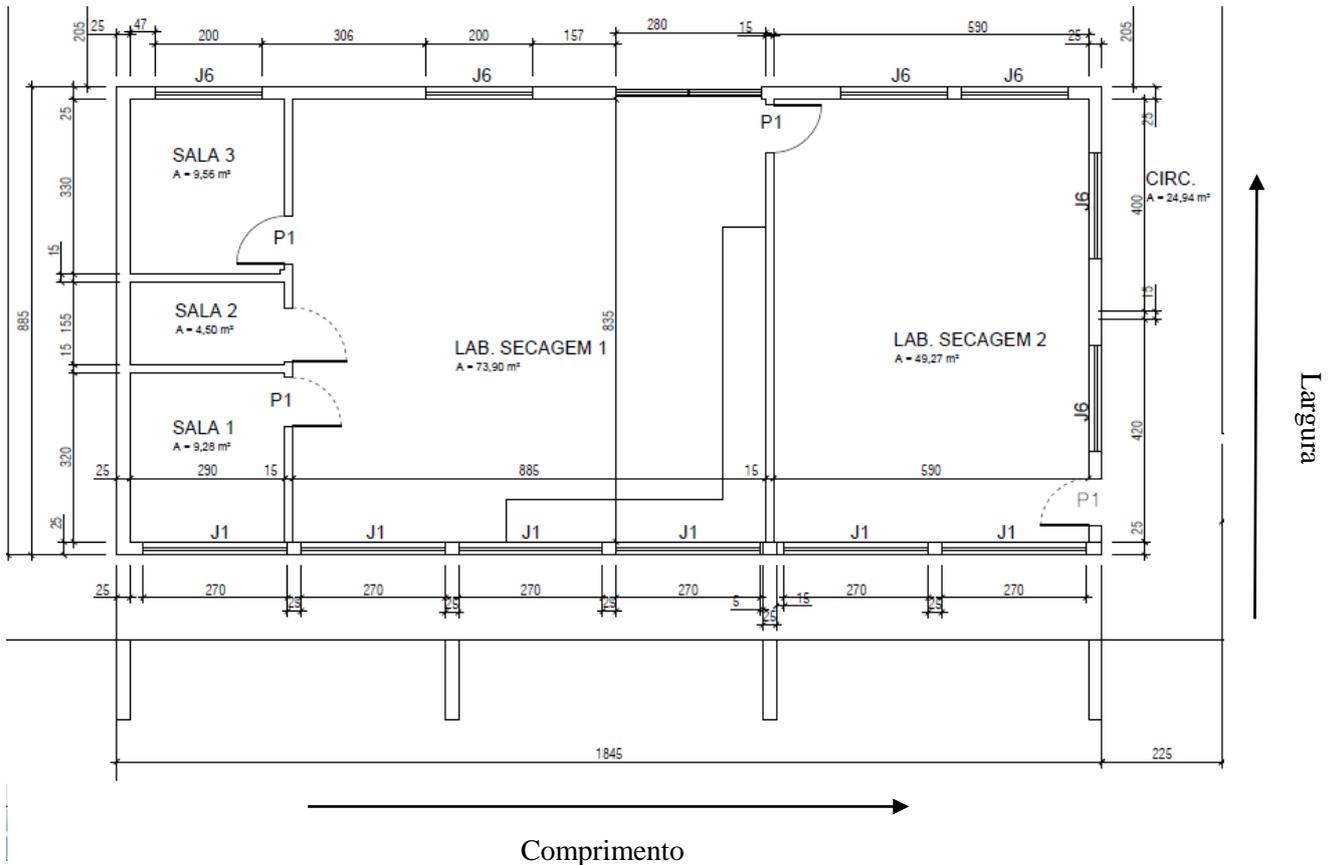
Para desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Decibelímetro
- Fita adesiva
- Haste de madeira de 1,5 metro
- Computador
- Software Surfer versão 14.0.599

4.2 Local

O estudo foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, localizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras. O local é utilizado para secagem e moagem de grãos de café e ao lado estão situadas algumas salas de aulas e outros laboratórios da Escola de Engenharia, conforme planta baixa apresentada na Figura 1. A área estudada está indicada como LAB SECAGEM 1.

Figura 1 : Planta baixa da área em estudo.



4.3 Método

Para a coleta dos valores de pressão sonora foi necessário marcar o Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas a cada 1,08m de comprimento e 1,24m de largura a partir do torrador de café, que foi considerado o marco zero. Com o torrador ligado, em cada ponto colocou-se o decibelímetro ao nível do piso e mediou-se o nível de ruído,

Repetiu-se o procedimento de medição três vezes em cada ponto. Calculou-se a média dos valores medidos, permitindo assim a determinação do nível médio de ruído, e gerou-se a tabela de média, indicada como tabela 4.

Após medir o ruído em todo o ambiente ao nível do piso fez-se o mesmo para uma altura de 1,5m usando uma haste de madeira com essa medida em cima de cada marco.

Utilizou-se o software Surfer 14.0.599 e plotou-se gráficos de cores e de vetores para cada uma das tabelas de resultados. Esse software possui um período gratuito de testes de 14 dias, após esse prazo é necessário efetuar a compra do produto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 apresenta os maiores valores de pressão sonora encontrados nas medições quando medida a nível do solo.

Tabela 3: Maiores valores de pressão sonora encontrados nas medições realizadas junto ao piso do laboratório.

Metros	0	1,24	2,48	3,72	4,96	6,2	7,44	8,68
0,0	87 dB							
1,08		78 dB	75 dB	74 dB	74 dB	74 dB	73 dB	74 dB
2,16	79 dB	78 dB	75 dB	73 dB	74 dB	73 dB	74 dB	75 dB
3,24	76 dB	77 dB	76 dB	74 dB	74 dB	73 dB	73 dB	73 dB
4,32	74 dB	76 dB	74 dB	73 dB	73 dB	74 dB	73 dB	73 dB
5,4	74 dB	74 dB	74 dB	73 dB				
6,48	74 dB	75 dB	73 dB	73 dB				
7,56	75 dB	74 dB	74 dB	73 dB	74 dB	74 dB	74 dB	73 dB
8,64							73 dB	72 dB



A Figura 2 abaixo refere-se a Tabela 3, nela estão representados os picos de pressão sonora gerado pelo torrador de café, medidos ao nível do piso do laboratório.

Figura 2: Maiores valores encontrados nas medições realizadas junto ao piso do laboratório.

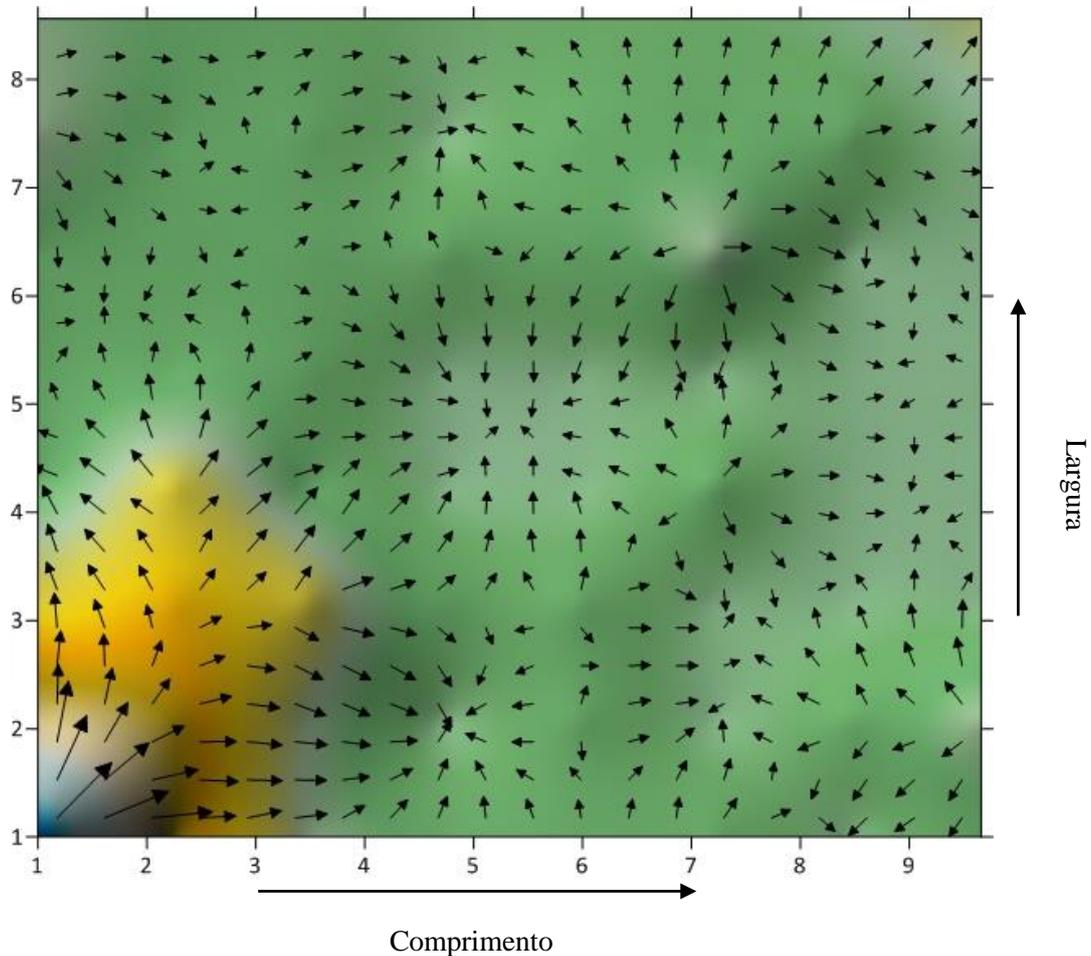


Gráfico vetorial e de cores representativo do pico das pressões sonoras medidas junto ao piso do laboratório de secagem 1.

O nível de ruído é consideravelmente maior próximo ao torrador e decresce à medida que se afasta da fonte, se tornando praticamente constante no ambiente. O fluxo vetorial indica pontos de convergência, também indicados pela redução da intensidade da coloração no gráfico de cores, tais pontos sinalizam queda da pressão sonora devido a absorção de parte da energia pelos móveis de MDF do laboratório e pelo próprio piso e paredes.

Também é possível observar a refração das ondas sonoras ao chocarem-se com superfícies como paredes e móveis.

As médias dos valores medidos à nível do piso estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4: Média de valores de pressão sonora encontrados nas medições realizadas junto ao piso do laboratório.

Metros	0	1,24	2,48	3,72	4,96	6,2	7,44	8,68
0,0	87 dB							
1,08		74 dB	75 dB	74 dB	74 dB	73 dB	73 dB	72 dB
2,16	78 dB	78 dB	75 dB	73 dB	74 dB	73 dB	74 dB	73 dB
3,24	75 dB	76 dB	74 dB	73 dB	74 dB	73 dB	73 dB	73 dB
4,32	73 dB	74 dB	74 dB	74 dB				
5,4	72 dB	73 dB						
6,48	74 dB	75 dB	73 dB	73 dB				
7,56	73 dB	73 dB	74 dB	73 dB	73 dB	73 dB	73 dB	74 dB
8,64							72 dB	72 dB

Comprimento →

↑
Largura

A Figura 3 abaixo refere-se a Tabela 4, nele estão representadas as médias das três medições de ruído gerado pelo torrador de café, medidos ao nível do piso.

Figura 3: Média de valores encontrados nas medições de pressão sonora realizadas junto ao piso do laboratório.

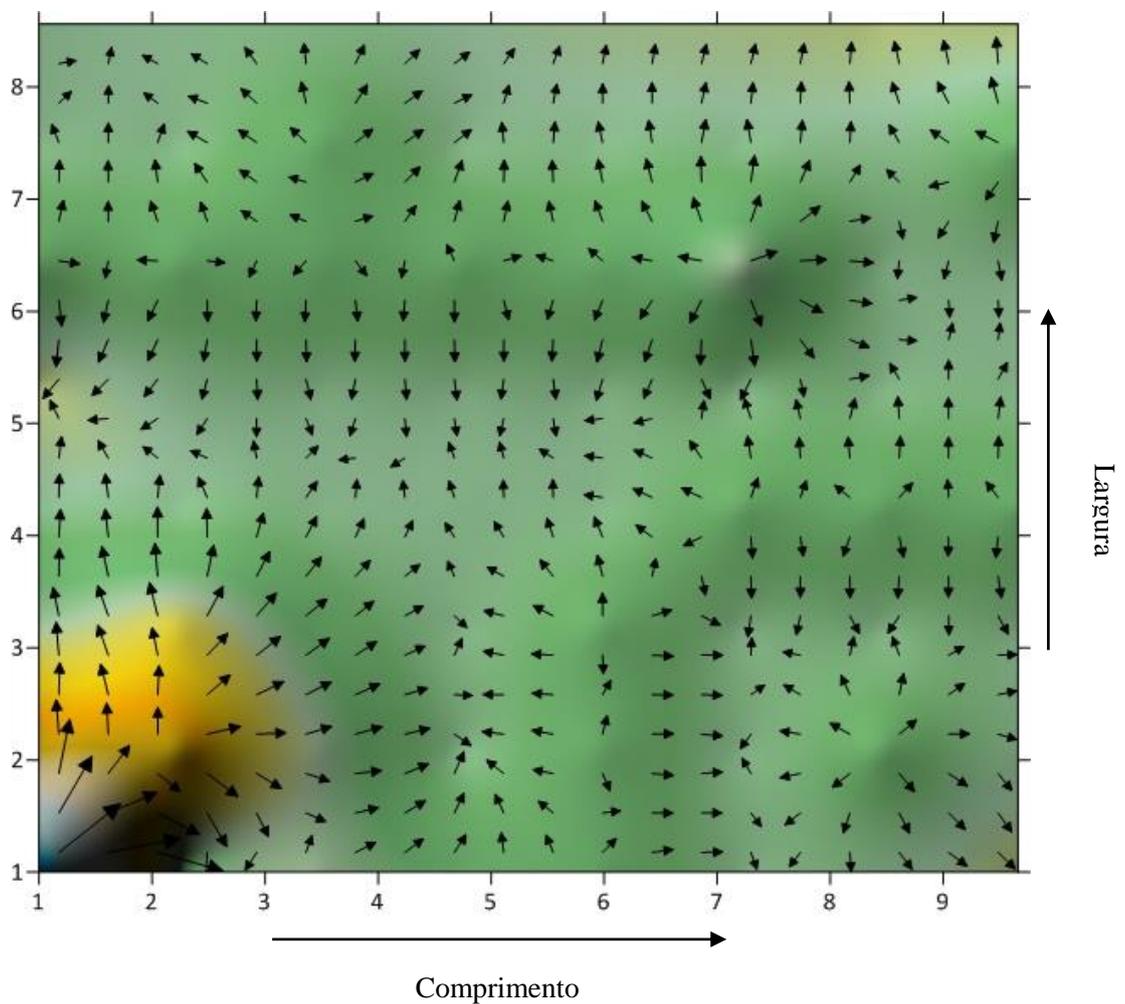


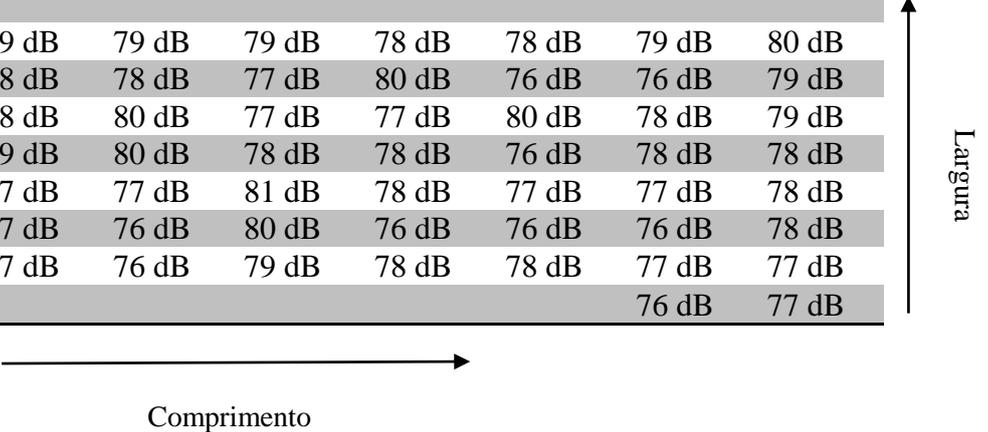
Gráfico vetorial e de cores representativo da média das pressões sonoras medidas junto ao piso do laboratório de secagem 1.

Quando ao nível do piso praticamente não houve diferença entre os resultados das três medições, como é possível perceber ao comparar as Figuras 2 e 3. Porém, ao comparar a Figura de médias (Figura 3) com o Figura de pico de pressão sonora (Figura 2) percebe-se que houve uma diferença maior de pressão sonora nas imediações do torrador, isso ocorreu, provavelmente, devido ao processo de mistura dos grãos que ocorre durante a torra.

A Tabela 5 refere-se aos maiores valores encontrados nas medições de pressão sonora quando medida a 1,5m de altura com relação ao solo.

Tabela 5: Maiores valores encontrados nas medições de pressão sonora realizadas a 1,5m do piso do laboratório.

Metros	0	1,24	2,48	3,72	4,96	6,2	7,44	8,68
0,0	88 dB							
1,08		79 dB	79 dB	79 dB	78 dB	78 dB	79 dB	80 dB
2,16	81 dB	78 dB	78 dB	77 dB	80 dB	76 dB	76 dB	79 dB
3,24	80 dB	78 dB	80 dB	77 dB	77 dB	80 dB	78 dB	79 dB
4,32	78 dB	79 dB	80 dB	78 dB	78 dB	76 dB	78 dB	78 dB
5,4	78 dB	77 dB	77 dB	81 dB	78 dB	77 dB	77 dB	78 dB
6,48	75 dB	77 dB	76 dB	80 dB	76 dB	76 dB	76 dB	78 dB
7,56	76 dB	77 dB	76 dB	79 dB	78 dB	78 dB	77 dB	77 dB
8,64							76 dB	77 dB



A Figura 4 abaixo refere-se a Tabela 5, nela estão representados os picos de pressão sonora gerados pelo torrador de café, medidos a 1,5m do piso do laboratório.

Figura 4: Maiores valores encontrados nas medições de pressão sonora realizadas a 1,5m do piso do laboratório.

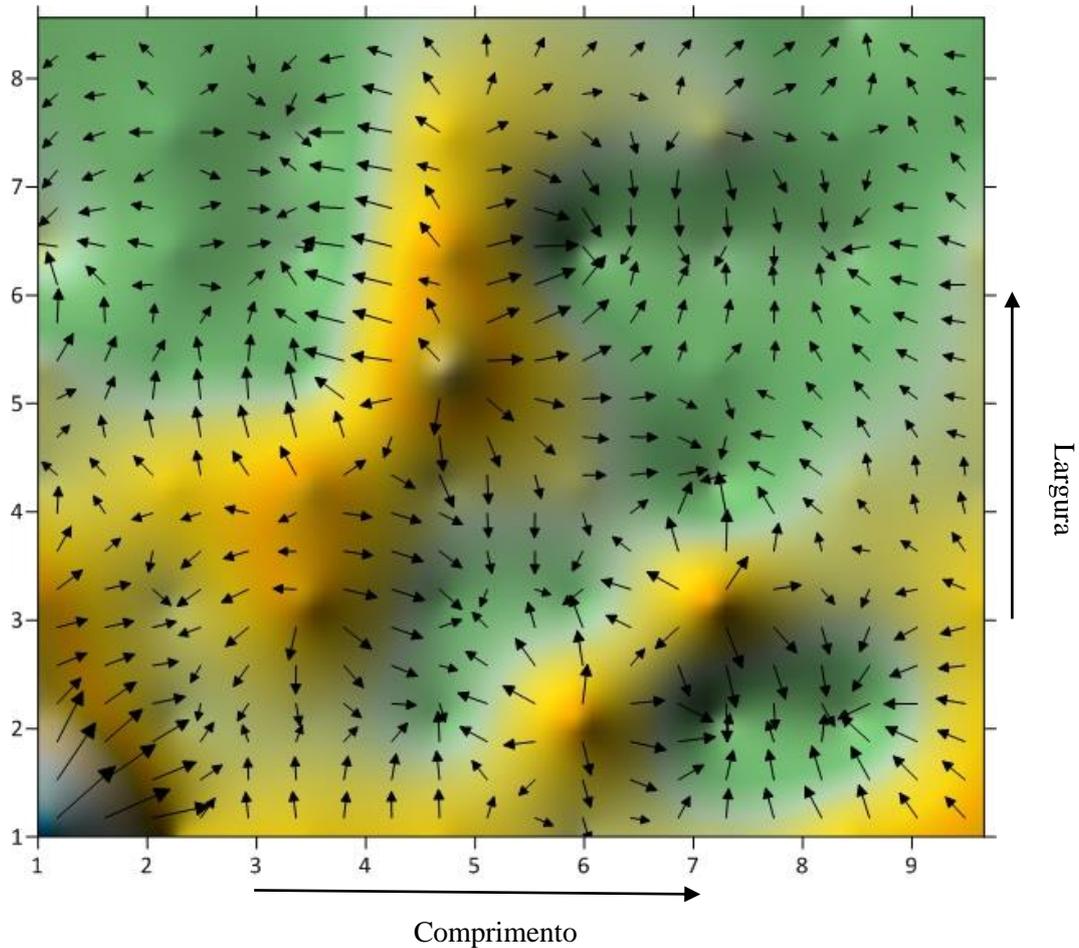


Gráfico vetorial e de cores representativo do pico das pressões sonoras medidas a 1,5 metros do piso do laboratório de secagem 1.

Ao analisar a Figura 4, percebe-se que diversos pontos do ambiente tiveram elevado pico de pressão sonora, também é possível perceber maior refração das ondas sonoras, tal efeito provavelmente ocorre devido às mesmas se chocarem com as prateleiras acima das bancadas e paredes do laboratório.

A altura do ouvido do trabalhador foi considerada como sendo de aproximadamente 1,5m, considerando que esse é o valor mais aproximado da pressão sonora a qual os mesmos são submetidos durante o expediente.

A tabela abaixo refere-se à média dos valores encontrados nas três medições de pressão sonora quando medida a 1,5m de altura com relação ao solo.

Tabela 6: Média de valores de pressão sonora encontrados nas medições realizadas a 1,5m do piso do laboratório.

Metros	0	1,24	2,48	3,72	4,96	6,2	7,44	8,68
0,0	88 dB							
1,08		79 dB	79 dB	79 dB	78 dB	78 dB	76 dB	80 dB
2,16	81 dB	78 dB	78 dB	77 dB	77 dB	76 dB	75 dB	78 dB
3,24	79 dB	78 dB	79 dB	76 dB	76 dB	78 dB	76 dB	79 dB
4,32	77 dB	78 dB	80 dB	78 dB	77 dB	76 dB	77 dB	77 dB
5,4	77 dB	76 dB	77 dB					
6,48	75 dB	77 dB	76 dB	78 dB	76 dB	76 dB	76 dB	77 dB
7,56	75 dB	76 dB	75 dB	77 dB	77 dB	77 dB	77 dB	76 dB
8,64							75 dB	77 dB



 Comprimento



 Largura

A figura 5 abaixo refere-se a tabela 6, nele estão representadas as médias das três medições de ruído gerado pelo torrador de café, medidos a 1,5m do piso.

Figura 5: Média de valores de pressão sonora encontrados nas medições realizadas a 1,5m do piso do laboratório.

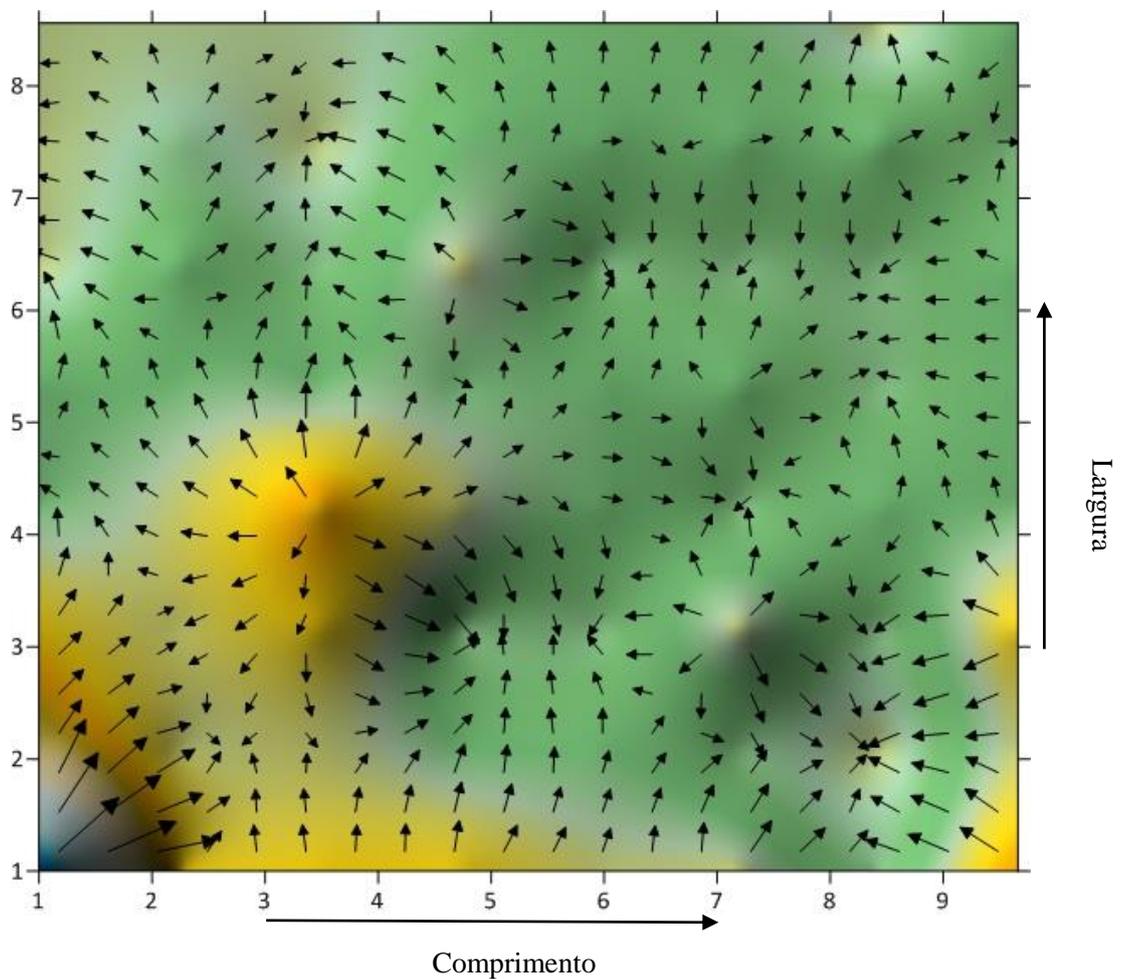


Gráfico vetorial e de cores representativo da média das pressões sonoras medidas a 1,5 metros do piso do laboratório de secagem 1.

Pela Figura 4 nota-se que o resultado das medições de médias apresenta menos áreas de picos de pressão sonora, sugerindo maior variabilidade entre as medições. As áreas próximas ao torrador e às paredes do laboratório continuam com maior pressão sonora devido a refração das ondas que ocorre nessas condições.

Faz-se necessário algumas observações sobre os processos de medição. ANBR 10.151 recomenda que as medições em ambientes internos sejam feitas a uma distância mínima de 1 metro de quaisquer superfícies como paredes, móveis e pisos para evitar que haja interferência nos resultados. Porém, nesse estudo foi proposto avaliar onde os níveis de pressão sonora são mais intensos dentro dos limites de todo o laboratório, portanto, é importante que as interferências sejam levadas em consideração.

Ao comparar todas as figuras percebe-se que o nível de reflexão das ondas sonoras ao nível do piso é consideravelmente menor que a uma altura de 1,5 metros, isso acontece pois na maior altura temos a presença de móveis por todo o ambiente, o que aumenta a resistência às ondas sonoras.

Em todas as figuras é possível verificar a interferência das paredes nas medições e amplificação da pressão sonora próxima a elas e também próximas aos pés dos móveis quando a nível do piso.

Comparando-se com a legislação, apenas muito próximo ao torrador de café o ambiente é considerado insalubre pois, nesse espaço, o nível de pressão sonora pode chegar a 88dB, ultrapassando o máximo permitido de 85dB. O restante do ambiente não se enquadra como insalubre pois o nível de ruído manteve-se abaixo de 85 dB(A) em todo o laboratório, mesmo considerando os valores de pico, portanto, é possível uma exposição de 8 horas diárias, conforme indicado na NR 15 anexo 1 - Atividades e operações insalubres - limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

Apesar do ambiente estar dentro das normas vigentes e não poder ser caracterizado como insalubre, também não pode-se considerar o mesmo como confortável. Para tanto, conforme a NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico, os níveis máximos de

ruídos em laboratórios e salas de aula devem estar compreendidos na faixa entre 40 a 50 dB(A).

Um trabalhador, quando sujeito a um ambiente desconfortável acusticamente, pode apresentar diversos problemas de saúde relacionados, como por exemplo dores de cabeça, zumbidos no ouvido, estresse, depressão, dentre outros. Com isso sua produtividade no trabalho fica comprometida, além do aumento do risco de acidentes de trabalho e afastamentos, trazendo impactos econômicos significativos.

Foi notado bastante ruído nos ambientes próximos ao laboratório em estudo, caso os níveis de pressão sonora ultrapassem os 50dB nesses espaços, os discentes que frequentam as salas de aula próximas, serão expostos a um ambiente desconfortável acusticamente e as possíveis consequências são a redução na capacidade de concentração e aprendizado. Portanto, é aconselhável a adoção de medidas para mitigação da pressão sonora no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas.

6 CONCLUSÃO

Os pontos de pressão sonora são mais intensos próximos ao torrador de café, sendo o único local que ultrapassa os 85dB permitidos pela legislação NR15 - Anexo I.

Todo o laboratório está fora da situação de conforto estabelecida na NBR 10.152.

Como primeira medida de controle de ruído, sugerimos principalmente isolar a área de uso do laboratório durante o uso do equipamento ou a realocação do Torrador de Café em outro ambiente sem a presença constante de pessoas. Caso essa medida não seja possível, sugerimos que seja feito o isolamento acústico na máquina com materiais absorvedores tais como painéis de espuma acústica acoplados em um material refletor como drywall ou MDF.

Como medida de proteção adicional ao trabalhador, sugerimos a adoção de protetores auriculares no recinto durante o uso do equipamento.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT. (31 de 07 de 2000). *Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ABNT. (dezembro de 1987). *Níveis de Ruído Para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Amorim, A., Licarião, C., & Harris, A. L. (2005). Acesso em 17 de 08 de 2019, disponível em Unicamp: http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat-apoio_S03_C-Acustico.pdf

Bistafa, S. R. (2018). *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído*. Edgard Blücher Ltda.

Brasil. (1978). NR 15 - Atividades e Operações Insalubres. Brasília, DF, Brasil.

CONAMA. (23 de janeiro de 1986). Resolução CONAMA n° 1. Brasília, DF, Brasil.

CONAMA. (02 de abril de 1990). Resolução CONAMA n° 2. Brasília, DF, Brasil.

FUNDACENTRO. (2001). *Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído - NHO 01*. Brasília, DF, Brasil.

Kowaltowski, D. C., do Nascimento, M. G., Souza, S. N., Filho, F. B., Silva, D. R., Labaki, L. C., et al. (Novembro de 2001). *Divulgação do Conhecimento em Conforto Ambiental*. Campinas, SP, Brasil.

Nishida, S. (s.d.). *UNESP*. Acesso em 20 de 08 de 2019, disponível em https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/2_qualidade_vida_humana/Museu2_qualidade_corpo_sensorial_audicao3.htm