

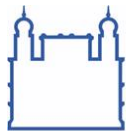


PROGRAMA  
INOVA FIOCRUZ

# PROJETO SILÊNCIO

GUIA DE COMPRAS DE EQUIPAMENTOS DE  
LABORATÓRIO DE PESQUISA  
MICROBIÓLOGICA E DE BIOMEDICINA





Ministério da Saúde

FIOCRUZ

**Fundação Oswaldo Cruz**

Coordenação-Geral de Gestão de Pessoas

# PROJETO SILÊNCIO:

## GUIA PARA GESTÃO DO RUÍDO NA AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIOS DE PESQUISA BIOMÉDICA E DE MICROBIOLOGIA

**Julho 2022**

## PREÂMBULO

O presente guia visa a fornecer subsídios para a formulação de uma política de Gestão do Ruído na Aquisição de Equipamentos de Laboratórios de Pesquisa Biomédica e de Microbiologia, considerando critérios de qualidade acústica e limites de emissão sonora, a serem adotados pelos gestores, técnicos e profissionais de saúde na Fiocruz. Busca atuar na prevenção de agravos auditivos e extra-auditivos, através da melhoria da qualidade acústica, controle de ruído e, conseqüente, redução da exposição sonora, tendo em foco a saúde dos trabalhadores.

Dirige-se, particularmente aos gestores, arquitetos, engenheiros, e responsáveis pela especificação e compra de equipamentos para laboratórios de pesquisa em saúde. Baseia-se em normas nacionais e internacionais e aborda questões relativas à aquisição de equipamentos mais silenciosos.

Foi elaborado no âmbito do edital INOVA Gestão por iniciativa do Setor de Ambiências da Coordenação de Saúde do Trabalhador da Fundação Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde, com a colaboração ativa de especialistas do Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO e da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, bem como o acolhimento de pesquisadores do Instituto Oswaldo Cruz - IOC/Fiocruz, especialmente das responsáveis pelas coleções de Cultura de Fungos Filamentosos (CCFF), Coleção de Leishmania (CLIOC) e Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS) do Instituto Oswaldo Cruz (IOC), as quais forneceram todas as informações necessárias, participaram de discussões e permitiram o acesso aos respectivos laboratórios.

Esta obra é aplicada às especificidades da Fiocruz. Todavia, pode ser adaptada à realidade de instituições com características similares.

## AUTORES

### Coordenação

Marta Ribeiro Valle Macedo (NAE/Cogepe/Fiocruz)

### Equipe do Núcleo de Ambiências e Ergonomia Fiocruz

Stephanie Livia de Souza da Silva (NAE/Cogepe/Fiocruz)

Paulo Roberto Lagoeiro Jorge (NAE/Cogepe/Fiocruz)

Ana Paula Gama (NAE/Cogepe/Fiocruz)

## SUPERVISÃO E COLABORAÇÃO

Paulo Massarani (INMETRO)

Júlio Cesar Boscher Torres (UFRJ)

Murilo Alves do Amaral (INMETRO)

Daniel Ferreira Panta Pazos (INMETRO)

Márcia Soalheiro de Almeida (Cesteh/ENSP/Fiocruz)

Ricardo Villela (INMETRO)

Jules Ghislain Slama (UFRJ)

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis máximos de ruído de fundo recomendados. ....	39
Tabela 2 - Propriedades acústicas recomendadas para ambientes de trabalho. ....	40
Tabela 3 - Valores aproximados do coeficiente de absorção Sonora médio, $\alpha$ . ....	48
Tabela 4 - Classificação dos equipamentos da Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF). ....	66
Tabela 5 - Lista de equipamentos da sala 525 do CCFF. ....	67
Tabela 6 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1 da sala 525 na CCFF. ....	69
Tabela 7 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C1), em dB, por ponto de medição da ..... .....	70
Tabela 8 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1 da sala 525 na CCFF. ....	70
Tabela 9 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1 da sala 525 na CCFF (LZeq, fHz(1/1), C1) ..... .....	70
Tabela 10 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2 da sala 525 na CCFF. ....	71
Tabela 11 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C2), em dB, por ponto de medição da ..... .....	72
Tabela 12 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2. ....	73
Tabela 13 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB ..... .....	73
Tabela 14 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 3. ....	74
Tabela 15 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C3), em dB, por ponto de medição da Condição 3. .... .....	75
Tabela 16 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 3. ....	75
Tabela 17 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3), em dB ..... .....	75
Tabela 18 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.1. ....	77
Tabela 19 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4.1), em dB, por ponto na Condição 4.1. .... .....	78
Tabela 20 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 4.1. ....	78
Tabela 21 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 4.1 (LZeq, fHz(1/1), C4.1), em dB. .... .....	79
Tabela 22 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.2. ....	79
Tabela 23 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4.2), em dB, por ponto na Condição 4.2. .... .....	79
Tabela 24 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.2. ....	80
Tabela 25 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.2 (LZeq, fHz(1/1), C4.2), em dB. .... .....	80
Tabela 26 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.3. ....	81
Tabela 27 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4.3), em dB, por ponto na Condição 4.3. .... .....	81

Tabela 28 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.3. ....	81
Tabela 29 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.3 (LZeq, fHz(1/1), C4.3), em dB. ....	81
Tabela 30 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.4. ....	82
Tabela 31 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4.4), em dB, por ponto na Condição 4.4. ....	82
Tabela 32 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.4. ....	82
Tabela 33 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.4 (LZeq, fHz(1/1), C4.4), em dB. ....	82
Tabela 34 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.1. ....	84
Tabela 35 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C5.1), em dB, por ponto na Condição 5.1. ....	84
Tabela 36 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.1. ....	85
Tabela 37 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.1 (LZeq, fHz(1/1), C5.1), em dB. ....	85
Tabela 38 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.2. ....	86
Tabela 39 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C5.2), em dB, por ponto na Condição 5.2. ....	87
Tabela 40 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.2. ....	87
Tabela 41 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.2 (LZeq, fHz(1/1), C5.2), em dB. ....	87
Tabela 42 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.3. ....	89
Tabela 43 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C5.3), em dB, por ponto na Condição 5.3. ....	89
Tabela 44 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.3. ....	90
Tabela 45 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.3 (LZeq, fHz(1/1), C5.3), em dB. ....	90
Tabela 46 – Potência Sonora caracterizada para cada CSB da sala 525, CCFF. ....	91
Tabela 47 - Comparação entre níveis simulados e medidos na Sala 525 do CCFF. ....	92
Tabela 48 - Comparação entre níveis simulados na situação atual e com tratamento acústico no CCFF. ....	94
Tabela 49 - Relação de substâncias possivelmente ototóxicas segundo o NIOSH. ....	94
Tabela 50 - Classificação de equipamentos da Coleção de Leishmania (CLIOC). ....	95
Tabela 51 - Lista de equipamentos na sala 116 e 509b da CLIOC. ....	98
Tabela 52 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1. ....	100
Tabela 53 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 (LZeq, fHz(1/1), C1), em dB. ....	100
Tabela 54 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2. ....	102
Tabela 55 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB. ....	102
Tabela 56 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3. ....	103

Tabela 57 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3), em dB.....	103
Tabela 58 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4. ....	104
Tabela 59 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4 (LZeq, fHz(1/1), C4), em dB.....	104
Tabela 60 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 5. ....	106
Tabela 61 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 5 (LZeq, fHz(1/1), C5), em dB.....	106
Tabela 62- Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 6. ....	107
Tabela 63- Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 6 (LZeq, fHz(1/1), C6), em dB.....	107
Tabela 64 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7. ....	109
Tabela 65 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C7), em dB, por ponto na Condição 7.....	109
Tabela 66 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7. ....	109
Tabela 67 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7 (LZeq, fHz(1/1), C7), em dB.....	109
Tabela 68 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 8. ....	111
Tabela 69 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C8), em dB, por ponto na Condição 8.....	111
Tabela 70 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 8. ....	111
Tabela 71 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 8 (LZeq, fHz(1/1), C8), em dB.....	111
Tabela 72 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1. ....	113
Tabela 73 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 (LZeq, fHz(1/1), C1), em dB.....	113
Tabela 74 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2. ....	114
Tabela 75 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB.....	114
Tabela 76 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3. ....	115
Tabela 77 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3), em dB.....	115
Tabela 78 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4. ....	116
Tabela 79 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4), em dB, por ponto na Condição 4.....	117
Tabela 80 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 4. ....	117
Tabela 81 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 4 (LZeq, fHz(1/1), C4), em dB.....	117
Tabela 82 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5. ....	118
Tabela 83 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C5), em dB, por ponto na Condição 5.....	118
Tabela 84 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5. ....	119

Tabela 85 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 (LZeq, fHz(1/1), C5), em dB.....	119
Tabela 86 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 6. ....	120
Tabela 87 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C6), em dB, por ponto na Condição 6.....	120
Tabela 88 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 6. ....	120
Tabela 89 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 6 (LZeq, fHz(1/1), C6), em dB.....	121
Tabela 90 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7.1. ....	122
Tabela 91 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C7.1), em dB, por ponto na Condição 7.1.....	122
Tabela 92 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7.1. ....	123
Tabela 93 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7.1 (LZeq, fHz(1/1), C7.1), em dB. ....	123
Tabela 94 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7.2. ....	124
Tabela 95 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C7.2), em dB, por ponto na Condição 7.2.....	124
Tabela 96 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7.2. ....	124
Tabela 97 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7.2 (LZeq, fHz(1/1), C7.2), em dB. ....	125
Tabela 98 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 8. ....	126
Tabela 99 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C8), em dB, por ponto na Condição 8.....	126
Tabela 100 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 8. ....	126
Tabela 101 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 8 (LZeq, fHz(1/1), C8), em dB.....	126
Tabela 102 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 116, CLIOC.....	128
Tabela 103 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 1 da Sala 116 do CLIOC.....	128
Tabela 104 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 116 do CLIOC.....	129
Tabela 105 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 116 do CLIOC.....	129
Tabela 106 - NPS simulados na Condição 4 da Sala 116 do CLIOC. ....	129
Tabela 107 - NPS simulados na Condição 5 da Sala 116 do CLIOC. ....	129
Tabela 103 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 6 da Sala 116 do CLIOC.....	130
Tabela 108 - NPS simulados na Condição 7 da Sala 116 do CLIOC. ....	130
Tabela 109 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 509, CLIOC.....	131
Tabela 110 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 1 da Sala 509 do CLIOC.....	132
Tabela 111 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 509 do CLIOC.....	132
Tabela 112 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 509 do CLIOC.....	132
Tabela 113 - NPS simulados na Condição 4 da Sala 509 do CLIOC. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 114 - Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS).....	133



Tabela 115 - Lista de equipamentos das salas 10a, 10b, 11a e 16 da CBAS. ....	134
Tabela 116 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1 .....	137
Tabela 117 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 (LZeq, fHz(1/1), C1), em dB.....	137
Tabela 118 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2. ....	138
Tabela 119 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C2), em dB, por ponto na Condição 2.....	139
Tabela 120 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2. ....	139
Tabela 121 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB.....	139
Tabela 122 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 3. ....	140
Tabela 123 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 3. ....	140
Tabela 124 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 3. ....	140
Tabela 125 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3) e incertezas de medição, em dB.....	141
Tabela 126 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1. ....	142
Tabela 127 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C1), em dB, por ponto na Condição 1.....	142
Tabela 128 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1. ....	143
Tabela 129 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 1 (LZeq, fHz(1/1), C1), em dB.....	143
Tabela 130 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2. ....	144
Tabela 131 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB.....	144
Tabela 132 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3. ....	145
Tabela 133 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3), em dB.....	145
Tabela 134 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4. ....	146
Tabela 135 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4 (LZeq, fHz(1/1), C4), em dB.....	147
Tabela 136 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5. ....	148
Tabela 137 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 5. ....	148
Tabela 138 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5. ....	149
Tabela 139 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 (LZeq, fHz(1/1), C5) e suas respectivas incertezas de medição, em dB.....	149
Tabela 140 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1-1. ....	150
Tabela 141 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 1-1. ....	150
Tabela 142 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1-1. ....	151
Tabela 143 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1-1 (LZeq, fHz(1/1), C1-1) e incertezas de medição, em dB.....	151
Tabela 144 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1-2. ....	152

Tabela 145 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 1-2. ....	152
Tabela 146 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1-2. ....	153
Tabela 147 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1-2 (LZeq, fHz(1/1), C1-2) e incertezas de medição, em dB. ....	153
Tabela 148 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2. ....	154
Tabela 149 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C2), em dB, por ponto na Condição 2. ....	154
Tabela 150 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2. ....	155
Tabela 151 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 (LZeq, fHz(1/1), C2), em dB. ....	155
Tabela 152 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3. ....	156
Tabela 153 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 (LZeq, fHz(1/1), C3), em dB. ....	156
Tabela 154 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4. ....	157
Tabela 155 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C4), em dB, por ponto na Condição 4. ....	157
Tabela 156 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4. ....	157
Tabela 157 - Resultados dos NPS por faixa de frequência na Condição 4 (LZeq, fHz(1/1), C4), em dB. ....	158
Tabela 158 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5. ....	159
Tabela 159 - NPS medidos por faixa de frequência (LZeq, fHz(1/1), Px_C5), em dB, por ponto na Condição 5. ....	159
Tabela 160 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5. ....	160
Tabela 161 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 (LZeq, fHz(1/1), C5), em dB. ....	160
Tabela 162 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na Sala 11, CBAS. ....	161
Tabela 163 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 11 do CBAS. ....	162
Tabela 164 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 10, CBAS. ....	162
Tabela 165 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 10 do CBAS. ....	163
Tabela 166 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 10 do CBAS. ....	163
Tabela 167 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 10 do CBAS. ....	164
Tabela 168 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 4 da Sala 10 do CBAS. ....	164
Tabela 169 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 16, CBAS. ....	165
Tabela 170 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 16 do CBAS. ....	165
Tabela 171 - NPS simulados na Condição 2 da Sala 16 do CBAS. ....	166
Tabela 172 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 10 do CBAS. ....	166
Tabela 173 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CCFF com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017. ....	167
Tabela 174 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CLIOC com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017. ....	167
Tabela 175 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CBAS com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017. ....	168



Tabela 176 - Níveis de emissão sonora informados pelos fabricantes.....	171
---	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo da etiqueta do Selo Ruído. Fonte: Ibama (2021). .....	32
Figura 2 - Etapas de um projeto de edificação. ....	35
Figura 3 - Principais modos de propagação do ruído. Fonte: INRS, 2021.....	38
Figura 4 - Diferentes soluções de condicionamento acústico. Fonte: INRS, 2021. ....	42
Figura 5 - Superfície de referência ao redor de um equipamento. ....	46
Figura 6 - Determinação da Correção Ambiental K2A. Fonte: Os Autores. ....	47
Figura 7 - Exemplo de níveis de ruído em postos de trabalho. Fonte: ISO 11.690:2020 - Parte 1. ....	51
Figura 8 - Mapa de ruído para um determinado local de trabalho com incremento de 5 dB(A). Fonte: 11.690:2020 - Parte 1. ....	51
Figura 9 - Posições do microfone que delimitam as subáreas da superfície de medição. Fonte: ISO 3746:2010.....	53
Figura 10 - Posições do microfone para medição de fontes sonoras pequenas. Fonte: ISO 3746:2010....	53
Figura 11 - Posições do microfone para medição fontes sonoras altas. Fonte: ISO 3746:2010.....	53
Figura 12 - Posições do microfone para medição fontes sonoras longas. Fonte: ISO 3746:2010.....	54
Figura 13 - Posições do microfone para medição fontes sonoras grande. Fonte: ISO 3746:2010 .....	54
Figura 14 - Dimensões da superfície de medição. O volume ao centro representa o volume da fonte sonora em estudo. Fonte: Rodrigues, M. (2009).....	55
Figura 15 - Situações a, b e c de localização de equipamentos a uma distância “d” das superfícies. Fonte: Os Autores. ....	56
Figura 16 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 525, Pav. Rocha Lima. Sem escala. ....	68
Figura 17 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 1 da sala 525 na CCFF. Sem escala. ....	69
Figura 18 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 2 da sala 525 na CCFF. Sem escala. ....	71
Figura 19 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 3. Sem escala. ....	74
Figura 20 - Corte esquemático dos pontos de medição das CSBs. Sem escala. ....	76
Figura 21 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 4.1. Sem escala. ....	77
Figura 22 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.1. Sem escala. ....	83
Figura 23 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.2. Sem escala. ....	86
Figura 24 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.3. Sem escala. ....	88
Figura 25 - Modelagem do ambiente no Software SoundPlan.....	91
Figura 26 - Mapa de ruído gerado pelo Software SoundPlan para a condição de todas as Cabines de Segurança Biológica ligadas na Sala 525. ....	92
Figura 27 - Mapa de ruído gerado pelo Software SoundPlan para a condição de todas as Cabines de Segurança Biológica ligadas na Sala 525 acrescido de tratamento forro acústico.....	93

Figura 28 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 116, Pav. Leônidas Deane. Sem escala. .	99
Figura 29 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 509b, Pav. Leônidas Deane. Sem escala. .....	99
Figura 30 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7. Sem escala. ....	108
Figura 31 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 8. Sem escala. ....	110
Figura 32 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 4. Sem escala. ....	116
Figura 33 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5. Sem escala. ....	118
Figura 34 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 6. Sem escala. ....	120
Figura 35 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7.1. Sem escala. ....	122
Figura 36 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7.2. Sem escala. ....	124
Figura 37 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 8. Sem escala. ....	125
Figura 38 - Modelagem da Sala 116 do CLIOC no software SoundPlan.....	127
Figura 39 - Modelagem da Sala 509 do CLIOC no software SoundPlan.....	131
Figura 40 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 11a, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala.	135
Figura 41 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 10, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala. ...	136
Figura 42 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 16, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala. ...	136
Figura 43 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto, na Condição 2. Sem escala.	138
Figura 44 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 3. Sem escala. .	140
Figura 45 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 1. Sem escala. .	142
Figura 46 - Planta baixa apresentando os níveis medidos LAeq por ponto na Condição 5. Sem escala. .	148
Figura 47 - Planta baixa. Níveis LAeq medidos por ponto na Condição 1-1. Dia 1: 22/03/2022. Sem escala. .....	150
Figura 48 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 1-2. Dia 2: 05/2022. Sem escala. ....	152
Figura 49 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 2. Sem escala. .	154
Figura 50 - Planta baixa apresentando os níveis LAeq medidos por ponto na Condição 5. Sem escala. .	159
Figura 51 - Modelagem da Sala 11 do CBAS no software SoundPlan.....	161
Figura 52 - Modelagem da Sala 10 do CBAS no software SoundPlan.....	162
Figura 53 - Modelagem da Sala 16 do CBAS no software SoundPlan.....	164

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 - Medição diretamente na abertura da CSB.....	50
Foto 2 - Medições de NPS na Incubadora de CO <sub>2</sub> na Sala 116. ....	100
Foto 3 - Medições de NPS na Incubadora B.O.D na Sala .....	101
Foto 4 - Medições de NPS na CSB 1 na Sala .....	103
Foto 5 - Medições de NPS CSB 2 na Sala .....	104
Foto 6 - Medições de NPS na CSB 3 na Sala .....	105
Foto 7 - Medições de NPS na Centrífuga Refrigerada de bancada na Sala .....	107
Foto 8 - Medições de NPS na máquina de PCR em tempo real na Sala .....	112
Foto 9 - Medições de NPS na centrífuga refrigerada de bancada na Sala.....	114
Foto 10 - Medições de NPS na capela de exaustão de gases na Sala.....	115
Foto 11 - Medições de NPS na Capela de Exaustão de Gases SPLABOR, modelo SP-80, na Sala .....	137
Foto 12 - Incubadora com agitação orbital ( <i>shaker</i> ) na Sala 10b. ....	144
Foto 13 - Medições de NPS na Centrífuga na Sala 10b.....	145
Foto 14 - Medições de NPS na Cabine de Segurança Biológica na Sala 10b. ....	146
Foto 15 - Cabine de Segurança Biológica na Sala 16. ....	156
Foto 16 - Medições de NPS nas Capela de Exaustão de Gases na Sala 16. ....	157

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	71
Gráfico 2 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição C2 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	73
Gráfico 3 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição C3 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	76
Gráfico 4 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C4.1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	79
Gráfico 5 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.2. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C4.2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	80
Gráfico 6 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.3. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C4.3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	81
Gráfico 7 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.4. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C4.4), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.....	83
Gráfico 8 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.1 .....	85
Gráfico 9 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.2 .....	88

Gráfico 10 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.3.....	90
Gráfico 11 – Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	101
Gráfico 12 – Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	102
Gráfico 13 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	103
Gráfico 14 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C4), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	105
Gráfico 15 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C5), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	106
Gráfico 16 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 6. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C6), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	108
Gráfico 17 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C7), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	110
Gráfico 18 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 8 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C8), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	112
Gráfico 19 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	113
Gráfico 20 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	114
Gráfico 21 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	116
Gráfico 22 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C4), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	117
Gráfico 23 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C5), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	119
Gráfico 24 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 6 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C6), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	121
Gráfico 25 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7.1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C7.1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	123
Gráfico 26 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7.2 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C7.2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	125
Gráfico 27 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 8 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C8), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	127
Gráfico 28 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1), C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	138
Gráfico 29 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C2), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	139
Gráfico 30 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	141
Gráfico 31 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 (L <sub>Ze,q</sub> ,fHz(1/1),C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	143

Gráfico 32 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	144
Gráfico 33 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	146
Gráfico 34 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	147
Gráfico 35 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	149
Gráfico 36 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1-1 ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C1-1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	151
Gráfico 37 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1-2 ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C1-2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	153
Gráfico 38 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2 ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	155
Gráfico 39 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	156
Gráfico 40 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	158
Gráfico 41 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 ( $L_{Zeq,fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC. ....	160

# SUMÁRIO

Preâmbulo .....	iii
Índice de Tabelas .....	v
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Fotos .....	xiii
Índice de Gráficos .....	xiii
Sumário.....	xvi
Introdução .....	19
Capítulo 1. Referencial Teórico - Metodológico .....	23
1.1. Critério de Elegibilidade.....	23
1.1.1. Informação de fontes de pesquisa .....	23
1.2. O conceito “ <i>Buy and Sell Quiet</i> ” no mundo.....	28
1.3. O conceito “ <i>Buy and Sell Quiet</i> ” no Brasil .....	30
1.3.1. O Programa Silêncio .....	30
1.3.1.1. O Selo Ruído .....	31
1.3.1.2. O Projeto Silêncio na Fiocruz.....	32
Capítulo 2. Redução da Exposição ao Ruído .....	33
2.1. Relações entre saúde e ambiente .....	33
2.2. Princípios gerais da prevenção .....	34
2.3. Práticas preventivas na criação de locais de trabalho em ambientes de saúde	34
2.4. A influência do ambiente na propagação sonora.....	36
2.5. Objetivos do controle de ruído .....	38
2.6. Planejamento de ações de controle de ruído para locais de trabalho novos e	
existentes .....	40
2.6.1. Estudo Preliminar .....	41
2.7. O controle de ruído em laboratórios .....	42
Capítulo 3. Procedimentos de avaliação do ruído .....	44
3.1. Grandezas de emissão, imissão e exposição sonora .....	44



3.1.1.	Grandezas de emissão de ruído .....	44
3.1.2.	Imissão de ruído e grandezas de exposição ao ruído.....	45
3.2.	Diretividade.....	45
3.3.	Protocolo de medição.....	46
3.3.1.	Determinação da potência sonora utilizando dados de pressão sonora .	46
3.3.1.1.	Método de medição segundo a ISO 3746:2010 .....	46
3.3.1.2.	Método de medição segundo a ISO 3747:2010 .....	49
3.3.1.3.	Método aproximativo para medição de valores de emissão para situações que não atendem à ISO 3746:2010 e 3747:2010.....	49
3.3.2.	Descrição da situação de ruído.....	50
3.3.3.	Acústica previsional .....	52
3.3.4.	Determinação do posicionamento do microfone, número de medições e tempo de medição.....	52
3.3.5.	Critérios de seleção do equipamento de teste .....	54
3.3.6.	Instrumentação para medição acústica .....	54
3.3.7.	Ajuste do sonômetro .....	54
3.3.8.	Operação durante o teste .....	55
3.3.9.	Caixa de referência e superfícies de medição .....	55
Capítulo 4.	Critérios para a aquisição de equipamentos silenciosos.....	57
4.1.	O que fazer antes de comprar um equipamento? .....	57
4.1.1.	O que a legislação brasileira deveria considerar?.....	58
4.1.2.	O que um comprador deveria verificar? .....	59
4.1.3.	Que informações requerer dos potenciais fornecedores? .....	60
Capítulo 5.	Estudos de Caso.....	62
5.1.	Metodologia.....	63
5.1.1.	Instrumentação .....	64
5.1.2.	Caracterização do ambiente sonoro .....	64
5.1.3.	Caracterização e classificação acústica dos equipamentos .....	65
5.2.	Estudo de caso 1: Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF).....	65
5.2.1.	Medição dos Níveis de Pressão Sonora na CCFF .....	67

5.2.1.1.	Resultados das medições na CCFF.....	68
5.2.2.	Simulação acústica.....	90
5.2.3.	Análise de substâncias possivelmente ototóxicas.....	94
5.3.	Estudo de caso 2: Coleção de Leishmania (CLIOC) .....	95
5.3.1.	Medição de níveis de pressão sonora na CLIOC.....	97
5.3.1.1.	Resultados da medição no CLIOC.....	100
5.3.2.	Análise de substâncias possivelmente ototóxicas.....	127
5.4.	Estudo de caso 3: Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS) .....	133
5.4.1.	Medição de níveis de pressão sonora na CBAS .....	134
5.4.1.1.	Resultados da medição no CBAS .....	137
5.5.	Síntese dos resultados .....	167
Capítulo 6.	Discussões e Considerações Finais .....	169
Referências Bibliográficas.....		175
Apêndice 1 .....		180
Apêndice 2 .....		183
Anexo 1 .....		184
Anexo 2 .....		185

## INTRODUÇÃO

---

O ruído é um dos principais problemas ambientais do século XXI (OMS,1995). Não precisa ser excessivamente alto para causar problemas. Além da perda auditiva, provoca efeitos, tais como: dor de cabeça, tontura, aumento da pressão arterial, taquicardia, dificuldade de concentração e comunicação oral, distúrbio de aprendizagem e do sono, irritabilidade, ansiedade e desconforto (GIERKE; KENNETH 1993; MILLER, 1974; MUZET, 2002; EU-OSHA, 2005, TEIXEIRA et al., 2019, TEIXEIRA et al., 2021).

Além disso, mesmo que abaixo da intensidade considerada prejudicial à função auditiva, o "ruído de fundo" é visto pelo Observatório Europeu dos Riscos da EU-OSHA como um risco emergente, na medida em que torna mais difícil para os trabalhadores ouvir avisos de segurança. Pode, ainda, acarretar fadiga e, conseqüentemente, aumentar a ocorrência de acidentes de trabalho (EU-OSHA, 2005a)

É objeto de preocupação da Agência de Proteção Ambiental (EPA), da Organização Mundial de Saúde (OMS), da Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (EURO-OSHA), do Parlamento Europeu e do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), que definiram planos de ação importantes para o seu controle.

Os efeitos deletérios do ruído sobre a audição são mundialmente reconhecidos e encontram-se bem documentados (EU-OSHA, 2009). No entanto, outros agentes que podem estar presentes nos locais de trabalho, tais como solventes orgânicos (tolueno, xileno, estireno e o bissulfureno de carbono (EU-OSHA, 2005b, EU-OSHA, 2009, INRS, 2005), metais, medicamentos e substâncias asfixiantes, são possivelmente capazes de afetar a audição dos trabalhadores, sendo considerados agentes ototóxicos (EU-OSHA, 2009; VYSCOCIL, 2012).

Destarte, por ser frequente a presença de ruído em ambientes de trabalho onde ocorre exposição a substâncias ototóxicas, tais como laboratórios, as alterações auditivas em trabalhadores são, na maioria das vezes, atribuídas ao ruído. A exposição a níveis sonoros inferiores a 85 dB(A) associada ao uso de substâncias ototóxicas está entre os principais riscos emergentes elencados pelo Observatório de Riscos da *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA, 2005a).

Segundo a OMS (2001), a proteção contra a exposição sonora deveria ser incluída em todos os programas de prevenção e controle de riscos nos locais de trabalho, mesmo

antes do surgimento de reclamações por dificuldades auditivas. Além disso, o princípio precaucionário proposto na Agenda 21 (BRASIL, 1996), estabelece que em qualquer situação, o ruído deveria ser reduzido ao menor nível possível sempre que houver riscos à saúde pública e o princípio da prevenção considera que deveriam ser propostas ações aplicadas à mitigação dos problemas existentes gerados pelo ruído.

No local de trabalho, o controle de ruído é fundamental, pois a presença do ruído pode aumentar os riscos de acidentes por mascarar sinais de alerta, ser um fator de estresse, ou potencializar o risco de perda de audição quando há exposição simultânea com produtos químicos ototóxicos<sup>1</sup>, tais como solventes orgânicos: tolueno, xileno, estireno e o bissulfureno de carbono (EU-OSHA, 2005b; EU-OSHA, 2009; INRS, 2005). Além disso, metais, medicamentos e as substâncias asfixiantes (por exemplo: monóxido de carbono) são possivelmente capazes de afetar a audição dos trabalhadores (EU-OSHA, 2009; VYSCOCIL et al., 2012).

Em laboratórios, a interferência na comunicação oral decorrente dos níveis elevados de ruído emitidos por equipamentos é uma preocupação crescente (OSHA, 2011). Embora, em geral, os níveis de ruído na maioria dos laboratórios estejam abaixo do limite considerado prejudicial à audição (85 dB(A) ou mais durante um dia laboral de 8 horas), podem, em determinadas situações, ser bastante elevados, principalmente quando mais de um equipamento está em uso. Além disso, nestes ambientes é comum o uso de substâncias químicas, algumas das quais ototóxicas.

Entretanto, a base da gestão de ruído eficaz depende da vontade política dos dirigentes da instituição e deve ser objeto do plano de desenvolvimento e da política de saúde dos trabalhadores, requerendo delegação de responsabilidades e previsão orçamentária.

Com esse olhar, em 2012, teve início o projeto Estratégias para a Gestão do Ruído e Substâncias Ototóxicas na Fiocruz, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Fiocruz sob o No 621/11 e, em 13 de agosto de 2021, reprovado pelos CEPs do IOC, ENSP e UFRJ, sob o No CAE 44863121.0.3002.5257.

Na ocasião, a população da Fiocruz era de 12.553 trabalhadores, dos quais 4.347 (34,62%) responderam aos questionários. Deste total, foram desconsiderados 163 (3,75%) referentes a unidades cujo número de respondentes não correspondeu a margem de erro de 10%, a qual foi considerada aceitável neste estudo. Assim sendo, de um total de 4.184 trabalhadores, 31,64% (1324) apresentaram alto incômodo sonoro e 39,01% (1632) moderado. Dentre os efeitos adversos do ruído percebidos pelos

---

<sup>1</sup> Ototóxico significa que tem efeito tóxico sobre o sistema auditivo (CAMPOS, C e SANTOS. P., 2011).

trabalhadores foram mencionados: irritabilidade (40,27 %), dor de cabeça (25,72%), fadiga mental (14,91%), fadiga física (13,07%), ansiedade (10,13%), perda auditiva (6,64%) e problemas do sono (3,49%).

Constatou-se que os trabalhadores mais incomodados pelo ruído são os de apoio administrativo (32,85%), seguidos de apoio logístico (23,49%) e ensino e pesquisa (22,13%). As fontes de ruído consideradas mais incômodas são: equipamentos mecânicos (50,88%), vozes (36,07%), telefone (15,27%), construção civil (22,28%), automóveis (7,72%) e música (3,73%). Além disso, 32,31% (1352) dos respondentes trabalham com substâncias químicas. 5,40% (226) estão expostos a substâncias que potencializam a perda auditiva na presença de ruído, 5,00% (209) trabalham com substâncias com capacidade ototóxica e 6,05% (253) trabalham com substâncias possivelmente ototóxicas.

Até o início de 2022, foram realizados 293 exames audiológicos com trabalhadores da Fiocruz. Destes, 104 tiveram resultados normais, 129 apresentaram alterações em ambas as orelhas, 22 na orelha direita, 20 com alteração na orelha esquerda, 18 não foram realizados por apresentarem respostas imprecisas ou alterações no conduto auditivo externo. Portanto, 58,4% dos trabalhadores que realizaram exames apresentaram perda auditiva.

No Brasil, o limite de exposição é abordado na Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2022), que trata das atividades e operações insalubres e se baseia no nível de pressão sonora em função do tempo de exposição, considerando o nível máximo de 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas.

É importante registrar que foram medidos níveis de pressão sonora em diversos ambientes, sendo que em todos foram superiores aos recomendados pela ABNT NBR 10152:2017 (Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações). Todavia, verificou-se que, em geral, os níveis medidos são inferiores ao nível de ação estabelecido pela NR 9 (BRASIL, 2020) para 8h de jornada de trabalho (80 dB A)<sup>2</sup>. Com

---

<sup>2</sup> A NR 9 considera nível de ação, o valor acima do qual devem ser implementadas ações de controle sistemático de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições ocupacionais ultrapassem os limites de exposição. Estabelece como nível de ação para o agente físico ruído, a metade da dose. Uma vez que a NR 15 estabelece o limite de tolerância da exposição de ruído para uma jornada de 8h (85 dB A), nesta situação o nível o nível de ação do ruído ocupacional para 8 horas de trabalho corresponde a 80 dB(A), pois a cada 5dB a exposição dobra ou reduz (Fator de dobra=5).

base neste nível de ação, as situações de trabalho avaliadas aparentemente não impõem risco de perda auditiva, mas configuram incômodo sonoro.

Os resultados aqui elencados confirmam a importância da proposição de uma política de gestão do ruído no processo de aquisição de equipamentos, atualmente inexistente no setor público, de modo a orientar gestores e responsáveis pelo processo de compras, pois a gestão correta na aquisição de máquinas e equipamentos menos ruidosos, baseada em especificações adequadas, possibilitará obter reduções significativas dos níveis de ruído ambientais.

Com o objetivo de “incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído”, a Resolução do Conselho Nacional de Meio-Ambiente - CONAMA nº 20/1994, instituiu a obrigatoriedade do uso do Selo Ruído para eletrodomésticos ruidosos. Todavia, até o momento, o uso do Selo Ruído é obrigatório apenas para os seguintes eletrodomésticos: liquidificadores, secadores de cabelo e aspiradores de pó. Além disso, não há normas e regulamentações nacionais relativas à emissão sonora de equipamentos de laboratório, o que dificulta o processo de compra de equipamentos mais silenciosos.

O guia proposto poderá ser adotado como política no processo de compras de equipamentos de laboratórios de pesquisa biomédica e microbiológica na Fiocruz e replicado em qualquer instituição pública ou privada. Dessa forma, poderá contribuir para a melhoria da qualidade de vida no trabalho e para a prevenção de agravos auditivos e extra-auditivos, decorrentes da exposição sonora de trabalhadores de ambientes dotados de equipamentos e máquinas ruidosos, principalmente onde houver ação concomitante do ruído e substâncias ototóxicas.

# Capítulo 1. REFERENCIAL TEÓRICO - METODOLÓGICO

---

A pesquisa bibliográfica teve por objetivo buscar referencial teórico para a definição de limites e critérios de emissão sonora dos equipamentos, imissão e exposição sonora no posto de trabalho, e definição de procedimentos de medição de ruído nos laboratórios objetos de avaliação.

Entre 2016 e 2020, foi realizada uma revisão sistemática da exposição ao ruído em ambiente de trabalho, da qual participaram membros da equipe a convite da Organização Mundial de Saúde (OMS) e Organização Internacional do Trabalho (OIT), que resultou na publicação dos seguintes artigos: *“The prevalence of occupational exposure to noise: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury”* (TEIXEIRA et al., 2021) e *“WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of exposure to occupational noise and of the effect of exposure to occupational noise on cardiovascular disease”* (TEIXEIRA et al., 2019).

A partir dos dados acima mencionados, foram realizadas pesquisa de documentos e normas nacionais e internacionais, considerando os critérios de elegibilidade dispostos a seguir.

## 1.1. CRITÉRIO DE ELEGIBILIDADE

Inicialmente, realizou-se a busca utilizando-se os seguintes descritores: “ruído”, “ruído ocupacional”, “acústica”, “ruído no trabalho”, “mapeamento de ruído”, “som”, “ruído ambiental”, “ruído em laboratórios de microbiologia”, “biossegurança em laboratórios”, “Noise Test Code” e “declaração de emissão de ruído”.

### 1.1.1. INFORMAÇÃO DE FONTES DE PESQUISA

Foram pesquisadas as seguintes bases:

1. Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica Universidade de São Paulo - AGUIA;
2. *Web of Science* (1 January 1945 to 30 June 2021).
3. *Data and Statistics Gateway* | NIOSH | CDC
4. *Health and Environmental Research Online* (HERO) (1 de janeiro de 2001 a 30 junho de 2021);

5. *Scopus* (1 de janeiro de 2001 a 30 junho de 2021).

As pesquisas foram realizadas em português, inglês, francês e espanhol usando a busca estratégica. Também foram pesquisadas outras bases acadêmicas e da literatura cinza<sup>3</sup> nos últimos 20 anos (2000 a 2021).

Bases de literatura cinza:

Web sites organizacionais; OpenGrey (<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:200362>). Também foram pesquisados o Google ([www.google.com/](http://www.google.com/)) e Google Scholar ([www.google.com/scholar/](http://www.google.com/scholar/)).

Realizaram-se buscas nos websites das seguintes organizações e departamentos de governo nacionais e internacionais:

1. Organização Internacional do Trabalho - IOT ([www.ilo.org/](http://www.ilo.org/))
2. Organização Mundial de Saúde - OMS ([www.who.int](http://www.who.int)).
3. Agência Europeia para a Saúde e Segurança no Trabalho - EU-OSHA (<https://osha.europa.eu/en>).
4. *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) of the United States of America, using the NIOSH data and statistics gateway (<https://www.cdc.gov/niosh/data/>).
5. *Institut National de Recherche et de Sécurité* - INRS (<https://www.inrs.fr/>).
6. *International Standard Organization* - ISO (<https://www.iso.org/home.html>).
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (<http://www.abnt.org.br/>).

Finalmente, foram realizadas pesquisas a manuais e catálogos de equipamentos, a fim de verificar a disponibilidade de declaração de emissão de ruído para equipamentos mais ruidosos encontrados nos laboratórios objeto de estudo, bem como consultas a especialistas visando buscar estudos potencialmente elegíveis.

Entrando com o descritor “*Noise*” na ferramenta de busca do web site da ABNT foram encontradas 513 Normas, sendo ABNT (33), ISO (253), IEC (227). Com o descritor “ruído”, foram encontradas 41 normas no web site da ABNT. Através de análise de conteúdo de títulos e resumos não foram encontradas normas da ABNT diretamente ligadas ao assunto em questão.

---

<sup>3</sup> A Quarta Conferência Internacional sobre Literatura Cinza (GL '99), realizada em Washington, DC, em outubro de 1999 definiu literatura cinza como: "Aquela que é produzida por todos os setores governamentais, acadêmicos, de negócios e indústrias, em formatos impressos e eletrônicos, mas que não são controlados por editoras comerciais.



Com o descritor “acústica”, foram encontradas 82 normas, 66 da ABNT e 16 da *Asociación Mercosur de Normalización (AMN)*. Destas, foram selecionadas as seguintes normas para leitura e análise da aplicabilidade ao objeto de estudo:

### **ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas**

ABNT NBR 10.151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral;

ABNT NBR 10152:2017 Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações;

ABNT NBR 15.360:2020 Ensaios não destrutivos - Emissão acústica - Caracterização do sistema de medição;

ABNT NBR 16.313:2014 Acústica - Terminologia;

ABNT NBR ISO 16.032:2020 Acústica - Medição de nível de pressão sonora de equipamentos prediais de edificações - Método de engenharia;

ABNT NBR ISO 3382: 2017 Acústica - Medição de parâmetros de acústica de salas (Partes 1 a 3).

### **ISO - International Standard Organization**

ISO 11200:2014 Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a workstation and at other specified positions;

ISO 11202:2010 Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Determination of emission sound pressure levels at a workstation and at other specified positions applying approximate environmental corrections;

ISO 11203:1995 Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Determination of emission sound pressure levels at a workstation and at other specified positions from the sound power level;

ISO 11204:2010 Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment - Determination of emission sound pressure levels at a workstation and at other specified positions applying accurate environmental corrections;

ISO 11.689:1996 Acoustics - Procedure for the comparison of noise-emission data for machinery and equipment;

ISO 11690-1:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 1: Noise control strategies;

ISO 11690-2:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 2: Noise control measures;

ISO 13474:2009 Acoustics - Framework for calculating a distribution of sound exposure levels for impulsive sound events for the purposes of environmental noise assessment; ISO 15664:2001 Acoustics -- Noise control design procedures for open plant;

ISO 15667:2000 Acoustics - Guidelines for noise control by enclosures and cabins;

ISO 17497-1:2004 Acoustics - Sound-scattering properties of surfaces — Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room;

ISO 17624:2004 Acoustics - Guidelines for noise control in offices and workrooms by means of acoustical screens;

ISO 1996-1:2016 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures;

ISO 1996-2:2017 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels;

ISO 230-5:2000 Test code for machine tools - Part 5: Determination of the noise emission;

ISO 354:2003 Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room;

ISO 3740:2019 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards;

ISO 3741:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Precision methods for reverberation test rooms;

ISO 3746:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane;

ISO 3747:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment;

ISO 4866:2010 Mechanical vibration and shock - Vibration of fixed structures -- Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures;

ISO 4871:1996 Acoustics - Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment.

## **IEC - International Electrotechnical Commission**

IEC 60704-1:2021, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 1: General requirements;

IEC 60704-2-1:2020, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-1: Particular requirements for dry vacuum cleaners;

IEC 60704-2-2:2009, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-2: Particular requirements for fan heaters;

IEC 60704-2-3:2017, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-3: Particular requirements for dishwashers;

IEC 60704-2-4:2011, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-4: Particular requirements for washing machines and spin extractors;

IEC 60704-2-5:2005, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-5: Particular requirements for electric thermal storage room heaters;

IEC 60704-2-6:2012, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-6: Particular requirements for tumble dryers;

IEC 60704-2-7:2020, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-7: Particular requirements for fans;

IEC 60704-2-8:2020, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-8: Particular requirements for electric shavers, hair clippers or trimmers;

IEC 60704-2-9:2003, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-9: Particular requirements for electric hair care appliances;

IEC 60704-2-10:2011, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-10: Particular requirements for electric cooking ranges, ovens, grills, microwave ovens and any combination of these;

IEC 60704-2-11:1998, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-11: Particular requirements for electrically operated food preparation;

IEC 60704-2-13:2016, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-13: Particular requirements for range hoods and other cooking fume extractors;

IEC 60704-2-14:2013, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-14: Particular requirements for refrigerators, frozen-food storage cabinets and food freezers;

IEC PAS 60704-2-15:2008, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-15: Particular requirements for household food waste disposers;

IEC 60704-2-16:2019, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-16: Particular requirements for washer-dryers;

IEC 60704-2-17:2020, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 2-17: Particular requirements for dry-cleaning robots;

IEC 60704-3:2019, Household and similar electrical appliances - Test code for the determination of airborne acoustical noise - Part 3: Procedure for determining and verifying declared noise emission values;

IEC 60665:2018, A.C. ventilating fans and regulators for household and similar purposes - Methods for measuring performance.

Após análise preliminar, dentre todas as normas supracitadas, foram priorizadas as seguintes normas para a elaboração do Protocolo de Medição:

ISO 11690-1:2020 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery -- Part 1: Noise control strategies; ISO 11690-2:2020 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery -- Part 2: Noise control measures;

ISO 3746:2010 Acoustics -- Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure -- Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane;

ISO 3747:2010 Acoustics -- Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure -- Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment;

ABNT NBR 10151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral;

ABNT NBR 10152:2017 Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

## 1.2. O CONCEITO “BUY AND SELL QUIET” NO MUNDO

A principal ideia do conceito “*Buy and Sell Quiet*” é que a melhor solução para o controle de ruído é a redução do nível na fonte sonora, pois em muitos casos, o uso de produtos mais silenciosos é a única maneira de reduzir o ruído (HEISTERKAMP et al., 2021).

Considera-se que a redução da emissão sonora de máquinas e equipamentos pode ser obtida através do projeto e da disponibilização de dados de emissão sonora confiáveis, que permitam a compra de produtos mais silenciosos. A venda e compra silenciosa pressupõe que empregadores prefiram adquirir máquinas mais silenciosas para reduzir os custos e esforços associados à gestão dos riscos decorrentes da exposição ao ruído e que produtores obtenham vantagens na sua produção. Tais vantagens estariam associadas à expansão do mercado ou adição desses custos ao valor do produto (BRERETON, PATEL & WU, 2021).

Segundo Heisterkamp et al. (2021), o “lidar com o problema ruído” é tornar possível e efetiva uma real competição em direção a máquinas e equipamentos mais silenciosos, de modo que forças de mercado estimulem o desenvolvimento tecnológico.

Na Comunidade Europeia, os fabricantes devem medir a emissão de ruído de máquinas e equipamentos produzidos, tomando como base as diretivas europeias e normas dos países membros (se forem mais restritivas) e declarar os níveis de emissão sonora de forma clara. Este procedimento auxilia compradores na escolha de máquinas e equipamentos mais silenciosos, a partir da comparação dos dados fornecidos pelos fabricantes, de modo a reduzir a exposição sonora nos ambientes de trabalho internos e externos. Para tanto, é necessário que a legislação obrigue os fabricantes a fornecerem tais informações de maneira confiável e compreensível aos compradores.

Para isso, é necessário que os compradores tenham a certeza de que realmente estão adquirindo um produto silencioso. Assim, é necessário que a legislação obrigue os fabricantes a fornecerem informação confiável e compreensível sobre ruído de produtos e máquinas, de tal modo que forneça base para o fácil reconhecimento de máquinas e equipamentos silenciosos aos compradores.

Na Comunidade Europeia, basicamente a seguintes diretivas abordam o ruído:

Diretiva 98/37/CE: Torna obrigatória a declaração de emissão de ruído das máquinas introduzidas no mercado europeu (CANETTO, 2006);

Diretiva 2000/14/CE: Exige, desde 2002, que as máquinas e equipamentos utilizados no exterior estão sujeitos à Diretiva 2000/14/CE relativa à emissão de ruído no ambiente por equipamentos utilizados no exterior. A diretiva visa disponibilizar produtos mais silenciosos ao mercado. Exige que 63 grupos de máquinas sejam rotulados com a marca CE e recebam uma indicação do nível de potência sonora. A intenção é fornecer aos futuros usuários informações suficientes sobre o ruído emitido pela máquina em questão;

Diretiva 2003/10/CE: Aborda valores de ação e limites de exposição ao ruído, avaliação de risco usando valores de emissão, exposição e imissão, requerimentos sobre redução do ruído e vigilância em saúde auditiva. Determina a escolha de máquinas e processos de trabalho mais silenciosos e a redução do ruído nos caminhos de propagação;

Diretiva 2006/42/EC: Estabelece critérios para a redução de ruído na fonte, declaração de emissão de ruído e instruções para uso seguro de máquinas. Segundo esta diretiva, as máquinas devem ser projetadas e produzidas de tal forma que os ruídos resultantes da emissão de ruído aéreo sejam reduzidos ao máximo, levando em consideração o progresso técnico e disponibilidade de meios de redução do ruído na fonte. O nível de emissão sonora pode ser avaliado com referência a dados de emissão comparativos para máquinas e equipamentos semelhantes;

Diretiva 2009/125/CE: Trata sobre o Ecodesign e requer o fornecimento do nível de potência sonora de eletrodomésticos e computadores.

O fabricante deve medir o ruído na emissão, ou seja, na geração do som, enquanto o empregador deverá medir a imissão, ou seja, na recepção, e avaliar a exposição sonora a que o trabalhador está submetido. As medições correspondentes são baseadas em normas do tipo B que descrevem, de modo geral os métodos de medição acústica e, quando existentes, em normas do tipo C, denominadas código de ensaio de ruído padronizado (*Standardized Noise Test Code*), que são específicos a um tipo de máquina (CANETTO, 2006; FRANCE, 2016).

O código de ensaio de ruído padronizado (norma C) fornece a presunção de conformidade com os dados requeridos pela Diretiva 2006/42/EC, para o uso típico mais ruidoso da máquina.

O NOMAD (**Noise and the Machinery Directive**) foi um projeto desenvolvido no âmbito da Comunidade Europeia, que consiste em uma ampla pesquisa de mercado, visando identificar se a Diretiva 2006/42/CE estava sendo cumprida adequadamente. Focou em dados de emissão a serem fornecidos nos manuais de instruções de máquinas de acordo com a diretiva. Em sua fase inicial, o NOMAD identificou que 80% dos dados não eram confiáveis para o uso por compradores e usuários para identificar máquinas com nível de ruído mais baixo (BRERETON, P.; PATEL, J. & WU, T, 2021). Desta forma, mesmo que

haja demanda por produtos mais silenciosos, é necessário ter a certeza de que o produto que é comercializado realmente atende às expectativas do consumidor, ou seja, é necessário confiar e compreender a informação sobre o produto e máquina.

A fim de avaliar as repercussões da Diretiva 2006/42/CE, a Comissão Europeia instituiu um procedimento de compilação de dados sobre emissão sonora, cujas informações serão utilizadas para o estabelecimento de incentivos econômicos e a atribuição de rótulos ecológicos (Comissão Europeia, 2007).

### **1.3. O CONCEITO “BUY AND SELL QUIET” NO BRASIL**

No Brasil, o conceito de compra e venda de máquinas e equipamentos silenciosos ainda se encontra bastante incipiente. Atualmente, há apenas o Programa Silêncio do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), o qual será abordado a seguir.

#### **1.3.1. O PROGRAMA SILÊNCIO**

O Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, conhecido como Programa Silêncio, foi instituído pela Resolução do Conama nº 02, de 08/03/1990, considerando a necessidade de estabelecer normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que interfere na saúde e bem-estar da população (IBAMA, 2022).

Em 1990, foram promulgadas a Resolução 001 do Conama que estabeleceu que as medições e os critérios nas avaliações de incômodo por ruído deveriam seguir os procedimentos das normas NBR 10151 e NBR 10152 e a Resolução 002 que “Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - Silêncio”, cuja coordenação ficou sob a égide do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, contando com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e demais entidades interessadas. O Programa Silêncio teve como objetivos:

- a) Promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país;
- b) Divulgar junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído;
- c) Introduzir o tema “poluição sonora” nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;
- d) Incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas etc.;

e) Incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da polícia civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

f) Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possam contribuir para o desenvolvimento do Programa SILÊNCIO.

### **1.3.1.1. O SELO RUÍDO**

O selo contribui para um dos objetivos do Programa Silêncio: “incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc.” (IBAMA, 2021).

O selo ruído foi instituído pela Resolução Conama nº 20/1994 que torna obrigatório o seu uso em aparelhos eletrodomésticos<sup>4</sup> que geram ruído no seu funcionamento. A instituição do Selo Ruído teve como objetivo criar uma forma de declarar o nível de potência sonora, medido em decibel na ponderação A - dB(A), de aparelhos eletrodomésticos que viessem a ser produzidos, importados e que gerassem ruído no seu funcionamento.

Além disso, os ensaios para medição dos níveis de potência sonora, para fins desta Resolução, devem ser realizados exclusivamente por laboratórios devidamente credenciados, conforme as normas internacionais da ISO 4871:1996 - “Declaração e verificação de valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos” e suas referências, ou de acordo com normas nacionais que venham a ser adotadas.

O fabricante de eletrodoméstico ou seu representante legal e importador devem solicitar ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA a obtenção do Selo Ruído para toda sua linha de fabricação, encaminhando, para tanto, a relação completa de seus modelos. Estes são responsáveis pela realização dos ensaios exigidos, devendo manter arquivo atualizado e permanente com todas as medições dos aparelhos e modelos comercializados, em versão original ou modificados (IBAMA, 2021).

A etiqueta adesiva, criada pelo Programa Silêncio, orienta os consumidores em relação ao nível de ruído emitido pelos eletrodomésticos e possibilita a escolha do produto mais silencioso. Todavia, até o momento, o uso do Selo Ruído é obrigatório apenas para os seguintes eletrodomésticos: liquidificadores, secadores de cabelo e aspiradores de pó

---

<sup>4</sup> De acordo com Resolução Conama nº 20/1994, aparelho eletrodoméstico é aparelho elétrico projetado para utilização residencial ou semelhante, conforme definição da NBR 6514.

(IBAMA, 2021). A Figura 1, a seguir apresenta o modelo a ser adotado para a etiqueta do selo ruído.



Figura 1 - Modelo da etiqueta do Selo Ruído. Fonte: Ibama (2021).

### 1.3.1.2. O PROJETO SILÊNCIO NA FIOCRUZ

O Projeto Silêncio proposto para a Fiocruz, foi inspirado no Programa *Buy and Sell Quiet* anteriormente descrito. Procura definir critérios que visem orientar os responsáveis por compras e especificação de equipamentos com baixo nível de emissão sonora. Seu conteúdo abrange a definição de níveis de emissão sonora para estabelecer parâmetros comparativos durante a aquisição de um quadro variado de equipamentos utilizados em laboratórios de pesquisa da Fiocruz. Pretende sobretudo orientar a identificação das emissões sonoras adequadas, a serem especificadas em projetos de ambientes novos ou reformados.

Em laboratórios, o uso de equipamentos mais silenciosos é o melhor meio de reduzir a exposição sonora, pois o emprego de materiais absorventes acústicos poderá ser inviável em função do nível de biossegurança requerido, tendo em vista a necessidade de se especificar materiais de fácil desinfecção e limpeza.



## Capítulo 2. REDUÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

---

Segundo a norma ISO 11.690:2020 - Parte 1, para reduzir os riscos impostos pelo ruído no local de trabalho, alguns países elaboraram legislação nacional que, geralmente, exige a adoção de medidas de controle de ruído, a fim de atingir níveis mais baixos de emissão, de imissão e de exposição ao ruído, levando em consideração: o conhecimento de medidas disponíveis; o estado da arte em relação ao progresso técnico; o tratamento do ruído na fonte; o planejamento adequado, aquisição e instalação de máquinas e equipamentos.

### 2.1. RELAÇÕES ENTRE SAÚDE E AMBIENTE

A relação entre saúde e ambiente de uma população define um campo de conhecimento multi e interdisciplinar referido como “saúde ambiental” ou “saúde e ambiente”. A saúde ambiental também se refere à avaliação e o controle dos fatores ambientais que podem afetar a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2009).

É importante destacar que produzir saúde não é uma exclusividade do setor de saúde. Ambiente e saúde são interdependentes, inseparáveis e essenciais para o bem-estar. “Saúde como uma prática social”, abrange a relação entre indivíduos, organizações, grupos populacionais e os conflitos decorrentes de sua interação com o meio ambiente. O termo “ambiente” não incorpora apenas a dimensão física ou natural, mas também a social, cultural, econômica e política, sejam elas familiares, de trabalho, lazer, educação, consumo, produção etc. (BRASIL, 2009).

Conformar um “ambiente saudável” é colocar a qualidade de vida em foco nos locais onde as pessoas vivem, transitam, trabalham, buscam serviços públicos e praticam o seu lazer, de forma participativa e articulada.

“Ambientes saudáveis” se materializam em distintas escalas: metrópoles saudáveis, municípios saudáveis, bairros saudáveis, parques saudáveis, locais de trabalhos saudáveis, escolas saudáveis, mercados saudáveis, habitações saudáveis etc. (BRASIL, 2009).

## **2.2. PRINCÍPIOS GERAIS DA PREVENÇÃO**

Segundo o INRS (2021), o empregador deve tomar todas as medidas necessárias para garantir a segurança e proteger a saúde dos trabalhadores, considerando os seguintes princípios gerais da prevenção:

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não podem ser evitados;
3. Combater os riscos na fonte;
4. Adaptar o trabalho ao homem, em particular, no que concerne à concepção dos postos de trabalho, assim como a escolha dos equipamentos e processos de trabalho e de produção;
5. Levar em conta o estágio da evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que não impõe perigo ou que é menos perigoso;
7. Planejar medidas preventivas, integrando-as, em um conjunto coerente, à técnica, à organização do trabalho, às condições de trabalho, às relações sociais e à influência dos fatores ambientais;
8. Tomar medidas de proteção coletiva, priorizando-as em relação à proteção individual;
9. Dar treinamento apropriado aos trabalhadores.

## **2.3. PRÁTICAS PREVENTIVAS NA CRIAÇÃO DE LOCAIS DE TRABALHO EM AMBIENTES DE SAÚDE**

As práticas preventivas começam com o projeto do espaço físico, conforme aponta o *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS, 2014; INRS, 2019; INRS, 2021). Neste aspecto, no Brasil, basicamente, devem ser respeitadas a Resolução RDC 50 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde (BRASIL, 2002) e a Norma Regulamentadora NR 32 do Ministério do Trabalho - Segurança e Saúde dos Trabalhadores dos Serviços de Saúde (BRASIL, 2022).

Segundo o INRS (2021), a concepção de um projeto se inscreve na vontade de modificar uma situação existente ou de criar uma situação de trabalho, para atender a um projeto mais global de uma empresa ou instituição. É a oportunidade de melhorar a qualidade de vida no trabalho e a saúde do trabalhador (INRS, 2014). Articula-se globalmente em torno das seguintes etapas: os estudos preliminares (viabilidade técnica, elaboração do

programa de necessidades e planejamento), concepção, execução da obra, recebimento e uso da edificação.

A concepção reside na expressão clara das necessidades do usuário que foram compreendidas pelo responsável pela elaboração do projeto. Todas as necessidades que não forem definidas claramente no programa não serão representadas em planta. Assim, não serão executadas, salvo ações corretivas onerosas (INRS, 2021). As escolhas realizadas durante a concepção do projeto determinarão a futura utilização do ambiente de trabalho. Na Figura 2, tem-se um fluxograma das etapas de um projeto de edificação.



Figura 2 - Etapas de um projeto de edificação.

Outrossim, a prevenção dos riscos profissionais é sempre mais eficaz e econômica quando é integrada desde as primeiras etapas de concepção do projeto. Tal procedimento permite reduzir acidentes de trabalho, doenças profissionais e melhorar a performance global da empresa (INRS, 2021).

No que se refere à qualidade acústica das edificações, cabe destacar que sua desconsideração na fase de concepção pode gerar sérios problemas executivos, cuja correção pode ser impossível ou extremamente onerosa. Aspectos como a seleção adequada de materiais de construção, revestimentos, esquadrias e acabamentos são importantes não apenas para o controle da disseminação dos agentes biológicos, mas para o condicionamento acústico da edificação.

Segundo a OMS (2004), alguns equipamentos de laboratório, como por exemplo, certos sistemas de laser, assim como instalações para animais, podem expor os trabalhadores a níveis de pressão sonora elevados. Dessa forma, a OMS adverte que a certificação de Cabines de Segurança Biológica deve levar em consideração o ruído. Além disso, aconselha avaliar exposição ao ruído e, quando justificado, utilizar vedações ou barreiras acústicas em torno do equipamento ruidoso ou entre zonas ruidosas e outras áreas de trabalho. Caso essa solução não seja suficiente, convém instituir um programa de proteção auditiva, incluindo a utilização de protetores auriculares para os trabalhos em ambiente ruidoso e controle médico para determinar o efeito do ruído sobre os trabalhadores expostos.

Entretanto, a redução efetiva do ruído somente será alcançada se o problema for abordado de maneira sistemática, agindo-se diretamente sobre a fonte sonora (BERANEK, 1971).

Os *Centers for Disease Control and Prevention* - CDC (2020) reconhecem que em laboratórios de pesquisa biomédica e microbiológica, o ruído emitido por equipamentos e em atividades específicas poderá provocar interferência na comunicação e aumentar fadiga dos trabalhadores. Portanto, este agente deve ser considerado em projetos e nos processos de avaliação de riscos.

Segundo McNay (2011), as seguintes considerações são de grande importância para o controle de ruído em laboratórios:

- Compreender a necessidade de comunicação do espaço;
- Referenciar a métrica de acústica apropriada ao projeto e uso pretendido;
- Controlar ruídos de equipamentos e máquinas;
- Integrar eficiência energética e acústica no projeto de AVAC<sup>5</sup>.

Diversas medidas de controle de ruído podem ser adotadas. Entretanto, a redução efetiva do ruído somente será alcançada se o problema for abordado de maneira sistemática. Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, na formulação de estratégias de controle de ruído, deve-se considerar:

- Determinação dos objetivos e estabelecimento dos critérios;
- Avaliação de ruído identificando as áreas em questão, a imissão nos postos de trabalho, as contribuições de diferentes fontes de ruído para a imissão nos postos de trabalho, a exposição sonora, a classificação das fontes sonoras por emissão;
- Medidas de controle de ruído: controle de ruído na fonte; controle de ruído na trajetória de transmissão no local de trabalho e controle de ruído nos postos de trabalho;
- Formulação de um programa de controle de ruído;
- Implementação de medidas adequadas;
- Verificação da redução de ruído alcançada.

## **2.4. A INFLUÊNCIA DO AMBIENTE NA PROPAGAÇÃO SONORA**

Nos locais de trabalho, as fontes de ruído são múltiplas. O ruído recebido em sua totalidade, denominado ruído global ou total, é a soma dos ruídos provenientes de todas as fontes e das reflexões sobre superfícies (INRS,2021).

---

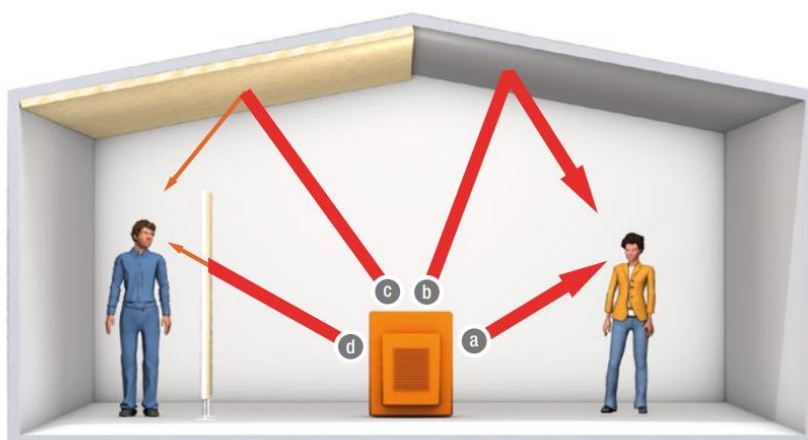
<sup>5</sup> AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado, refere-se a funções básicas e primordiais dos sistemas de climatização.

O campo acústico é a região do espaço onde existe propagação de ondas sonoras, podendo ser direta ou refletida. As características do campo de radiação sonora emitida por uma fonte de ruído variam com a distância da fonte (BERANEK, 1971). Em campo acústico livre (aquele no qual a propagação sonora ocorre sem reflexão), as ondas sonoras apresentam um comportamento diferente do encontrado em um ambiente fechado.

Em geral, o nível de pressão sonora gerado por uma fonte sonora em um receptor localizado em um campo distante da fonte diminui como uma função da distância devido a dispersão da energia sonora (BERANEK,1971; SHAW, 1975). Em campo livre e afastado, o nível de pressão sonora diminui 6 dB sempre que a distância à fonte sonora duplica (Comissão Europeia, 2007; INRS,2021). Mas, poderá ocorrer atenuação devido às condições ambientais e a outras condições. Por exemplo, o ar é um absorvente sonoro, principalmente quando o assunto tratado envolve altas frequências.

Quando as ondas sonoras incidem em um obstáculo, sua energia acústica pode ser difratada, refletida, absorvida ou transmitida (Comissão Europeia, 2007, INRS,2021). Se o ambiente tiver superfícies revestidas com materiais acústicos pouco absorventes, as ondas refletidas e diretas tenderão a se superpor, produzindo um som cujo nível é muito superior ao do som direto (Figura 3). Se houver um intervalo inferior a 35 milésimos de segundo entre as reflexões, ocorrerá um fenômeno chamado reverberação (BERENDT, 1976). Tal fenômeno se acentua em ambientes revestidos com superfícies rígidas como, por exemplo, os laboratórios de pesquisa biológica, tornando-os muito ruidosos.

Em ambientes fechados, o nível de ruído de fundo e o tempo de reverberação são os principais fatores que irão determinar a qualidade acústica e a inteligibilidade da fala. Dependendo das características das superfícies de um recinto, o som incidente irá refletir mais ou menos até extinguir-se.



a. Ruído direto

c. Ruído refletido após a absorção

b. Ruído refletido

d. Ruído atenuado por uma barreira isolante

Figura 3 - Principais modos de propagação do ruído. Fonte: INRS, 2021.

Desta forma, o ambiente assume um papel determinante na exposição dos trabalhadores ao ruído. Por sua reverberação, em ambientes fechados, o ruído proveniente de máquinas e equipamentos é potencializado em todo o ambiente de trabalho (INRS, 2011). O tratamento acústico faz parte da ação global de redução dos incômodos sonoros no ambiente de trabalho, mas não dispensa a adoção de meios técnicos e organizacionais de redução de ruído. Quando o tratamento acústico não é previsto na concepção de uma edificação, a correção acústica de um local existente é sempre mais difícil e onerosa (INRS, 2011).

## 2.5. OBJETIVOS DO CONTROLE DE RUÍDO

Agir no controle de ruído requer cuidadosa análise das atividades, pois o ruído pode ser portador de informações úteis ao processo de trabalho, auxiliando na prevenção de um acidente ou incidente. Portanto, é importante que as decisões relativas ao controle de ruído sejam tomadas de comum acordo com os trabalhadores, a fim de evitar a supressão de fontes sonoras relevantes.

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, os objetivos do controle de ruído devem ser baseados em conhecimentos gerais sobre como o ruído afeta a saúde das pessoas e interfere em suas atividades. Ao definir objetivos em relação à qualidade acústica de um posto ou ambiente de trabalho, deve-se estabelecer os níveis de ruído o mais baixo possíveis, bem como o tempo de reverberação adequado e os parâmetros de propagação sonora.

Por essa norma, a emissão e/ou níveis de exposição ao ruído devem ser definidos em função do tipo de atividade. Os valores ponderados na curva A que não devem ser excedidos para imissão e/ou exposição ao ruído são os seguintes:

- a) Em locais de trabalho industriais: 75 dB a 80 dB;
- b) Em escritórios: 45 dB a 55 dB;
- c) Em salas de reunião ou tarefas que envolvam concentração: 35 dB a 45 dB.

A Norma Francesa NF S31-199: 2011, estabelece que o nível de ruído ambiente aceitável em locais onde são exercidas atividades contínuas que implicam processos cognitivos complexos não deve exceder 45 a 55 dB(A), de acordo com a atividade, no posto de trabalho, por exemplo, em um laboratório situado em uma área de produção ou em um

escritório panorâmico, pois as comunicações verbais podem se tornar inaudíveis se o ruído de fundo mascarar a voz humana<sup>6</sup> (INRS,2021).

No Brasil, o limite de exposição é abordado na Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) do Ministério do Trabalho, que trata das atividades e operações insalubres e se baseia no nível sonoro em função do tempo de exposição, considerando que o nível sonoro máximo para 8h de exposição sonora é 85 dB(A). Todavia, a NR 17, que trata da Ergonomia, estabelece que:

- A organização deve adotar medidas de controle do ruído nos ambientes internos com a finalidade de proporcionar conforto acústico nas situações de trabalho.
- O nível de ruído de fundo para o conforto deve respeitar os valores de referência para ambientes internos de acordo com sua finalidade de uso, estabelecidos em normas técnicas oficiais.
- Para as atividades que não possuam equivalência na norma, o nível de ruído aceitável para a condição de conforto é de 65 dB(A), nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A e no circuito de resposta *slow* (S).

Tendo em vista as atividades desenvolvidas em laboratórios e, com base nas normas supracitadas, neste trabalho foram adotados os valores de referência definidos pela NBR 10.152:2017 para laboratórios de clínicas e hospitais:  $RL_{Aeq}$  45 dB,  $RL_{A_{max}}$  50 dB e  $RL_{NC}$  40, ainda que a referida norma não aborde especificamente laboratórios de pesquisa biomédica e de microbiologia.

Observa-se que ruídos impulsivos e com componentes tonais podem ser mais perigosos e incômodos que ruídos contínuos de banda larga. Portanto, o controle destes tipos de fontes sonoras deve ser prioritário (DAVIS, R.; CLAVIER, O, 2017).

Além disso, o controle de ruído deve ter como referência as propriedades acústicas do ambiente de trabalho.

A Tabela 1 apresenta os níveis de ruído de fundo em diferentes ambientes de trabalho, recomendados pela ISO 11.690:2020 - Parte 1. Os valores recomendados para tempos de reverberação, áreas de absorção equivalentes e decaimentos de pressão sonora espacial são fornecidos na Tabela 2.

Tabela 1 - Níveis máximos de ruído de fundo recomendados.

Tipo de Ambiente	$L_{Aeq}$ [dB]
Salas de conferência	30 a 35
Salas de aula	30 a 40
Escritórios individuais	30 a 40
Escritórios com várias pessoas	35 a 45
<b>Laboratórios industriais</b>	<b>35 a 50</b>

<sup>6</sup> A voz normal, sem falar alto ou gritar, tem um nível de aproximadamente 60 dB(A) (INRS, 2021).

Salas de controle na indústria	35 a 55
Locais de trabalho industriais	65 a 70

NOTA: O ruído de fundo é o ruído proveniente de equipamentos técnicos interiores (por exemplo, sistemas de ventilação) ou ruído proveniente de fora, com as máquinas de produção desligadas no caso de um local de trabalho na indústria.

Fonte: ISO 11690:2020 - Parte1.

Tabela 2 - Propriedades acústicas recomendadas para ambientes de trabalho.

Volume do ambiente [m <sup>3</sup> ]	Tempo de reverberação [s]	Taxa de decaimento da pressão sonora espacial por duplicação de distância, DL2 [dB]
Menor que 200	Menor que 0,5 a 0,8	—
Entre 200 e 1000	Entre 0,8 e 1,3	
Maior que 1000	—	Maior que 3 a 4

NOTA: <sup>1</sup>Estas recomendações são geralmente adequadas se o coeficiente de absorção médio da sala for superior a 0,3 ou se a área de absorção equivalente for superior a 0,6 até 0,9 vezes a área do piso, em metros quadrados.

<sup>2</sup>Quando o ambiente é plano (ambiente sem condições de campo difuso, é preferível utilizar a área de absorção equivalente ou o decaimento espacial (Ver item 3.4.9 da ISO 11.690:1 e ISO/TR 11690-3).

Fonte: ISO 11690:2020 - Parte1.

## 2.6. PLANEJAMENTO DE AÇÕES DE CONTROLE DE RUÍDO PARA LOCAIS DE TRABALHO NOVOS E EXISTENTES

O projeto de ambientes de trabalho novos ou existentes deve considerar medidas de controle de ruído desde o seu estágio inicial, considerando inclusive possíveis modificações no processo de trabalho. O tratamento acústico<sup>7</sup> deve ser diretamente integrado à concepção dos locais de trabalho, tendo em vista que em áreas existentes, a implementação de controle de ruído pode ser mais difícil, pois poderá interferir com os processos de trabalho. Além disso, os investimentos necessários para a realização de tratamento acústico de um local reverberante multiplicariam por dois ou três o custo de uma prevenção integrada (INRS,2021).

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, as etapas básicas de um projeto de controle de ruído são: a) Estudo preliminar; b) Planejamento e projeto; c) Implementação de medidas; d) Avaliação e aceitação da obra.

A importância dessas etapas varia de acordo com as atividades desenvolvidas no ambiente. No projeto acústico de edificações totalmente novas, as etapas de estudo preliminar, planejamento e projeto desempenham papéis muito importantes, pois, neste caso, é possível influenciar todos os fatores relacionados ao conforto acústico. Em reformas, devido a prováveis interferências nos processos de trabalho e de produção,

<sup>7</sup> Consiste basicamente na redução da reverberação do ruído e na limitação de sua propagação (INRS,2021).



há mais restrições nas ações de controle de ruído, devendo-se considerar principalmente o planejamento de ações de longo prazo.

### **2.6.1. ESTUDO PRELIMINAR**

Segundo a norma ABNT NBR 6.492:2021, “é o estudo da viabilidade de um programa e do partido arquitetônico a ser adotado para sua apreciação e aprovação pelo cliente.”

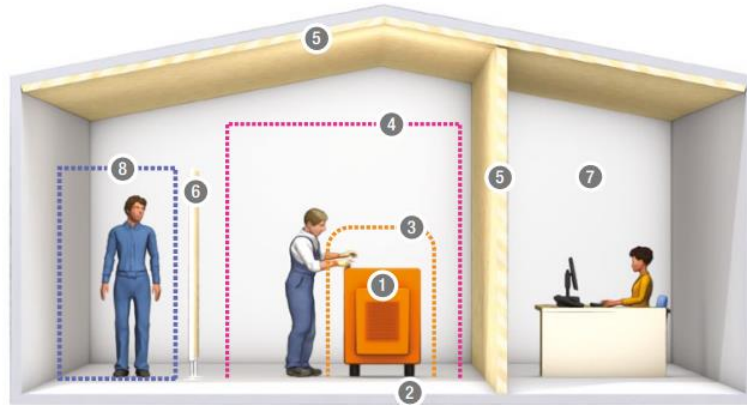
Esta fase inclui o estudo de viabilidade técnica, a elaboração do programa de necessidades e o planejamento (INRS,2021).

Durante esta etapa, devem ser consideradas as características acústicas e de controle de ruído, ou seja: objetivos do controle de ruído, efeitos de soluções, efeitos do leiaute básico e procedimentos gerais relacionados ao controle de ruído (Figura 4). Nesta fase, convém formar um grupo de planejamento que inclua todos os profissionais necessários (ISO 11690:2020 - Parte 1).

Na elaboração do programa de necessidades é importante fazer um levantamento exaustivo das fontes sonoras internas e externas. Neste sentido, é necessário que os fabricantes de máquinas informem no manual de instrução as características do ruído emitido. O desempenho acústico esperado deve ser formalizado no programa. Desta forma, a concepção da edificação dependerá da natureza das fontes de ruído, de seu modo de propagação (aéreo ou pela estrutura da edificação) e os valores limites, segundo a atividade. A implantação dos locais e dos postos de trabalho, a escolha de materiais, a estrutura das edificações e os equipamentos técnicos são outros aspectos importantes a considerar (INRS,2021).

Os limites máximos de níveis de ruído na imissão e os limites de emissão de ruído para as máquinas e/ou equipamentos a serem utilizadas, também devem ser observados. No entanto, o projeto de novas instalações ou as modificações das existentes, requerem critérios mais rigorosos na definição de níveis de emissão e de imissão de ruído do que os estabelecidos na regulamentação pertinente. O mesmo se aplica aos objetivos relativos à qualidade acústica da sala tais como: tempo de reverberação e distribuição espacial do som.

Um aspecto importante no controle de ruído é a localização das estações de trabalho em relação à posição de máquinas e equipamentos ruidosos. Na fase de estudo preliminar, devem ser identificadas as atividades e a localização dos trabalhadores em relação às fontes sonoras (ISO 11690:2020 - Partes 1 e 2).



1. **Suprimir o ruído na fonte:**
  - Escolher equipamentos silenciosos;
  - Facilitar a manutenção prevendo espaço e meios.
2. **Evitar a propagação das vibrações:**
  - Instalar calços antivibração;
  - Eliminar contato direto entre a base dos equipamentos e a estrutura da edificação.
3. **Isolar a fonte de ruído (enclausuramento):**
  - Unicamente para os equipamentos cujo funcionamento é autônomo e com reduzida operação de manutenção e baixa emissão de calor.
4. **Isolar a fonte de ruído em um recinto ou local específico**
  - Tratar as paredes acusticamente;
  - Integrar o espaço para todas as operações humanas e os meios de manutenção (sem esquecer a área para guardar o equipamento desmontado).
5. **Tratar acusticamente o local**
  - Prever materiais acústicos para limitar os efeitos da reverberação;
  - Prever paredes com isolamento acústico suficiente para reduzir a transmissão sonora entre ambientes.
6. **Implantar barreiras acústicas**
  - As barreiras não devem impedir a visão do exterior ou interferir nas necessidades de comunicação;
  - Devem criar uma área de sombra acústica, ser isolantes e se possível, absorventes.
7. **Afastar as fontes de ruído das zonas de trabalho que requerem concentração**
  - Isolar os escritórios das áreas ruidosas e de todo equipamento ruidoso;
  - Isolar as zonas de convívio.
8. **Isolar o operador em uma cabine insonorizada**
  - Unicamente se a ventilação, a iluminação artificial, a iluminação natural e a vista do exterior podem ser garantidas (salvo incompatibilidade com a natureza da atividade).

Figura 4 - Diferentes soluções de condicionamento acústico. Fonte: INRS, 2021.

## 2.7. O CONTROLE DE RUÍDO EM LABORATÓRIOS

Em função dos procedimentos realizados, os laboratórios podem apresentar características completamente diferentes. Contudo, a necessidade de uma boa comunicação verbal é comum a todos eles. Além disso, alguns servem como salas de aula e recebem pesquisadores estrangeiros, cuja língua materna não é o português. Palestras e discussões são atividades comuns nesses locais. Nesse sentido, é necessário que as equipes de pesquisa possam se comunicar claramente, dado que a má inteligibilidade da palavra poderá afetar a segurança, a precisão dos dados da pesquisa e dificultar a cooperação técnico-científica. Assim, o desempenho acústico de um local também

deve ser definido em função das necessidades de comunicação e de concentração. Laboratórios típicos de biologia, química, física ou interdisciplinares requerem níveis de ruído ambiente similares aos de escritórios panorâmicos, nos quais a conversação normal é uma importante parte da comunicação cotidiana.

Em instalações laboratoriais, segundo Martins (2020) o ambiente precisa ser controlado quanto às condições de conforto ambiental, definindo parâmetros para temperatura, umidade, qualidade do ar, nível de iluminamento e ruído.

Portanto, durante o desenvolvimento do programa de necessidades para o projeto de construção ou reforma de um laboratório, é importante definir as funções esperadas de cada espaço e as propriedades acústicas necessárias, considerando inclusive a qualidade acústica do sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado - AVAC.

Em geral, os laboratórios devem ser projetados de modo a facilitar o trabalho em equipe e a utilização de uma variedade de métodos de apresentação e discussão, incluindo sistemas audiovisuais - AV, com ou sem amplificação sonora. Quase todos os equipamentos utilizados nestes ambientes emitem ruído, cujo nível depende do tipo de laboratório. Alguns processos de trabalho poderão exigir a utilização de capelas de exaustão química, cabines de segurança biológica, refrigeradores, geradores de gás nitrogênio, compressores, congeladores, incubadoras, ultracentrífugas, grandes analisadores automatizados, homogeneizadores de tecido, agitadores, autoclaves etc.

Como exemplo, uma centrífuga refrigerada pode gerar níveis de ruído de até 65 dB(A). Todavia, estes equipamentos normalmente não funcionam de modo isolado e a soma do ruído emitido pelo conjunto pode elevar substancialmente os níveis de exposição sonora dos trabalhadores (OSHA, 2011).

O nível de ruído ambiente em um laboratório também pode receber contribuições de ruídos externos, tais como: o tráfego de veículos, casas de máquinas de equipamentos, *nobreaks*, servidores, geradores, exaustores e unidades condensadoras.

Outros aspectos relevantes são o nível de pressão sonora emitido, o tempo de funcionamento de cada equipamento, a frequência sonora e o tipo ruído (contínuo, flutuante, de impacto ou aéreo).

## Capítulo 3. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO

---

Conforme descrito no capítulo anterior, a avaliação e proposição de medidas de controle de ruído em laboratório de pesquisa biomédica e de microbiologia requerem a compreensão do comportamento do som em recintos fechados. Nesse sentido, devem ser analisadas a geometria do ambiente, absorção, reflexão e características das fontes sonoras, assim como as relações estabelecidas entre elas.

A seguir, são apresentadas as principais grandezas relacionadas ao ruído em ambientes de trabalho.

### 3.1. GRANDEZAS DE EMISSÃO, IMISSÃO E EXPOSIÇÃO SONORA

#### 3.1.1. GRANDEZAS DE EMISSÃO DE RUÍDO

Quando um equipamento produz som, diz-se que ele irradia energia acústica. O som irradiado é definido como emissão sonora (Comissão Europeia, 2007).

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1:

“Uma importante grandeza característica de emissão, normalmente usada, é o nível de potência sonora ponderado na curva A ( $L_{WA}$ ), sob condições de montagem e de operação definidas.

Outra grandeza característica de emissão é o nível de pressão sonora de emissão ponderada na curva A ( $L_{pA}$ ) em uma posição especificada para condições de montagem e de operação definidas e devido apenas à máquina.

Existem outras grandezas de emissão de ruído, como níveis por banda de frequência, o nível de pressão sonora de emissão de pico ponderado na curva C no posto de trabalho e o histórico temporal.

Os métodos básicos para medição e declaração dos valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos ruidosos são fornecidos na série ISO 3740, série ISO 9614, série ISO 11200 e ISO 4871. Os códigos de ensaio de ruído especificam, para famílias de máquinas e equipamentos, as condições de montagem e operação durante a determinação de grandezas de emissão de ruído”.

### 3.1.2. IMISSÃO DE RUÍDO E GRANDEZAS DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

Basicamente, a imissão é a quantidade de som que chega a um ponto de medição específico (como exemplo: um posto de trabalho, ouvido humano ou microfone), incluindo as várias fontes sonoras e a reflexão da sala (Comissão Europeia, 2007).

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1:

“Em contraste com as grandezas de emissão, que são descritores intrínsecos de máquinas como fontes sonoras, as grandezas de imissão de ruído descrevem o impacto sonoro total no local de recepção, como um posto de trabalho, que pode ser ocupado por uma ou mais pessoas, e as grandezas de exposição ao ruído descrevem o impacto sobre os seres humanos específicos.

As grandezas de imissão de ruído são avaliadas em um determinado posto de trabalho, durante um período representativo da atividade diária (ou semanal). Se ocorrerem várias atividades em um posto de trabalho, pode ser necessário avaliar um conjunto de valores de imissão de ruído nesse posto de trabalho.

Uma vez que as grandezas de exposição ao ruído são específicas para uma pessoa que pode ocupar diferentes postos de trabalho diariamente (ou semanalmente), elas também podem ser avaliadas a partir do ruído de imissão e o tempo despendido em cada posto de trabalho envolvido.

As grandezas de exposição ao ruído para uma pessoa que ocupa um único posto de trabalho são idênticas às grandezas de imissão de ruído desse posto de trabalho.

Em geral, os valores de  $L_{pA,eq,8h}$ ,  $L_{pA,r}$  e  $L_{pC,peak}$  são comparados aos limites de exposição e de imissão de ruído. A incerteza de medição deve ser adicionada a esses valores antes da comparação com os limites”.

## 3.2. DIRETIVIDADE

A diretividade é a capacidade de irradiar som em direções definidas. A quantidade de energia acústica irradiada por uma fonte, pode variar consoante as direções. Se a fonte emissora irradiar mais energia acústica em uma determinada direção, significa que o nível de pressão sonora será mais elevado nessa direção (Comunidade Europeia, 2007).

O padrão de diretividade de uma fonte sonora pode ser avaliado através da medição dos níveis de pressão sonora ao seu redor. Ele indica a direção na qual a fonte irradia som com o nível de pressão sonora mais elevado, em comparação com os níveis de pressão sonora irradiados em outras direções.

### 3.3. PROTOCOLO DE MEDIÇÃO

O protocolo de medição em ambiente controlado deve ser desenvolvido com base em normas nacionais ou internacionais que digam respeito aos equipamentos ou famílias de máquinas (CANETTO, 2006).

Todavia, nos locais de trabalho, ou seja, em medições *in situ*, onde diversos fatores poderão interferir nos resultados das medições, antes de decidir que norma ou critério adotar, é necessário analisar as condições do ambiente de teste, medir largura, pé direito e calcular o volume da sala, a fim de verificar a necessidade de aplicar fatores de correção e a viabilidade do emprego de uma norma específica, conforme descrito a seguir.

#### 3.3.1. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA SONORA UTILIZANDO DADOS DE PRESSÃO SONORA

A potência sonora de máquinas e equipamentos pode ser determinada de acordo com as normas ISO 3740-3747, a partir de dados de níveis de pressão sonora. Entretanto, para determinar a potência sonora de um equipamento, somente os níveis de pressão sonora não são suficientes, pois as características acústicas do ambiente e a distância do microfone à fonte também devem ser consideradas (conforme Capítulo 2).

##### 3.3.1.1. MÉTODO DE MEDIÇÃO SEGUNDO A ISO 3746:2010

Neste documento, optou-se por verificar a viabilidade de utilização da ISO 3746:2010 que descreve um método para cálculo do nível de potência sonora produzido por uma fonte no interior de um recinto fechado, a partir do nível de pressão sonora medido numa superfície hipotética que a circunda, chamada de 'superfície de referência', situada a uma determinada distância das faces da fonte sonora (Figura 5).

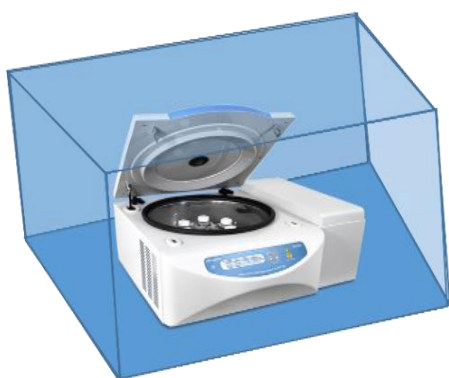


Figura 5 - Superfície de referência ao redor de um equipamento.  
Fonte: Os autores.

A norma descreve as condições e procedimentos para a realização de medições, a fim de obter os níveis de pressão sonora em torno da fonte, partindo das suas dimensões e localização (TOMAZEI et al, 2012). Define que são necessários três dados para a determinação da potência sonora: o volume que delimita a fonte sonora sob teste, os níveis de pressão

sonora medidos em pontos determinados e a superfície de medição, relacionada às dimensões da fonte e à distância entre o microfone e a fonte.

O cálculo do nível de potência sonora  $L_{WA}$ , em decibel, é realizado usando a Equação 1

$$L_{WA} = \overline{L_{pfA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad (\text{Eq. 1}).$$

Onde:

$L_{pfA}$  é a medida do nível de pressão sonora, na superfície, em decibel, ponderado em A (dB(A)), com correções do ruído de fundo e do ambiente;

S é a área da superfície de medição em metro quadrado (m<sup>2</sup>);

$S_0$  é a área de referência de 1 m.

O ruído de fundo é aquele emitido por todas as outras fontes que não estão sob avaliação. O nível de pressão sonora ponderado em A devido ao ruído de fundo médio, nas posições do microfone, sobre a superfície de medição, deverá ser, ao menos, 3 dB abaixo do nível de pressão sonora médio na superfície com o equipamento sob teste em operação, quando medido na presença desse ruído de fundo (ISO 3746:2010).

Durante as medições, o ruído de fundo ponderado na curva A, deve ser preferencialmente, no mínimo, 10 dB a 15 dB abaixo dos níveis medidos com equipamento em operação. Neste caso, nenhuma correção para o ruído de fundo ( $K_{1A}$ ) será necessária (TOMOZEI et al., 2012).

O termo correção ambiental ( $K_{2A}$ ) deverá ser numericamente menor ou igual a 7 dB, como ilustrado na Figura 6. Se esta exigência não puder ser satisfeita, o ambiente não poderá ser utilizado para a realização de medições na superfície de teste, segundo a norma ISO 3746:2010. Neste caso, a potência sonora deverá ser obtida por método científico a ser definido no Item 3.3.1.3.

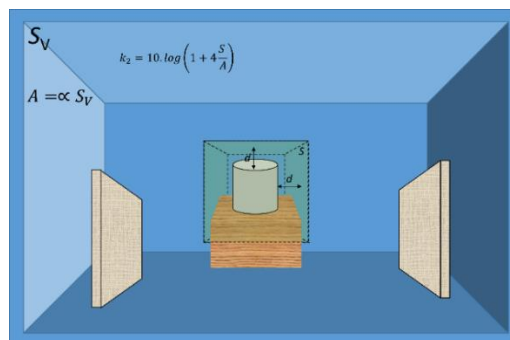


Figura 6 - Determinação da Correção Ambiental  $K_{2A}$ . Fonte: Os Autores.

Desta forma, inicialmente, é necessário determinar a correção ambiental para cada sala que compõe os laboratórios objeto de estudo, a fim de verificar se a norma ISO 3746:2010 pode ser utilizada.

Para o cálculo da correção ambiental  $K_{2A}$ , utiliza-se a seguinte Equação 2

$$K_{2A} = 10 \log \left[ 1 + 4 \frac{S}{A} \right] \text{ dB} \quad (\text{Eq.2}).$$

Onde:

A é a área de absorção sonora equivalente, em metros quadrados, da sala;

S é a área, em metros quadrados da superfície de medição.

Sendo:

$$A = \alpha S_v$$

Onde:

$\alpha$  é o coeficiente de absorção médio, dado por valores ponderados em A na Tabela 3;  $S_v$  é a área total, em metros quadrados, das superfícies limites da sala de teste (paredes, teto e piso).

Tabela 3 - Valores aproximados do coeficiente de absorção Sonora médio,  $\alpha$ .

Coefficiente de absorção sonora média, $\alpha$	Descrição da sala
0,05	Sala quase vazia com paredes lisas e duras feitas de concreto, tijolo, gesso ou ladrilho
0,10	Sala parcialmente vazia; sala com paredes lisas
0,15	Sala cubóide com formato reto, com mobiliário; sala de máquinas cubóide com formato reto ou área industrial
0,20	Sala de formato irregular com mobiliário; sala de máquinas de formato irregular ou área industrial
0,25	Sala com móveis estofados; máquinas ou sala industrial com material absorvente sonoro no teto ou paredes
0,30	Sala com teto revestido com material absorvente sonoro, mas sem materiais absorventes sonoros nas paredes
0,35	Sala com materiais absorventes sonoros no teto e nas paredes
0,50	Sala com grandes quantidades de materiais de absorção de som no teto e nas paredes

Fonte: ISO:11.690:2020 - Parte 1

- **Uso de relações de simetria**

Em muitos casos, a partir de medições preliminares ou levando em consideração a simetria de um equipamento, os níveis médios de pressão sonora de um lado do equipamento são iguais aos do outro lado. Nestas situações, é possível, de acordo com as normas ISO 3744 e 3746, medir em um lado e anexar estes valores medidos também para os pontos equivalentes do outro lado (PROBST, 1999)



### **3.3.1.2. MÉTODO DE MEDIÇÃO SEGUNDO A ISO 3747:2010**

A ISO 3747 descreve um procedimento de medição que pode ser usado com máquinas em operação em um ambiente industrial típico e que permite a determinação do Nível de Potência Sonora com um menor número de pontos de medição, em relação ao método de envelopamento da superfície de medição, conforme descrevem a ISO 3744 ou ISO 3746. O método consiste na comparação dos níveis de pressão sonora no ambiente, se a fonte sob teste e a Fonte Sonora de Referência (FSR) estão em operação.

Segundo a ISO 3747, no método de comparação, é utilizado o campo sonoro resultante das reflexões da sala e outras superfícies. Com uma distância de medição suficientemente extensa, é assegurado que a contribuição do campo sonoro direto seja a menor possível.

### **3.3.1.3. MÉTODO APROXIMATIVO PARA MEDIÇÃO DE VALORES DE EMISSÃO PARA SITUAÇÕES QUE NÃO ATENDEM À ISO 3746:2010 E 3747:2010**

Segundo Probst (1999), as medições para a determinação dos valores de emissão de ruído para declaração deveriam ser realizadas com método normalizado, sempre que possível. Todavia, os procedimentos de medição para a determinação do Nível de Pressão Sonora e Nível de Potência Sonora são relativamente complicados, especialmente quando os equipamentos não puderem ser movidos facilmente. Nesse contexto, podem ser necessários procedimentos aproximativos. Alguns desses métodos já foram testados e provaram ser úteis, especialmente, durante a medição da emissão de máquinas de grande porte.

Entretanto, deve-se considerar condições nas quais os procedimentos aproximativos podem ser aplicados com a exatidão requerida. É necessário examinar o tipo de equipamento para definir que procedimento deverá ser adotado: um método específico ou um definido na norma-C correspondente.

Cabe considerar que o nível de potência sonora com diferentes procedimentos de medição, sistematicamente, pode resultar valores diferentes apesar de uma adequada aplicação de todas as correções prescritas pelas normas técnicas (PROBST, 1999).

- **Medição em superfícies de curta distância**

Alguns equipamentos são acoplados mecanicamente, eletricamente ou pelo fluxo de material. Nestes casos, o som irradiado na frente ou atrás do equipamento em questão pode resultar em um ruído de fundo na superfície de medição, a 1 m de distância, cuja influência não pode ser eliminada. Segundo Probst (1999), nesta e em muitas situações comparáveis, uma medição em distâncias muito curtas (cerca de 10cm), pode resolver

o problema, se a influência do ruído de fundo for reduzida a tal ponto, que nenhuma correção seja necessária. Todavia, pode ser necessário efetuar uma correção de cerca de 3 dB, para retificar o erro de ângulo que ocorre ao medir em distâncias curtas.

- **Medição em aberturas**

Alguns equipamentos são parcialmente ou completamente cobertos por um gabinete, tais como Cabine de Segurança Biológica (CSB), Fluxos Laminares e Capelas de Exaustão Química. Nestes casos, a maior parte da energia sonora que determina o nível de pressão sonora ao redor é irradiada de superfícies abertas necessárias para manipulação de material químico ou biológico ou por outros motivos.

De acordo com Probst (1999), se a medição a uma distância de 1m não for possível, devido ao elevado ruído de fundo, pode ser vantajoso medir o nível médio de pressão sonora diretamente nas áreas de superfície abertas (Foto 1). Para cada abertura, o nível de potência sonora parcial é determinado a partir desse nível médio de pressão sonora e da área de abertura. A soma energética de todas as contribuições é o nível de potência sonora da máquina.



Foto 1 - Medição diretamente na abertura da CSB.

### 3.3.2. DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO DE RUÍDO

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, basicamente, a fim de descrever a situação de ruído em um local de trabalho, interno ou externo, são determinados: os postos de trabalho e as grandezas de imissões relacionadas; as exposições sonoras correspondentes à cada trabalhador; as fontes sonoras e as grandezas de emissão de ruído.

Esses dados podem ser listados em uma planilha de descrição do ruído em um local de trabalho (Anexo 1), em planta baixa (Figura 7) ou em mapas de ruído (Figura 8), obtidos a partir de simulações acústicas.

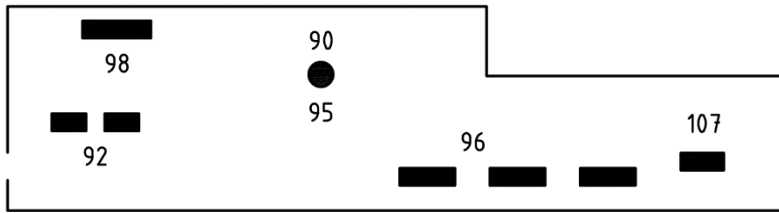


Figura 7 - Exemplo de níveis de ruído em postos de trabalho. Fonte: ISO 11.690:2020 - Parte 1.

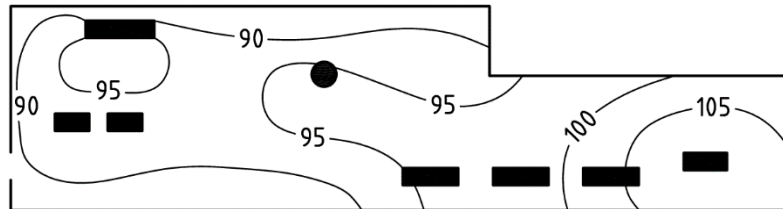


Figura 8 - Mapa de ruído para um determinado local de trabalho com incremento de 5 dB(A). Fonte: 11.690:2020 - Parte 1.

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, as planilhas de caracterização do ruído e os mapas de ruído podem ser utilizados para as seguintes finalidades:

- a. Avaliação da emissão de ruído nos postos de trabalho;
- b. Identificação da localização de áreas de ruído elevado e fontes sonoras dominantes;
- c. Identificação das áreas ruidosas onde os níveis de imissão de ruído excedem os limites de ruído relevantes;
- d. Diagnóstico da situação de propagação sonora em um horário especificado;
- e. Apoio ao planejamento de um novo local de trabalho;
- f. Auxílio na avaliação do efeito da mudança de uma máquina, processo de trabalho ou leiaute da planta;
- g. Verificação da eficácia das medidas tomadas ou planejadas;
- h. Apoio à proposição de um programa de controle de ruído de longo prazo;
- i. Ferramenta de diálogo entre as partes envolvidas;
- j. Ferramenta para informação das pessoas expostas sobre a caracterização do ambiente sonoro;
- k. Apoio ao desenvolvimento de programa de promoção a saúde auditiva.

### 3.3.3. ACÚSTICA PREVISIONAL

A predição dos níveis de pressão sonora em um determinado ambiente pode ser de grande utilidade para o controle de ruído. É indispensável tanto para a concepção ou reforma de um local de trabalho, quanto para a otimização de escolhas e apoio ao processo de tomada de decisão, garantindo os resultados almejados. Permite, por simulação numérica da propagação e da reverberação sonora, prever quantitativamente a eficácia das soluções propostas para controlar a exposição ao ruído: tratamento acústico, instalação de divisórias e barreiras acústicas, enclausuramento, implantação de máquinas e equipamentos (INRS,2021). Possibilita, por exemplo, determinar o nível de ruído no ambiente com a instalação de novas máquinas, antes mesmo que estas sejam instaladas (RODRIGUES, 2013).

Em geral, as predições acústicas podem ser realizadas com softwares baseados em fontes virtuais, traçados de raios (geométrico) e híbridos. Segundo o INRS (2021), a utilização de softwares de acústica previsional propõe dois tipos de resultado:

“Inicialmente, o decréscimo sonoro pela duplicação da distância a uma fonte de ruído de referência. O decréscimo pode ser calculado no momento do estudo acústico, mesmo em uma situação em que as características (potência acústica e posição) das máquinas a serem instaladas no local sejam desconhecidas.

Em seguida, cartas do ruído, segundo as soluções corretivas consideradas (tratamento do local, enclausuramento, instalação de divisórias e barreiras acústicas, implantação de máquinas), contendo a diferença nos níveis sonoros em relação a uma situação inicial” (INRS, 2021, p.65).

No presente trabalho foi utilizado o *Software SoundPlan*, que se baseia na difração de partículas de som e pertence à família de métodos conhecidos como acústica geométrica, fortemente relacionado ao método de traçado de raios.

### 3.3.4. DETERMINAÇÃO DO POSICIONAMENTO DO MICROFONE, NÚMERO DE MEDIÇÕES E TEMPO DE MEDIÇÃO

Segundo a norma ISO 3746:2010, a maneira pela qual a fonte sonora sob teste é instalada e operada pode ter uma significativa influência sobre a potência sonora ou energia emitida. Desta forma, deve-se criar condições a fim de minimizar tal situação. Caso exista um código de ensaio para a família do equipamento em questão, devem ser seguidas suas instruções. A mesma descrição de instalação, quantidade e condições de operação da fonte sonora deverá ser utilizada para a determinação dos níveis de pressão sonora e níveis de potência sonora da emissão.

Nas imediações do microfone não deve haver nenhum obstáculo que possa influenciar o campo acústico e nenhuma pessoa deve permanecer entre o microfone e a fonte de ruído. O avaliador deve estar posicionado de forma a não influenciar a sua leitura. Nas Figuras 9 a 13 a seguir, são apresentadas algumas configurações de posições de microfones para diversas situações específicas.

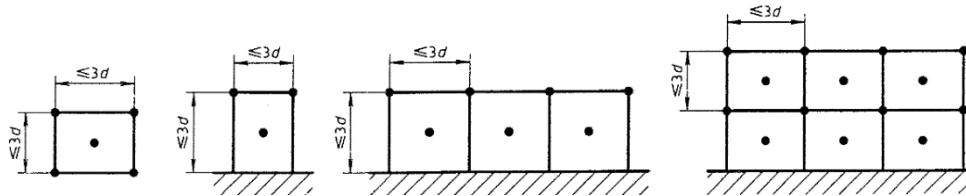


Figura 9 - Posições do microfone que delimitam as subáreas da superfície de medição. Fonte: ISO 3746:2010.

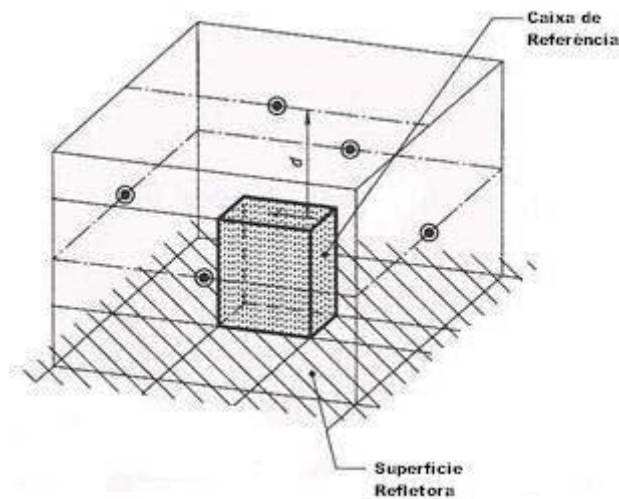


Figura 10 - Posições do microfone para medição de fontes sonoras pequenas. Fonte: ISO 3746:2010.

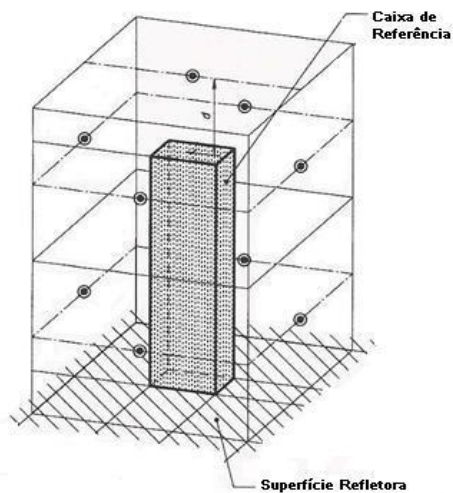


Figura 11 - Posições do microfone para medição fontes sonoras altas. Fonte: ISO 3746:2010

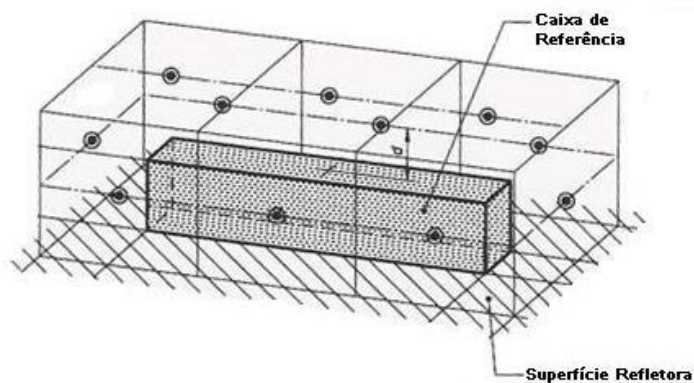


Figura 12 - Posições do microfone para medição fontes sonoras longas. Fonte: ISO 3746:2010

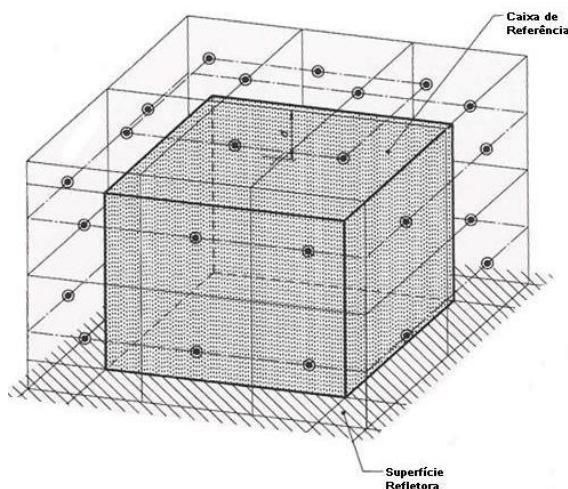


Figura 13 - Posições do microfone para medição fontes sonoras grande. Fonte: ISO 3746:2010

### 3.3.5. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO DE TESTE

A medição de ruído deve ser realizada em apenas um equipamento representativo de cada modalidade, conforme o ano de fabricação.

### 3.3.6. INSTRUMENTAÇÃO PARA MEDIÇÃO ACÚSTICA

Segundo a ISO 3746:2010, o sistema de instrumentação, inclusive o microfone, cabos e protetor de vento, quando usado, deverão atender os requisitos da IEC 61.672-1:2002, classe 2, a qual é aceitável para ruído estacionário. Todavia, em geral, é recomendável a utilização de instrumentação classe 1.

### 3.3.7. AJUSTE DO SONÔMETRO

Segundo as normas ISO 11.202:2010 e 3746:2010, antes e após cada série de medições, a sensibilidade do sonômetro deverá ser ajustada com auxílio de um calibrador que atenda aos requisitos da IEC 60.942:2003, classe 1. Sem qualquer ajuste posterior, a diferença entre as leituras feitas com o calibrador acoplado ao microfone, antes e após

cada série de medições, deverá ser inferior a 0,5 dB. Se este valor for excedido, os resultados das medições deverão ser descartados.

### 3.3.8. OPERAÇÃO DURANTE O TESTE

Segundo a ISO 3746:2010, a potência sonora ou a energia sonora emitida por uma fonte, pode ser afetada pela carga aplicada, a velocidade de teste e condições sob as quais está operando. Dessa forma, a fonte será testada, sempre que possível, sob condições típicas de operação que reproduzam e representem a situação mais ruidosa. Caso exista um código de ensaio, este deve ser utilizado. Caso contrário, um ou mais dos seguintes modos de operação apresentados nas alíneas a à g do item 6.5 da ISO 3746:2010 devem ser selecionados para teste.

### 3.3.9. CAIXA DE REFERÊNCIA E SUPERFÍCIES DE MEDIÇÃO

A ISO 3746:2010 servirá como critério para localização dos microfones durante a realização das medições nos equipamentos.

Segundo a norma, ao definir a forma e dimensões da superfície de medição, inicialmente, deve-se esboçar uma caixa de referência, que consiste em uma superfície hipotética definida por um paralelepípedo que envolve a fonte em teste. Cabe destacar que na delimitação do volume da caixa de referência, os elementos que não apresentam importante contribuição na propagação do som, podem ser descartados (Figura 14).

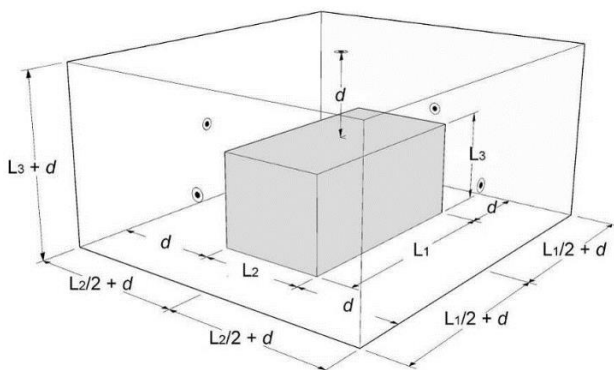


Figura 14 - Dimensões da superfície de medição. O volume ao centro representa o volume da fonte sonora em estudo. Fonte: Rodrigues, M. (2009)

Onde L1, L2 e L3 são, respectivamente, comprimento, largura e altura da fonte sonora, e da distância entre o microfone de medição e a superfície da fonte.

Sendo assim, a área da superfície de medição total para uma fonte sonora sob uma superfície de reflexão, segundo a norma ISO 3746:2010, é dada pela Equação 3

$$S = 4 (ab + bc + ac) \quad (\text{Eq. 3}).$$

Onde:

$$a = L1/2 + d$$

$$b = L2/2 + d$$

$$c = L3 + d$$

Os microfones utilizados para a medição dos níveis de pressão sonora são posicionados nas superfícies da caixa de referência. Seu posicionamento dependerá da disposição do equipamento em relação aos planos das paredes e piso, ou seja, deverão ser consideradas três possíveis situações (Figura 15):

- a) equipamento apoiado sobre um plano horizontal e contíguo a dois planos verticais;
- b) equipamento apoiado sobre um plano horizontal e contíguo a um plano vertical e equipamento;
- c) equipamento apoiado sobre um plano horizontal e afastado de outros planos verticais.

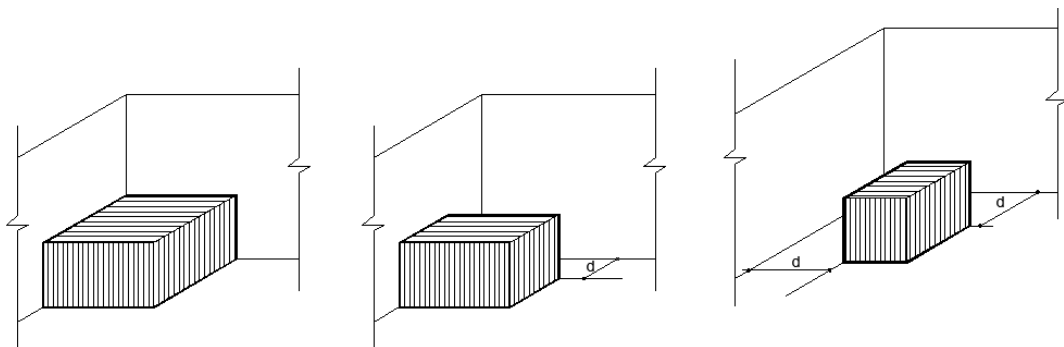


Figura 15 - Situações a, b e c de localização de equipamentos a uma distância "d" das superfícies. Fonte: Os Autores.



## Capítulo 4. CRITÉRIOS PARA A AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS SILENCIOSOS

---

Com o objetivo de proporcionar, a longo prazo, a redução dos níveis de exposição sonora dos trabalhadores da Fiocruz, são propostos procedimentos de compra de equipamentos. A aquisição deve ser em função do tipo de atividade desenvolvida nos laboratórios de pesquisa da Fiocruz, tendo como referência níveis de exposição sonora aceitáveis, de acordo com os critérios propostos a seguir.

Considera-se que a gestão correta na aquisição de equipamentos menos ruidosos, através da elaboração de especificações consistentes, possibilita obter reduções significativas dos níveis de ruído ambiental, além de favorecer a segurança, saúde e conforto acústico nos locais de trabalho.

A variedade e complexidade na distribuição das fontes sonoras existentes no ambiente de trabalho pode dificultar, econômica e fisicamente, o controle de ruído na fonte. Desta forma, a redução dos níveis sonoros deve ser obtida a longo prazo, através da substituição gradual dos equipamentos ruidosos por outros mais silenciosos, mesmo implicando inicialmente em custos adicionais.

Destaca-se que equipamentos projetados com baixa emissão sonora, podem ser posicionados e operados com mais flexibilidade, melhorando a produtividade e reduzindo a necessidade do uso de equipamentos de proteção auditiva. Considera-se que os tratamentos acústicos projetados e instalados pelo fabricante do equipamento, em geral, apresentam resultados mais proveitosos do que os tratamentos acústicos realizados posteriormente a sua fabricação.

### **4.1. O QUE FAZER ANTES DE COMPRAR UM EQUIPAMENTO?**

Conforme descrito no Capítulo 1, nos países membro da Comunidade Europeia, há diretivas que exigem dos fabricantes de máquinas ou seu mandatário (importadores e distribuidores) o fornecimento de informações sobre as suas respectivas emissões sonoras. Considera-se que esta medida contribui para avaliar o ruído no local de trabalho e facilita o reconhecimento de um equipamento com níveis de emissão sonora inferiores. Infelizmente, no Brasil, nesse sentido, não há leis que estabeleçam exigências mínimas a serem respeitadas.

Desta forma, as orientações aqui apresentadas se baseiam em experiências adquiridas por outros países e em critérios estabelecidos internacionalmente.

#### **4.1.1. O QUE A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DEVERIA CONSIDERAR?**

No Brasil, à luz do que já vem sendo feito internacionalmente, com o objetivo de facilitar a compra de máquinas e equipamentos silenciosos, a legislação deveria exigir que informações confiáveis relativas às emissões sonoras fossem mencionadas claramente nos manuais de instruções de utilização e na documentação técnica que acompanham máquinas e equipamentos.

O nível de emissão de ruído deveria ser avaliado, tomando como referência dados de emissão comparáveis obtidos com máquinas e equipamentos semelhantes. A fim de atestar a conformidade das máquinas e componentes de segurança, o fabricante ou seu mandatário deveria elaborar uma declaração de emissão de ruído seguindo os critérios definidos pela norma ISO 4871:1996 “Declaração e verificação de valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos”, conforme determina a Resolução Conama nº 20/1994.

A instituição de um Selo Ruído para determinadas máquinas e equipamentos utilizados em ambientes de trabalho, facilitaria o reconhecimento de equipamentos mais silenciosos, o que é de interesse nacional e mundial. As máquinas ou equipamentos deveriam ser projetados e fabricados de modo que os riscos resultantes da emissão de ruído aéreo fossem reduzidos ao nível mais baixo possível, tendo em conta o progresso técnico e a disponibilidade de medidas de redução de ruído na fonte.

Todavia, convém considerar as dificuldades encontradas internacionalmente para o cumprimento da legislação, de modo que não sejam cometidos os mesmos erros e que a compra e venda de produtos silenciosos se tornem uma realidade.

A legislação europeia que trata do ruído em máquinas (Diretiva 2006/42/CE) aborda vários outros riscos, porém o ruído não é priorizado. As grandezas “nível de emissão sonora” e “nível de potência sonora” são dadas em decibel e sua determinação pode requerer alguma expertise (HEISTERKAMP. et al., 2021).

Essa Diretiva requer declaração de emissão de nível de pressão sonora ( $L_{pA}$ ) no manual de instrução de máquinas com  $L_{pA} > 70$  dB. Adicionalmente, exige o nível de potência sonora nos casos em que  $L_{pA} > 80$  dB. De outra forma, o nível de potência sonora ( $L_{WA}$ ) é exigido para 57 tipos de máquinas que operam em ambientes externos que são cobertos pela *European Outdoor Noise Directive* (OND) (Directive 2000/14/EC). Para estas máquinas deve ser fixado um selo com o nível de potência sonora. Assim, a dificuldade

de reconhecer máquinas e outros produtos mais silenciosos não se deve apenas à falta de confiança nas informações fornecidas por fabricantes, mas também à própria legislação.

Cabe destacar que para reconhecer o quanto uma máquina irá contribuir para o 'risco ruído' em um local de trabalho, pode ser necessário ter um certo nível de conhecimento. Pode ser difícil, em determinados casos, compreender que o erro não é do fabricante, se o nível de pressão sonora no ambiente de instalação é maior do que o nível de pressão sonora emitida informada no manual. Além disso, compreender que o valor do nível de potência sonora,  $L_{WA}$ , é normalmente superior ao nível de pressão sonora emitido, requer um certo conhecimento de acústica (HEISTERKAMP et al., 2021).

Desta forma, é necessário qualificar fornecedores sobre como determinar adequadamente a emissão sonora e esclarecer ao comprador o que considerar ao adquirir um produto mais silencioso.

O nível de potência sonora é atualmente a grandeza ideal para comparar a emissão sonora de diferentes máquinas e produtos. É uma medida direta da quantidade de energia sonora emitida por máquinas no ambiente e é a mais importante grandeza de entrada utilizada por softwares para prever o impacto do ruído de uma nova máquina ou o quanto ela é mais silenciosa, quando planejando novos locais de trabalho (HEISTERKAMP. et al, 2021).

Salienta-se que na União Europeia o nível de potência sonora é a única grandeza de emissão de ruído fornecida. Ele está registrado no Selo de Energia de alguns eletrodomésticos, juntamente com a informação sobre o consumo energético, sob a forma de um sistema de classificação. No Brasil, conforme mencionado no Capítulo 1, existe o chamado Selo Ruído apenas para três categorias de eletrodomésticos.

É necessário que a legislação exija a adequada elaboração da declaração de emissão de ruído, baseada em normas que forneçam um código de ensaio de ruído (*Test Noise Code*) para famílias de máquinas específicas, baseado em conhecimento e terminologia internacionalmente aceitos, de modo a facilitar a comparação entre os dados de emissão sonora.

#### **4.1.2. O QUE UM COMPRADOR DEVERIA VERIFICAR?**

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, no que concerne à emissão/imissão sonora, antes de comprar uma máquina/equipamento, o comprador deverá sempre:

- Verificar se há informações disponíveis sobre a emissão de ruído dessa família de máquinas/equipamento e sobre o nível de emissão sonora por faixa de oitavas;
- Verificar os limites de emissão de ruído aplicáveis ao local de trabalho em questão;
- Verificar os limites de emissão de ruído aplicáveis às máquinas;
- Verificar se há necessidade de solicitar ao potencial fornecedor a adequação da máquina/equipamento a um requisito de emissão de ruído;
- Verificar se os dados disponibilizados pelo potencial fornecedor estão de acordo com o especificado no projeto básico.

Além disso, cabe ao comprador exigir garantia sobre a emissão sonora e sobre o impacto do ruído da nova máquina no ambiente de trabalho onde irá operar, bem como na elaboração do projeto básico, deverá considerar o disposto a seguir.

#### **4.1.3. QUE INFORMAÇÕES REQUERER DOS POTENCIAIS FORNECEDORES?**

Conforme mencionado no Capítulo 1, a declaração de emissão de ruído é um importante documento que serve para orientar compradores quanto aos valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos.

Segundo a norma ISO 4871:1996, a informação sobre o ruído emitido por máquinas e equipamentos é necessária para usuários, planejadores e gestores. Esta informação é requerida para comparar o ruído emitido por diferentes equipamentos, avaliar a emissão em função de limites estabelecidos, planejar locais de trabalho, bem como verificar se medidas de controle de ruído foram bem-sucedidas e estimar os níveis de emissão de ruído nos locais de trabalho.

Para que os dados de emissão de ruído sejam úteis, é necessário que os métodos de medição e a declaração sejam uniformes.

Em alguns países, a legislação obriga os fornecedores a disponibilizar a declaração de emissão de ruído de máquinas e equipamentos. Neste contexto, a apropriada aplicação das normas existentes, possibilita a comparação de dados de emissão sonora para as principais máquinas e equipamentos disponíveis no mercado. Para cada família de máquinas e equipamentos, estes dados indicam claramente o alcance dos níveis de emissão sonora (ISO 11.689:1996), permitindo a potenciais compradores considerar opções mais silenciosas.

Segundo a ISO 11.690:2020 - Parte 1, as informações básicas a serem solicitadas de fornecedores incluem os seguintes dados:

A) Nível de Potência Sonora ponderado na curva A de valor declarado de número único  $L_{WA,d}$ , ou valor declarado de número duplo (ISO 4871:1996);

B) Níveis de pressão sonora de emissão no (s) posto (s) de trabalho:

- Nível de pressão sonora ponderado em A de valor declarado de número único,  $L_{pA,d}$ , ou valor de número duplo (ISO 4871:1996);
- Nível de pressão sonora de emissão de pico declarado ponderado na curva C,  $L_{pC,peak,d}$ , se pertinente.

C) Referência ao código de ensaio de ruído normalizado usado ou, se não houver tal código para a máquina em questão, uma descrição completa do método de medição de emissão de ruído, a posição do posto de trabalho, as condições de montagem e operação e o ciclo de trabalho da máquina que foi usada;

D) Níveis de emissão de pressão sonora no(s) posto(s) de trabalho em bandas de frequência;

E) Níveis de potência sonora em bandas de frequência, e

F) Informações sobre a diretividade da emissão sonora, se pertinente.

O fabricante de máquinas, ou seu mandatário (importadores e distribuidores) deverá, a pedido do comprador, preencher a “declaração de emissão de ruído padrão anexa”. Os dados técnicos e a descrição da máquina e equipamento devem ser disponibilizados em fichas técnicas específicas (Planilha 2 - Anexo 2).

Se existir um código de ensaio de ruído para a família de máquinas e equipamentos em questão, as grandezas de emissão de ruído devem estar em conformidade com os requisitos deste código de ensaio. Convém que haja referência explícita ao mesmo na declaração de emissão de ruído.

Se o código de ensaio de ruído oferecer alternativas (relacionadas às condições de operação e montagem, ciclos de trabalho, posições de postos de trabalho, métodos de medição de ruído) ou caso não haja códigos de ensaios de ruído, a declaração de emissão de ruído deve fornecer todas as informações necessárias para torná-la clara, bem como outras de especial interesse para o comprador.

## Capítulo 5. ESTUDOS DE CASO

---

Foram realizados estudos de caso na Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF), localizada no 5º pavimento do Pavilhão Rocha Lima, na Coleção de Leishmania (CLIOC), situada no Pavilhão Leônidas Deane, em salas localizadas no pavimento térreo e no 5º pavimento, e na Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS), localizada no pavimento térreo do Pavilhão Cardoso Fontes.

A Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF) integra o Laboratório de Taxonomia, Bioquímica e Bioprospecção de Fungos (LTBBF/IOC). Seu acervo é composto por cepas de fungos filamentosos de diferentes grupos taxonômicos, isolados de diversos substratos, incluindo cepas tipo. São aproximadamente 505 culturas fúngicas, distribuídas em 22 gêneros e 65 espécies. Além de ser uma coleção de serviço, a CCFF também atua como um centro de investigação científica, participando de projetos de pesquisa no país e no exterior, além de estimular o uso público da informação científica (IOC, 2022). A equipe é composta 8 trabalhadores, entre pesquisadores, técnicos e estudantes, sendo um do sexo masculino e 07 do sexo feminino.

A Coleção de Leishmania (CLIOC) integra a Rede de Centros de Recursos Biológicos para Avaliação da Conformidade de Material Biológico (REDECRB). Dedicase à preservação, armazenamento, distribuição, caracterização taxonômica e identificação de Leishmania e informação associada ao acervo da Coleção. Além de desenvolver projetos de pesquisa específicos, a CLIOC atende a demanda de instituições públicas de pesquisa e ensino ou setores da indústria, prestando serviços especializados. O acervo engloba protozoários do gênero Leishmania (*Kinetoplastida; Trypanosomatidae*), representando as espécies reconhecidas (patógenos e não-patógenos humanos) e genótipos específicos com expressiva representatividade da biodiversidade estudada em leishmanias neotropicais (IOC, 2022). A equipe é composta por 32 trabalhadores, entre pesquisadores, técnicos e estudantes, sendo 25 do sexo feminino e 07 do sexo masculino.

A Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS) apresenta um acervo que abriga a diversidade de bactérias cultiváveis de diferentes nichos ambientais além de bactérias com impacto na saúde. Atualmente a CBAS possui cinco subcoleções: Coleção de Bactérias da Mata Atlântica (CBAS), Coleção de Bactérias da Amazônia Azul (CBAA), Coleção de Vibrio do Ambiente e Saúde (CVAS), Coleção de Bactérias de Impacto na Saúde (CBIS) e Coleção Geral de Bactérias do Ambiente (CGBA). A CBAS realiza os serviços de distribuição e depósito de culturas e caracterização taxonômica de linhagens

bacterianas, fornecendo bactérias para instituições de pesquisa, serviços, ensino ou indústrias (IOC, 2022). A equipe é composta por 07 trabalhadores, entre pesquisadores, técnicos e estudantes, sendo seis do sexo feminino e um do sexo masculino.

## 5.1. METODOLOGIA

Inicialmente, solicitou-se aos chefes dos laboratórios a relação dos equipamentos existentes, incluindo o fabricante, modelo, ano de fabricação, frequência de uso, e localização do operador. Destes foram descartados aqueles que se encontravam fora de uso. Na avaliação *in loco*, a partir de entrevista com os trabalhadores, foram identificadas as fontes de ruído mais incômodas, sendo estas selecionadas como objeto de medição dos níveis de pressão sonora (NPS). Além disso, solicitou-se a relação das substâncias químicas utilizadas em cada área, a fim de identificar o uso de substâncias ototóxicas.

Dessa forma, as medições foram empreendidas nos laboratórios, visando caracterizar o ambiente sonoro e o nível de potência sonora emitida por cada modalidade de equipamento, considerando suas condições usuais de funcionamento e priorizando a avaliação dos equipamentos considerados mais ruidosos pelos trabalhadores.

Nas avaliações do ambiente sonoro, foram seguidos os procedimentos de medição estabelecidos pela ABNT - NBR 10.152:2017, para a determinação das situações acústicas existentes, e o Método Aproximativo (Subitem 3.3.1.3) para determinação da potência sonora dos equipamentos em avaliação. Este último foi selecionado devido às características dos ambientes, limitações de tempo e dificuldade de mover os equipamentos, em função do seu peso e da possibilidade de descalibração. Posteriormente, os resultados obtidos foram validados através de simulações acústicas das condições do laboratório.

Os níveis sonoros foram registrados a cada 1 segundo na memória do sonômetro, possibilitando a exclusão de sons intrusivos, na função de cálculo automático para os descritores:

- $L_{Aeq,T}$  - Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A no espectro global, obtido por integração no tempo T, em decibel (dB).
- $L_{ASmax}$  - Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e tempo de resposta S (slow) no espectro global, obtido durante a medição do  $L_{Aeq,T}$ , em decibel (dB).

- $L_{Zeq, fHz(1/1)}$  - Nível de pressão sonora contínuo equivalente em bandas de 1/1 de oitavas, sem ponderação em frequência (linear Z), obtido por integração no tempo T, em decibel (dB).
- $L_{NC}$  - Nível NC representativo de um ambiente determinado pela comparação, para cada banda 1/1 de oitava, dos níveis  $L_{Zeq, fHz(1/1)}$  representativos do ambiente com os níveis de pressão sonora correspondentes às curvas NC, apresentados na Tabela 2 da norma ABNT NBR 10152:2017.

Além dos descritores definidos pela norma, foram calculados os índices estatísticos  $L_{10}$  e  $L_{90}$  para a avaliação do ambiente sonoro, definidos como:

- $L_{10}$  - Nível sonoro instantâneo ultrapassado em 10% de um determinado tempo de integração T, de modo geral é utilizado para avaliar o nível de pico de uma determinada fonte sonora;
- $L_{90}$  - Nível instantâneo ultrapassado em 90% de um determinado tempo de integração T, de modo geral é usado para estimar o nível de ruído de fundo.

### 5.1.1. INSTRUMENTAÇÃO

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Sonômetro: Larson Davis modelo LxT1, Tipo 1, número de série 0003013; Microfone capacitivo, PCB, modelo 377B02, número de série 116173. Nº Certificado de calibração: 4957/21. Data de Calibração: 21/10/2021. Local de calibração: Laboratório de Calibração e ensaios GROM-LAB;
- Calibrador acústico: Larson Davis modelo CAL 200, Tipo1, número de série 8984. Nº Certificado de calibração: 4958/21. Data de Calibração: 21/10/2021. Local de calibração: Laboratório de Calibração e ensaios GROM-LAB.

### 5.1.2. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE SONORO

De forma a obter uma melhor compreensão da área em estudo, inicialmente foram realizadas visitas aos laboratórios, identificações das fontes de emissão de ruído, levantamento fotográfico das principais modalidades de equipamentos em uso, bem como entrevistas com os funcionários que as operam e responsáveis pelo processo de trabalho.



No Apêndice 1, é apresentado o formulário “Análise do processo de trabalho e do ambiente sonoro” elaborado, a fim de registrar as questões relativas ao reconhecimento do processo de trabalho, características do ambiente em avaliação, além de critérios de medição de ruído, localização e características de fontes sonoras e pontos de medição.

### **5.1.3. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA DOS EQUIPAMENTOS**

Com base nos dados disponibilizados, as máquinas e os equipamentos foram classificados em três modalidades: Grupo 1 - máquinas e equipamentos de piso; Grupo 2 - máquinas e equipamentos de bancada e Grupo 3 - máquinas e equipamentos de ar-condicionado e/ou exaustão mecânica (Tabelas 4, 49, e 101). Devido as suas especificidades de uso, optou-se por não realizar busca da emissão de ruído do Grupo 3 (ar-condicionado de janela e *split*, sistema de AVAC, computadores, exaustores e impressoras).

Realizou-se extensa busca da informação da potência sonora emitida por cada equipamento dos Grupos 1 e 2, junto aos fabricantes e representantes comerciais. Todavia, os dados existentes são extremamente escassos e incompletos.

Após estudo profundo sobre a legislação nacional e internacional, bem como a aplicação do programa *Buy and Sell Quiet* no mundo (Subitem 1.2.), verificou-se que há vários bancos de dados da potência sonora emitida por máquinas e equipamentos utilizados em ambientes industriais e externos, mas não foram encontrados bancos de dados relativos à emissão sonora de equipamentos normalmente utilizados em laboratórios de pesquisa biomédica e microbiológica.

Assim, não foi possível obter as declarações de emissão sonora correspondentes a todos os equipamentos identificados. Apenas para compressores e bomba de vácuo foi encontrado Código de Ensaio de Ruído (ISO 2151:2004), conforme determinam as normas técnicas internacionais vigentes. Além disso, não há normas e legislação nacionais que regulamentem o assunto.

## **5.2. ESTUDO DE CASO 1: COLEÇÃO DE CULTURAS DE FUNGOS FILAMENTOSOS (CCFF)**

Ao analisar os dados, foram identificados 32 equipamentos. Destes somente 9 apresentaram algum tipo de informação sobre emissão de ruído, quatro relataram que o nível sonoro foi obtido em dB e cinco em dB(A), sem definir a distância (Tabela 4). Todavia, não foi esclarecido se o dado corresponde ao nível de potência ou de pressão

sonora. Não houve qualquer informação sobre a disponibilidade de declaração de emissão de ruído.

Tabela 4 - Classificação dos equipamentos da Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF).

Classificação dos equipamentos	Marca/ Modelo	Nível de emissão sonora informado pelo fabricante
<b>Grupo 1 - Máquinas/equipamentos de piso</b>		
<b>Autoclave Horizontal</b>	Marca: Hirayama; Modelo: HRH-110	74 dB (modelos comparáveis)
<b>Cabine de segurança de biológica</b>	Marca: Veco; Modelo: Clean plus	70 dB
	Marca: VECO; Modelo: BIOSAFE 09 Classe II Tipo A1	70 dB
<b>Câmara de incubação B.O.D.</b>	Marca: Fanem; Modelo: 347 C FPD	Indisponível (fora de linha)
<b>Freezer</b>	Marca: Consul; Modelo: CVU26	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: FE26	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: 280	Indisponível
	Marca: LIOTOP; Modelo: FV500	Indisponível
<b>Frigobar</b>	Marca: Consul; Modelo: CRT12CBANA	Indisponível
<b>Geladeira</b>	Marca: Consul; Modelo: Biplex 450	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: RDE38 super	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: DF38 A	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: 240	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: CR55	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: CBM 49	Indisponível
<b>Incubadora B.O.D.</b>	Marca: Nova Ética; Modelo: 441D	Indisponível
<b>Incubadora B.O.D. com fotoperíodo</b>	Marca: Nova Ética; Modelo: 441FPD	Indisponível
<b>Grupo 2 - Máquinas/equipamentos de bancada</b>		
<b>Agitador de tubos</b>	Marca: Phoenix; Modelo: Ap56	Indisponível
	Marca: Ika; Modelo: Lab dancer	Indisponível
	Marca: Kasvi; Modelo: K45-2810	Indisponível
<b>Agitador horizontal plano</b>	Marca: Ika; Modelo: HS 501 digital	Indisponível
<b>Agitador Magnético com aquecimento</b>	Marca: Ika; Modelo: RCt basic	Indisponível
	Marca: velp científica; Modelo: Heating Magnetic Stirrer	< 80 dB(A)
	Marca: Nova Ética; Modelo: NT103	Indisponível
<b>Bomba de vácuo</b>	Marca: Edwards; Modelo: RV8	48-50 dB(A)
	Marca: Edwards. Modelo: two 8 stages	52 dB(A)
	Marca: D.V.P Technology for you; Modelo: RC.8D	52-54 dB(A)
	Marca: LioTOP; Modelo: IP21	Indisponível
	Marca: Quimis; Modelo: Q-355B1	Indisponível

<b>Liofilizador</b>	Marca: Edwards; Modelo: Modulyo Freeze Dryer with Edwards RV Pump	48 dB(A) (RV Pump) (fora de linha)
	Marca: LioTOP; Modelo: L101	55 dB (Componente Bomba de vácuo a óleo)
<b>Grupo 3 - Máquinas/equipamentos de ar-condicionado / exaustão mecânica</b>		
<b>Ar-condicionado de janela</b>	Marca: Springer; Modelo: Silentia 30000	Indisponível
	Marca: Springer; Modelo: Minimax	Indisponível

### 5.2.1. MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA NA CCFF

As medições foram realizadas, nos dias 23/11/2021, 24/11/2021 e 08/12/2021, entre 9h00 e 13h10, durante o período com poucas atividades. A Tabela 5 apresenta os equipamentos localizados nas dependências do laboratório.

Tabela 5 - Lista de equipamentos da sala 525 do CCFF.

Sala	Equipamento	Quant.	Especificações	Dimensões (comprimento x largura x altura) mm
525	Geladeira	2	Consul - CBM 49	741 x 710 x 1750
		2	Consul - CRM55	690 x 619 x 1750
		1	Consul - CRM51	73 x 71 x 1870
		1	Electrolux - TF55	732 x 700 x 1760
		1	Consul - 240	65 x 1486 x 477 0
		2	Consul - Biplax 450	719 x 695 x 18630
		1	Electrolux - DF38 A	650 x 640 x 1720
	Freezer	1	Consul - 280 (fora de uso)	670 x 610 x 1450
		1	Consul - CVU26	691 x 616 x 1539
		1	Electrolux - RDE38 super	683 x 600 x 1731
	Ultrafreezer	1	LIOTOP - FV500 (fora de uso)	79 x 68 x 1890
		1	FRICON (fora de uso)	77 x 66 x 1980
	Incubadora B.O.D.	3	Nova Ética - 441FPD (2 fora de uso)	620 x 65 x 1500
		1	Fanem - 347 C FPD	780 x 650 x 1815
		1	Nova Ética - 441D	620 x 65 x 1500
	Ar-condicionado	2	Springer Silentia 30.000	76 x 66 x 430
		1	Springer Minimax	42 x 58 x 3850
	Cabines de Segurança Biológica	3	VECO modelo BioSeg 09 Classe II Tipo A1	965 x 780 x 2100
	Autoclave	1		106 x 600 x 1380
	Liofilizadores	2		38 x 62 X 310

Com o objetivo de mapear a propagação do som no ambiente e caracterizar a potência sonora emitida pelas CSBs, bem como a contribuição da emissão de ruído das geladeiras, ar-condicionado e incubadora BOD, foram definidas cinco condições para a realização das medições, conforme apresentado nos Resultados das medições no CCFF (Subitem 5.2.1.1).

Inicialmente, foram distribuídos 24 pontos de medição, na superfície da sala de área total de 80,35 m<sup>2</sup> e volume 237,84 m<sup>3</sup>, procurando atender a um espaçamento de 1,5m entre os pontos, conforme apresentado na planta (Figura 16).

O tempo total de medição no ambiente foi de 1h25min13s, sendo realizadas medições de nível de pressão sonora com tempo de integração (T) de 30 segundos, em cada ponto. Os pontos foram marcados no piso do ambiente, de modo a possibilitar a realização das medições em outras datas, com a mesma localização.

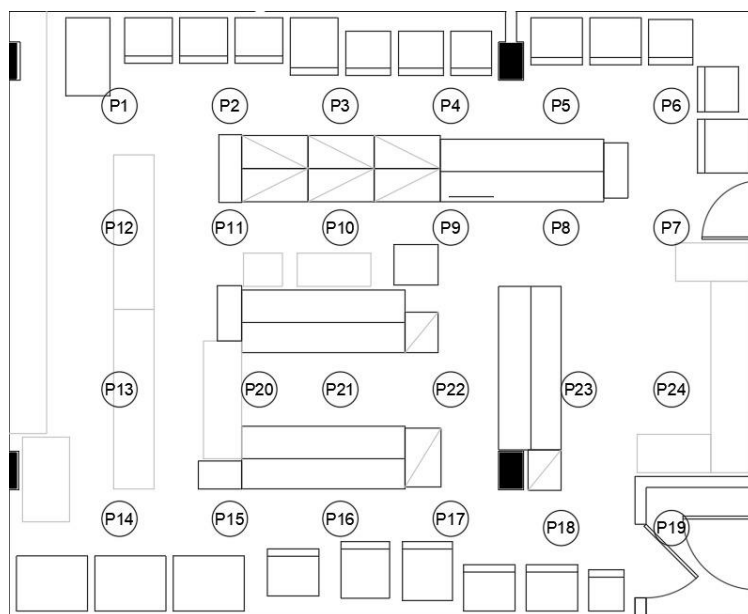


Figura 16 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 525, Pav. Rocha Lima. Sem escala.

#### 5.2.1.1. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES NA CCFF

##### a. SALA 525

##### CONDIÇÃO 1. PROPAGAÇÃO SONORA DAS GELADEIRAS E FREEZERS NO AMBIENTE (C1)

No dia 24/11/2021, as medições foram realizadas com início às 09:41:15 e fim às 10:07:35. Os níveis  $L_{Aeq}$  medidos, em dB, com 10 geladeiras, dois freezers e uma incubadora B.O.D (modelo Nova Ética - 441FPD) ligados, são apresentados na Figura 17 e Tabelas 6 e 7.

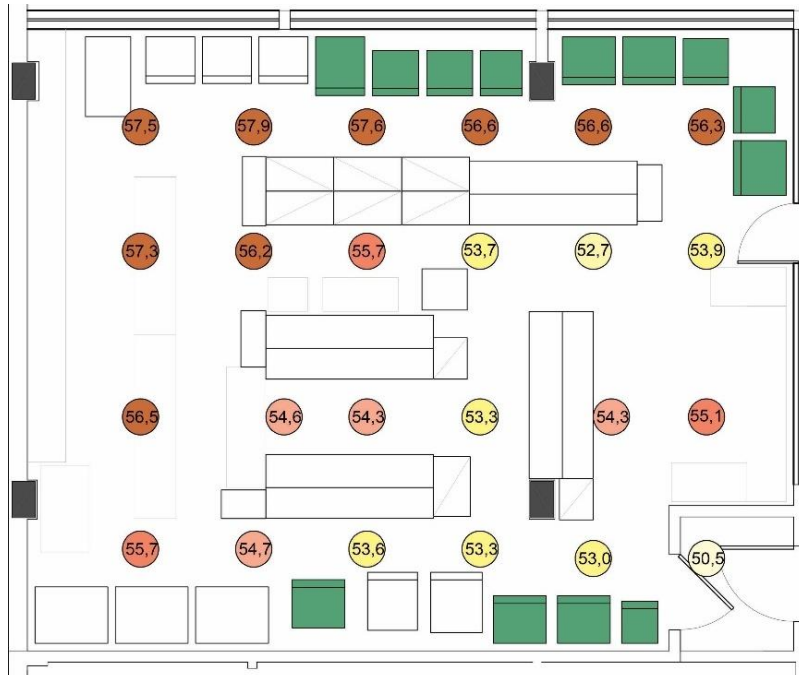


Figura 17 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 1 da sala 525 na CCFF. Sem escala.

Tabela 6 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1 da sala 525 na CCFF.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C1}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C1}$ [dB]	$L_{10, Px\_C1}$ [dB]	$L_{90, Px\_C1}$ [dB]
P1_C1	57,5	60,6	57,9	57,3
P2_C1	57,9	58,2	58,0	57,7
P3_C1	57,6	58,7	57,8	57,4
P4_C1	56,6	57,3	56,8	56,4
P5_C1	56,6	57,3	57,0	56,3
P6_C1	56,3	57,4	56,9	55,9
P7_C1	53,9	54,5	54,1	53,7
P8_C1	52,7	53,4	53,1	52,3
P9_C1	53,7	54,3	53,9	53,4
P10_C1	55,7	57,9	57,4	54,6
P11_C1	56,2	56,9	56,6	55,9
P12_C1	57,3	57,6	57,5	57,0
P13_C1	56,5	57,2	56,9	56,1
P14_C1	55,7	56,3	56,0	55,5
P15_C1	54,7	55,2	55,0	54,5
P16_C1	53,6	54,4	53,9	53,5
P17_C1	53,3	57,7	53,7	53,0
P18_C1	53,0	53,9	53,3	52,8
P19_C1	50,5	55,5	51,1	49,6
P20_C1	54,6	56,2	55,3	54,3
P21_C1	54,3	55,7	55,1	53,5
P22_C1	53,3	54,0	53,7	52,9
P23_C1	54,3	55,1	54,9	53,4
P24_C1	55,1	61,6	56,8	53,4

Tabela 7 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C1}$ ), em dB, por ponto de medição na Condição 1 da sala 525 na CCFF.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C1}$ [dB]	P1_C1	67,8	69,6	63,3	62,8	57,0	55,3	52,5	48,4	43,2	41,8
	P2_C1	68,2	68,8	64,8	61,7	58,3	55,2	53,3	49,2	43,7	42,1
	P3_C1	67,3	68,7	67,3	64,6	56,3	54,7	53,0	48,8	43,5	42,0
	P4_C1	69,2	69,7	69,4	61,2	55,6	53,9	52,1	48,2	42,7	41,9
	P5_C1	69,9	72,9	66,9	62,1	55,0	54,2	52,2	47,7	42,7	41,9
	P6_C1	68,4	71,3	66,6	63,9	57,1	52,8	51,6	46,8	42,1	41,8
	P7_C1	68,8	65,7	66,0	58,3	55,3	51,2	49,0	45,2	40,8	41,6
	P8_C1	67,1	66,0	63,3	57,5	51,4	50,1	48,4	44,4	40,3	41,5
	P9_C1	62,3	68,1	62,0	59,7	53,7	50,2	48,9	45,4	41,0	41,6
	P10_C1	63,5	69,3	63,3	59,7	54,7	51,9	51,5	47,7	41,7	41,7
	P11_C1	64,8	65,9	61,1	61,0	55,7	53,2	51,7	47,8	42,6	41,8
	P12_C1	65,8	67,4	63,7	61,9	57,7	54,6	52,3	48,9	43,2	41,8
	P13_C1	65,2	64,7	66,2	60,8	57,4	53,9	50,9	47,6	42,3	41,7
	P14_C1	68,0	68,3	59,7	59,9	55,9	53,2	51,0	46,9	42,0	41,7
	P15_C1	69,8	66,2	60,9	63,3	53,0	51,9	49,8	45,8	41,3	41,6
	P16_C1	70,3	69,5	64,1	60,4	53,1	50,2	49,2	44,8	40,8	41,6
	P17_C1	71,1	67,4	62,2	58,3	53,4	49,9	48,7	44,9	41,1	41,6
	P18_C1	72,4	70,0	63,7	58,1	51,8	50,2	48,4	44,9	41,0	41,7
	P19_C1	70,3	72,8	58,2	56,3	50,2	46,5	45,2	43,0	41,3	41,7
	P20_C1	63,8	63,1	62,2	60,6	55,1	51,3	49,9	45,9	41,3	41,6
	P21_C1	65,9	65,6	62,5	57,2	52,3	51,4	50,9	45,4	40,9	41,6
	P22_C1	68,5	65,4	61,9	56,1	53,2	50,0	49,0	45,4	41,0	41,6
	P23_C1	70,0	65,8	62,4	59,2	55,5	51,2	49,7	44,8	40,6	41,6
	P24_C1	70,4	67,6	58,8	59,9	60,4	51,4	49,3	44,5	40,1	41,6

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 8 e 9, onde o número após o símbolo  $\pm$  é o valor numérico de U (incerteza expandida de medição), estimado para obter um nível de confiança de 95% ( $k=2$ ). A análise espectral é apresentada no Gráfico 1.

Tabela 8 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1 da sala 525 na CCFF.

$L_{Aeq, 30s, C1}$ [dB]	$L_{ASmax, C1}$ [dB]	$L_{NC, C1}^*$	$L_{90, C1}$ [dB]	$L_{10, C1}$ [dB]
55,4 dB +/- 2,1 dB	61,6 dB +/- 2,2 dB	50	55,9 dB +/- 2,1 dB	55,0 dB +/- 2,2 dB

Nota: \* Vide gráfico 1.

Tabela 9 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1 da sala 525 na CCFF ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ ) e incertezas de medição, em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ [dB]	68,5	68,6	64,2	60,8	55,6	52,5	50,7	46,7	41,8	41,7
U [dB]	2,3	2,3	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0

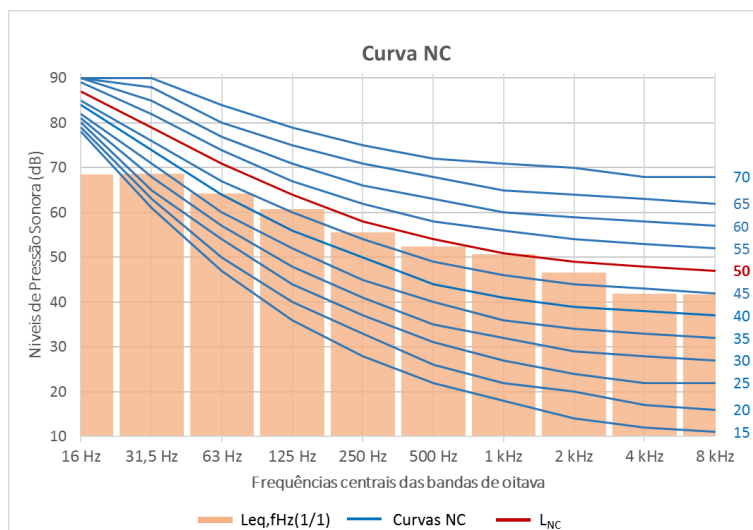


Gráfico 1 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 ( $L_{Leq,fHz(1/1),C1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2. PROPAGAÇÃO SONORA DAS INCUBADORAS B.O.D. NO AMBIENTE (C2)

As medições foram realizadas no dia 08/12/2021, com início às 10:43:20 e fim às 11:02:03. Os níveis medidos, em dB, com os três aparelhos de ar-condicionado de janela ligados, são apresentados na Figura 18 e Tabelas 10 e 11.

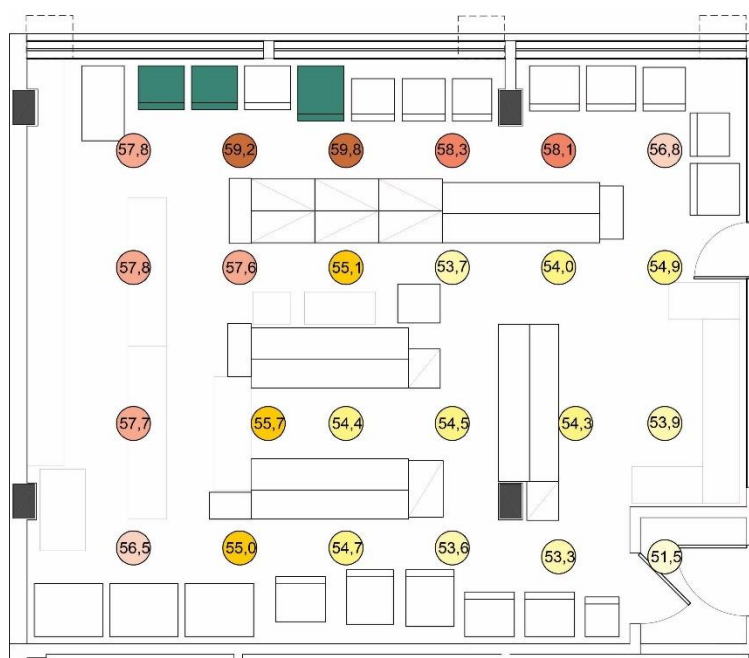


Figura 18 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 2 da sala 525 na CCFF. Sem escala.

Tabela 10 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2 da sala 525 na CCFF.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C2}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C2}$ [dB]	$L_{10, Px\_C2}$ [dB]	$L_{90, Px\_C2}$ [dB]
P1_C2	57,8	62,1	58,0	57,7
P2_C2	59,2	65,1	59,8	59,1

P3_C2	59,8	65,1	59,6	59,2
P4_C2	58,3	58,7	58,5	58,2
P5_C2	58,1	58,7	58,2	57,8
P6_C2	56,8	57,3	57,1	56,6
P7_C2	54,9	55,8	55,4	54,5
P8_C2	54,0	54,9	54,3	53,7
P9_C2	53,7	54,0	53,9	53,5
P10_C2	55,1	56,7	55,3	54,9
P11_C2	57,6	59,1	58,6	57,1
P12_C2	57,8	58,1	58,0	57,6
P13_C2	57,7	58,2	58,0	57,2
P14_C2	56,5	57,6	56,7	56,4
P15_C2	55,0	56,1	55,4	54,6
P16_C2	54,7	57,4	55,9	53,7
P17_C2	53,6	54,3	53,9	53,3
P18_C2	53,3	53,9	53,6	53,2
P19_C2	51,5	54,1	52,4	50,8
P20_C2	55,7	56,4	56,1	55,1
P21_C2	54,4	56,4	54,8	54,2
P22_C2	54,5	54,9	54,8	54,2
P23_C2	54,3	55,4	54,9	53,4
P24_C2	53,9	55,0	54,6	53,5

Tabela 11 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C_2}$ ), em dB, por ponto de medição da Condição 2 da sala 525 na CCFE.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C_2}$ [dB]	P1_C2	68,5	68,7	64,2	58,8	57,3	55,2	53,4	49,5	43,7	41,9
	P2_C2	67,9	68,4	66,5	59,3	58,9	57,3	54,4	51,0	44,7	42,1
	P3_C2	68,6	70,8	67,1	61,8	58,8	56,1	55,1	53,0	47,1	42,4
	P4_C2	69,2	69,8	67,1	62,2	56,9	55,5	53,6	50,6	44,2	42,0
	P5_C2	71,8	70,5	71,2	61,3	55,5	55,9	53,2	49,8	44,0	41,9
	P6_C2	72,7	73,8	69,0	61,5	55,7	53,3	52,4	48,1	42,7	41,8
	P7_C2	64,9	65,9	66,6	58,1	54,4	51,9	49,9	47,0	41,3	41,6
	P8_C2	65,8	66,7	64,4	58,9	53,0	51,3	49,4	45,9	41,0	41,6
	P9_C2	63,6	69,1	63,6	57,8	53,5	50,3	49,3	45,8	40,9	41,6
	P10_C2	63,9	68,8	65,5	57,8	54,4	52,9	50,3	46,6	41,5	41,6
	P11_C2	66,0	66,7	66,4	60,1	57,9	54,1	53,2	49,1	43,0	41,7
	P12_C2	65,3	66,8	62,1	59,9	58,8	54,7	53,0	49,1	43,0	41,8
	P13_C2	67,6	64,2	67,6	60,8	58,5	54,0	53,0	48,7	42,6	41,7
	P14_C2	68,8	67,2	59,2	59,3	56,9	54,1	51,4	48,1	42,4	41,8
	P15_C2	69,3	67,0	60,4	58,7	53,7	52,3	50,8	46,5	41,6	41,6
	P16_C2	68,3	68,7	60,0	59,2	53,0	52,4	50,3	46,1	41,4	41,7
	P17_C2	67,8	68,0	60,7	57,7	53,9	49,9	49,0	45,7	40,9	41,6
	P18_C2	70,8	67,4	62,2	58,0	51,7	50,3	49,0	45,4	40,7	41,5
	P19_C2	73,3	73,2	57,3	56,8	50,4	48,7	46,7	43,5	39,7	41,5
	P20_C2	66,0	63,7	61,9	60,4	55,9	52,1	51,1	47,4	42,0	41,7
	P21_C2	62,9	66,3	60,0	57,2	53,2	51,8	50,2	46,1	41,0	41,6
	P22_C2	66,6	66,3	61,8	56,9	54,4	50,9	50,2	46,4	41,2	41,6
	P23_C2	69,7	66,5	60,0	58,0	53,9	51,5	50,1	45,6	40,6	41,6
	P24_C2	67,6	67,8	59,3	56,1	53,9	51,3	49,4	45,6	40,8	41,6



Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 12 e 13. A análise espectral é apresentada no Gráfico 2.

Tabela 12 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
56,3 dB +/- 2,2 dB	65,1 dB +/- 2,4 dB	55	56,6 dB +/- 2,2 dB	55,9 dB +/- 2,2 dB

Nota: \* Vide gráfico 2.

Tabela 13 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	68,6	68,7	65,0	59,3	55,8	53,4	51,7	48,1	42,5	41,7
<b>U</b> [dB]	2,3	2,2	2,5	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0

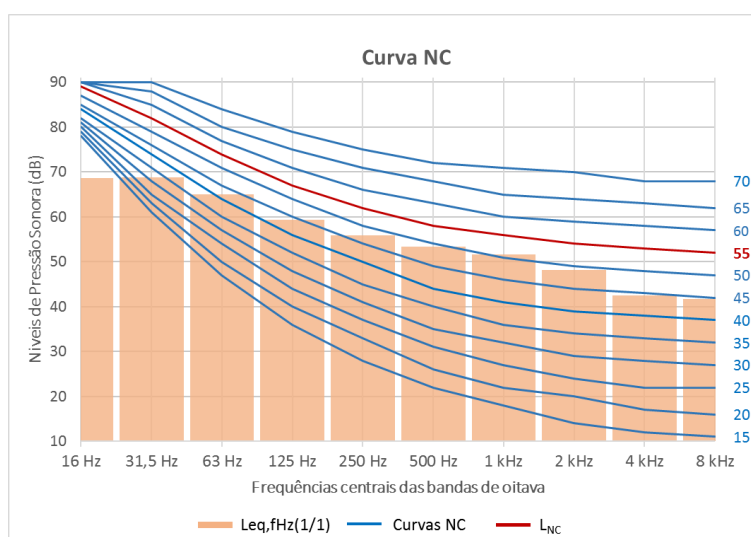


Gráfico 2 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição C2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 3. PROPAGAÇÃO SONORA DOS EQUIPAMENTOS DE AR-CONDICIONADO NO AMBIENTE (C3)

As medições foram realizadas no dia 08/12/2021, com início às 10:16:37 e fim às 10:40:43. Os níveis medidos, em dB, com os três aparelhos de ar-condicionado de janela ligados são apresentados na Figura 19 e Tabelas 14 e 15.

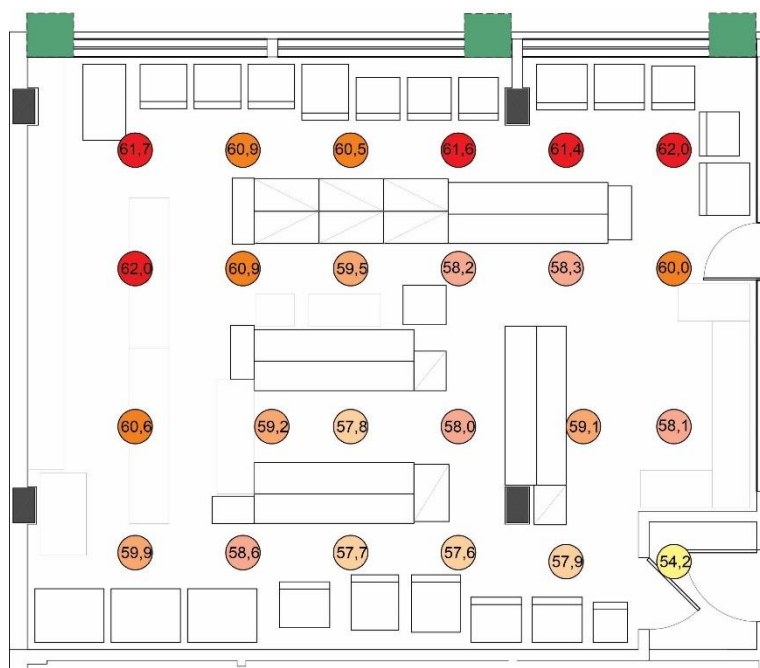


Figura 19 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 3. Sem escala.

Tabela 14 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 3.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C3}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C3}$ [dB]	$L_{10, Px\_C3}$ [dB]	$L_{90, Px\_C3}$ [dB]
P1_C3	61,7	63,2	62,1	61,4
P2_C3	60,9	61,7	61,0	60,7
P3_C3	60,5	60,7	60,6	60,4
P4_C3	61,6	61,9	61,8	61,5
P5_C3	61,4	61,9	61,6	61,3
P6_C3	62,0	62,3	62,1	61,9
P7_C3	60,0	60,3	60,2	59,8
P8_C3	58,3	59,5	58,7	58,1
P9_C3	58,2	58,5	58,4	58,0
P10_C3	59,5	59,9	59,7	59,4
P11_C3	60,9	61,5	61,2	60,6
P12_C3	62,0	62,9	62,2	61,6
P13_C3	60,6	61,3	60,8	60,4
P14_C3	59,9	60,3	60,1	59,7
P15_C3	58,6	59,1	58,7	58,4
P16_C3	57,7	58,1	57,9	57,5
P17_C3	57,6	58,3	58,0	57,3
P18_C3	57,9	58,6	58,4	57,5
P19_C3	54,2	54,6	54,4	54,0
P20_C3	59,2	67,8	59,7	59,0
P21_C3	57,8	58,5	58,0	57,6
P22_C3	58,0	58,6	58,2	57,7
P23_C3	59,1	60,5	59,8	58,5
P24_C3	58,1	58,5	58,2	58,0

Tabela 15 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px, C3}$ ), em dB, por ponto de medição da Condição 3.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), Px, C3}$ [dB]	P1_C3	75,4	69,4	70,1	61,2	62,2	58,8	56,3	53,5	49,6	44,3
	P2_C3	74,2	68,6	69,9	62,6	61,3	58,7	55,3	52,1	48,5	43,6
	P3_C3	73,3	68,7	69,2	63,1	59,3	58,0	55,4	51,7	48,8	43,4
	P4_C3	75,9	70,2	68,3	63,3	60,9	58,8	57,0	53,0	50,0	43,8
	P5_C3	77,5	71,1	68,1	61,9	60,3	59,8	56,3	52,7	49,2	43,4
	P6_C3	79,1	71,1	70,5	65,1	63,5	58,9	56,7	52,7	50,4	43,6
	P7_C3	79,0	65,9	65,9	63,6	60,3	57,4	54,7	51,2	48,7	43,0
	P8_C3	77,3	65,6	64,5	62,9	56,7	55,5	53,3	50,3	46,7	43,0
	P9_C3	71,9	66,4	66,3	61,5	57,5	54,0	53,2	50,7	47,2	43,5
	P10_C3	66,4	67,6	66,0	60,6	57,2	56,3	54,6	52,2	48,6	43,8
	P11_C3	73,1	66,6	68,2	61,4	62,0	57,2	55,8	52,9	49,5	44,0
	P12_C3	75,7	67,8	67,1	64,3	64,5	58,1	56,3	53,2	49,9	44,7
	P13_C3	77,8	64,4	69,3	62,8	61,6	57,3	55,3	52,5	48,2	43,7
	P14_C3	79,0	69,1	60,5	64,4	60,7	57,2	54,5	51,4	47,8	43,3
	P15_C3	77,3	67,4	62,4	63,3	57,7	55,5	53,6	50,6	47,0	43,0
	P16_C3	75,8	69,3	62,8	62,6	56,5	54,9	52,9	49,5	45,9	42,5
	P17_C3	75,6	70,3	63,5	60,5	57,4	54,0	52,8	49,7	46,4	42,5
	P18_C3	77,8	69,1	65,1	59,5	56,2	54,3	53,2	50,4	47,3	42,6
	P19_C3	77,6	73,2	58,6	57,3	53,2	51,0	49,1	46,3	44,2	41,9
	P20_C3	75,1	64,2	66,2	61,8	59,7	56,0	53,4	51,4	47,5	43,4
	P21_C3	69,6	68,4	64,0	60,9	56,5	54,6	52,7	50,3	46,7	42,9
	P22_C3	73,6	67,2	63,6	60,5	57,8	54,2	53,0	50,2	46,4	42,8
	P23_C3	80,7	66,4	62,2	65,2	59,9	55,5	53,3	50,1	48,9	43,3
	P24_C3	80,6	68,4	62,2	61,4	57,6	55,1	52,9	49,7	47,7	42,6

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 16 e 17. A análise espectral é apresentada no Gráfico 3.

Tabela 16 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 3.

$L_{Aeq, 30s, C3}$ [dB]	$L_{ASmax, C3}$ [dB]	$L_{NC, C3}^*$	$L_{10, C3}$ [dB]	$L_{90, C3}$ [dB]
59,8 dB +/- 2,1 dB	67,8 dB +/- 2,2 dB	55	60 dB +/- 2,1 dB	59,5 dB +/- 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 3

Tabela 17 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ [dB]	76,8	68,7	66,7	62,5	60,0	56,8	54,6	51,4	48,2	43,3
U [dB]	2,4	2,2	2,4	2,1	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0

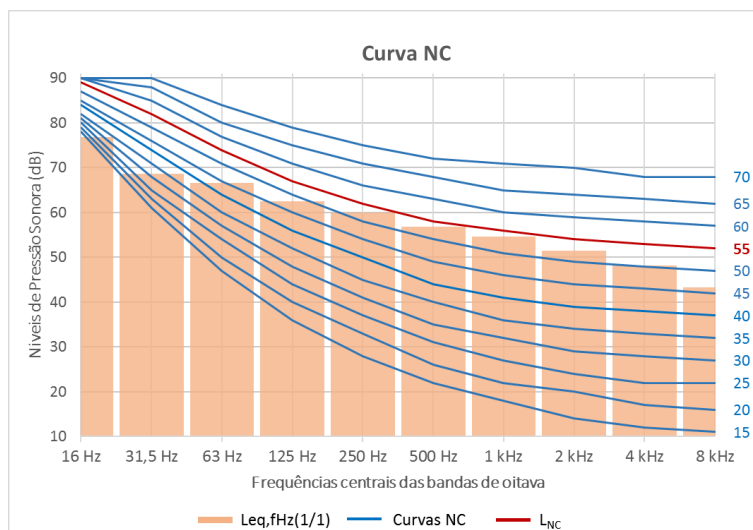


Gráfico 3 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição C3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### CONDIÇÃO 4. CABINES DE SEGURANÇA BIOLÓGICA (C4)

Conforme o corte esquemático (Figura 20), no dia 23/11/2021, na Sala 521, foram realizadas três medições de nível de pressão sonora, para avaliar a emissão de ruído da CSB1, CSB2 e CSB3, com os demais equipamentos desligados e com o microfone disposto a 0,10 m de distância do equipamento e a 0,86 m de altura (ponto médio da abertura frontal), em pontos igualmente distribuídos, nos 0,965 m de largura da abertura frontal. O tempo total de medição no ambiente foi de 4min30s, tempo de integração (T) de 30 segundos, em cada ponto de medição.

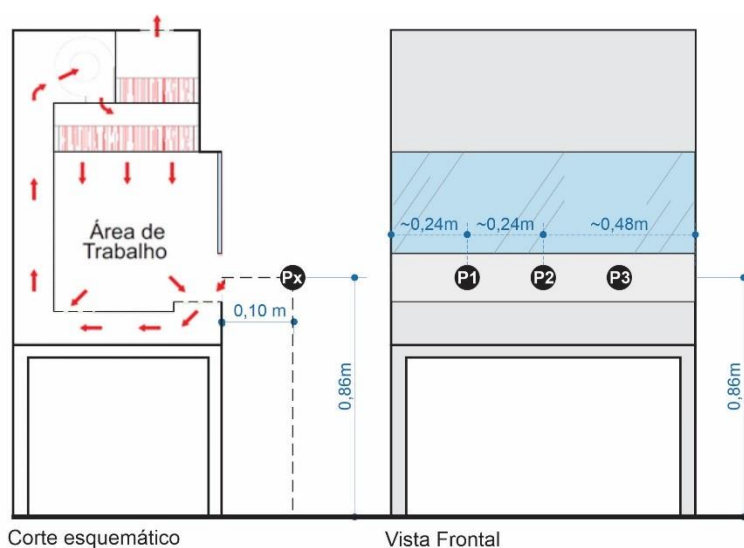


Figura 20 - Corte esquemático dos pontos de medição das CSBs. Sem escala.

As três cabines de segurança biológica são do modelo BioSeg 09 Classe II Tipo A1, possuem as seguintes dimensões (A x L x P): 2100 x 965 x 780 mm com a base e 1390 x

965 x 780 mm sem a base. A altura da mesa de trabalho é 760 mm. Segundo declarado pelo fabricante VECO, o nível de emissão sonora para esse modelo é de 70dB.

#### C4.1. Propagação sonora das CSBs no ambiente

No dia 23/11/2021, as medições foram realizadas, com todas as cabines de segurança biológica ligadas, das 12:02:07 às 12:33:50. Os valores medidos, em dB, são apresentados na Figura 21 e Tabelas 18 e 19.

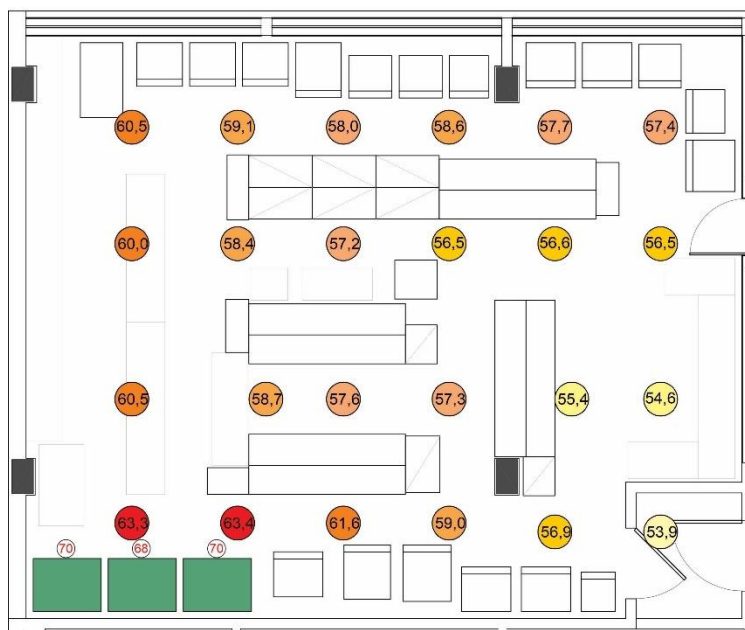


Figura 21 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 4.1. Sem escala.

Tabela 18 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.1.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, 30s, Px_C4.1</sub> [dB]	L <sub>ASmax, Px_C4.1</sub> [dB]	L <sub>10, Px_C4.1</sub> [dB]	L <sub>90, Px_C4.1</sub> [dB]
P1_C4.1	60,5	62,3	60,9	60,0
P2_C4.1	59,1	59,6	59,4	58,8
P3_C4.1	58,0	58,6	58,4	57,8
P4_C4.1	58,6	61,0	60,3	57,6
P5_C4.1	57,7	58,1	57,9	57,4
P6_C4.1	57,4	58,0	57,7	57,1
P7_C4.1	56,5	57,1	56,8	56,2
P8_C4.1	56,6	57,0	56,8	56,2
P9_C4.1	56,5	58,6	56,9	56,0
P10_C4.1	57,2	57,9	57,5	57,0
P11_C4.1	58,4	58,9	58,7	58,2
P12_C4.1	60,0	60,3	60,2	59,7
P13_C4.1	60,5	61,3	60,6	60,3
P14_C4.1	63,3	63,5	63,4	63,0
P15_C4.1	63,4	63,7	63,5	63,3
P16_C4.1	61,6	66,0	62,1	61,5
P17_C4.1	59,0	59,5	59,3	58,8
P18_C4.1	56,9	57,4	57,1	56,6

P19_C4.1	53,9	54,5	54,1	53,7
P20_C4.1	58,7	59,3	59,1	58,6
P21_C4.1	57,6	59,4	57,9	57,4
P22_C4.1	57,3	58,3	57,6	57,1
P23_C4.1	55,4	57,2	56,4	54,7
P24_C4.1	54,6	56,1	54,8	54,4

Tabela 19 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px, C4.1}$ ), em dB, por ponto na Condição 4.1.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
P1_C4.1	70,7	70,8	67,9	62,3	58,6	57,8	56,4	52,3	45,3	42,3
P2_C4.1	72,2	70,1	67,3	61,6	58,0	55,9	54,9	50,9	44,5	42,2
P3_C4.1	70,7	72,2	65,9	63,1	55,1	54,9	54,2	49,6	43,1	41,8
P4_C4.1	72,5	72,3	67,9	60,9	56,2	55,1	54,9	50,4	42,9	41,8
P5_C4.1	69,1	72,0	67,4	61,3	55,4	54,5	53,8	49,1	42,9	41,8
P6_C4.1	69,6	72,8	68,0	62,2	55,7	54,3	53,5	48,5	42,5	41,8
P7_C4.1	70,1	68,5	69,4	59,6	55,2	53,4	52,4	48,0	42,1	41,7
P8_C4.1	66,4	68,3	67,5	60,2	53,8	53,0	52,7	48,7	42,5	41,8
P9_C4.1	67,5	71,3	65,7	58,9	54,1	52,6	52,4	48,9	43,3	44,6
P10_C4.1	66,8	72,1	66,4	58,2	54,1	53,6	53,6	49,6	43,4	41,9
P11_C4.1	70,7	69,1	66,4	60,4	56,1	55,2	54,6	50,4	44,2	42,0
P12_C4.1	69,6	68,0	69,3	63,9	58,5	56,8	55,6	51,7	44,9	42,1
P13_C4.1	68,9	70,8	69,6	65,1	58,0	57,5	56,0	52,6	45,5	42,3
P14_C4.1	71,3	72,0	70,2	64,7	60,3	59,5	59,8	55,6	48,1	43,3
P15_C4.1	71,4	71,3	72,7	70,9	59,3	59,2	59,7	54,8	47,9	42,9
P16_C4.1	73,6	73,0	71,8	68,1	57,4	58,2	57,6	52,8	46,1	42,5
P17_C4.1	70,2	71,3	68,5	63,6	56,4	55,2	55,4	50,6	44,4	42,1
P18_C4.1	71,3	69,5	69,4	58,8	53,8	52,9	53,4	48,9	42,7	41,7
P19_C4.1	71,3	72,5	64,0	59,5	51,3	50,0	49,9	45,9	40,7	41,5
P20_C4.1	67,8	69,8	67,2	60,3	56,5	55,7	54,9	50,5	44,4	42,1
P21_C4.1	66,0	71,8	66,0	61,4	53,3	53,7	54,1	50,0	43,4	41,9
P22_C4.1	67,1	70,1	67,3	60,2	55,1	53,5	53,7	49,0	42,9	41,8
P23_C4.1	67,7	67,8	66,1	59,1	56,3	51,6	51,2	46,0	40,8	41,5
P24_C4.1	68,2	68,7	63,9	56,4	53,1	51,6	50,8	46,1	40,9	41,6

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 20 e 21. A análise espectral é apresentada no Gráfico 4.

Tabela 20 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 4.1.

$L_{Aeq, 30s, C4.1}$ [dB]	$L_{ASmax, C4.1}$ [dB]	$L_{NC, C4.1}^*$	$L_{10, C4.1}$ [dB]	$L_{90, C4.1}$ [dB]
59,0 dB +/- 2,2 dB	66,0 dB +/- 2,3 dB	55	59,3 dB +/- 2,2 dB	58,7 dB +/- 2,2 dB

Nota: \* Vide gráfico 4

Tabela 21 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 4.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.1}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4.1}$ [dB]	70,1	71,0	68,3	63,2	56,4	55,5	55,1	50,7	44,2	42,2
U [dB]	2,2	2,1	2,2	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,0

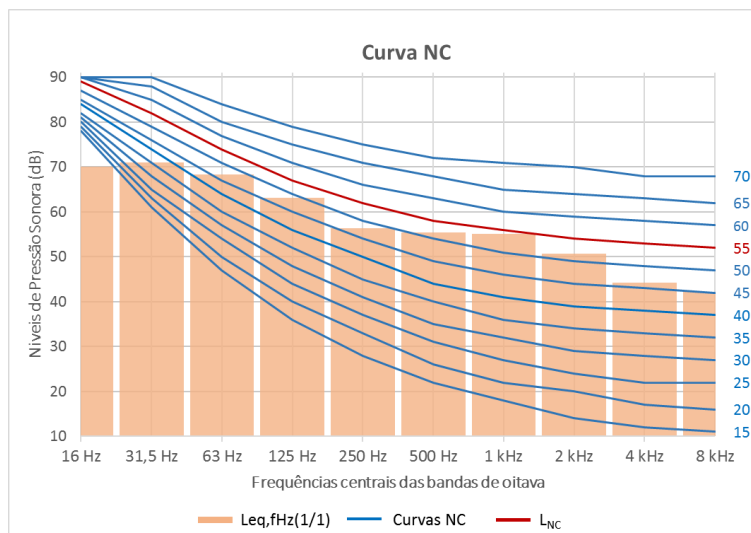


Gráfico 4 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## C4.2. Emissão sonora da CSB1

Para caracterização da emissão sonora da CSB1, as medições foram realizadas em três pontos a 0,10 m de distância do equipamento e a 0,86 m de altura (ponto médio da abertura frontal), sendo igualmente distribuídas nos 0,965 m de largura da abertura frontal. Os valores medidos no dia 23/11/2021, das 12:51:26 às 12:57:35, são apresentados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C4.2}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C4.2}$ [dB]	$L_{10, Px\_C4.2}$ [dB]	$L_{90, Px\_C4.2}$ [dB]
P1_C4.2	70,5	70,7	70,6	70,4
P2_C4.2	70,1	71,7	70,3	70,0
P3_C4.2	70,2	70,6	70,4	70,1

Tabela 23 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C4.2}$ ), em dB, por ponto na Condição 4.2.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C4.2}$ [dB]	P1_C4.2	78,1	79,8	80,0	72,0	64,7	66,7	66,7	63,4	56,4	48,5
	P2_C4.2	77,9	79,5	79,2	72,0	65,8	65,5	66,1	63,6	56,0	48,5
	P3_C4.2	77,1	78,9	79,0	70,9	64,2	65,6	66,1	64,2	55,5	48,1

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 24 e 25. A análise espectral é apresentada no Gráfico 5.

Tabela 24 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.2.

$L_{Aeq, 30s, C4.2}$ [dB]	$L_{ASmax, C4.2}$ [dB]	$L_{NC, C4.2}^*$	$L_{10, C4.2}$ [dB]	$L_{90, C4.2}$ [dB]
70,3 dB +/- 2 dB	71,7 dB +/- 2,1 dB	70	70,4 dB +/- 2 dB	70,2 dB +/- 2 dB

Nota: \* Vide gráfico 5

Tabela 25 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4.2}$ [dB]	77,7	79,4	79,4	71,6	64,9	66,0	66,3	63,7	56,0	48,4
<b>U</b> [dB]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0

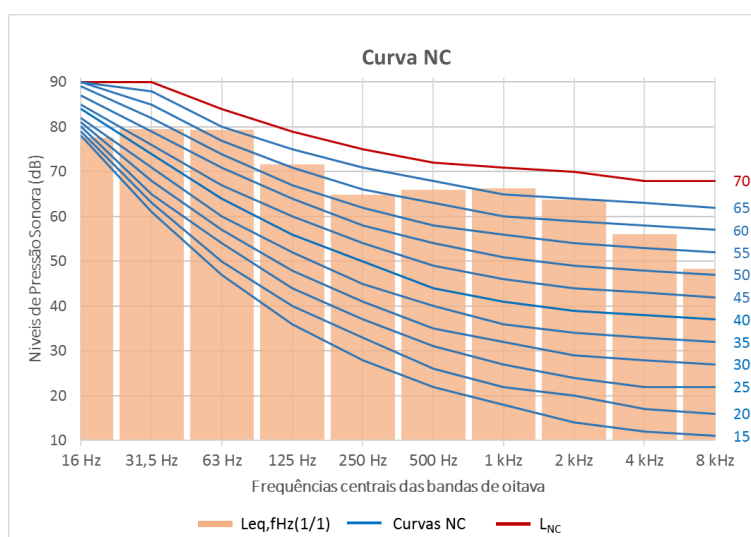


Gráfico 5 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.2. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### C4.3. Emissão sonora da CSB2

Para caracterização da emissão sonora da CSB2, as medições foram realizadas em três pontos a 0,10 m de distância do equipamento e a 0,86 m de altura (ponto médio da abertura frontal), sendo igualmente distribuídas nos 0,965 m de largura da abertura frontal. Os valores medidos no dia 23/11/2021, das 12:58:56 às 13:01:47, são apresentados nas Tabelas 26 e 27.



Tabela 26 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.3.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, P_x, C4.3}$ [dB]	$L_{ASmax, P_x, C4.3}$ [dB]	$L_{10, P_x, C4.3}$ [dB]	$L_{90, P_x, C4.3}$ [dB]
P1_C4.3	68,6	68,9	68,7	68,4
P2_C4.3	67,8	68,1	67,9	67,7
P3_C4.3	68,2	68,5	68,3	68,1

Tabela 27 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C4.3}$ ), em dB, por ponto na Condição 4.3.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C4.3}$ [dB]	P1_C4.3	75,0	80,0	81,3	71,6	64,6	66,2	64,6	59,4	53,4	45,9
	P2_C4.3	74,3	79,1	80,4	70,8	65,4	64,9	63,8	58,8	53,4	45,6
	P3_C4.3	75,7	79,3	80,6	70,7	64,5	65,7	64,2	59,5	53,4	45,9

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 28 e 29. A análise espectral é apresentada no Gráfico 6.

Tabela 28 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.3.

$L_{Aeq, 30s, C4.3}$ [dB]	$L_{ASmax, C4.3}$ [dB]	$L_{NC, C4.3}^*$	$L_{10, C4.3}$ [dB]	$L_{90, C4.3}$ [dB]
68,2 dB +/- 2,1 dB	68,9 dB +/- 2,1 dB	70	68,3 dB +/- 2,1 dB	68,1 dB +/- 2 dB

Tabela 29 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.3}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4.3}$ [dB]	75,0	79,5	80,8	71,0	64,9	65,6	64,2	59,3	53,4	45,8
<b>U</b> [dB]	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0

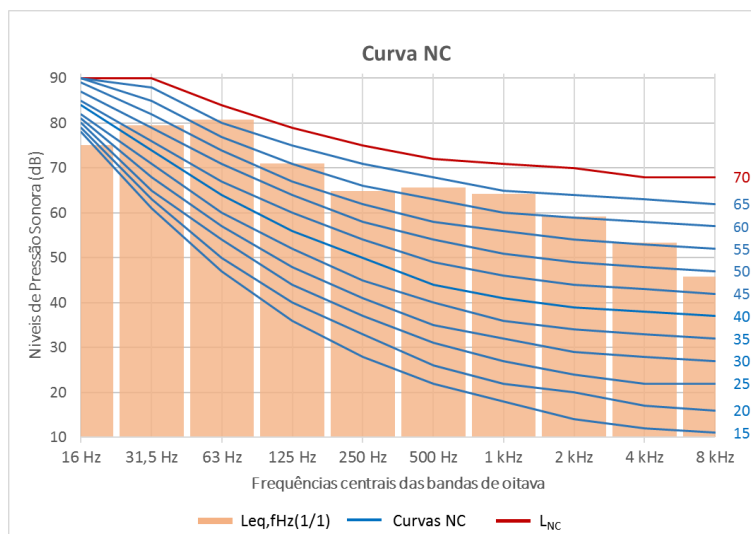


Gráfico 6 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.3. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### C4.4. Emissão sonora da CSB3

Para caracterização da emissão sonora da CSB3, as medições foram realizadas em três pontos a 0,10 m de distância do equipamento e a 0,86 m de altura (ponto médio da abertura frontal), sendo igualmente distribuídas nos 0,965 m de largura da abertura frontal. Os valores medidos no dia 23/11/2021, com início às 13:02:00 e fim às 13:05:48, são apresentados nas Tabelas 30 e 31.

Tabela 30 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.4.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C4.4}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C4.4}$ [dB]	$L_{10, Px\_C4.4}$ [dB]	$L_{90, Px\_C4.4}$ [dB]
P1_C4.4	70,0	70,3	70,1	69,8
P2_C4.4	70,1	70,3	70,2	69,9
P3_C4.4	69,1	69,4	69,3	69,0

Tabela 31 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C4.4}$ ), em dB, por ponto na Condição 4.4.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C4.4}$ [dB]	P1_C4.4	77,3	78,4	79,3	73,8	64,5	66,6	66,5	61,4	55,0	47,0
	P2_C4.4	77,7	78,1	78,9	73,3	66,5	66,3	66,9	60,8	54,5	47,2
	P3_C4.4	77,2	78,0	79,0	72,2	64,6	65,4	65,5	61,2	54,5	47,0

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 32 e 33. A análise espectral é apresentada no Gráfico 7.

Tabela 32 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.4.

$L_{Aeq, 30s, C4.4}$ [dB]	$L_{ASmax, C4.4}$ [dB]	$L_{NC, C4.4}^*$	$L_{90, C4.4}$ [dB]	$L_{10, C4.4}$ [dB]
69,8 dB +/- 2,1 dB	70,3 dB +/- 2,1 dB	70	69,9 dB +/- 2,1 dB	69,6 dB +/- 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 7

Tabela 33 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4.4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4.4}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4.4}$ [dB]	77,4	78,2	79,1	73,2	65,3	66,1	66,3	61,1	54,7	47,1
U [dB]	2,0	2,0	2,0	2,2	2,4	2,1	2,2	2,0	2,0	2,0

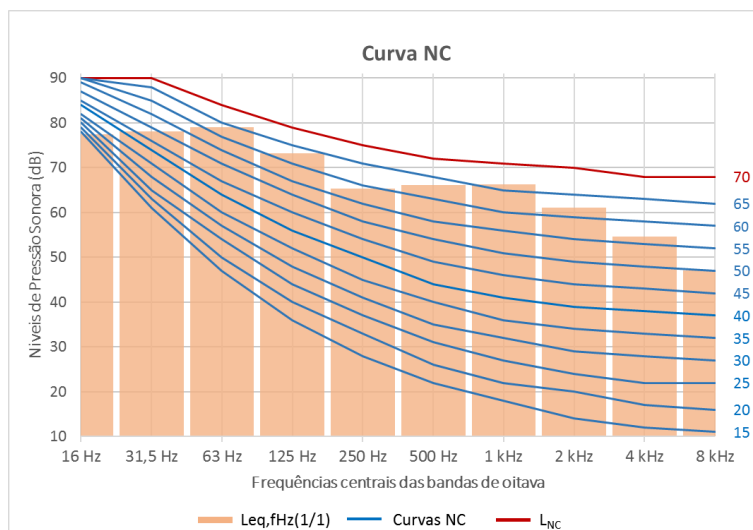


Gráfico 7 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4.4. ( $L_{eq, fHz(1/1), CA.4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 5. RUÍDO DE FUNDO (C5)

Obteve-se o NPS de fundo do ambiente para cada dia de medição. As medições foram realizadas com todos os equipamentos desligados nos dias 23/11/2021, 24/11/2021, 08/12/2021, obtendo-se os seguintes resultados:

#### C5.1. 1º dia de medição

As medições ocorreram no dia 23/11/2021 com início às 11:28:11 e fim às 11:52:34. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 22 e Tabelas 34 e 35.

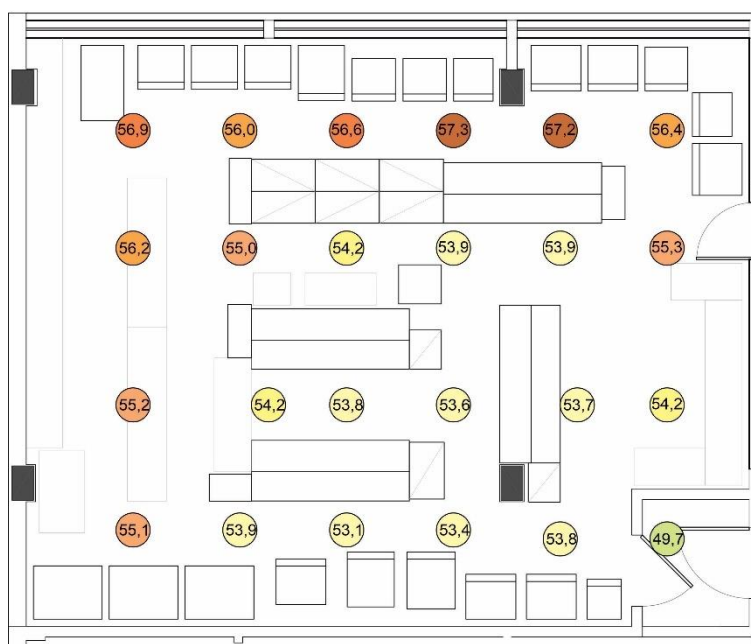


Figura 22 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.1. Sem escala.

Tabela 34 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.1.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, 30s, Px_C5.1</sub> [dB]	L <sub>ASmax, Px_C5.1</sub> [dB]	L <sub>10, Px_C5.1</sub> [dB]	L <sub>90, Px_C5.1</sub> [dB]
P1_C5.1	56,9	59,1	57,6	56,3
P2_C5.1	56,0	57,1	56,6	55,4
P3_C5.1	56,6	57,1	56,9	56,2
P4_C5.1	57,3	58,2	57,8	57,0
P5_C5.1	57,2	57,6	57,5	56,9
P6_C5.1	56,4	57,1	56,9	55,9
P7_C5.1	55,3	55,9	55,6	54,9
P8_C5.1	53,9	56,7	54,2	53,5
P9_C5.1	53,9	55,7	54,6	53,3
P10_C5.1	54,2	54,7	54,5	54,0
P11_C5.1	55,0	56,0	55,4	54,8
P12_C5.1	56,2	57,0	56,6	55,9
P13_C5.1	55,2	60,0	55,5	54,8
P14_C5.1	55,1	56,9	56,5	54,3
P15_C5.1	53,9	54,6	54,2	53,4
P16_C5.1	53,1	56,5	53,9	52,4
P17_C5.1	53,4	54,4	53,9	52,7
P18_C5.1	53,8	55,6	54,8	53,0
P19_C5.1	49,7	50,5	50,0	49,3
P20_C5.1	54,2	55,2	54,8	53,6
P21_C5.1	53,8	54,6	54,2	53,3
P22_C5.1	53,6	54,4	53,8	53,3
P23_C5.1	53,7	54,7	54,3	53,2
P24_C5.1	54,2	55,6	55,2	53,3

Tabela 35 - NPS medidos por faixa de frequência (L<sub>Zeq, fHz(1/1), Px\_C5.1</sub>), em dB, por ponto na Condição 5.1.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L <sub>Zeq, fHz(1/1), Px_C5.1</sub> [dB]	P1_C5.1	68,0	68,0	63,9	59,8	57,3	54,9	52,0	47,5	41,7	41,6
	P2_C5.1	71,3	68,1	65,5	59,6	56,2	53,6	51,4	47,0	41,3	41,4
	P3_C5.1	73,5	68,5	64,2	61,9	55,5	54,1	52,3	47,7	41,6	41,5
	P4_C5.1	70,7	68,2	68,2	61,5	55,9	55,2	53,0	47,8	42,0	41,5
	P5_C5.1	70,3	69,3	66,1	62,2	55,2	54,4	53,3	48,0	42,2	41,6
	P6_C5.1	69,4	70,5	65,3	61,9	55,8	53,2	52,4	47,1	41,6	41,5
	P7_C5.1	67,1	63,8	67,3	57,7	55,6	52,5	50,9	46,2	40,6	41,4
	P8_C5.1	67,4	65,4	64,7	58,7	52,6	50,7	50,1	45,0	40,0	41,3
	P9_C5.1	61,7	63,8	61,8	59,8	53,8	50,1	49,6	45,2	40,3	41,3
	P10_C5.1	62,5	66,8	65,0	58,8	52,7	51,6	50,1	45,8	40,4	41,4
	P11_C5.1	66,6	64,9	60,2	58,5	55,0	51,7	50,7	46,5	41,2	41,4
	P12_C5.1	66,3	64,5	60,6	58,4	57,1	53,2	51,3	47,8	41,4	41,4
	P13_C5.1	66,5	63,0	63,3	59,2	56,3	51,9	50,6	46,4	41,0	41,5
	P14_C5.1	68,4	67,4	59,0	61,5	56,4	52,2	50,1	45,8	41,0	41,6
	P15_C5.1	71,2	65,6	59,2	58,9	52,9	51,3	49,8	45,0	40,1	41,4

P16_C5.1	70,0	65,8	64,5	58,7	52,7	51,0	48,6	43,5	39,6	41,3
P17_C5.1	72,6	69,4	62,2	57,3	53,3	50,5	49,3	44,6	40,0	41,4
P18_C5.1	69,1	65,4	62,7	59,6	54,7	50,8	49,4	44,5	39,9	41,3
P19_C5.1	72,0	70,9	54,8	55,7	49,3	47,0	45,4	40,9	38,6	41,3
P20_C5.1	66,6	62,5	62,4	59,5	54,9	52,1	49,3	45,0	40,1	41,4
P21_C5.1	69,6	66,8	65,5	59,6	53,1	50,9	49,5	45,0	40,1	41,4
P22_C5.1	66,5	64,2	61,7	57,1	54,0	50,1	49,5	44,9	40,0	41,4
P23_C5.1	67,8	65,5	61,5	58,8	53,6	50,4	49,5	44,4	40,1	41,4
P24_C5.1	71,9	67,7	61,1	60,2	54,8	51,6	49,9	44,4	39,9	41,4

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 36 e 37. A análise espectral é apresentada no Gráfico 8.

Tabela 36 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.1.

$L_{Aeq, 30s, C5.1}$ [dB]	$L_{ASmax, C5.1}$ [dB]	$L_{NC, C5.1}^*$	$L_{10, C5.1}$ [dB]	$L_{90, C5.1}$ [dB]
55 dB +/- 2,1 dB	60 dB +/- 2,1 dB	50	55,5 dB +/- 2,1 dB	54,5 dB +/- 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 8

Tabela 37 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5.1}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5.1}$ [dB]	69,5	67,1	63,8	59,7	54,8	52,2	50,6	45,9	40,7	41,4
$U$ [dB]	2,3	2,2	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0

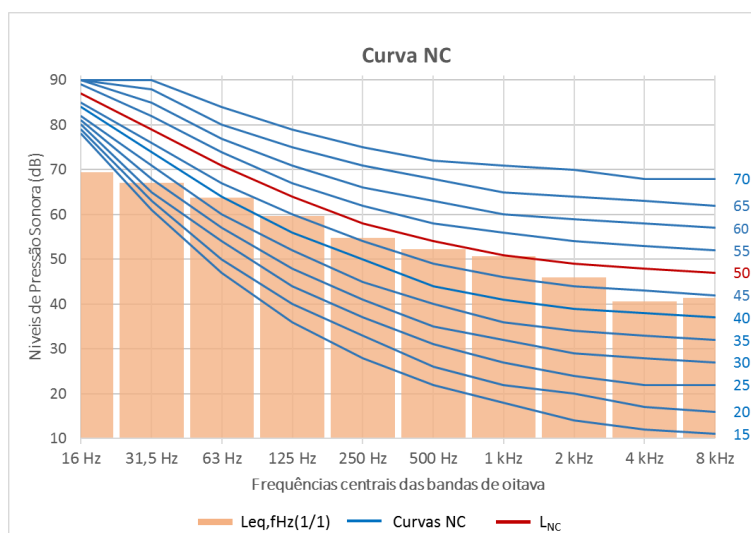


Gráfico 8 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## C5.2. 2º dia de medição

As medições ocorreram no dia 24/11/2021, com início às 10:12:19 e fim às 10:37:07. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 23 e Tabelas 38 e 39.

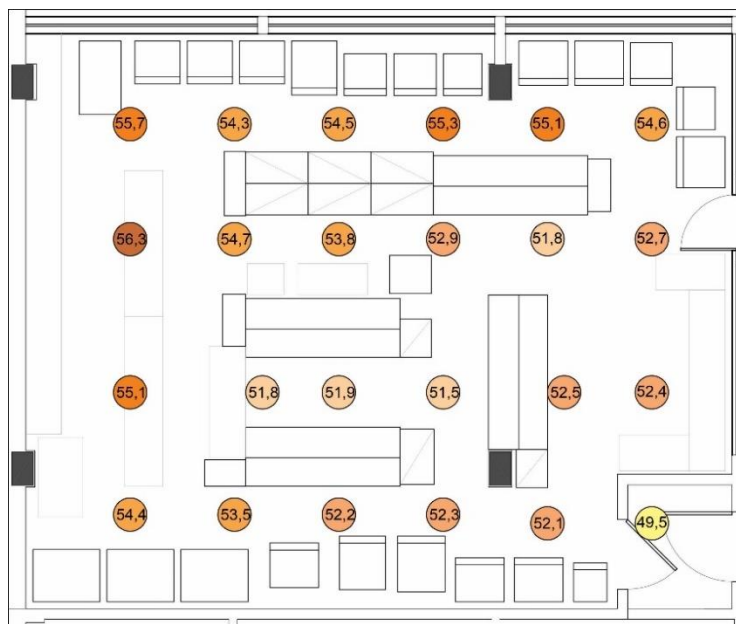


Figura 23 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.2. Sem escala.

Tabela 38 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, P_x, C5.2}$ [dB]	$L_{Amax, P_x, C5.2}$ [dB]	$L_{10, P_x, C5.2}$ [dB]	$L_{90, P_x, C5.2}$ [dB]
P1_C5.2	55,7	56,1	56,0	55,3
P2_C5.2	54,3	55,6	54,9	54,0
P3_C5.2	54,5	55,8	54,8	54,1
P4_C5.2	55,3	56,6	55,9	54,9
P5_C5.2	55,1	55,9	55,5	54,7
P6_C5.2	54,6	55,0	54,8	54,3
P7_C5.2	52,7	54,4	53,7	52,0
P8_C5.2	51,8	53,4	52,5	51,3
P9_C5.2	52,9	53,4	53,2	52,5
P10_C5.2	53,8	54,5	54,3	53,3
P11_C5.2	54,7	56,4	55,3	54,2
P12_C5.2	56,3	57,2	56,9	55,9
P13_C5.2	55,1	55,5	55,4	54,8
P14_C5.2	54,4	60,6	54,7	54,1
P15_C5.2	53,5	55,2	53,9	53,3
P16_C5.2	52,2	52,7	52,4	52,0
P17_C5.2	52,3	53,0	52,7	51,9
P18_C5.2	52,1	52,9	52,4	51,8
P19_C5.2	49,5	51,0	50,0	48,9
P20_C5.2	51,8	52,4	52,0	51,6
P21_C5.2	51,9	56,3	52,5	51,3
P22_C5.2	51,5	52,1	51,8	51,1
P23_C5.2	52,5	53,1	52,7	52,1
P24_C5.2	52,4	54,3	53,3	51,6

Tabela 39 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px_{C5.2}}$ ), em dB, por ponto na Condição 5.2.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), Px_{C5.2}}$ [dB]	P1_C5.2	68,2	68,4	62,9	58,4	55,5	54,1	50,4	46,7	41,6	41,6
	P2_C5.2	71,6	70,1	65,7	59,0	53,8	51,8	49,8	45,5	41,0	41,7
	P3_C5.2	69,5	68,6	66,4	58,1	51,5	51,4	50,7	46,0	40,7	41,6
	P4_C5.2	70,5	68,9	65,3	60,9	53,1	52,5	51,4	46,2	41,1	41,6
	P5_C5.2	70,4	70,1	65,2	59,1	53,1	52,5	51,1	46,2	41,3	41,6
	P6_C5.2	69,0	71,8	64,9	59,9	52,7	51,6	50,6	45,5	40,8	41,6
	P7_C5.2	68,6	68,0	66,6	57,5	52,0	50,5	48,1	43,8	39,7	41,5
	P8_C5.2	69,0	66,5	63,6	58,9	49,4	48,9	47,4	43,5	39,7	41,5
	P9_C5.2	62,9	67,1	64,9	59,8	52,5	49,3	47,9	44,4	40,2	41,5
	P10_C5.2	62,9	67,0	62,5	59,2	53,3	51,4	49,0	45,0	40,6	41,5
	P11_C5.2	66,1	65,7	63,1	58,8	55,2	52,0	49,8	46,2	41,2	41,6
	P12_C5.2	67,1	66,3	63,0	58,8	56,0	53,2	51,7	48,6	41,8	41,7
	P13_C5.2	66,3	63,8	64,4	58,9	56,5	52,4	49,7	46,0	41,0	41,6
	P14_C5.2	68,7	67,6	57,6	59,0	55,2	51,5	49,6	45,7	40,9	41,6
	P15_C5.2	69,1	66,1	58,6	61,2	52,8	51,2	48,6	44,7	40,4	41,5
	P16_C5.2	68,7	69,2	60,5	58,7	51,5	49,6	47,6	43,5	39,8	41,5
	P17_C5.2	72,7	68,3	62,5	58,6	52,0	49,2	47,7	43,9	40,1	41,5
	P18_C5.2	70,6	67,3	62,9	56,1	51,0	49,4	47,9	43,8	39,9	41,5
	P19_C5.2	71,7	74,1	60,2	56,0	49,3	46,1	44,7	40,7	39,4	41,8
	P20_C5.2	64,7	65,0	62,4	58,0	50,4	48,6	47,5	43,8	39,6	41,5
	P21_C5.2	66,5	68,2	62,6	57,3	50,1	49,2	47,9	43,6	39,7	41,5
	P22_C5.2	66,2	65,7	60,7	56,0	50,7	48,0	47,5	43,6	39,6	41,5
	P23_C5.2	69,2	66,8	63,4	56,8	52,9	48,9	48,4	43,6	39,6	41,6
	P24_C5.2	70,5	67,4	58,2	56,3	53,8	49,4	48,3	43,7	39,4	41,5

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 40 e 41. A análise espectral é apresentada no Gráfico 9.

Tabela 40 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.2.

$L_{Aeq, 30s, C5.2}$ [dB]	$L_{ASmax, C5.2}$ [dB]	$L_{NC, C5.2}^*$	$L_{10, C5.2}$ [dB]	$L_{90, C5.2}$ [dB]
53,7 dB +/- 2,1 dB	60,6 dB +/- 2,2 dB	50	54,1 dB +/- 2,1 dB	53,3 dB +/- 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 9

Tabela 41 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5.2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5.2}$ [dB]	69,0	68,5	63,5	58,6	53,1	50,9	49,2	45,0	40,4	41,6
U [dB]	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0

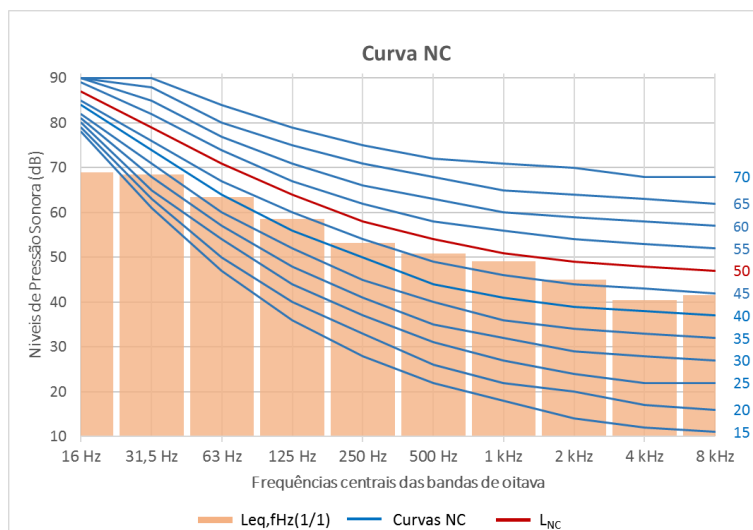


Gráfico 9 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### C5.3. 3º dia de medição

As medições ocorreram no dia 08/12/2021 com início às 11:03:20 e fim às 10:23:41. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 24 e Tabelas 42 e 43.

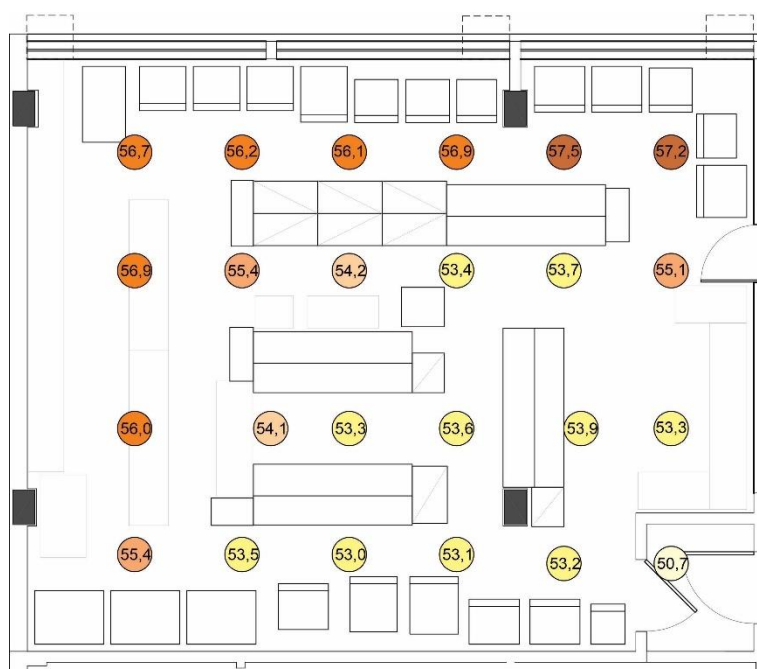


Figura 24 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5.3. Sem escala.



Tabela 42 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.3.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, 30s, P<sub>x</sub>_C5.3</sub> [dB]	L <sub>ASmax, P<sub>x</sub>_C5.3</sub> [dB]	L <sub>10, P<sub>x</sub>_C5.3</sub> [dB]	L <sub>90, P<sub>x</sub>_C5.3</sub> [dB]
P1_C5.3	56,7	59,1	58,0	55,9
P2_C5.3	56,2	57,0	56,4	55,9
P3_C5.3	56,1	57,1	56,3	55,8
P4_C5.3	56,9	58,2	57,4	56,5
P5_C5.3	57,5	60,2	58,1	57,1
P6_C5.3	57,2	59,1	58,4	56,3
P7_C5.3	55,1	56,2	55,8	54,4
P8_C5.3	53,7	55,8	54,5	52,8
P9_C5.3	53,4	53,9	53,7	52,7
P10_C5.3	54,2	60,5	54,7	53,6
P11_C5.3	55,4	56,5	55,9	54,8
P12_C5.3	56,9	57,7	57,4	56,5
P13_C5.3	56,0	58,1	56,4	55,7
P14_C5.3	55,4	56,4	56,2	54,9
P15_C5.3	53,5	54,1	53,8	53,1
P16_C5.3	53,0	54,3	53,3	52,8
P17_C5.3	53,1	54,7	54,1	52,4
P18_C5.3	53,2	54,8	54,4	52,2
P19_C5.3	50,7	52,3	51,8	49,9
P20_C5.3	54,1	55,0	54,6	53,8
P21_C5.3	53,3	54,1	53,5	53,1
P22_C5.3	53,6	54,3	54,0	53,1
P23_C5.3	53,9	56,1	54,5	53,3
P24_C5.3	53,3	53,7	53,5	53,1

Tabela 43 - NPS medidos por faixa de frequência (L<sub>Zeq, fHz(1/1), P<sub>x</sub>\_C5.3</sub>), em dB, por ponto na Condição 5.3.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L <sub>Zeq, fHz(1/1), P<sub>x</sub>_C5.3</sub> [dB]	P1_C5.3	69,5	68,6	61,7	57,6	55,6	54,1	52,3	48,6	42,0	41,8
	P2_C5.3	69,7	66,6	62,6	58,8	55,2	54,9	51,2	47,0	41,5	41,7
	P3_C5.3	68,7	67,9	63,9	58,4	53,7	53,5	52,1	47,6	41,6	41,7
	P4_C5.3	68,5	68,0	64,6	57,9	55,1	54,8	52,9	48,2	41,9	41,7
	P5_C5.3	69,5	70,3	66,0	60,9	55,1	55,6	53,2	48,2	42,3	41,7
	P6_C5.3	71,4	71,6	66,8	62,0	58,0	54,1	52,8	47,7	41,6	41,7
	P7_C5.3	69,8	67,1	64,7	58,2	54,3	52,5	51,0	46,0	40,8	41,6
	P8_C5.3	64,9	63,5	63,8	59,2	52,6	51,0	49,5	45,1	40,3	41,5
	P9_C5.3	63,1	66,7	60,3	57,0	52,8	49,6	49,4	45,4	40,4	41,6
	P10_C5.3	62,1	69,6	61,2	56,9	51,6	51,6	50,1	46,0	40,7	41,6
	P11_C5.3	66,5	67,2	62,5	57,8	55,2	52,5	50,9	47,1	41,3	41,7
	P12_C5.3	68,3	65,9	61,4	59,0	57,6	53,6	52,3	48,5	41,7	41,6
	P13_C5.3	66,0	62,8	63,5	59,8	57,6	52,4	51,0	46,9	41,1	41,6
	P14_C5.3	70,6	68,0	57,3	58,8	55,5	52,8	50,9	46,9	41,1	41,6
	P15_C5.3	69,7	66,4	58,0	58,4	52,3	50,9	49,1	44,9	40,3	41,5
	P16_C5.3	72,1	68,1	60,8	58,7	51,3	50,3	49,0	44,2	39,9	41,5
	P17_C5.3	69,8	66,4	59,2	57,3	52,8	49,8	48,9	44,4	40,0	41,5
	P18_C5.3	70,3	67,6	61,0	57,6	51,3	50,0	49,4	44,9	39,9	41,5
	P19_C5.3	71,8	72,2	55,5	54,9	49,4	48,0	46,7	41,8	39,0	41,5
	P20_C5.3	64,6	60,7	59,4	58,8	54,0	50,9	49,7	45,5	40,3	41,6
	P21_C5.3	67,5	64,6	60,4	56,9	52,3	50,4	49,1	45,1	40,0	41,5
	P22_C5.3	68,7	64,5	61,0	56,0	53,7	49,8	49,6	45,1	40,1	41,5
	P23_C5.3	68,8	66,3	57,1	57,1	53,4	50,5	49,7	46,0	40,1	41,6

<b>P24_C5.3</b>	67,9	65,2	56,7	55,2	52,7	50,3	49,5	44,6	40,0	41,5
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 44 e 45. A análise espectral é apresentada no Gráfico 10.

Tabela 44 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.3.

$L_{Aeq, 30s, C5.3}$ [dB]	$L_{ASmax, C5.3}$ [dB]	$L_{NC, C5.3}^*$	$L_{10, C5.3}$ [dB]	$L_{90, C5.3}$ [dB]
55 dB +/- 2,1 dB	60,5 dB +/- 2,2 dB	50	55,6 dB +/- 2,1 dB	54,5 dB +/- 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 10.

Tabela 45 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5.3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5.3}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5.3}$ [dB]	69,0	67,7	62,2	58,4	54,4	52,3	50,7	46,4	40,8	41,6
<b>U</b> [dB]	2,3	2,3	2,3	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0

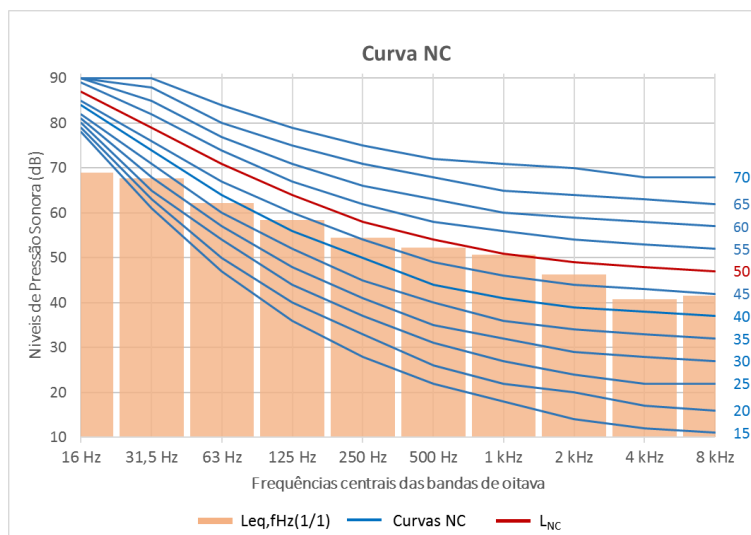


Gráfico 10 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5.3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5.3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### 5.2.2. SIMULAÇÃO ACÚSTICA

Para gerar mapas de ruído de um ambiente, é necessário inserir uma série de dados referentes à área do estudo, tais como: parâmetros morfológicos (geometrias e materialidade), da fonte sonora (potência sonora, direcionalidade, posição) e dos receptores (altura e diâmetro).

A geometria e materialidade do ambiente, equipamentos e mobiliário foram modelados diretamente no *software SoundPlan 8.2*, bem como os receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 25).

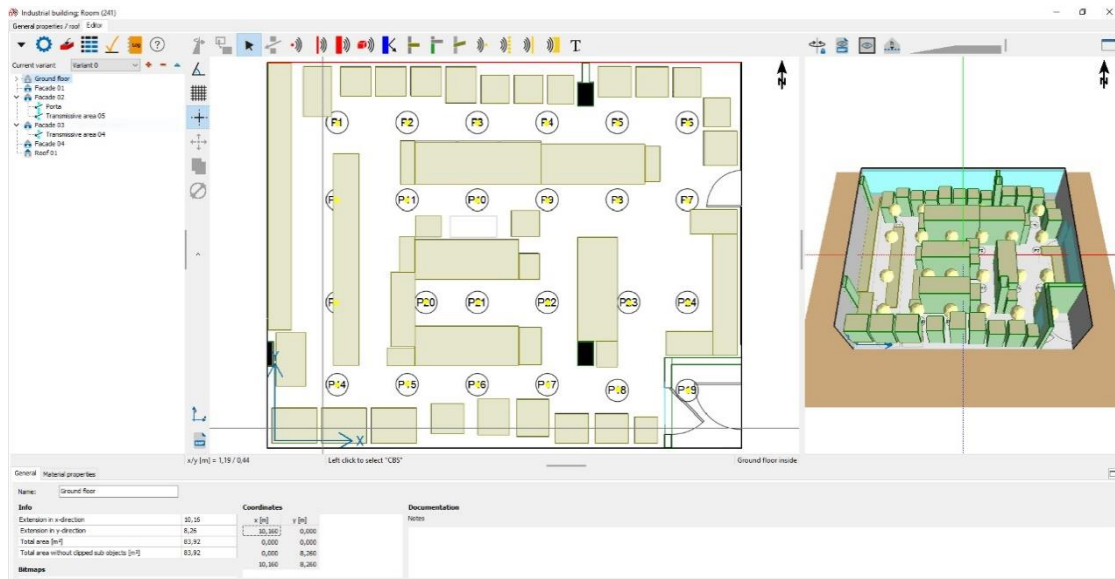


Figura 25 - Modelagem do ambiente no *Software SoundPlan*.

Para a definição da potência sonora das fontes de ruído, utilizou-se a ferramenta do software para a conversão do espectro de pressão sonora em espectro de potência sonora. Considerando a fonte de suposição como uma fonte pontual, insere-se o tipo de superfície e a distância (D) em que a medição foi realizada, bem como, quando pertinente, insere-se a largura, comprimento e altura para máquinas do tamanho equivalente a uma caixa.

No software, a potência sonora pode ser atribuída a fontes sonoras, do tipo linear ou superfície, como:

- LW/UNIT, onde a emissão total da fonte inteira é inserida e será distribuída uniformemente por toda a linha ou área da fonte;
- LW/M,M<sup>2</sup>, onde o nível de potência sonora é caracterizado por metro do comprimento de uma fonte linear e por metro quadrado para a superfície de uma fonte.

Para a determinação do espectro da potência sonora das CSBs (Tabela 46), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância D=0,10 m e atribuída como LW/UNIT.

Tabela 46 – Potência Sonora caracterizada para cada CSB da sala 525, CCFF.

Fonte Sonora	L <sub>w</sub> [dB(A)]	L <sub>w</sub> , fHz(1/1)							
		[dB(A)]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CSB 1	57,8	40,9	45,1	44,7	50,9	54,3	50,3	43,7	34
CSB 2	58,3	41,2	43,5	44,3	50,8	54,3	52,9	45	35,3
CSB 3	56,3	42,6	42,9	44,3	50,4	52,2	48,5	42,4	32,7

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado no método de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as seguintes configurações do mapa de ruído: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico ( $L_{eq}$ ), matriz do mapa (0,5m).

A Figura 26 apresenta o mapa de ruído na condição de todas as CSBs ligadas, considerando o espectro sonoro das fontes (determinado pelas medições no dia 23/11/2021), bem como o espectro do ruído de fundo medido no mesmo dia.



Figura 26 - Mapa de ruído gerado pelo *Software SoundPlan* para a condição de todas as Cabines de Segurança Biológica ligadas na Sala 525.

A Tabela 47 apresenta os valores simulados e medidos por ponto de medição na mesma condição. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,1 a 3,1 dB entre eles, na média de 1,2 dB.

Tabela 47 - Comparação entre níveis simulados e medidos na Sala 525 do CCFE.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px}$ (medido) [dB]	$L_{Aeq, Px}$ (simulado) [dB]	Diferença
P1	60,5	58,8	1,7
P2	59,1	58,3	0,8
P3	58,0	57,6	0,4
P4	58,6	57,3	1,3
P5	57,7	57,0	0,7
P6	57,4	56,9	0,5
P7	56,5	57,0	-0,5
P8	56,6	57,3	-0,7

P9	56,5	57,6	-1,1
P10	57,2	57,7	-0,5
P11	58,4	58,6	-0,2
P12	60,0	58,9	1,1
P13	60,5	59,4	1,1
P14	63,3	60,8	2,5
P15	63,4	60,3	3,1
P16	61,6	58,9	2,7
P17	59,0	58,2	0,8
P18	56,9	57,5	-0,6
P19	53,9	55,8	-1,9
P20	58,7	58,6	0,1
P21	57,6	58,3	-0,7
P22	57,3	58,0	-0,7
P23	55,4	57,0	-1,6
P24	54,6	57,0	-2,4

A Figura 27 apresenta o mapa de ruído considerando a execução de um forro acústico em todo o laboratório. Para a inserção da materialidade no software, utilizamos as características sonoras do forro *Ecophon Hygiene Performance A*, adequado para lugares com limpeza regular e desenvolvido pela *Saint-Gobain*.



Figura 27 - Mapa de ruído gerado pelo Software SoundPlan para a condição de todas as Cabines de Segurança Biológica ligadas na Sala 525 acrescido de tratamento forro acústico.

A Tabela 48 apresenta a comparação entre a primeira e a segunda simulação, na situação atual e com tratamento acústico, respectivamente. Na comparação dos

resultados, obteve-se um decaimento médio de 1,7 dB, com uma diferença de 0,5 a 2,2 dB por receptor.

Tabela 48 - Comparação entre níveis simulados na situação atual e com tratamento acústico no CCFF.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado1) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado2) [dB]	Diferença
P1	58,8	56,6	2,2
P2	58,3	56,2	2,1
P3	57,6	55,8	1,8
P4	57,3	55,6	1,7
P5	57,0	55,5	1,5
P6	56,9	55,5	1,4
P7	57,0	55,5	1,5
P8	57,3	55,6	1,7
P9	57,6	55,7	1,9
P10	57,7	55,8	1,9
P11	58,6	56,4	2,2
P12	58,9	56,7	2,2
P13	59,4	57,4	2,0
P14	60,8	59,6	1,2
P15	60,3	59,0	1,3
P16	58,9	57,3	1,6
P17	58,2	56,4	1,8
P18	57,5	55,8	1,7
P19	55,8	55,3	0,5
P20	58,6	56,6	2,0
P21	58,3	56,3	2,0
P22	58,0	56,0	2,0
P23	57,0	55,5	1,5
P24	57,0	55,5	1,5

### 5.2.3. ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS POSSIVELMENTE OTOTÓXICAS

A análise de substâncias possivelmente ototóxicas foi realizada a partir de listas das substâncias utilizadas pelos trabalhadores, fornecidas por responsáveis pelas coleções objeto de estudo. Adotou-se como referência os dados apresentados na Tabela 49.

Tabela 49 - Relação de substâncias possivelmente ototóxicas segundo o NIOSH.

Classe de substâncias	Produtos químicos
Produtos farmacêuticos *A ototoxicidade em doses terapêuticas é limitada	Antibióticos aminoglicosídeos (ex.: estreptomicina, gentamicina) e outros antibióticos (ex.: tetraciclina), diuréticos de alça* (ex.: furosemida, ácido etacrínico), certos analgésicos* e antipiréticos* (ex.: salicílico, quinina, cloroquina), certos agentes antineoplásicos (ex.: cisplatina, carboplatina, bleomicina)
Solventes	Dissulfeto de carbono, n-hexano, tolueno, p-xileno, etilbenzeno, n-propilbenzeno, estireno e metilestireno, tricloroetileno
Asfixiantes	Monóxido de carbono, cianeto de hidrogênio e seus sais, fumaça de tabaco
Nitrilas	3-Butano nitrila, cis-2-pentenonitrilo, acrilonitrila, cis-crotononitrila, 3,3'iminodipropionitrilo

Metais e compostos	Compostos de mercúrio, dióxido de germânio, compostos orgânicos de estanho, chumbo
--------------------	--

Fonte: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2022

Comparando-se as substâncias utilizadas no CCFF com a Tabela 48, constata-se que não há emprego de substâncias ototóxicas no local.

### 5.3. ESTUDO DE CASO 2: COLEÇÃO DE LEISHMANIA (CLIOC)

Ao analisar os dados fornecidos, após descarte dos equipamentos que se encontravam fora de uso, foram identificados 71 em operação. Ao buscar-se informações sobre sua emissão sonora, somente 16 apresentaram algum tipo de informação, 9 relataram que o nível sonoro foi obtido em dB e quatro em dB(A). Em apenas três em foi mencionado a distância de medição de um metro do equipamento (Tabela 50). Todavia, não foi esclarecido se o dado corresponde ao nível de potência ou de pressão sonora. Não houve qualquer informação sobre a disponibilidade de declaração de emissão de ruído.

Tabela 50 - Classificação de equipamentos da Coleção de Leishmania (CLIOC).

Classificação dos equipamentos	Marca/ Modelo	Nível de emissão sonora informada pelo fabricante
<b>Grupo 1 - Máquinas/equipamentos de piso</b>		
<b>Autoclave</b>	Marca: Hirayama; Modelo: HV-50	60 dB (modelos comparáveis)
<b>Cabine de Segurança Biológica</b>	Marca: VECO; Modelo: BIOSAFE 09 Classe II Tipo A1	70 dB
	Marca: TROX Technik; Modelo: TLF-A1-2.4-09-V- H3-P-2	Indisponível
<b>Capela de Exaustão de Gases</b>	Marca: Lucadema Científica; Modelo: LUCA-05	Indisponível
<b>Estufa Incubadora B.O.D.</b>	Marca: Contemp; Modelo: 411/D335	Indisponível
<b>Estufa Incubadora de CO2</b>	Marca: SHELLAB; Modelo: TC2123	Indisponível (fora de linha)
<b>Freezer</b>	Marca: Brastemp; Modelo: 280	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: 300	Indisponível
	Marca: Consul; Modelo: Slim 200 (CPV200ABANA)	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: FE22	Indisponível
	Marca: Brastemp; Modelo: Eletrônico 280	Indisponível
<b>Refrigerador</b>	Marca: Bosch; Modelo: KDV47A00BR	Indisponível
	Marca: Continental; Modelo: 470	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: DC48	Indisponível
	Marca: Electrolux; Modelo: Frost Free DF 34	Indisponível
<b>Ultrafreezer -80oC</b>	Marca: INDREL; Modelo: IULT 335D	< 85 dB(A)
<b>Grupo 2 - Máquinas/equipamentos de bancada</b>		
<b>Agitador (Vortex)</b>	Marca: Thermolyne; Modelo: Max Mix II	Indisponível

	Marca: Daigger; Modelo: Vortex Genie 2 / G-560	Indisponível
	Marca: Fischer Scientific; Modelo: -	Indisponível
	Marca: Lab Line Instruments; Modelo: Super Mix	Indisponível
<b>Agitador Magnético</b>	Marca: FANEM; Modelo: 258	Indisponível (fora de linha)
	Marca: FANEM; Modelo: 257	Indisponível (fora de linha)
	Marca: Nova Técnica; Modelo: NT 101	< 54 dB
<b>Agitador Magnético com aquecimento</b>	Marca: Thermolyne; Modelo: SP-A1025B	Indisponível (fora de linha)
	Marca: Thermo Scientific; Modelo: SP131320-33	Indisponível (fora de linha)
<b>Agitador Orbital</b>	Marca: Barnstead/Lab Line; Modelo: SHKA 2508	Indisponível
	Marca: FANEM; Modelo: 225-B	Indisponível (fora de linha)
	Marca: Nova Técnica / Kline; Modelo: NT150	< 54 dB
<b>Agitador para Tubos</b>	Marca: Barnstead/ Thermolyne; Modelo: Speci-Mix M26125	Indisponível
	Marca: Sorvall; Modelo: 4-3M	Indisponível
<b>Bomba de Vácuo</b>	Marca: FANEM; Modelo: CA	Indisponível (fora de linha)
<b>Bomba Peristáltica</b>	Marca: Gilson; Modelo: Minipuls 3	Indisponível
<b>Centrífuga Refrigerada</b>	Marca: Nova Técnica; Modelo: NT 825	< 65 dB
	Marca: Heraeus - Thermo Fisher Scientific; Modelo: Megafuge 16R	>55 dB "com rotor em velocidade máxima < 61 / < 55* dB (TX-400)"
<b>Circulador Termostático (Termocirculador)</b>	Marca: LKB / Broma; Modelo: 2219 Multitemp II	Indisponível
	Marca: Pharmacia / Biotech; Modelo: Multitemp III	< 63 dB(A)
	Marca: LKB; Modelo: 2209 Multitemp	Indisponível
<b>Compressor Aspirador (Bomba de Vácuo)</b>	Marca: FANEM; Modelo: 089-CA	Indisponível (fora de linha)
	Marca: GE Motors & Industrial Systems; Modelo: SKH133DN16HX	90 dB(A) (potência sonora)
<b>Computadores</b>	-	-
<b>Contador de Células e Partículas</b>	Marca: Beckman Coulter; Modelo: Z1 Dual	Indisponível
<b>Estação de Trabalho com DNA</b>	Marca: Loccus; Modelo: DNA Workstation	Indisponível (Declara que não possui níveis consideráveis de ruído)
<b>Estufa de Cultura Bacteriológica</b>	Marca: Nova Ética; Modelo: 410-2NDR	Indisponível
<b>Fluorímetro de Bancada</b>	Marca: Invitrogen / Life; Modelo: QUBIT 2.0	Indisponível
<b>Fonte de Eletroforese</b>	Marca: Bio America;	Indisponível



	Modelo: DYY-6CBA	
	Marca: Bio Rad; Modelo: 200/2.0	55 dB(A) (distância de um metro da fonte)
	Marca: Bio Rad; Modelo: 250/2.5	55 dB(A) (distância de um metro da fonte)
	Marca: Bio Rad; Modelo: PowerPac Basic	55 dB(A) (distância de um metro da fonte)
	Marca: BRL Life Technologie; Modelo: 250	Indisponível
	Marca: LKB / Bromma; Modelo: 2197	Indisponível
	Marca: LKB / Bromma; Modelo: 2301 Macro Drive 1	Indisponível
	Marca: LKB Bromma; Modelo: 2301 Macrodrive	Indisponível
	Marca: Thermo EC; Modelo: EC 1000-90	< 85 dB(A)
<b>Forno de Microondas</b>	Marca: Electrolux; Modelo: MEF33	Indisponível
	Marca: Panasonic; Modelo: Piccolo	Indisponível
<b>Fotodocumentador</b>	Marca: Loccus; Modelo: L-Pix STi	Indisponível
<b>Impressoras</b>	-	-
<b>Máquina de PCR em Tempo Real</b>	Marca: Applied Biosystems; Modelo: Step one	Indisponível
	Marca: Eppendorf; Modelo: 5415C	<60 dB (fora de linha)
<b>Micro Centrífuga</b>	Marca: Labnet; Modelo: Spectrafuge 16M	Indisponível
	Marca: Nova Técnica; Modelo: NT 800	< 70 dB
<b>Micro Centrífuga (Spin)</b>	Marca: Gilson / GmCLab; Modelo: CAPSULE FUGE PMC-880	Indisponível
<b>Sonicador</b>	Marca: Sonica; Modelo: Sonica 2200M	Indisponível
	Marca: Applied Biosystems; Modelo: 2720 Thermal Cycler	Indisponível (fora de linha)
<b>Termociclador (Máquina de PCR)</b>	Marca: Applied Biosystems; Modelo: 9902	<63 dB durante termociclagem
	Marca: Eppendorf; Modelo: 5331	Indisponível (fora de linha)
	Marca: MJ Research; Modelo: PTC 200	Indisponível (fora de linha)
<b>Grupo 3 - Máquinas/equipamentos de ar-condicionado / exaustão mecânica</b>		
<b>Ar-condicionado split</b>	-	Indisponível
	-	Indisponível
<b>Exaustão de gases da Capela química</b>	-	Indisponível
<b>Ar-condicionado central</b>	-	Indisponível

### 5.3.1. MEDIÇÃO DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA NA CLIQC

As medições foram realizadas nas salas 509 b e 116, no Pavilhão Leônidas Deane, nos dias 08/03/2022, 22/03/2022 e 24/05/2022 entre 10h00 e 15h30, durante período com

poucas atividades. Destacam-se no ambiente sonoro do laboratório a contribuição dos equipamentos apresentados na Tabela 51.

Tabela 51 - Lista de equipamentos na sala 116 e 509b da CLIOC.

Sala	Equipamento	Quant.	Especificações	Dimensões (comprimento x largura x altura)
116	Incubadora de CO2	1	Marca Shel Lab, Modelo TC2123	534 x 572 x 686 mm
	Incubadora B.O.D.	2	Marca Contemp, Modelo 411/D 335	670 x 810 x 1820 mm
	Cabine de Segurança Biológica	1	Marca VECO, Modelo BIOSEG - 09 Classe II Tipo A1	965 x 780 x 2100 mm
		1	Marca TROX, modelo TFL-A1-2.4-09-V-H3-P2	1020 x 802 x 2095 mm
		1	Marca VECO, Modelo BIOSAFE - 09 Classe II Tipo A1	965 x 750 x 2175mm
	Centrífuga refrigerada de bancada	1	Marca Nova Técnica, Modelo NT825	800 x 680 x 485 mm
	Autoclave	1	Marca Hirayama, modelo HV-50	540 x 530 x 1040 mm
	Refrigerador	1	Marca Electrolux, modelo Frost Free DF 34	548 x 669 x 1685 mm
		1	Marca Electrolux, modelo DC48	702 x 733 x 1865 mm
	Sistema de Congelamento Controlado	1	Marca Thermo /Forma Scientific, modelo 7450	518 x 805 x 518 mm
	Compressor Aspirador (Bomba de Vácuo)	1	Marca FANEM, modelo 089-CA	225 x 465 x 310 mm
509B	Capela de Exaustão de Gases	1	Marca Lucadema Científica, modelo LUCA-05	680 x 540 x 740 mm
	Centrífuga refrigerada de bancada	1	Marca Heraeus - Thermo Fisher Scientific, modelo Megafuge 16R	605 x 623 x 360 mm
	Cabine Asséptica DNA Workstation	4	Marca Loccus Biotecnologia, modelo DNA WORKSTATION®	820 x 580 x 650 mm
	Máquina de PCR em Tempo Real	1	Marca QIAGEN, modelo Rotor-Gene Q	370 x 420 x 286 mm
	Refrigerador	1	Marca Electrolux, modelo Frost Free DF 34	548 x 669 x 1685 mm

As condições escolhidas para as medições objetivaram caracterizar a potência sonora emitida pela incubadora de CO<sub>2</sub>, incubadora B.O.D., cabine de segurança biológica, centrífuga refrigerada de bancada, capela de exaustão de gases e máquina de PCR em tempo real, os quais foram apontados pelos trabalhadores como os mais ruidosos. Também houve caracterização do NPS de fundo do ambiente para cada dia de medição.

Seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 10.152:2017, foram distribuídos sete pontos de medição na superfície da sala 116 (Figura 28) de área total de 33,40 m<sup>2</sup> e volume 75,15 m<sup>3</sup> e três pontos de medição na superfície da sala 509b (Figura 29) de área

total de 20,11 m<sup>2</sup> e volume 50,28 m<sup>3</sup>. O tempo total de medição foi de 21min34s, sendo realizadas medições de nível de pressão sonora com tempo de integração (T) de 30 segundos em cada ponto de medição.

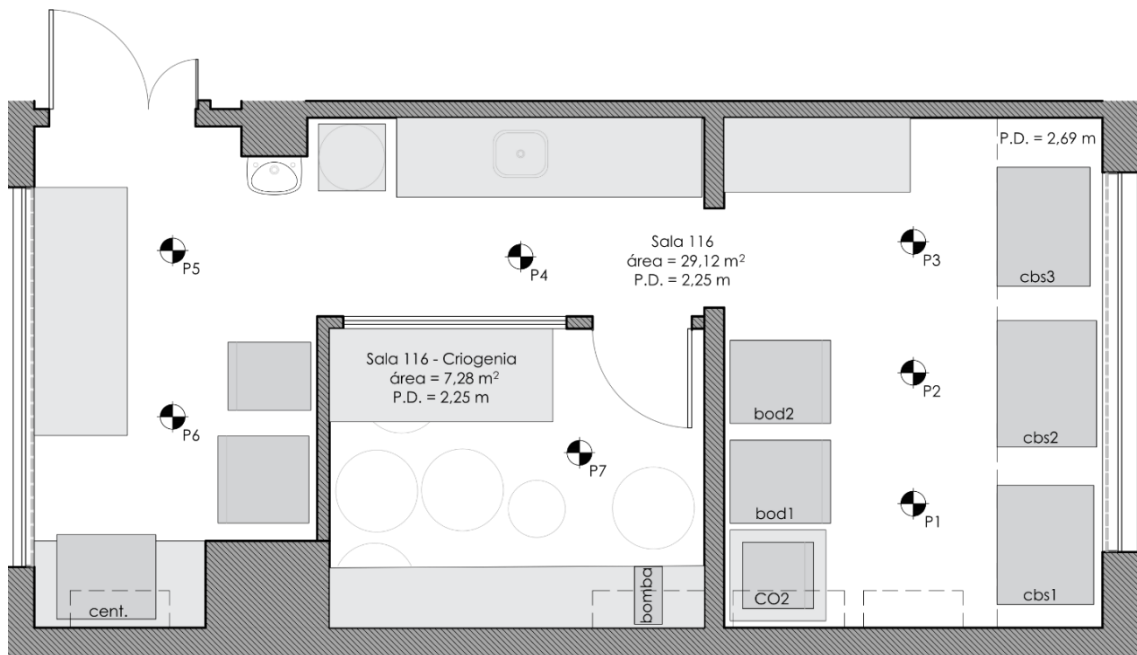


Figura 28 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 116, Pav. Leônidas Deane. Sem escala.



Figura 29 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 509b, Pav. Leônidas Deane. Sem escala.

### 5.3.1.1. RESULTADOS DA MEDIÇÃO NA CLIOC

#### a. SALA 116

#### CONDIÇÃO 1. EMISSÃO SONORA DA INCUBADORA DE CO<sub>2</sub> (C1)

Para caracterização da emissão sonora da Incubadora de CO<sub>2</sub>, da marca *Shel Lab*, a medição foi realizada no ponto médio da superfície frontal, a 0,30 m de distância do equipamento e na altura de 1,15 m (Foto 2) no dia 08/03/2022 com início às 10:16:45 e término às 10:17:14.



Foto 2 - Medições de NPS na Incubadora de CO<sub>2</sub> na Sala 116.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 52 e 53. A análise espectral é apresentada no Gráfico 11.

Tabela 52 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1.

<b>L<sub>Aeq, 30s, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C1</sub>*</b>	<b>L<sub>10, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C1</sub></b> [dB]
56,8 ± 2,0	60,6 ± 2,0	70	57,2 ± 2,0	56,5 ± 2,0

Nota: \* Vide gráfico 11

Tabela 53 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 (L<sub>Zeq, fHz(1/1), C1</sub>), em dB.

<b>Frequência [Hz]</b>	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C1</sub></b> [dB]	61,3	59,7	83,3	57,4	52,5	45,5	45,4	41,7	40,8	42,1
<b>U</b> [dB]	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0

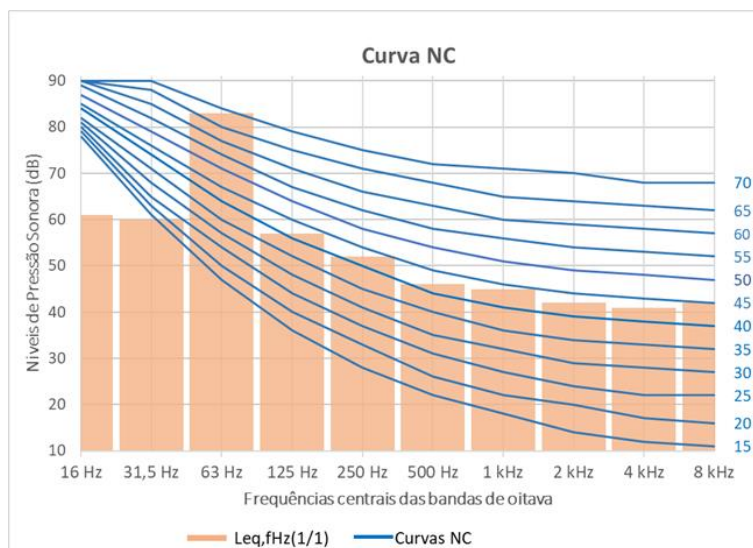


Gráfico 11 – Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 (Lzeq,fHz(1/1), C1), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2. EMISSÃO SONORA DA INCUBADORA B.O.D. (C2)

Para caracterização da emissão sonora da incubadora B.O.D. da marca *Contemp*, a medição foi realizada no ponto médio da superfície frontal, a 0,30 m de distância do equipamento e em três alturas: 0,65 m, 1,15 m e 1,50 m (Foto 3) no dia 08/03/2022 com início às 10:22:21 e término às 10:33:43.



Foto 3 - Medições de NPS na Incubadora B.O.D na Sala 116.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 54 e 55. A análise espectral é apresentada no Gráfico 12.

Tabela 54 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{Asmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
$57,0 \pm 2,3$	$59,4 \pm 2,4$	55	$57,1 \pm 2,2$	$56,8 \pm 2,3$

Nota: \* Vide gráfico 12

Tabela 55 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	60,6	56,8	55,3	62,1	58,8	54,5	52,1	47,3	42,1	41,8
<b>U</b> [dB]	2,1	2,3	2,6	7,1	2,6	2,0	2,1	2,2	2,1	2,0

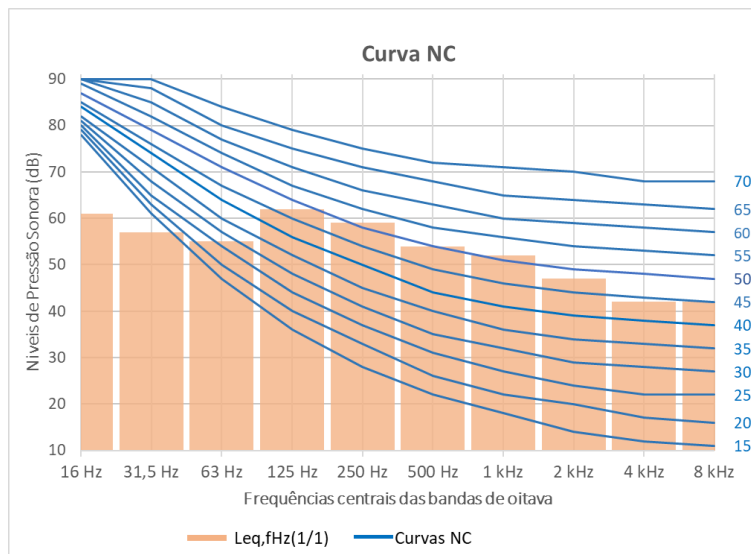


Gráfico 12 – Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 3. EMISSÃO SONORA DA CSB 1 (C3)

Para caracterização da emissão sonora da Cabine de Segurança Biológica da marca VECO, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 4), no dia 08/03/2022, com início às 10:38:16 e término às 10:38:45.



Foto 4 - Medições de NPS na CSB 1 na Sala 116.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 56 e 57. A análise espectral é apresentada no Gráfico 13.

Tabela 56 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3.

$L_{Aeq, 30s, C3}$ [dB]	$L_{ASmax, C3}$ [dB]	$L_{NC, C3}^*$	$L_{10, C3}$ [dB]	$L_{90, C3}$ [dB]
$71,8 \pm 2,0$	$72,4 \pm 2,0$	70	$72,0 \pm 2,0$	$71,6 \pm 2,0$

Nota: \* Vide gráfico 13

Tabela 57 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ [dB]	76,2	78,8	80,3	72,8	65,0	67,6	67,5	65,8	57,3	49,0
<b>U</b> [dB]	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

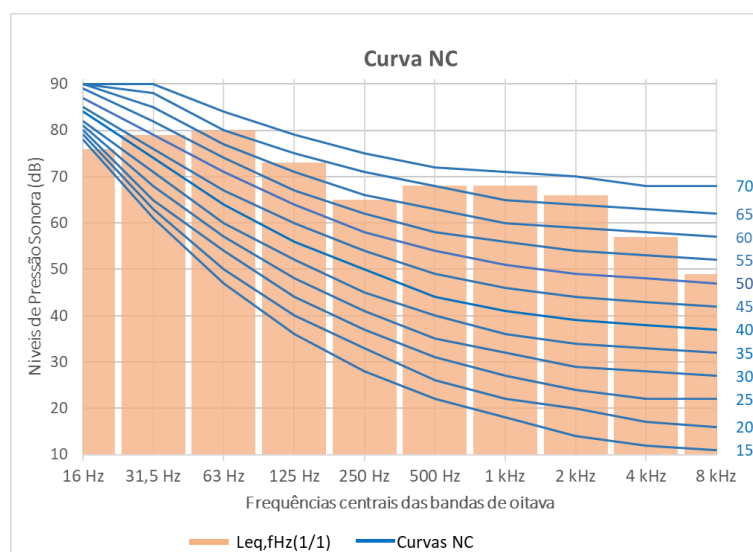


Gráfico 13 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### CONDIÇÃO 4. EMISSÃO SONORA DA CSB 2 (C4)

Para caracterização da emissão sonora da Cabine de Segurança Biológica da marca TROX, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 5) no dia 08/03/2022, com início às 10:48:50 e término às 10:49:19.



Foto 5 - Medições de NPS CSB 2 na Sala 116.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 58 e 59. A análise espectral é apresentada no Gráfico 14.

Tabela 58 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.

<b>L<sub>Aeq, 30s, C4</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C4</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C4*</sub></b>	<b>L<sub>10, C4</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C4</sub></b> [dB]
73,4 ± 2,0	74,0 ± 2,0	70	73,6	73,2

Nota: \* Vide gráfico 14

Tabela 59 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB.

<b>Frequência</b> [Hz]	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C4</sub></b> [dB]	70,4	75,0	72,6	73,1	66,9	70,3	70,3	64,8	59,3	50,6
<b>U</b> [dB]	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0



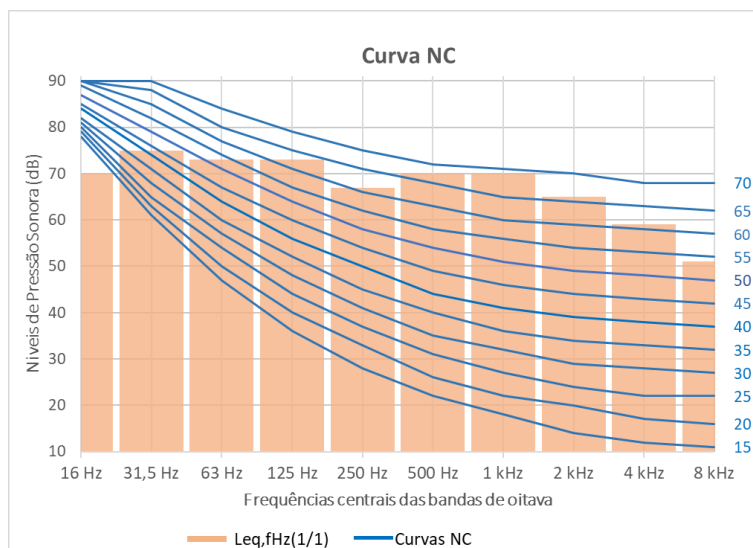


Gráfico 14 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. ( $L_{\text{Zeq,fHz}(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 5. EMISSÃO SONORA DA CSB 3 (C5)

Para caracterização da emissão sonora Cabine de Segurança Biológica da marca VECO, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 6), no dia 08/03/2022, com início às 10:55:25 e término às 10:55:54.



Foto 6 - Medições de NPS na CSB 3 na Sala 116.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 60 e 61. A análise espectral é apresentada no Gráfico 15.

Tabela 60 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 5.

$L_{Aeq, 30s, C5}$ [dB]	$L_{ASmax, C5}$ [dB]	$L_{NC, C5}^*$	$L_{10, C5}$ [dB]	$L_{90, C5}$ [dB]
72,4 ± 2,0	72,7 ± 2,0	70	72,6	72,3

Nota: \* Vide gráfico 15

Tabela 61 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ [dB]	72,7	75,3	76,2	77,2	69,8	66,1	68,7	65,1	58,9	51,4
<b>U</b> [dB]	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

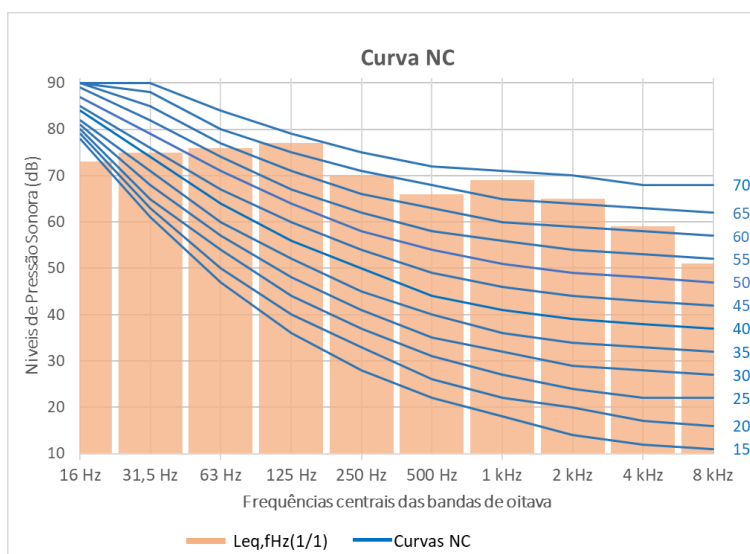


Gráfico 15 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 6. EMISSÃO SONORA DA CENTRÍFUGA REFRIGERADA DE BANCADA (C6)

Para caracterização da emissão sonora da centrífuga refrigerada macro de bancada da marca Nova Técnica, a medição foi realizada no ponto médio face frontal, a 0,30 m de distância do equipamento e na altura de 1,10 m (Foto 7), no dia 08/03/2022, com início às 11:35:27 e término às 11:35:56.



Foto 7 - Medições de NPS na Centrífuga Refrigerada de bancada na Sala

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 62 e 63. A análise espectral é apresentada no Gráfico 16.

Tabela 62- Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 6.

<b>L<sub>Aeq, 30s, C6</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C6</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C6</sub>*</b>	<b>L<sub>10, C6</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C6</sub></b> [dB]
68,5 ± 2,0	69,1 ± 2,0	65	68,9 ± 0,0	68,1 ± 0,0

Nota: \* Vide gráfico 16

Tabela 63- Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 6 (L<sub>Zeq, fHz(1/1), C6</sub>), em dB.

<b>Frequência</b> [Hz]	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C6</sub></b> [dB]	61,8	64,8	71,0	73,2	63,3	62,5	62,1	63,9	59,7	53,2
<b>U</b> [dB]	2,3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

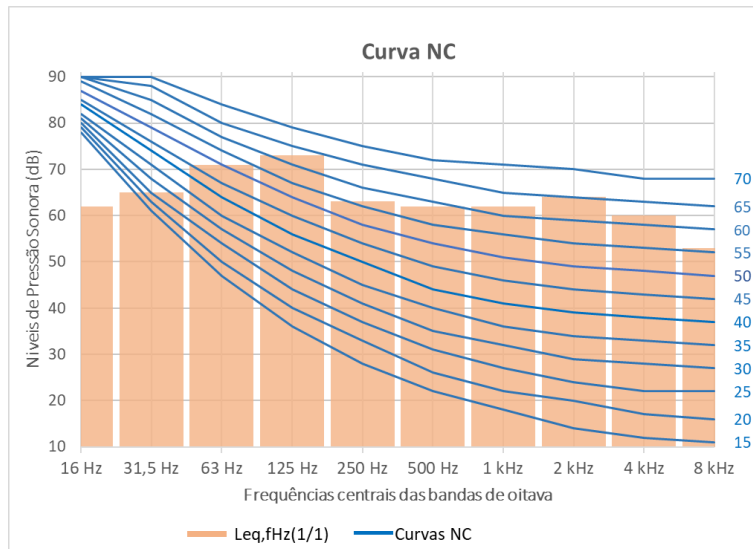


Gráfico 16 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 6. ( $L_{eq,fHz(1/1),C6}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 7. PROPAGAÇÃO SONORA DOS EQUIPAMENTOS NO AMBIENTE (C7)

As medições foram realizadas em 7 pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 08/03/2022 com início às 11:22:12 e término às 11:28:47. Os níveis medidos, em dB, com incubadora de CO<sub>2</sub>, incubadora B.O.D., CSBs, bomba de vácuo, sistema de exaustão, geladeiras e três máquinas evaporadoras split ligados, são apresentados na Figura 30 e Tabelas 64 e 65.

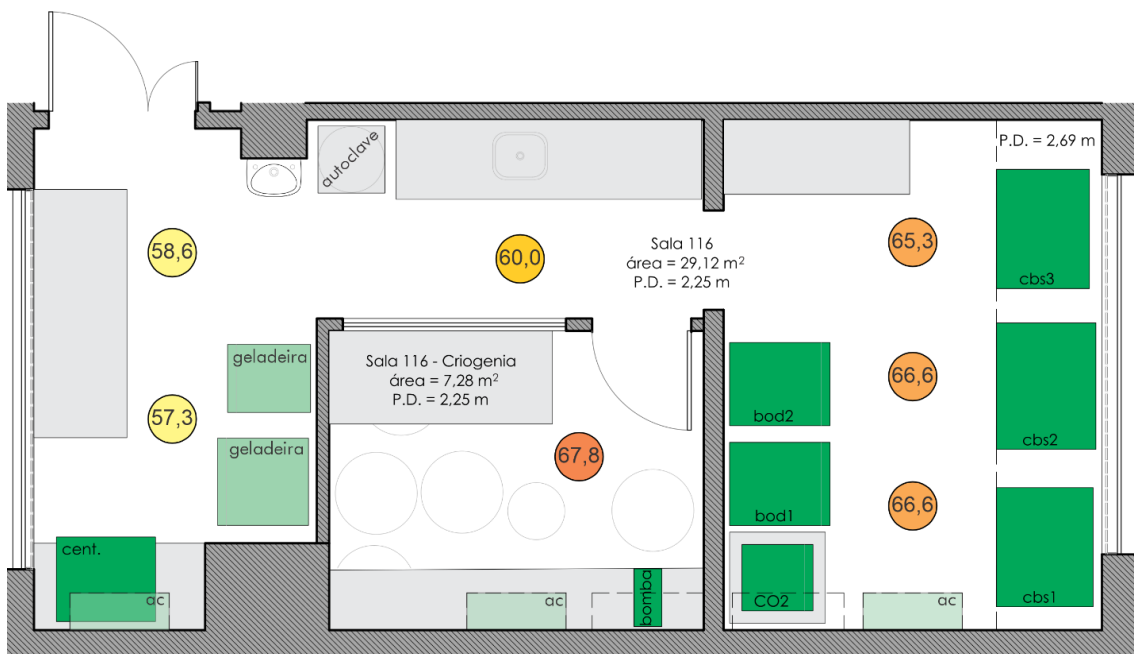


Figura 30 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7. Sem escala.

Tabela 64 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C7}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C7}$ [dB]	$L_{10, Px\_C7}$ [dB]	$L_{90, Px\_C7}$ [dB]
P1_C7	66,6	67,5	66,7	66,5
P2_C7	66,6	67,0	66,8	66,4
P3_C7	65,3	68,3	65,7	65,2
P4_C7	60,0	61,4	60,4	59,8
P5_C7	58,6	59,3	58,9	58,3
P6_C7	57,3	61,3	58,0	56,7
P7_C7	67,8	68,0	67,9	67,7

Tabela 65 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C7}$ ), em dB, por ponto na Condição 7.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C7	74,9	71,0	76,7	68,4	63,5	63,7	62,3	58,9	52,4	45,7
	P2_C7	73,7	68,8	74,8	68,6	64,5	63,8	62,4	58,5	52,4	46,6
	P3_C7	69,2	70,5	73,4	71,3	63,0	62,2	61,0	56,7	50,9	45,2
	P4_C7	67,1	68,6	70,5	60,1	57,5	58,8	54,7	51,2	49,1	44,8
	P5_C7	68,3	68,3	64,7	60,3	60,7	57,4	52,6	48,8	46,8	43,5
	P6_C7	66,9	68,9	56,5	59,5	58,0	54,8	52,0	48,8	47,0	43,7
	P7_C7	68,9	69,3	72,8	66,5	59,3	66,3	60,7	58,5	60,5	55,5

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 66 e 67. A análise espectral é apresentada no Gráfico 17.

Tabela 66 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7.

$L_{Aeq, 30s, C7}$ [dB]	$L_{ASmax, C7}$ [dB]	$L_{NC, C7}^*$	$L_{10, C7}$ [dB]	$L_{90, C7}$ [dB]
64,7 ± 3,9	68,3 ± 3,5	60	64,9 ± 3,8	64,6 ± 4,0

Nota: \* Vide gráfico 17

Tabela 67 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C7}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C7}$ [dB]	70,9	69,5	72,8	67,0	61,7	62,4	59,7	56,2	54,1	48,9
U [dB]	3,1	2,1	5,7	4,2	2,9	3,7	4,1	4,1	4,1	3,7

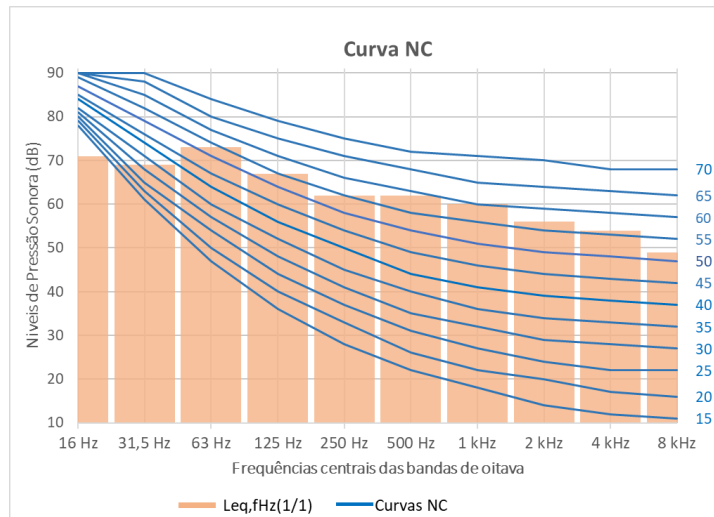


Gráfico 17 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7 ( $L_{\text{eq},f\text{Hz}(1/1),C7}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 8. RUÍDO DE FUNDO (C8)

As medições foram realizadas em 7 pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 08/03/2022 com início às 11:00:19 e término às 11:16:23. Os níveis medidos, em dB, com geladeiras e três máquinas evaporadoras split ligados, são apresentados na Figura 31 e Tabelas 68 e 69.

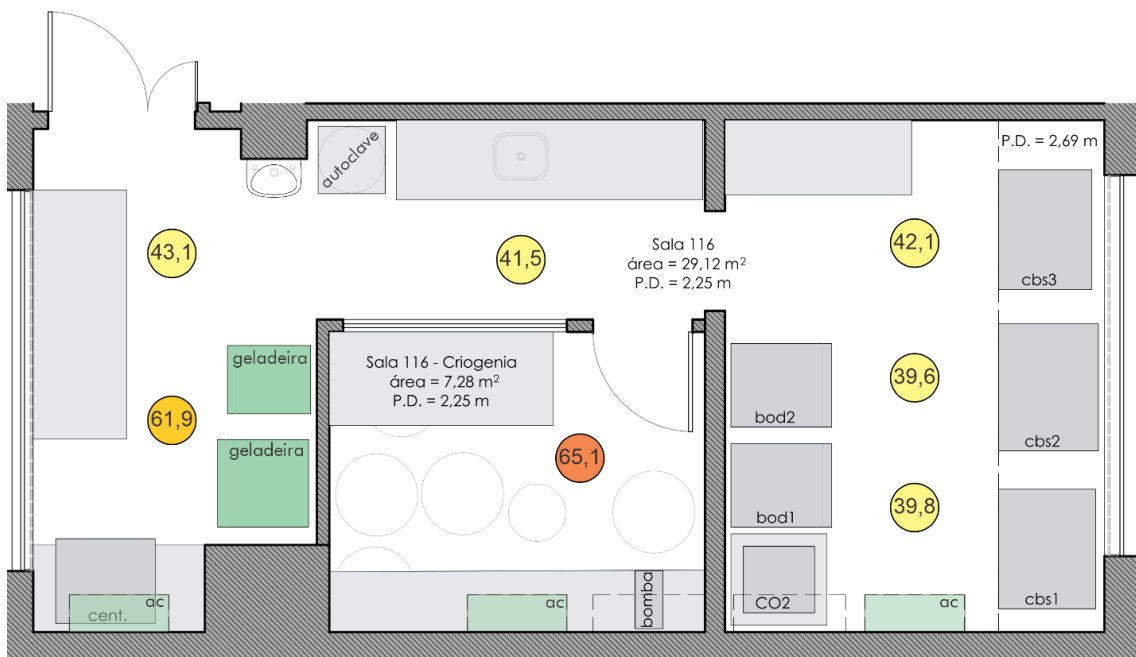


Figura 31 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 8. Sem escala.

Tabela 68 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 8.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C8}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C8}$ [dB]	$L_{10, Px\_C8}$ [dB]	$L_{90, Px\_C8}$ [dB]
P1_C8	39,8	43,7	40,4	38,9
P2_C8	39,6	60,8	40,6	38,7
P3_C8	42,1	46,4	43,6	40,8
P4_C8	41,5	49,0	41,6	40,3
P5_C8	43,1	53,9	45,4	42,8
P6_C8	61,9	64,3	51,9	53,9
P7_C8	65,1	66,2	58,4	40,8

Tabela 69 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C8}$ ), em dB, por ponto na Condição 8.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C8	65,3	58,1	53,1	46,7	40,1	38,4	35,6	35,4	37,8	41,5
	P2_C8	60,1	54,1	50,7	47,3	40,6	38,3	35,4	35,4	37,7	41,5
	P3_C8	62,1	60,7	58,4	44,1	41,9	40,6	36,7	36,4	38,1	41,6
	P4_C8	55,2	62,3	56,0	50,9	41,6	39,7	36,2	36,0	38,0	41,5
	P5_C8	60,0	60,7	60,8	50,1	47,3	41,1	36,2	35,7	37,8	41,4
	P6_C8	61,9	64,3	51,9	53,9	46,0	41,1	37,0	36,0	38,0	41,5
	P7_C8	65,1	66,2	58,4	40,8	37,8	36,1	35,3	34,9	37,7	41,4

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 70 e 71. A análise espectral é apresentada no Gráfico 18.

Tabela 70 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 8.

$L_{Aeq, 30s, C8}$ [dB]	$L_{ASmax, C8}$ [dB]	$L_{NC, C8}^*$	$L_{10, C8}$ [dB]	$L_{90, C8}$ [dB]
41,5 ± 2,4	60,8 ± 4,7	45	43,1 ± 2,7	40,6 ± 2,5

Nota: \* Vide gráfico 18

Tabela 71 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 8 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C8}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C8}$ [dB]	62,4	62,3	56,9	49,4	43,4	39,6	36,1	35,7	37,9	41,5
U [dB]	3,3	3,6	3,5	3,9	3,2	2,4	2,1	2,0	2,0	2,0

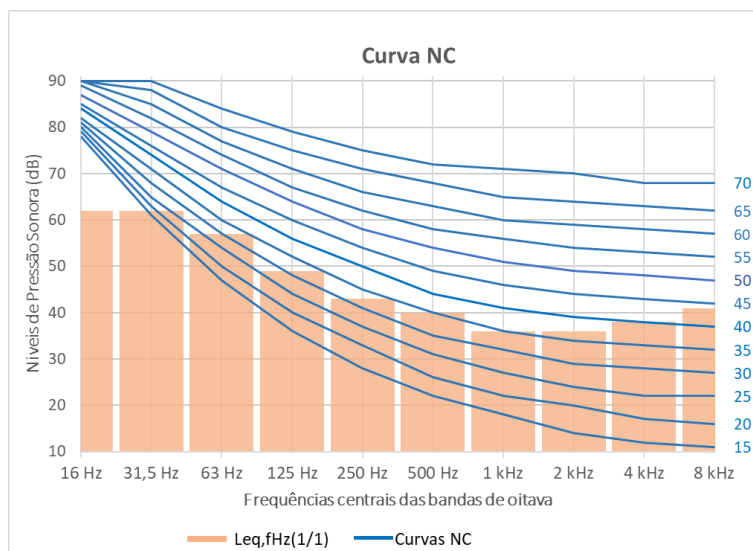


Gráfico 18 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 8 ( $L_{Zeq,fHz(1/1),C8}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## b. SALA 509B

### CONDIÇÃO 1. EMISSÃO SONORA DA MÁQUINA DE PCR EM TEMPO REAL (C1)

Para caracterização da emissão sonora da máquina de PCR em tempo real, da marca QIAGEN, a medição foi realizada no ponto médio da altura do equipamento, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 1,30 m (Foto 8), no dia 22/03/2022, com início às 14:43:55 e término às 14:44:24.



Foto 8 - Medições de NPS na máquina de PCR em tempo real na Sala

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 72 e 73. A análise espectral será apresentada no Gráfico 19.



Tabela 72 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1.

$L_{Aeq, 30s, C1}$ [dB]	$L_{ASmax, C1}$ [dB]	$L_{NC, C1}^*$	$L_{10, C1}$ [dB]	$L_{90, C1}$ [dB]
63,8 ± 2,0	64,2 ± 2,0	65	64,0 ± 2,0	63,6 ± 2,0

Nota: \* Vide gráfico 19

Tabela 73 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ [dB]	59,8	59,2	58,2	55,6	57,6	57,9	62,6	52,9	44,8	45,1
<b>U</b> [dB]	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

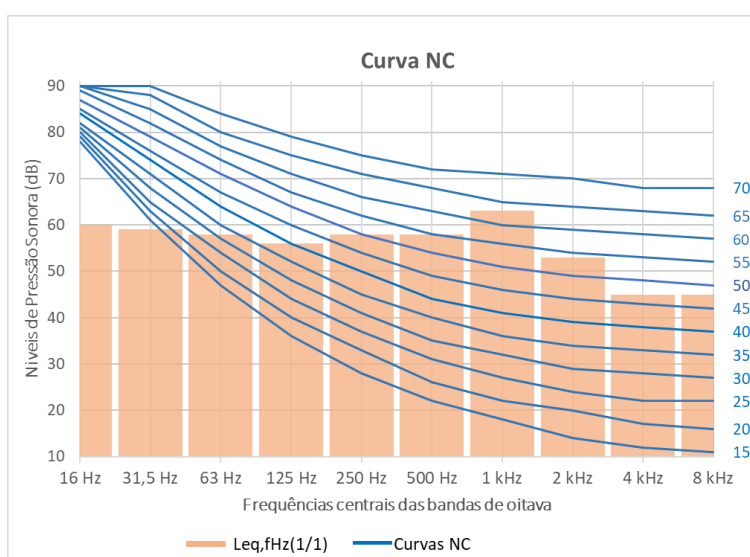


Gráfico 19 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2. EMISSÃO SONORA DA CENTRÍFUGA REFRIGERADA DE BANCADA (C2)

Para caracterização da emissão sonora da centrífuga refrigerada da marca *Heraeus - Thermo Fisher Scientific*, a medição foi realizada no ponto médio da altura do equipamento, a 0,30 m de distância e na altura de 1,05 m (Foto 9), no dia 22/03/2022 com início às 14:56:25 e término às 14:56:54.



Foto 9 - Medições de NPS na centrífuga refrigerada de bancada na Sala

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 74 e 75. A análise espectral é apresentada no Gráfico 20.

Tabela 74 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
$62,3 \pm 2,0$	$63,4 \pm 2,0$	65	$62,6 \pm 2,0$	$61,9 \pm 2,0$

Nota: \* Vide gráfico 20

Tabela 75 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	68,4	61,4	56,3	74,0	61,1	59,4	55,7	51,4	46,6	42,7
<b>U</b> [dB]	2,7	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

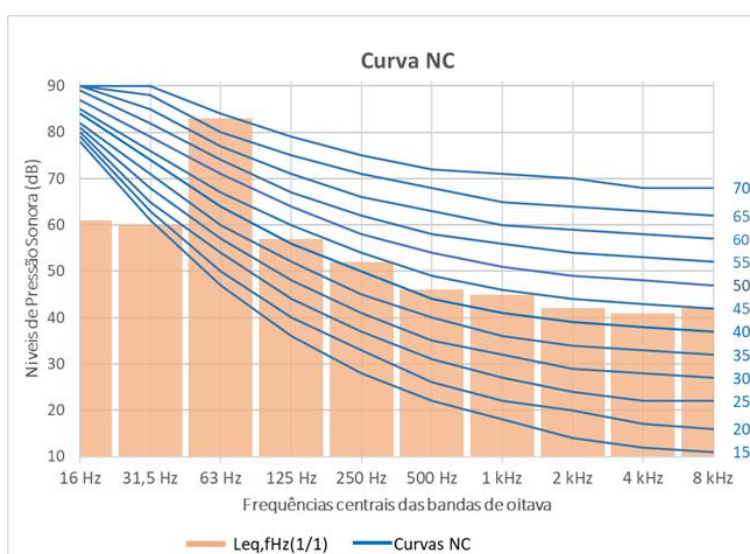


Gráfico 20 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 3. EMISSÃO SONORA DA CAPELA DE EXAUSTÃO DE GASES (C3)

Para caracterização da emissão sonora da capela de exaustão de gases da marca Lucadema Científica, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 1,08 m (Foto 10) no dia 24/05/2022 com início às 13:23:14 e término às 13:23:43.



Foto 10 - Medições de NPS na capela de exaustão de gases na Sala

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 76 e 77. A análise espectral é apresentada no Gráfico 21.

Tabela 76 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3.

<b>L<sub>Aeq, 30s, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C3</sub>*</b>	<b>L<sub>10, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C3</sub></b> [dB]
80,5 ± 2,0	81,7 ± 2,0	>70	80,7 ± 2,0	80,3 ± 2,0

Nota: \* Vide gráfico 21

Tabela 77 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB.

<b>Frequência</b> [Hz]	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C3</sub></b> [dB]	67,3	69,2	86,9	82,4	74,9	78,5	74,8	73,4	66,8	62,5
<b>U</b> [dB]	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

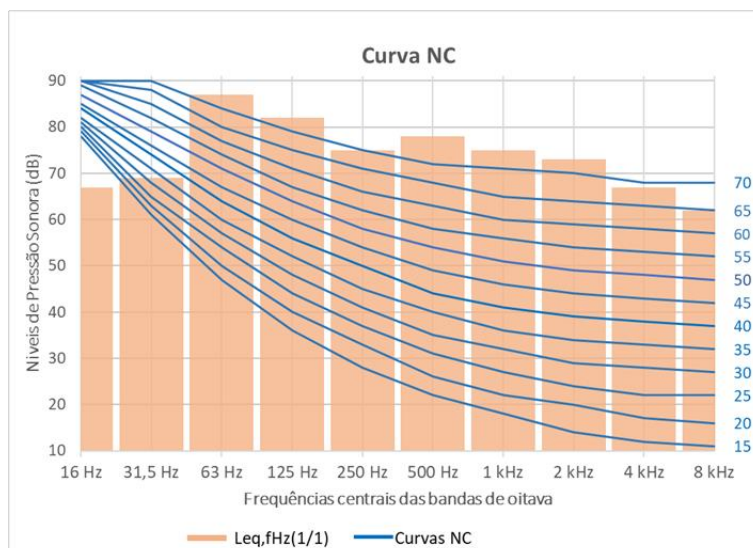


Gráfico 21 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. ( $L_{\text{eq},f\text{Hz}(1/1),C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### CONDIÇÃO 4. PROPAGAÇÃO SONORA DA MÁQUINA DE PCR EM TEMPO REAL NO AMBIENTE (C4)

As medições foram realizadas em três pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 22/03/2022 com início às 14:46:39 e término às 14:49:54. Os níveis medidos, em dB, da máquina de PCR em tempo real, geladeira e sistema de climatização ligados, são apresentados na Figura 32 e Tabelas 78 e 79.

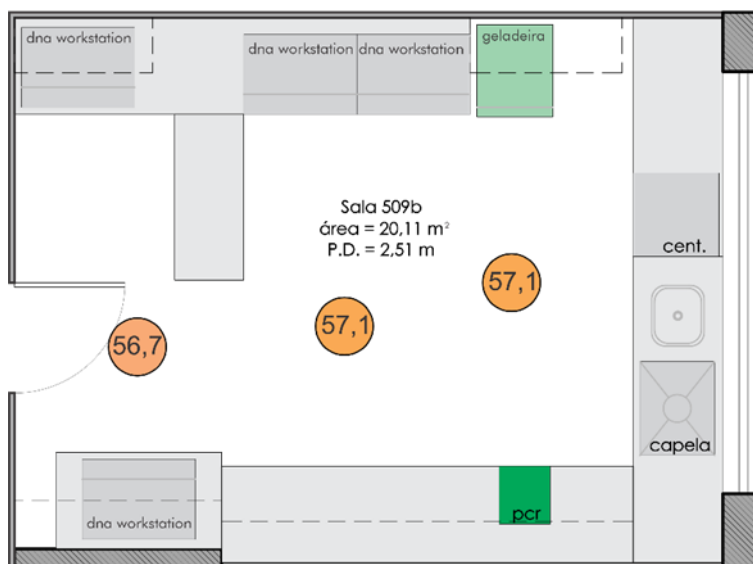


Figura 32 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 4. Sem escala.

Tabela 78 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.

Pontos de medição	$L_{\text{Aeq}, 30s, P_x, C4}$ [dB]	$L_{\text{ASmax}, P_x, C4}$ [dB]	$L_{10, P_x, C4}$ [dB]	$L_{90, P_x, C4}$ [dB]
P1_C4	57,1	57,7	57,5	56,9
P2_C4	57,1	58,2	57,4	56,7

P3_C4	56,7	58,0	57,3	56,3
-------	------	------	------	------

Tabela 79 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px, C4}$ ), em dB, por ponto na Condição 4.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C4	61,7	59,4	54,3	51,5	54,3	52,0	54,7	48,7	42,9	42,7
	P2_C4	61,7	61,1	55,6	51,6	55,1	52,8	54,1	48,8	42,8	42,5
	P3_C4	68,7	65,1	53,0	51,3	54,6	53,2	53,8	48,2	42,2	42,2

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 80 e 81. A análise espectral é apresentada no Gráfico 22.

Tabela 80 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 4.

$L_{Aeq, 30s, C4}$ [dB]	$L_{ASmax, C4}$ [dB]	$L_{NC, C4}^*$	$L_{10, C4}$ [dB]	$L_{90, C4}$ [dB]
57,0 ± 2,0	58,2 ± 2,0	55	57,4 ± 2,0	56,6 ± 2,0

Nota: \* vide gráfico 12

Tabela 81 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ [dB]	65,4	62,5	54,4	51,4	54,7	52,7	54,2	48,6	42,7	42,4
<b>U</b> [dB]	5,1	3,9	2,5	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0

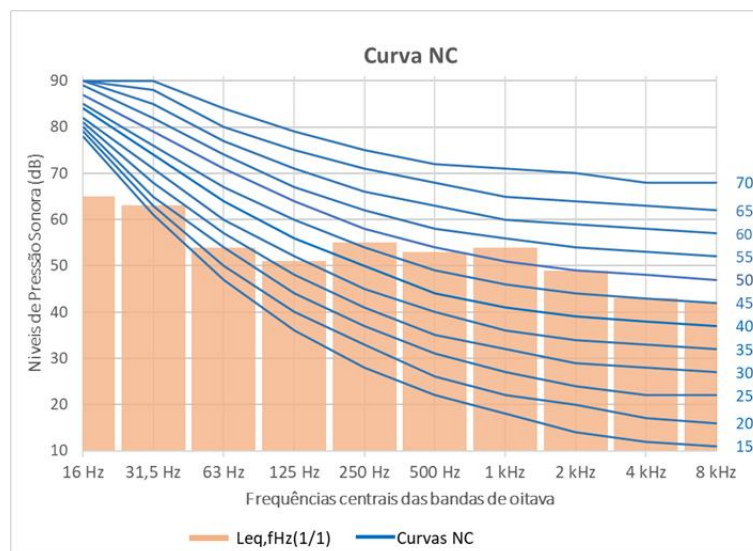


Gráfico 22 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 5. PROPAGAÇÃO SONORA DA CENTRÍFUGA NO AMBIENTE (C5)

As medições foram realizadas em três pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 22/03/2022 com início às 14:58:39 e término às 15:01:53. Os níveis medidos, em dB, com centrífuga, geladeira e sistema de climatização ligados, são apresentados na Figura 33 e Tabelas 82 e 83.

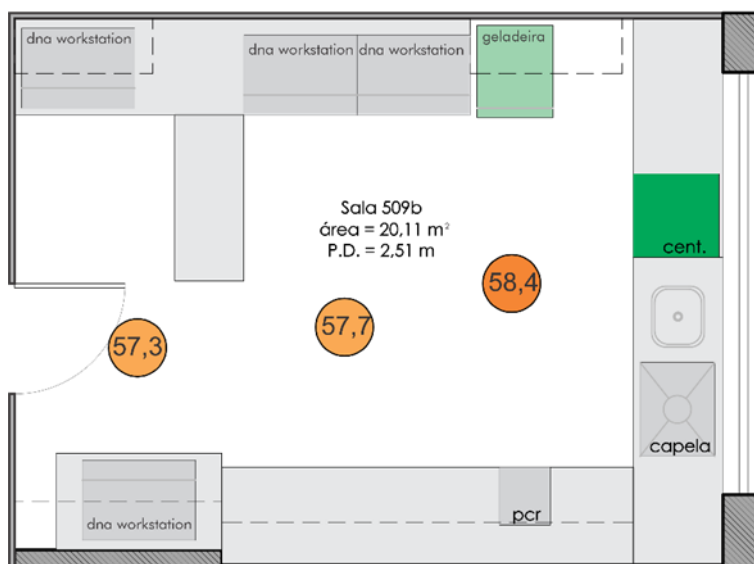


Figura 33 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 5. Sem escala.

Tabela 82 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C5}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C5}$ [dB]	$L_{10, Px\_C5}$ [dB]	$L_{90, Px\_C5}$ [dB]
P1_C5	58,4	65,6	59,9	58,0
P2_C5	57,7	60,2	58,2	57,3
P3_C5	57,3	61,6	58,1	56,6

Tabela 83 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C5}$ ), em dB, por ponto na Condição 5.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C5	65,1	58,7	54,3	65,5	56,8	55,5	53,6	50,1	44,8	42,2
	P2_C5	61,4	59,4	56,5	67,5	56,7	54,1	52,2	48,8	43,5	42,0
	P3_C5	61,3	64,6	53,2	61,9	56,5	55,0	52,0	49,4	45,2	42,7

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 84 e 85. A análise espectral é apresentada no Gráfico 23.

Tabela 84 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.

$L_{Aeq, 30s, C5}$ [dB]	$L_{ASmax, C5}$ [dB]	$L_{NC, C5}^*$	$L_{10, C5}$ [dB]	$L_{90, C5}$ [dB]
$57,9 \pm 2,1$	$65,6 \pm 3,8$	55	$58,8 \pm 2,3$	$57,3 \pm 2,2$

Nota: \* vide gráfico 13

Tabela 85 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ [dB]	63,0	61,8	54,9	65,5	56,7	54,9	52,6	49,5	44,6	42,3
<b>U</b> [dB]	3,2	4,2	2,8	3,8	2,0	2,2	2,2	2,1	2,3	2,0

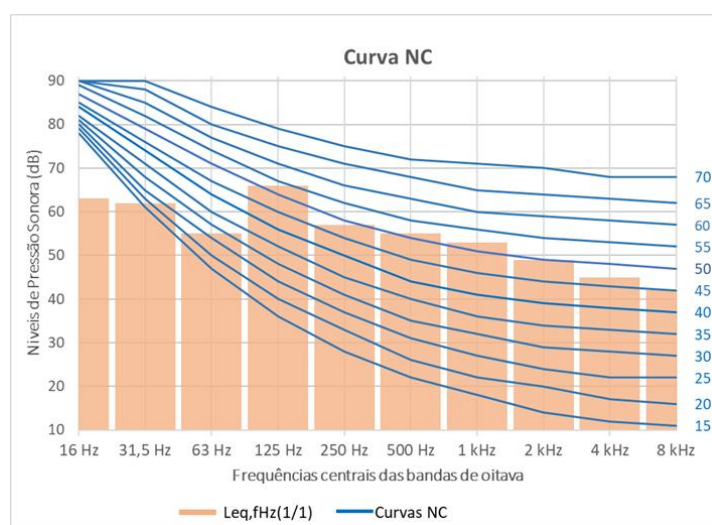


Gráfico 23 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 6. PROPAGAÇÃO SONORA DA CAPELA DE EXAUSTÃO DE GASES NO AMBIENTE (C6)

As medições foram realizadas em três pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 24/05/2022 com início às 13:32:41 e término às 13:34:28. Os níveis medidos, em dB, com capela de exaustão de gases, geladeira e sistema de climatização ligados, são apresentados na Figura 34 e Tabelas 86 e 87.

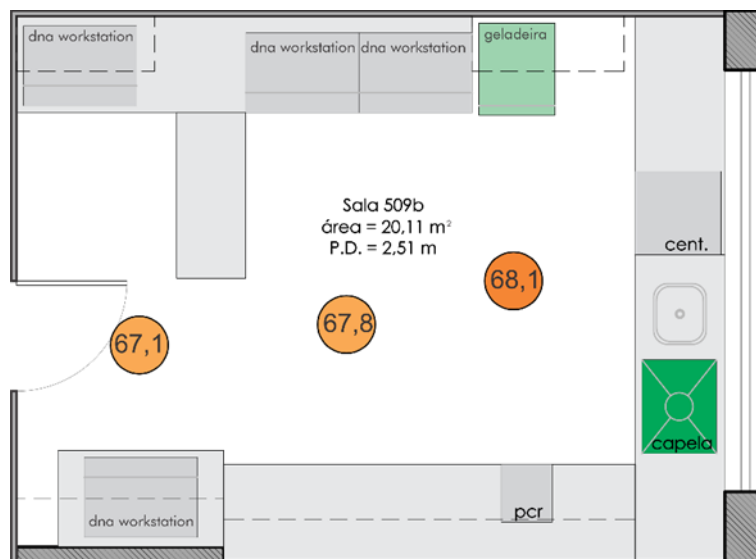


Figura 34 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 6. Sem escala.

Tabela 86 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 6.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C6}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C6}$ [dB]	$L_{10, Px\_C6}$ [dB]	$L_{90, Px\_C6}$ [dB]
P1_C6	68,1	69,0	68,3	67,9
P2_C6	67,8	68,3	68,0	67,6
P3_C6	67,1	67,4	67,3	67,0

Tabela 87 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C6}$ ), em dB, por ponto na Condição 6.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C6	69,3	59,9	74,7	68,0	63,0	63,9	64,1	60,7	56,3	51,2
	P2_C6	64,1	60,7	74,1	65,1	62,7	63,3	63,5	60,9	57,2	53,0
	P3_C6	61,3	63,5	69,2	64,8	60,0	63,5	62,3	60,9	56,1	51,9

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 88 e 89. A análise espectral é apresentada no Gráfico 24.

Tabela 88 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 6.

$L_{Aeq, 30s, C6}$ [dB]	$L_{ASmax, C6}$ [dB]	$L_{NC, C6}^*$	$L_{10, C6}$ [dB]	$L_{90, C6}$ [dB]
$67,7 \pm 2,1$	$69,0 \pm 2,2$	65	$67,9 \pm 2,1$	$67,5 \pm 2,1$

Nota: \* Vide gráfico 24



Tabela 89 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 6 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C6}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C6}$ [dB]	66,2	61,7	73,3	66,2	62,1	63,6	63,3	60,8	56,5	52,1
U [dB]	5,1	2,9	4,0	2,8	2,8	2,0	2,3	2,0	2,1	2,3

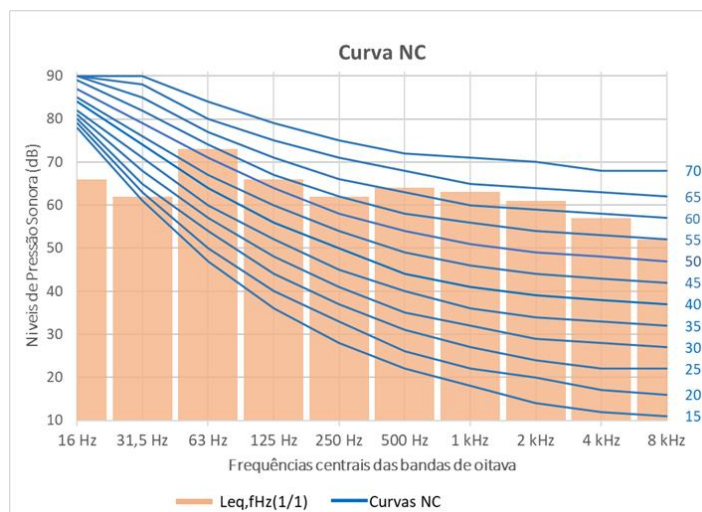


Gráfico 24 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 6 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C6}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 7. RUÍDO DE FUNDO COM SISTEMA AVAC FUNCIONANDO (C7)

As medições foram realizadas em três pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, com sistema de climatização e geladeira ligados.

### C7.1. 1º dia de medição

No dia 22/03/2022 com início às 15:14:12 e término às 15:17:07. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 35 e Tabelas 90 e 91.

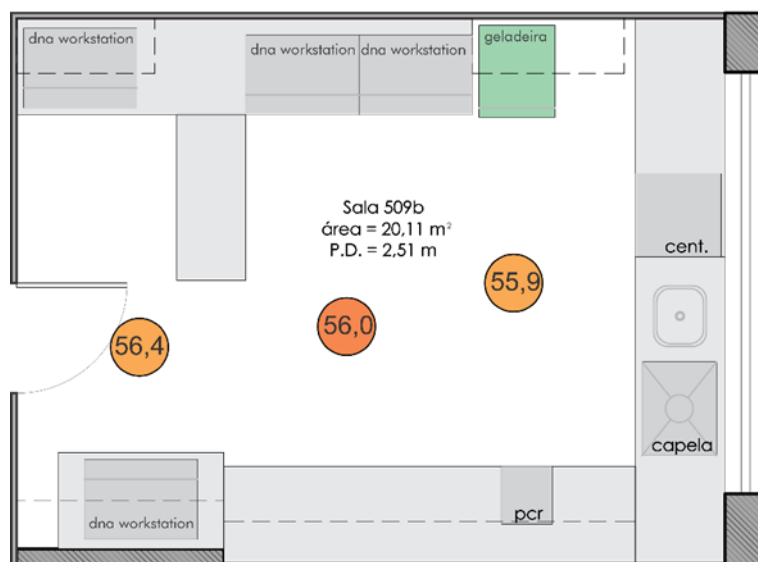


Figura 35 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7.1. Sem escala.

Tabela 90 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7.1.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C7.1}$ [dB]	$L_{Amax, Px\_C7.1}$ [dB]	$L_{10, Px\_C7.1}$ [dB]	$L_{90, Px\_C7.1}$ [dB]
P1_C7.1	55,9	61,1	56,8	55,2
P2_C7.1	56,0	61,8	56,2	55,9
P3_C7.1	56,4	62,0	56,6	56,0

Tabela 91 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C7.1}$ ), em dB, por ponto na Condição 7.1.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C7.1	69,5	64,0	62,0	63,2	54,8	51,9	50,5	47,1	43,4	42,1
	P2_C7.1	63,2	59,6	63,7	63,3	56,7	51,5	50,8	46,2	40,8	41,7
	P3_C7.1	60,9	65,1	61,2	60,2	55,3	54,0	51,6	47,1	41,1	41,8

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 92 e 93. A análise espectral é apresentada no Gráfico 25.

Tabela 92 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7.1.

$L_{Aeq, 30s, C7.1}$ [dB]	$L_{ASmax, C7.1}$ [dB]	$L_{NC, C7.1}^*$	$L_{10, C7.1}$ [dB]	$L_{90, C7.1}$ [dB]
56,1 ± 2,0	62,0 ± 2,1	50	56,5 ± 2,0	55,7 ± 2,1

Nota: \* Vide gráfico 25

Tabela 93 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C7.1}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C7.1}$ [dB]	66,1	63,4	62,5	62,5	55,7	52,6	51,0	46,8	41,9	41,9
<b>U</b> [dB]	5,5	3,9	2,5	2,9	2,3	2,6	2,1	2,1	2,6	2,0

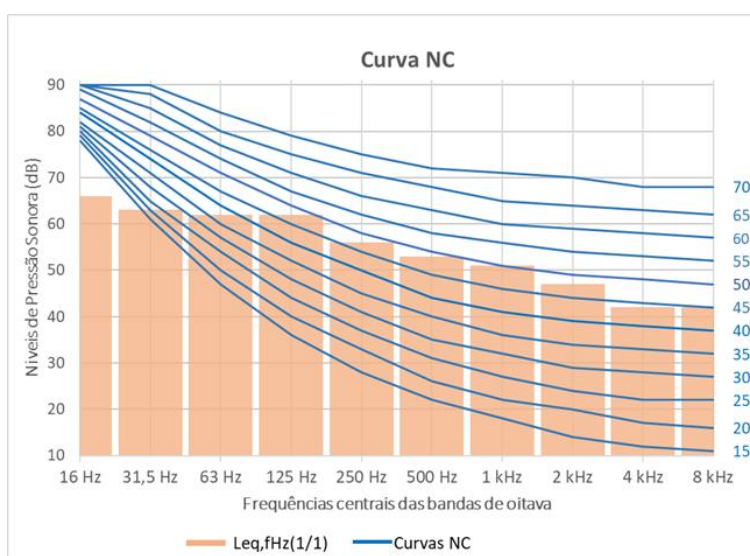


Gráfico 25 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7.1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C7.1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## C7.2. 2º dia de medição

No dia 24/05/2022 com início às 13:29:54 e término às 13:32:26. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 36 e Tabelas 94 e 95.

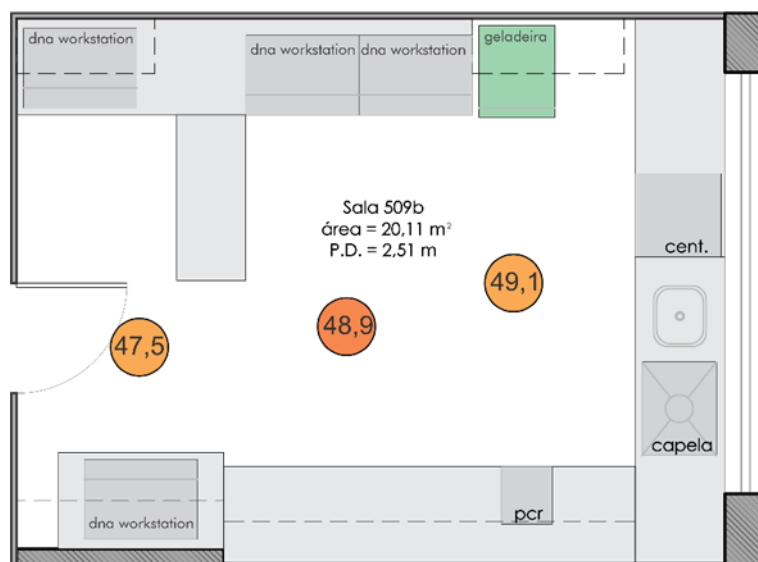


Figura 36 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 7.2. Sem escala.

Tabela 94 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 7.2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C7.2}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C7.2}$ [dB]	$L_{10, Px\_C7.2}$ [dB]	$L_{90, Px\_C7.2}$ [dB]
P1_C7.2	49,1	55,6	50,3	48,0
P2_C7.2	48,9	52,0	49,7	48,4
P3_C7.2	47,5	48,2	47,8	47,3

Tabela 95 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C7.2}$ ), em dB, por ponto na Condição 7.2.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C7.2	60,5	60,3	58,3	50,9	48,5	44,5	44,8	41,6	40,6	42,1
	P2_C7.2	64,3	61,1	58,6	54,1	50,3	44,1	44,4	41,0	39,4	41,6
	P3_C7.2	61,8	64,3	59,8	51,9	48,7	43,2	42,9	40,2	38,9	41,5

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 96 e 97. A análise espectral é apresentada no Gráfico 26.

Tabela 96 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 7.2.

$L_{Aeq, 30s, C7.2}$ [dB]	$L_{ASmax, C7.2}$ [dB]	$L_{NC, C7.2}^*$	$L_{10, C7.2}$ [dB]	$L_{90, C7.2}$ [dB]
$48,6 \pm 2,2$	$55,6 \pm 4,7$	45	$49,4 \pm 2,5$	$47,9 \pm 2,1$

Nota: \* Vide gráfico 26

Tabela 97 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 7.2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C7.2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C7.2}$ [dB]	62,5	62,3	59,0	52,5	49,3	44,0	44,1	40,9	39,7	41,7
U [dB]	3,0	3,2	2,2	2,8	2,3	2,1	2,3	2,2	2,2	2,0

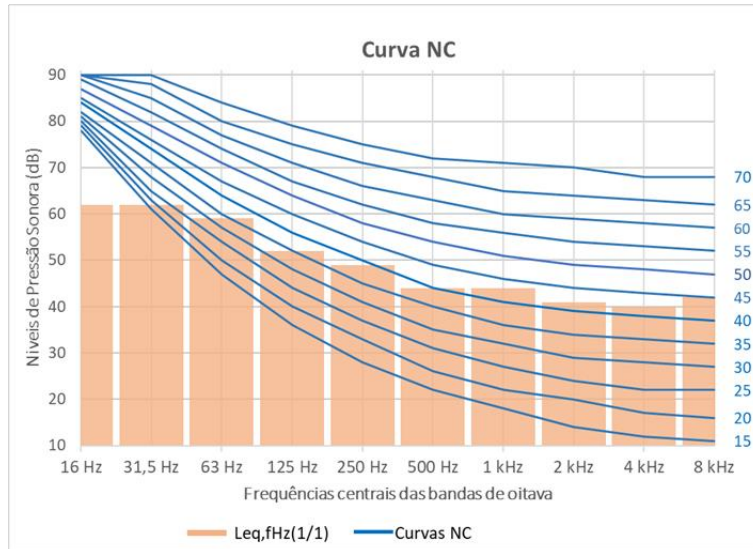


Gráfico 26 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 7.2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C7.2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 8. RUÍDO DE FUNDO SEM SISTEMA AVAC FUNCIONANDO (C8)

As medições foram realizadas em três pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 22/03/2022 com início às 15:05:12 e término às 15:07:38. Os níveis medidos, em dB, apenas com geladeira ligada, são apresentados na Figura 37 e Tabelas 98 e 99.

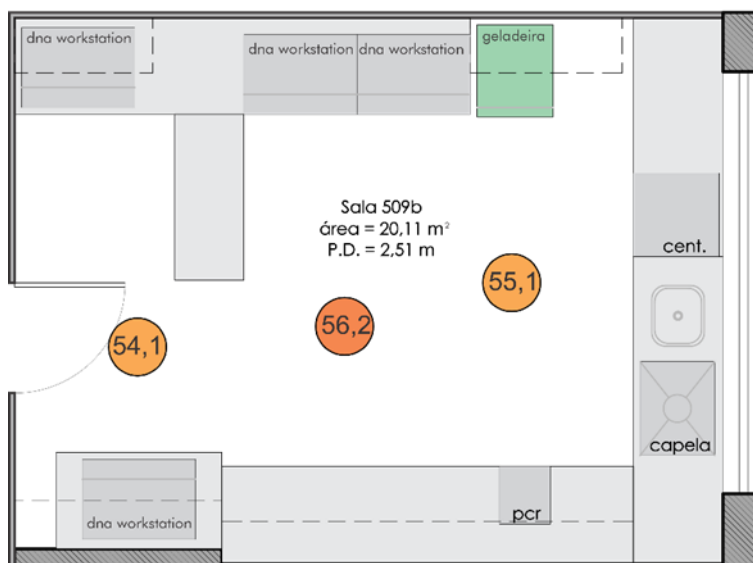


Figura 37 - Planta baixa apresentando os níveis medidos por ponto na Condição 8. Sem escala.

Tabela 98 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 8.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C8}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C8}$ [dB]	$L_{10, Px\_C8}$ [dB]	$L_{90, Px\_C8}$ [dB]
P1_C8	55,1	57,5	55,5	54,9
P2_C8	56,2	59,0	57,1	55,2
P3_C8	54,1	59,6	54,9	53,8

Tabela 99 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C8}$ ), em dB, por ponto na Condição 8.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C8	72,7	60,8	59,1	53,6	53,8	53,9	50,9	52,4	46,2	41,3
	P2_C8	68,7	62,2	59,8	56,4	53,2	54,9	53,1	52,8	47,3	41,7
	P3_C8	59,8	60,1	64,1	52,6	50,9	52,5	50,2	49,6	48,1	40,9

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 100 e 101. A análise espectral é apresentada no Gráfico 27.

Tabela 100 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 8.

$L_{Aeq, 30s, C8}$ [dB]	$L_{ASmax, C8}$ [dB]	$L_{NC, C8}^*$	$L_{10, C8}$ [dB]	$L_{90, C8}$ [dB]
55,2 ± 2,3	59,6 ± 2,4	55	55,9 ± 2,4	54,7 ± 2,2

Nota: \* Vide gráfico 27

Tabela 101 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 8 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C8}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C8}$ [dB]	61,1	61,6	54,5	52,8	53,9	51,6	51,8	47,3	41,3	41,7
<b>U</b> [dB]	2,3	3,7	3,0	2,7	2,4	2,7	2,8	2,3	2,0	2,0

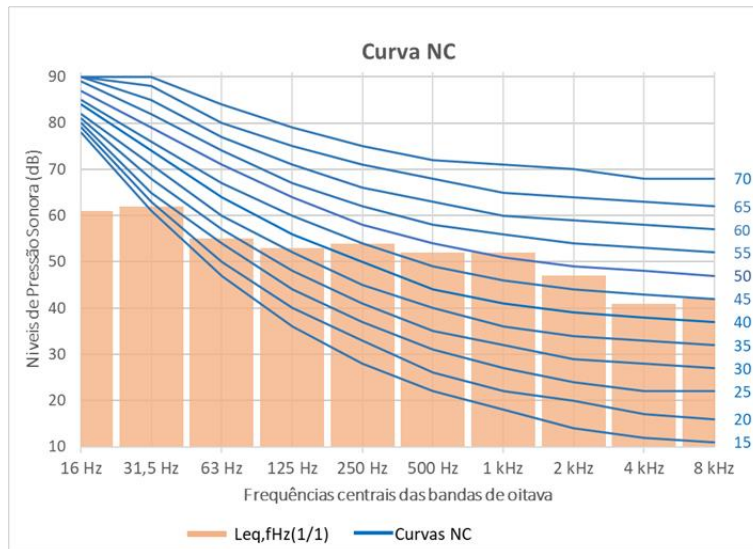


Gráfico 27 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 8 ( $L_{\text{eq},f\text{Hz}(1/1),C8}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### 5.3.2. SIMULAÇÃO ACÚSTICA

#### a. SALA 116

Foram modelados diretamente no software SoundPlan 8.2, a geometria e materialidade do ambiente, equipamentos, mobiliário e receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 38).

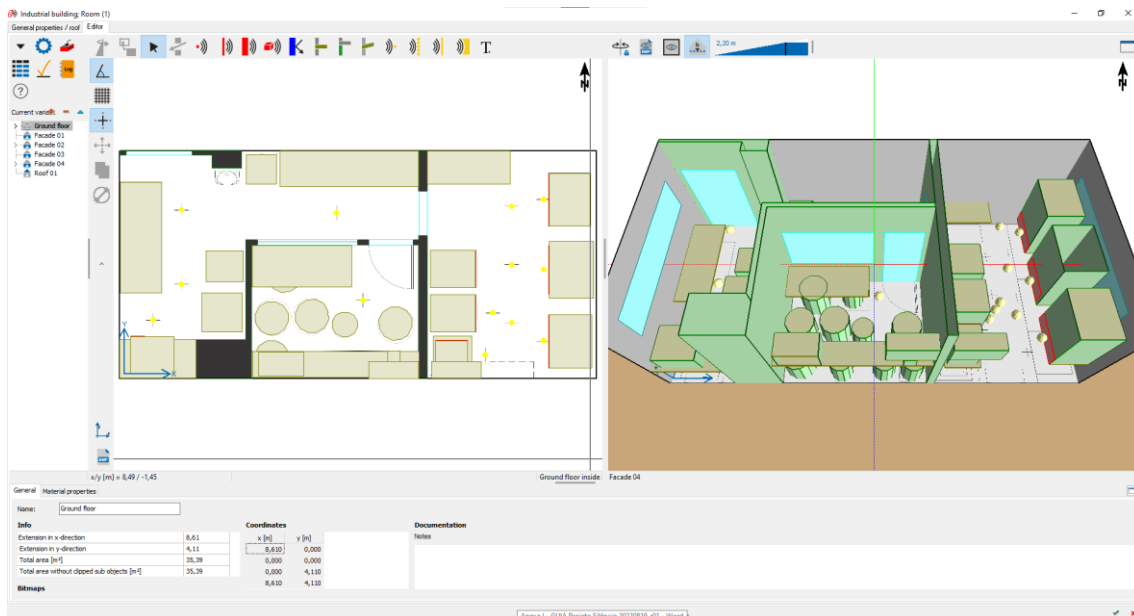


Figura 38 - Modelagem da Sala 116 do CLIQC no software SoundPlan.

Para a determinação do espectro da potência sonora das CSBs (Tabela 102), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância  $D=0,10$  m e atribuída como  $LW/UNIT$ . Para a Incubadora  $CO_2$ ,

Incubadora BOD e a Centrífuga refrigerada de bancada os resultados também foram atribuídos como LW/UNIT, cujas distâncias de medição foram de 0,30 m.

Tabela 102 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 116, CLIOC.

Fonte Sonora	L <sub>w</sub> [dB]	L <sub>w, fHz(1/1)</sub>							
		[dB]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Incubadora CO <sub>2</sub>	79,5	80,9	55,0	50,1	43,2	43,1	39,3	38,4	39,7
Incubadora BOD	64,4	52,8	59,6	56,3	52	49,6	44,8	39,6	39,3
CSB 1	72,2	68,3	60,8	53	55,6	55,5	53,8	45,3	37
CSB 2	68,5	60,6	61,1	54,9	58,3	58,3	52,8	47,3	38,6
CSB 3	70,3	64,2	65,2	57,8	54,1	56,7	53,1	46,9	39,4
Centrífuga Refrigerada de Bancada	74,3	68,5	70,7	60,8	60	59,6	61,4	57,2	50,7

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico (Leq), matriz do mapa (0,5m).

#### CONDIÇÃO 1: INCUBADORA CO<sub>2</sub>

A Tabela 103 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 1 com apenas a Incubadora CO<sub>2</sub> em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Obteve-se uma diferença de 0,8 dB entre os valores medido e simulados.

Tabela 103 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 1 da Sala 116 do CLIOC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CO2,D=0,30M</sub>	57,6	56,8	0,8

#### CONDIÇÃO 2: INCUBADORA BOD

A Tabela 104 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 2 com apenas a Incubadora BOD em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Obteve-se uma diferença de 5,9 a 6,7 dB entre os valores medido e simulados, na média de 6,4 dB, de modo que se invalidou a simulação pois adotou-se como tolerância ± 5dB.



Tabela 104 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>BOD</sub> , D=0,30m, h=0,65 m	56,5	62,4	5,9
P <sub>BOD</sub> , D=0,30m, h=1,15 m	56,3	62,9	6,6
P <sub>BOD</sub> , D=0,30m, h=1,50 m	57,9	64,6	6,7

### CONDIÇÃO 3: CSB 1

A Tabela 105 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 3 com apenas a CSB 1 em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 105 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CSB 1</sub> (D= 0,10 m)	71,8	70,4	1,4

### CONDIÇÃO 4: CSB 2

A Tabela 106 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 4 com apenas a CSB 2 em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 106 - NPS simulados na Condição 4 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CSB 2</sub> (D= 0,10 m)	73,4	71,8	1,6

### CONDIÇÃO 5: CSB 3

A Tabela 107 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 5 com apenas a CSB 3 em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 107 - NPS simulados na Condição 5 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CSB 3</sub> (D= 0,10 m)	72,4	73,3	0,9

### CONDIÇÃO 6: CENTRÍFUGA

A Tabela 108 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 6 com apenas a Incubadora CO<sub>2</sub> em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Obteve-se uma

diferença de 7,8 dB entre os valores medido e simulados, de modo que se invalidou a simulação pois adotou-se como tolerância  $\pm 5$ dB.

Tabela 108 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 6 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CENT,D=0,30M</sub>	68,5	76,3	7,8

#### CONDIÇÃO 7: TODOS OS EQUIPAMENTOS

A Tabela 109 apresenta os valores de NPS simulados e medidos na Condição 7 com Incubadora CO<sub>2</sub>, Incubadora BOD, Centrífuga e CSBs em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Obteve-se uma diferença uma diferença de 3,9 a 15,1 dB entre os valores medidos e simulados, na média de 7,3 dB, de modo que se invalidou a simulação pois adotou-se como tolerância  $\pm 5$ dB.

Tabela 109 - NPS simulados na Condição 7 da Sala 116 do CLIQC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	66,6	70,5	3,9
P2	66,6	70,9	4,3
P3	65,3	70,1	4,8
P4	60,0	64,6	4,6
P5	58,6	69,8	11,2
P6	57,3	70,5	15,1
P7	66,6	70,9	3,9

#### b. SALA 509B

Foram modelados diretamente no software SoundPlan 8.2, a geometria e materialidade do ambiente, equipamentos, mobiliário e receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 40).

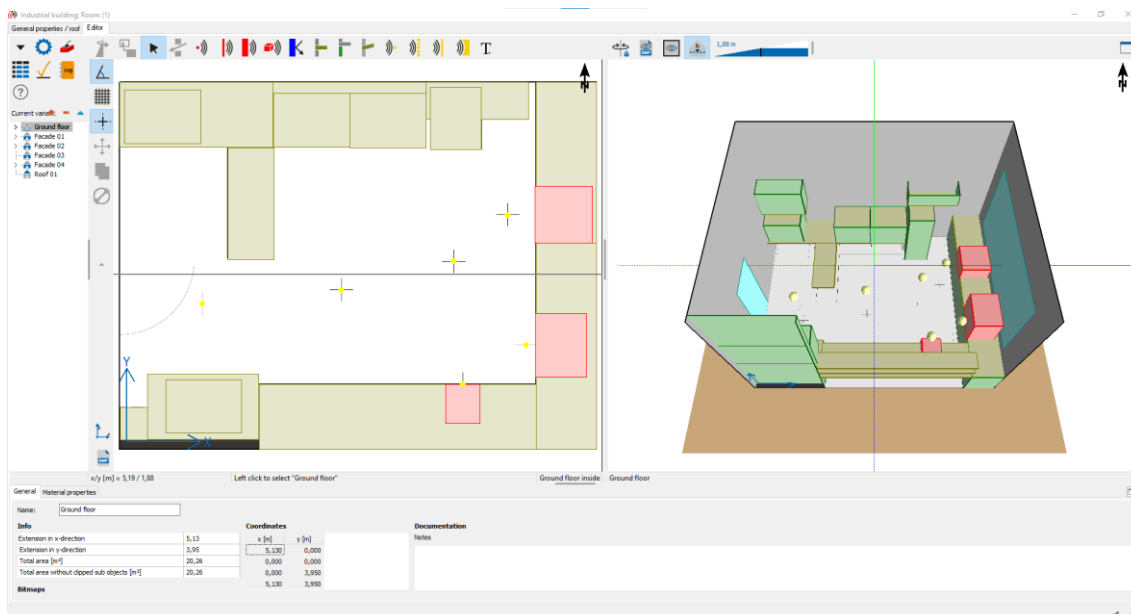


Figura 39 - Modelagem da Sala 509 do CLIOC no software SoundPlan.

Para a determinação do espectro da potência sonora da CEG (Tabela 109), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância  $D=0,10$  m e atribuída como  $LW/UNIT$ . Para a máquina de PCR e a Centrífuga refrigerada de bancada os resultados foram atribuídos como  $LW/M^2$ , cujas distâncias de medição foram, respectivamente, 0,10 m e 0,30 m.

Tabela 110 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 509, CLIOC.

Fonte Sonora	$L_w$ [dB(A)]	$L_w, f_{Hz}(1/1)$ [dB(A)]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centrífuga Refrigerada de Bancada	60,2	27,7	55,4	50,1	53,7	53,2	50,2	45,2	39,1
Máquina de PCR	52,1	20,1	27,6	37,1	42,8	50,7	42,2	33,9	32,1
CEG	68,4	48,7	54,3	54,3	63,3	62,8	62,6	55,8	49,4

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico ( $Leq$ ), matriz do mapa (0,5m).

### CONDIÇÃO 1: MÁQUINA DE PCR

A Tabela 111 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 1 com apenas a Máquina de PCR em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados

encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,3 a 0,5 dB entre eles, na média de 0,4 dB.

Tabela 111 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 1 da Sala 509 do CLIOC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	57,1	56,6	0,5
P2	57,1	56,6	0,5
P3	56,7	57,0	0,3

### CONDIÇÃO 2: CENTRÍFUGA REFRIGERADA DE BANCADA

A Tabela 112 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 2 com apenas a Centrífuga refrigerada de bancada em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,3 a 1,1 dB entre eles, na média de 0,6 dB.

Tabela 112 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 509 do CLIOC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	58,4	58,7	0,3
P2	57,7	58,2	0,5
P3	57,3	58,4	1,1

### CONDIÇÃO 3: CEG

A Tabela 113 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 3 com apenas a CEG em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,2 a 1,8 dB entre eles, na média de 1,1 dB.

Tabela 113 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 509 do CLIOC.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	67,1	66,9	0,2
P2	67,8	66,6	1,2
P3	68,1	66,3	1,8

### 5.3.3. ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS POSSIVELMENTE OTOTÓXICAS

Entre as substâncias informadas pela responsável pelo laboratório, foi identificado o uso [NN-Bis-Acrilamida 14 C7H10N2O2 \(Orgânico Não Halogenado\)](#), Tiocinato de Guanidina 47 (NH<sub>2</sub>) 2C=NH.HSCN (Orgânico Não Halogenado), Acrilamida 68 C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO (Orgânico Não Halogenado), Tolueno 127 C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub> (Orgânico Não Halogenado), Xileno 133 C<sub>8</sub>H<sub>10</sub> (Orgânico Não Halogenado), Acetonitrila 134 C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>N (Orgânico Não Halogenado) e Hexano 135 C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> Orgânico Não Halogenado.

### 5.4. ESTUDO DE CASO 3: COLEÇÃO DE BACTÉRIAS DO AMBIENTE E SAÚDE (CBAS)

Ao analisar os dados, foram identificados 10 equipamentos. Ao buscar suas emissões sonoras, destes somente três fabricantes/fornecedores relataram que o nível sonoro foi obtido em dB sem definir a distância (Tabela 114). Todavia, não foi esclarecido se o dado corresponde ao nível de potência ou de pressão sonora. Não houve qualquer informação sobre a disponibilidade de declaração de emissão de ruído.

Tabela 114 - Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS)

Classificação dos equipamentos	Marca/ Modelo	Nível de emissão sonora declarada pelo fabricante
<b>Grupo 1 - Máquinas/equipamentos de piso</b>		
Autoclave	Marca: SERCON; Modelo: AHMC-5	Indisponível
Cabine de Segurança Biológica	Marca: VECO; Modelo: Bio Seg 09 Classe II Tipo A1	70 dB
<b>Grupo 2 - Máquinas/equipamentos de bancada</b>		
Agitador (Vortex)	Marca: Phoenix; Modelo: AP56	Indisponível (Declara que não possui níveis consideráveis de ruído)
Centrífuga	Marca: Eppendorf; Modelo: 5415C	<60 dB (fora de linha)
Estação de trabalho para PCR	Marca: Bioquell; Modelo: Astec Monair	Indisponível
Incubadora com agitação orbital	Marca: Nova Técnica; Modelo: NT-712	< 54 dB
Mini Spin	Marca: Sigma-Aldrich; Modelo: 100 VAC	Indisponível
	Marca: Qualitron; Modelo: DW-41	Indisponível
Termociclador	Marca: AB Applied; Modelo: Gene Amp PCR System 9700	Indisponível (fora de linha)
<b>Grupo 3 - Máquinas/equipamentos de ar-condicionado / exaustão mecânica</b>		
Ar-condicionado central	-	-

### 5.4.1. MEDIÇÃO DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA NA CBAS

As medições foram realizadas no Laboratório Interdisciplinar de Pesquisas Médicas (Lipmed), salas 10b, 11a e 16, no Pavilhão Cardoso Fontes, nos dias 22/03/2022 e 05/05/2022 entre 10h00 e 15h00, durante o período com poucas atividades. Destacam-se no ambiente sonoro do laboratório a contribuição dos equipamentos apresentados na Tabela 115.

Tabela 115 - Lista de equipamentos das salas 10a, 10b, 11a e 16 da CBAS.

Sala	Equipamento	Quant.	Especificações	Dimensões (comprimento x largura x altura)
10b	Estufa	1	Marca Forma <i>Scientific</i> , Modelo 3332	619 x 592 x 2108 mm
	Cabine de Segurança Biológica	1	Marca VECO, Modelo BioSeg 09 Classe II Tipo A1	965 x 780 x 1390 mm
	Estufa Bacteriológica	1	Marca Odontobras, Modelo ECB1.1	430 x 440 x 660 mm
	Forno de Hibridização	1	Marca <i>Hybaid</i> , Modelo HS 9360	445 x 406 x 419 mm
	Centrífuga	1	Marca <i>Eppendorf</i> , Modelo 5415C	210 x 280 x 285 mm
	Incubadora com agitação orbital ( <i>shaker</i> )	1	Marca Nova Técnica, Modelo NT-712	680 x 570 x 590 mm
	Incubadora BOD com Fotoperíodo	1	Marca Solab Científica, Modelo SL - 224/364	620 x 715 x 1840 mm
	Freezer	1	Marca Electrolux, Modelo Prosdocimo F25	550 x 628 x 1692 mm
		1	Marca Bosch, Modelo GSD32	595 x 700 x 1700 mm
	Geladeira	1	Marca Electrolux, Modelo DC51	702 x 733 x 1890 mm
Autoclave	1	Marca Sercon, Modelo AHMC-5	545 x 432 x 430 mm	
10a	Freezer	1	Marca Bosch, Modelo 320	595 x 700 x 1700 mm
		1	Marca Bosch, Modelo GSD32	595 x 700 x 1700 mm
	Ultrafreezer	1	Marca Indrel, Modelo IULT 335-D	1000 x 1100 x 2100 mm
		1	Marca Coldlab, Modelo CL580-80	930 x 980 x 1980 mm
		1	Marca Arctiko	720 x 885 x 1990 mm
11a	Capela de Exaustão de Gás	1	Marca SPLABOR, Modelo SP-80	820 x 580 x 1200 mm
		1	Marca Quimis, Modelo Q-216-21	1120 x 660 x 1250 mm
	Geladeira Expositora	1	Marca Elber, Modelo Medical Line CSU340	640 x 688 x 2035 mm
	Freezer	2	Marca Bosh, Modelo GSD32A	595 x 680x 1700 mm
16	Cabine de Segurança Biológica	1	Marca VECO, Modelo BioSeg 09 Classe II Tipo A1	965 x 780 x 1390 mm
	Freezer	1	Marca Consul, Modelo Slim 170 - F170	550 x 628 x 1268 mm
	Incubadora BOD	1	Marca SPLabor	600 x 650 x 1720 mm
	Geladeira	1	Marca Brastemp, Modelo BRM56	72,5 x 70,1 x 184 cm
1		Marca Electrolux, Modelo DF 35	548 x 613 x 1707 mm	

<b>Centrífuga Refrigerada</b>	1	Marca <i>Thermo Scientific</i> , Modelo IEC CL40R	850 x 660 x 420 mm
<b>Capela de Exaustão de Gases</b>	1	Fabricada pela COGIC	1735 x 800 x 1290 mm

As condições escolhidas para as medições tiveram como objetivo caracterizar a potência sonora emitida pela Cabine de Segurança Biológica (CSB), Capela de Exaustão de Gases (CEG), centrífuga e incubadora com agitação orbital (*shaker*). Também houve caracterização do NPS de fundo do ambiente para cada dia de medição.

Seguindo as recomendações da ABNT NBR 10.152:2017, na sala 11a (Figura 40), com área total de 21,17 m<sup>2</sup> e volume 52,50 m<sup>3</sup>, foram distribuídos três pontos de medição na superfície útil da sala. Da mesma forma, na sala 10b (Figura 41), com uma área de 30,91 m<sup>2</sup> e volume 78,20 m<sup>3</sup> e na sala 16 (Figura 42), com área de 37,07 m<sup>2</sup> e volume 96,49 m<sup>3</sup>, foram distribuídos cinco pontos de medição, em cada uma.

O tempo total de medição foi de 21min34s, sendo realizadas medições de nível de pressão sonora com tempo de integração (T) de 30 segundos em cada ponto de medição.

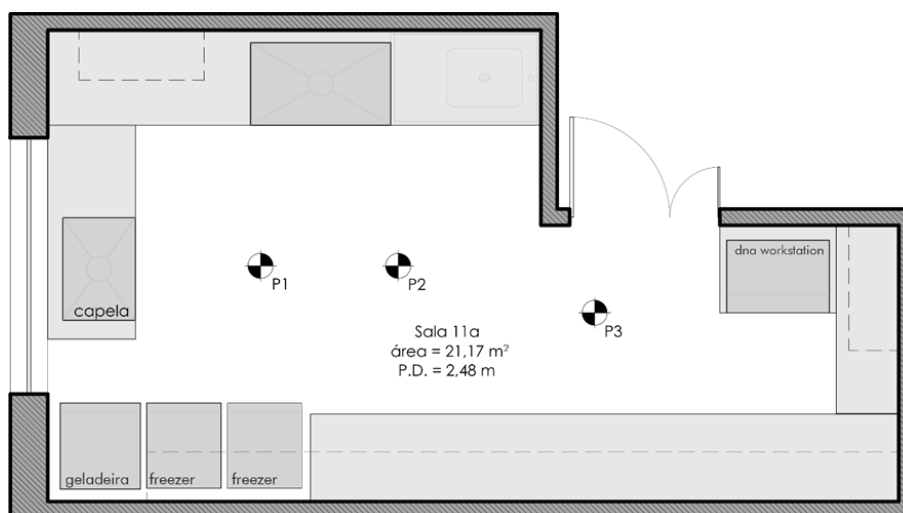


Figura 40 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 11a, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala.

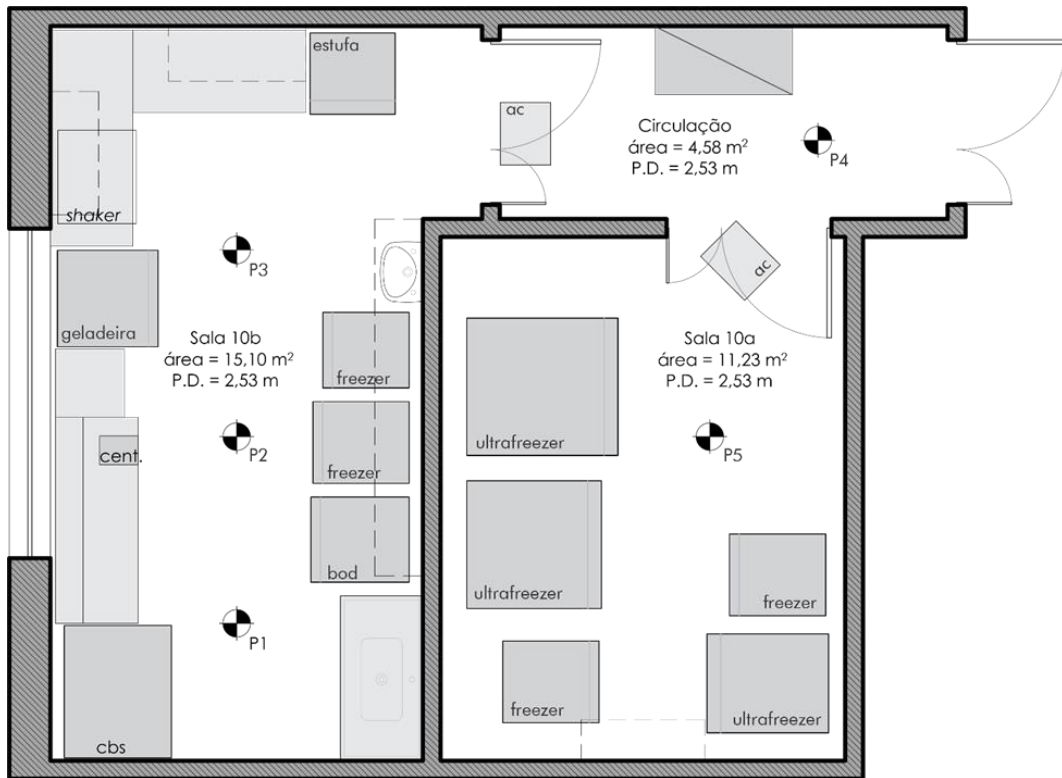


Figura 41 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 10, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala.

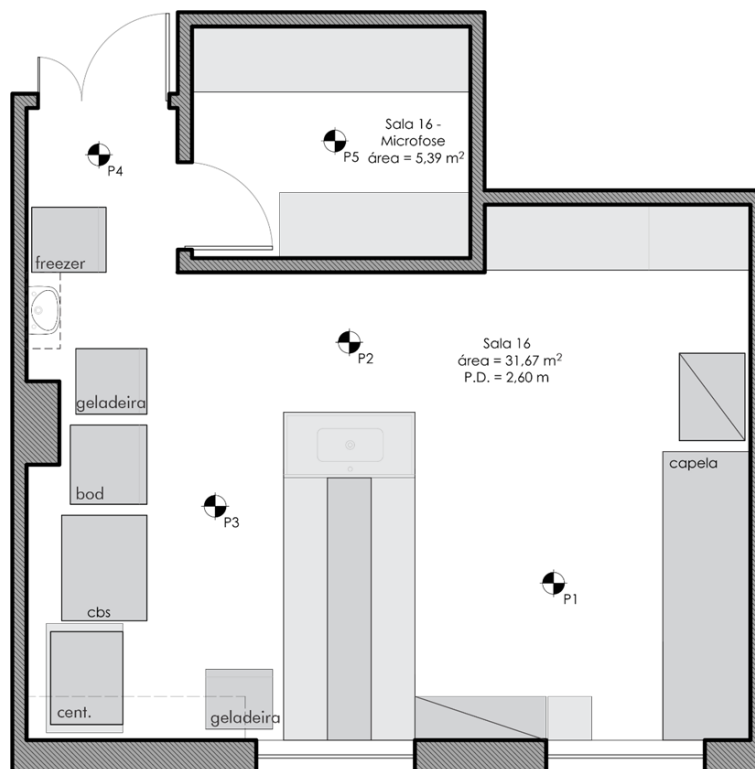


Figura 42 - Planta esquemática dos pontos de medição da sala 16, Pav. Cardoso Fontes. Sem escala.



#### 5.4.1.1. RESULTADOS DA MEDIÇÃO NO CBAS

##### a. SALA 11A: LIPMED

#### CONDIÇÃO 1: EMISSÃO SONORA DA CEG (C1)

Para caracterização da emissão sonora da CEG da marca SPLABOR, com estrutura em Fibra de Vidro, porta de acrílico nas dimensões 57x49 cm e exaustor centrífugo FS30 (1/30 CV e 1490 RPM) com capacidade de 10 m<sup>3</sup>/min, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,94 m (Foto 11), no dia 05/05/2022 com início às 13:41:09 e término às 13:41:38.



Foto 11 - Medições de NPS na Capela de Exaustão de Gases SPLABOR, modelo SP-80, na Sala

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 116 e 117. A análise espectral é apresentada no Gráfico 28.

Tabela 116 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 1

<b>L<sub>Aeq, 30s, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C1</sub>*</b>	<b>L<sub>10, C1</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C1</sub></b> [dB]
68,5 ± 2,0	68,9 ± 2,0	>70	69,0 ± 2,0	68,0 ± 2,0

Nota: \* Vide gráfico 28

Tabela 117 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 1 (L<sub>Zeq, fHz(1/1), C1</sub>), em dB.

<b>Frequência</b> [Hz]	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C10b.3</sub></b> [dB]	65,9	81,9	73,9	81,0	66,9	64,9	60,2	58,2	55,0	51,8
<b>U</b> [dB]	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

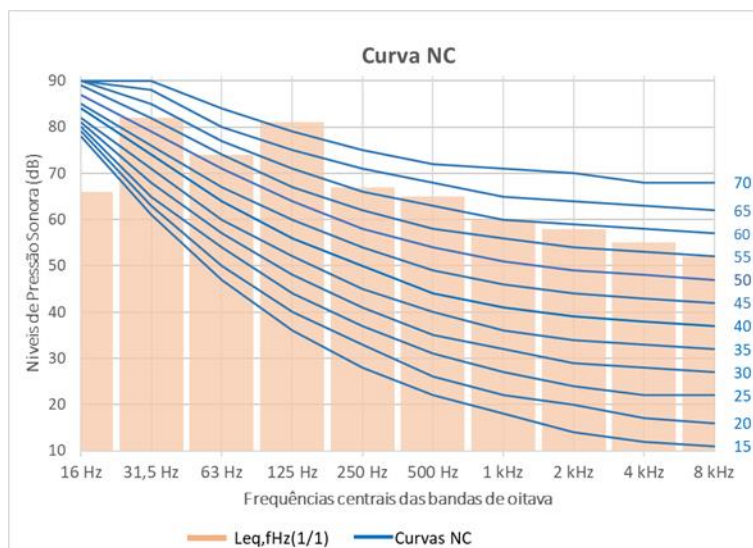


Gráfico 28 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 ( $L_{eq,fHz(1/1),C1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2: PROPAGAÇÃO SONORA DA CAPELA DE EXAUSTÃO DE GASES NO AMBIENTE (C2)

As medições foram realizadas em três pontos, no dia 05/05/2022 com início às 13:49:09 e término às 13:51:28. Os níveis medidos, em dB, com capela de exaustão de gases, geladeira expositora, freezer e sistema de climatização central ligados, são apresentados a seguir na Figura 43 e Tabelas 118 e 119.

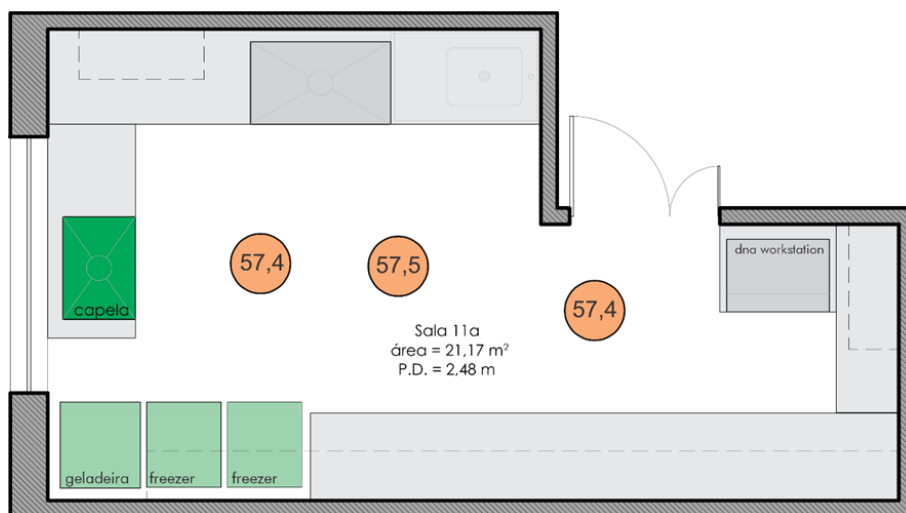


Figura 43 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto, na Condição 2. Sem escala.

Tabela 118 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C2}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C2}$ [dB]	$L_{10, Px\_C2}$ [dB]	$L_{90, Px\_C2}$ [dB]
P1_C2	57,4	63,0	57,8	57,3
P2_C2	57,5	59,3	58,2	57,1
P3_C2	57,4	61,5	57,6	57,2

Tabela 119 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1)}$ ,  $Px\_C2$ ), em dB, por ponto na Condição 2.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C2	58,5	64,5	57,3	65,5	56,3	55,0	51,8	47,6	45,4	43,3
	P2_C2	54,3	57,2	56,6	64,8	54,6	55,8	52,0	47,6	45,7	43,6
	P3_C2	61,4	70,2	56,8	64,9	54,5	55,1	52,5	47,7	45,3	43,3

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 120 e 121. A análise espectral é apresentada no Gráfico 29.

Tabela 120 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
$57,4 \pm 2$	$63,0 \pm 2,9$	55	$58,0 \pm 2$	$57,0 \pm 2$

Nota: \* Vide gráfico 29

Tabela 121 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	59,0	66,6	56,9	65,1	55,2	55,3	52,1	47,6	45,5	43,4
$U$ [dB]	4,6	7,8	2,0	2,1	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0

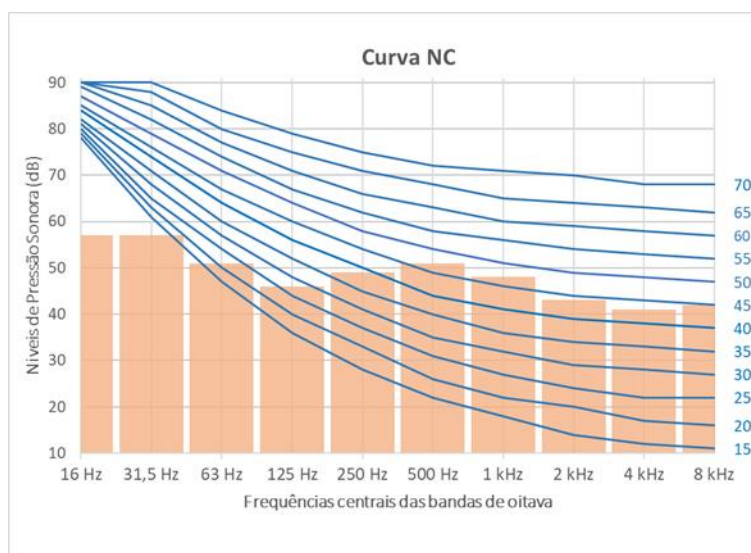


Gráfico 29 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 3: RUÍDO DE FUNDO (C3)

As medições foram realizadas em três pontos, no dia 05/05/2022 com início às 13:52:36 e término às 13:54:57. Os níveis medidos, em dB, com geladeira expositora, freezer e o sistema de climatização central ligados, são apresentados na Figura 44 e Tabelas 122 e 123.

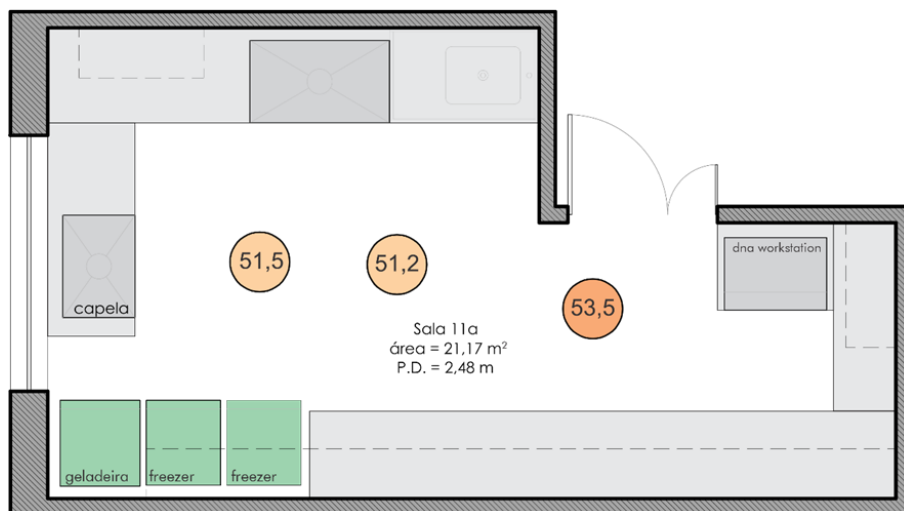


Figura 44 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 3. Sem escala.

Tabela 122 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 3.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C3}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C3}$ [dB]	$L_{10, Px\_C3}$ [dB]	$L_{90, Px\_C3}$ [dB]
P1_C3	51,5	56,6	53,1	50,3
P2_C3	51,2	53,4	51,6	50,9
P3_C3	53,5	56,8	53,7	53,2

Tabela 123 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 3.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fhz(1/1), Px\_C16.1-1}$ [dB]	P1_C3	58,3	57,0	50,2	46,4	48,8	49,7	47,0	42,7	40,5	41,6
	P2_C3	55,1	52,2	52,3	45,6	47,9	49,6	47,1	42,5	40,3	41,6
	P3_C3	55,2	59,9	49,8	47,0	49,4	52,4	48,6	44,5	41,8	41,7

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 124 e 125. A análise espectral é apresentada no Gráfico 30.

Tabela 124 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 3.

$L_{Aeq, 30s, C3}$ [dB]	$L_{ASmax, C3}$ [dB]	$L_{NC, C3}^*$	$L_{10, C3}$ [dB]	$L_{90, C3}$ [dB]
$52,2 \pm 2,4$	$56,8 \pm 3,0$	50	$53,0 \pm 2,4$	$52,0 \pm 2,7$

Nota: \* Vide gráfico 30

Tabela 125 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ) e incertezas de medição, em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ [dB]	56,5	57,4	50,9	46,4	48,7	50,8	47,6	43,3	40,9	41,7
U [dB]	2,9	4,9	2,5	2,2	2,2	2,7	2,3	2,3	2,2	2,0

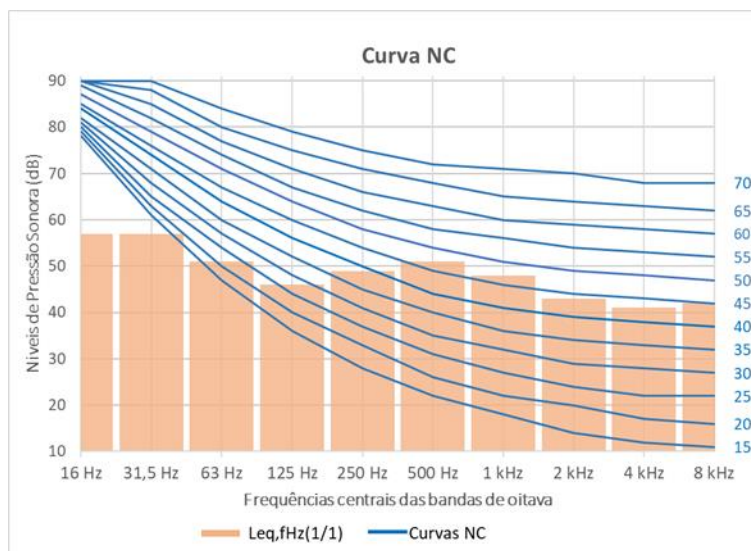


Gráfico 30 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## b. SALA 10B: LIPMED

### CONDIÇÃO 1: PROPAGAÇÃO SONORA DOS EQUIPAMENTOS NO AMBIENTE (C1)

As medições foram realizadas em cinco pontos, no dia 05/05/2022, com início às 14:03:58 e término às 14:08:11. Os níveis medidos, em dB, com estufa, cabine de segurança biológica, estufa bacteriológica, centrífuga, incubadora com agitação orbital (*shaker*), dois freezers, geladeira e duas unidades de ar-condicionado portátil ligadas, são apresentados na Figura 45 e Tabelas 126 e 127.



Figura 45 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 1. Sem escala.

Tabela 126 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C1}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C1}$ [dB]	$L_{10, Px\_C1}$ [dB]	$L_{90, Px\_C1}$ [dB]
P1_C1	71,6	72,2	71,9	71,0
P2_C1	71,9	73,2	72,8	70,4
P3_C1	69,9	70,5	70,3	69,5
P4_C1	68,2	68,9	68,6	67,6
P5_C1	70,1	70,5	70,3	69,8

Tabela 127 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C1}$ ), em dB, por ponto na Condição 1.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C1	63,1	67,6	65,4	71,5	58,9	62,4	65,5	65,7	63,9	63,0
	P2_C1	62,5	61,9	67,7	67,5	60,6	61,7	65,2	66,8	64,5	62,7
	P3_C1	61,6	65,6	63,2	58,9	58,1	60,0	64,9	63,8	62,2	59,5
	P4_C1	61,1	66,7	65,1	64,8	64,4	60,5	63,9	61,6	58,6	55,0
	P5_C1	65,4	60,3	66,0	69,9	63,8	66,2	66,3	63,1	56,5	50,9

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 128 e 129. A análise espectral é apresentada no Gráfico 31.

Tabela 128 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1.

$L_{Aeq, 30s, C1}$ [dB]	$L_{ASmax, C1}$ [dB]	$L_{NC, C1}^*$	$L_{10, C1}$ [dB]	$L_{90, C1}$ [dB]
70,5 ± 2,4	73,2 ± 2,5	70	71 ± 2,5	70 ± 2,3

Nota: \* Vide gráfico 31

Tabela 129 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ [dB]	63,0	65,2	65,7	68,3	61,9	62,8	65,2	64,6	62,1	60,1
$U$ [dB]	2,5	3,5	2,5	4,9	3,2	3,0	2,1	2,7	3,7	5,1

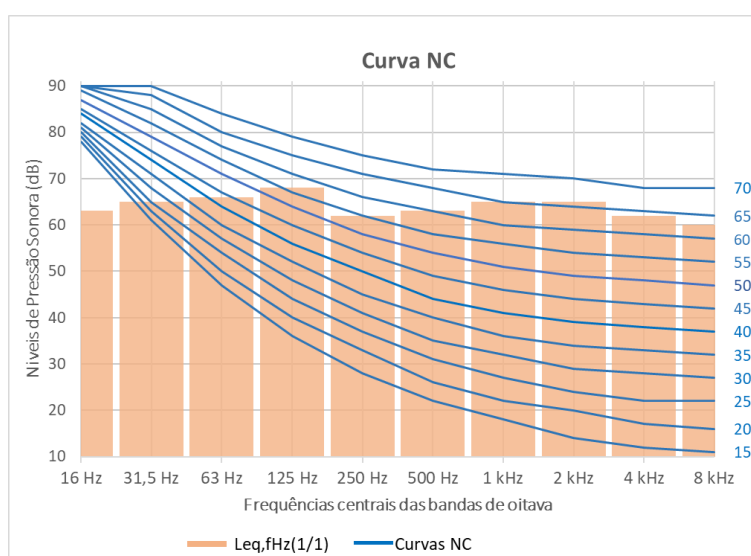


Gráfico 31 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2: EMISSÃO SONORA DA INCUBADORA COM AGITAÇÃO ORBITAL OU SHAKER (C2)

Para caracterização da emissão sonora da incubadora com agitação orbital, ou também denominado como *shaker*, da marca Nova Técnica, a medição foi realizada no ponto médio do comprimento do equipamento, a 0,30 m de distância do equipamento e na altura de 0,45 m (Foto 12) no dia 05/05/2022 com início às 14:13:21 e término às 14:13:50.



Foto 12 - Incubadora com agitação orbital (*shaker*) na Sala 10b.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 130 e 131. A análise espectral é apresentada no Gráfico 32.

Tabela 130 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
$70,7 \pm 2,0$	$71,9 \pm 2,0$	70	71	70

Nota: \* Vide gráfico 32

Tabela 131 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	59,4	64,1	68,5	61,1	59,8	62,6	63,4	67,1	59,9	57,7
<b>U</b> [dB]	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

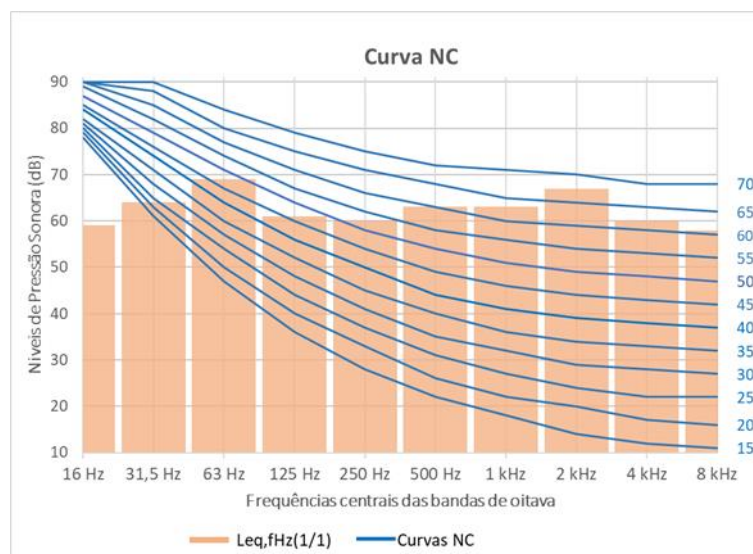


Gráfico 32 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.



### CONDIÇÃO 3: EMISSÃO SONORA DA CENTRÍFUGA (C3)

Para caracterização da emissão sonora da centrífuga da marca Eppendorf, a medição foi realizada no ponto médio do comprimento do equipamento, a 0,30 m de distância do equipamento e na altura de 1,03 m (Foto 13), no dia 05/05/2022, com início às 14:17:04 e término às 14:17:33.



Foto 13 - Medições de NPS na Centrífuga na Sala 10b.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 132 e 133. A análise espectral é apresentada no Gráfico 33.

Tabela 132 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3.

$L_{Aeq, 30s, C3}$ [dB]	$L_{ASmax, C3}$ [dB]	$L_{NC, C3}^*$	$L_{10, C3}$ [dB]	$L_{90, C3}$ [dB]
71,3 ± 2,0	72,1 ± 2,0	70	72	71

Nota: \* Vide gráfico 33

Tabela 133 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ [dB]	61,1	56,1	64,5	57,6	62,3	63,0	64,1	66,5	63,6	60,8
$U$ [dB]	2,1	2,1	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

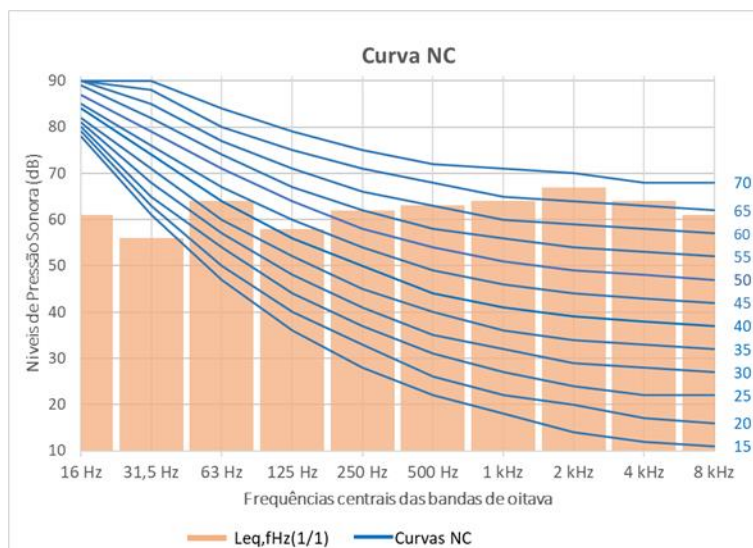


Gráfico 33 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. (L<sub>Leq, fHz(1/1)</sub>, C3), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### CONDIÇÃO 4: EMISSÃO SONORA DA CSB (C4)

Para caracterização da emissão sonora da Cabine de Segurança Biológica da marca VECO, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 14), no dia 05/05/2022, com início às 14:21:42 e término às 14:22:11.

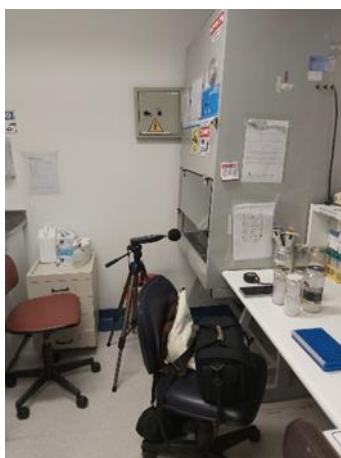


Foto 14 - Medições de NPS na Cabine de Segurança Biológica na Sala 10b.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 134 e 135. A análise espectral é apresentada no Gráfico 34.

Tabela 134 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.

L <sub>Aeq, 30s, C4</sub> [dB]	L <sub>ASmax, C4</sub> [dB]	L <sub>NC, C4*</sub>	L <sub>10, C4</sub> [dB]	L <sub>90, C4</sub> [dB]
68,1 ± 2,0	68,4 ± 2,0	65	68	68

Nota: \* Vide gráfico 34

Tabela 135 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ [dB]	72,5	70,8	75,2	73,9	64,7	63,5	63,6	60,1	56,7	49,4
U [dB]	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

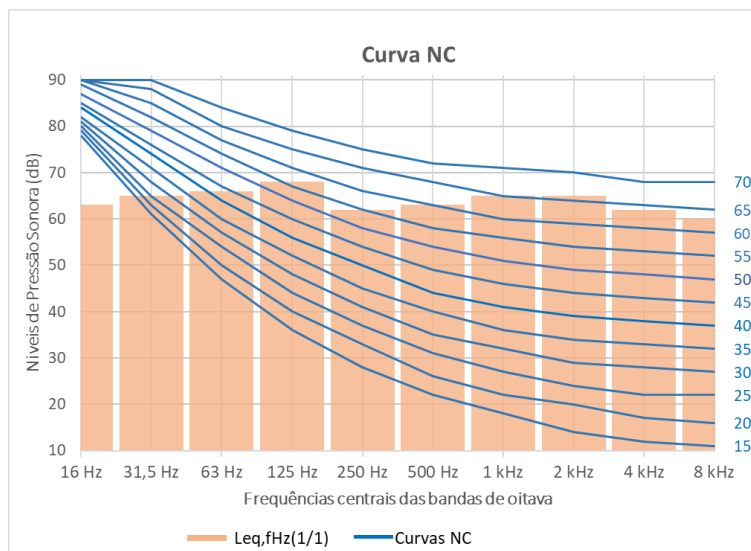


Gráfico 34 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 5: RUÍDO DE FUNDO (C5)

As medições foram realizadas em cinco pontos, no dia 05/05/2022, com início às 14:24:46 e término às 14:28:24. Os níveis medidos, em dB, com duas estufas, dois freezers, geladeira e duas unidades de ar-condicionado portátil ligados, são apresentados na Figura 46 e Tabelas 136 a 137.



Figura 46 - Planta baixa apresentando os níveis medidos  $L_{Aeq}$  por ponto na Condição 5. Sem escala.

Tabela 136 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, P_x_{C5}}$ [dB]	$L_{ASmax, P_x_{C5}}$ [dB]	$L_{10, P_x_{C5}}$ [dB]	$L_{90, P_x_{C5}}$ [dB]
P1_C5	56,6	60,8	57,4	56,5
P2_C5	59,1	59,5	59,3	58,9
P3_C5	61,0	61,9	61,1	60,8
P4_C5	68,9	69,9	69,2	68,7
P5_C5	71,1	71,6	71,5	70,9

Tabela 137 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 5.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), P_x_{C16.1-1}}$ [dB]	P1_C5	63,9	65,4	56,6	56,0	51,8	51,8	53,0	49,6	45,3	42,7
	P2_C5	61,1	54,8	62,7	58,1	54,8	54,3	55,3	52,3	47,2	43,4
	P3_C5	63,3	64,4	61,4	57,8	56,2	56,7	57,5	53,4	48,6	44,3
	P4_C5	59,5	65,9	67,3	67,2	65,6	64,7	65,3	61,2	56,1	49,4
	P5_C5	72,0	68,2	68,2	72,1	64,9	67,3	67,3	63,9	57,8	52,8

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 138 e 139. A análise espectral é apresentada no Gráfico 35.

Tabela 138 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.

$L_{Aeq, 30s, C5}$ [dB]	$L_{ASmax, C5}$ [dB]	$L_{NC, C5}^*$	$L_{10, C5}$ [dB]	$L_{90, C5}$ [dB]
$66,7 \pm 6,0$	$71,6 \pm 5,4$	65	$67 \pm 5,9$	$66 \pm 6,0$

Nota: \* Vide gráfico 35

Tabela 139 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ) e suas respectivas incertezas de medição, em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ [dB]	66,5	65,3	65,0	66,6	61,8	62,7	63,0	59,3	53,7	66,5
$U$ [dB]	4,8	5,1	4,7	6,6	5,9	6,4	6,0	5,8	5,4	4,8

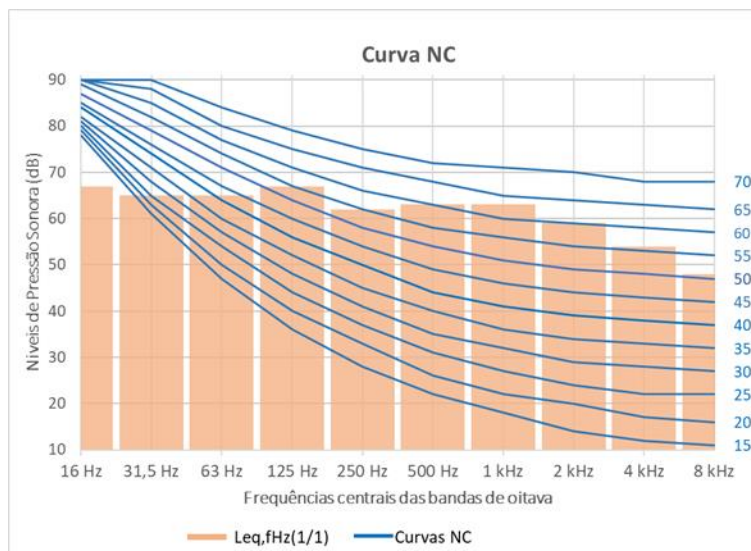


Gráfico 35 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### c. SALA 16: HISTOLOGIA

#### CONDIÇÃO 1: RUÍDO DE FUNDO (C1)

As medições foram realizadas em cinco pontos, distribuídos na superfície da sala, com um freezer, uma incubadora BOD, duas geladeiras e o sistema de climatização central ligados.

##### C1.1. 1º dia de medição

No dia 22/03/2022, com início às 10:49:44 e término às 10:56:49. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 47 e Tabelas 140 e 141.

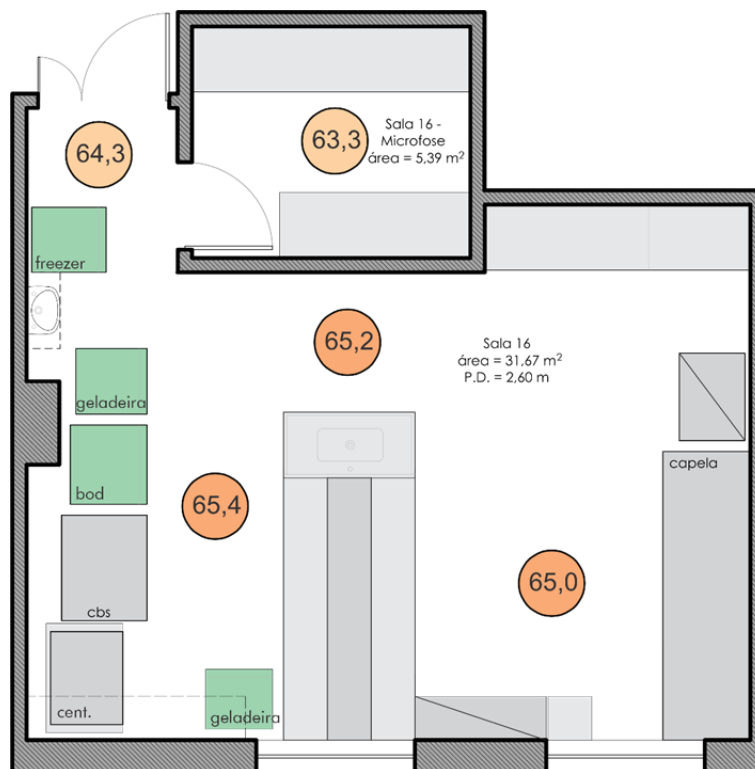


Figura 47 - Planta baixa. Níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 1-1. Dia 1: 22/03/2022. Sem escala.

Tabela 140 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1-1.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C1-1}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C1-1}$ [dB]	$L_{10, Px\_C1-1}$ [dB]	$L_{90, Px\_C1-1}$ [dB]
P1_C1-1	65,0	67,4	65,9	64,6
P2_C1-1	65,2	65,8	65,4	64,8
P3_C1-1	65,4	68,8	65,6	65,2
P4_C1-1	64,3	65,2	64,5	64,1
P5_C1-1	63,3	65,5	63,3	63,1

Tabela 141 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 1-1.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C1-1}$ [dB]	P1_C1-1	77,0	66,1	61,1	53,0	57,4	57,1	60,0	60,9	52,0	44,4
	P2_C1-1	61,2	65,6	65,9	53,3	57,7	59,1	59,9	60,8	51,8	44,2
	P3_C1-1	62,9	71,4	59,2	55,3	58,6	59,5	60,7	60,7	51,1	43,7
	P4_C1-1	69,4	65,4	66,6	55,5	59,7	58,2	59,6	59,1	51,4	44,6
	P5_C1-1	74,2	69,3	63,6	51,8	53,9	55,8	57,4	59,3	51,7	43,2

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 142 e 143. A análise espectral é apresentada no Gráfico 36.

Tabela 142 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1-1.

$L_{Aeq, 30s, C1-1}$ [dB]	$L_{ASmax, C1-1}$ [dB]	$L_{NC, C1-1}^*$	$L_{10, C1-1}$ [dB]	$L_{90, C1-1}$ [dB]
64,7 dB ± 2,1 dB	68,8 dB ± 2,4 dB	65	65 dB ± 2,2 dB	64 dB ± 2,1 dB

Nota: \* Vide gráfico 36

Tabela 143 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1-1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1-1}$ ) e incertezas de medição, em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C1-1}$ [dB]	72,5	68,3	64,1	54,0	57,8	58,2	59,7	60,2	51,6	44,0
$U$ [dB]	6,5	3,1	3,4	2,5	2,8	2,4	2,3	2,1	2,0	2,1

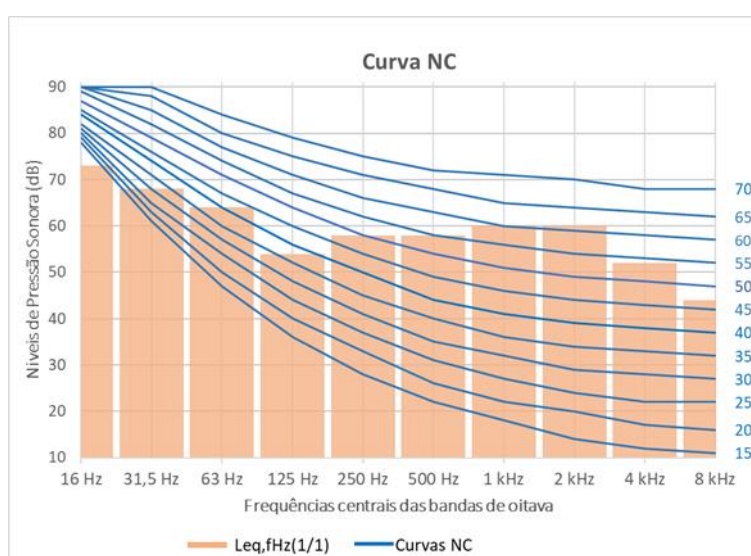


Gráfico 36 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1-1 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1-1}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## C1.2. 2º dia de medição

No dia 05/05/2022 com início às 14:50:36 e término às 14:54:42. Os níveis medidos, em dB, são apresentados na Figura 48 e Tabelas 144 e 145.



Figura 48 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 1-2. Dia 2: 05/2022. Sem escala.

Tabela 144 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 1-2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, P_x, C1-2}$ [dB]	$L_{ASmax, P_x, C1-2}$ [dB]	$L_{10, P_x, C1-2}$ [dB]	$L_{90, P_x, C1-2}$ [dB]
P1_C1-2	62,9	64,1	63,1	62,8
P2_C1-2	64,4	64,9	64,6	64,2
P3_C1-2	64,8	65,9	64,9	64,7
P4_C1-2	64,5	67,9	64,6	64,3
P5_C1-2	64,6	67,1	64,7	64,4

Tabela 145 - NPS medidos por faixa de frequência, em dB, por ponto de medição da Condição 1-2.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C1-1}$ [dB]	P1_C1-2	74,7	69,0	64,1	50,8	53,9	56,4	57,5	58,5	51,0	43,1
	P2_C1-2	67,6	67,1	65,8	55,0	61,4	60,5	59,1	58,7	50,9	44,5
	P3_C1-2	64,1	73,1	56,9	55,2	59,1	58,9	60,0	60,1	50,9	43,2
	P4_C1-2	59,4	63,5	67,1	52,5	58,2	58,2	59,2	60,1	50,8	43,5
	P5_C1-2	65,2	67,6	60,0	51,5	56,7	58,4	60,4	59,5	50,5	43,2

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 146 e 147. A análise espectral é apresentada no Gráfico 37.



Tabela 146 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 1-2.

$L_{Aeq, 30s, C1-2}$ [dB]	$L_{ASmax, C1-2}$ [dB]	$L_{NC, C1-2}^*$	$L_{10, C1-2}$ [dB]	$L_{90, C1-2}$ [dB]
64,3 ± 2,1	67,9 ± 2,4	60	64,0 ± 2,1	64,0 ± 2,1

Nota: \* Vide gráfico 37

Tabela 147 - Resultados dos NPS por faixa de frequência da Condição 1-2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1-2}$ ) e incertezas de medição, em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C1-2}$ [dB]	69,2	69,2	64,2	53,3	58,5	58,7	59,4	59,4	50,8	43,5
U [dB]	5,4	3,7	4,3	2,7	3,2	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1

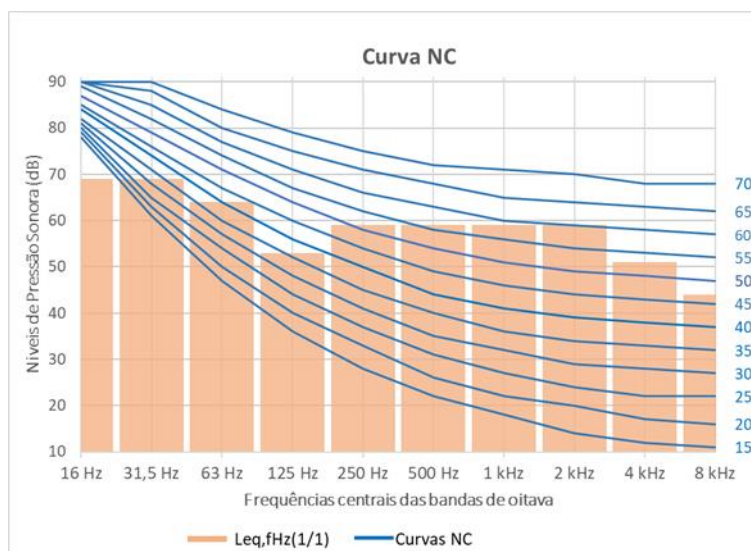


Gráfico 37 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 1-2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C1-2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## CONDIÇÃO 2: PROPAGAÇÃO SONORA DA CSB NO AMBIENTE (C2)

As medições foram realizadas em cinco pontos, no dia 22/03/2022, com início às 11:01:35 e término às 11:07:25. Os níveis medidos, em dB, com um freezer, uma incubadora BOD, duas geladeiras e o sistema de climatização central, sistema de climatização central e cabine de segurança biológica (marca Veco) ligados, são apresentados a seguir na Figura 49 e Tabelas 148 e 149.

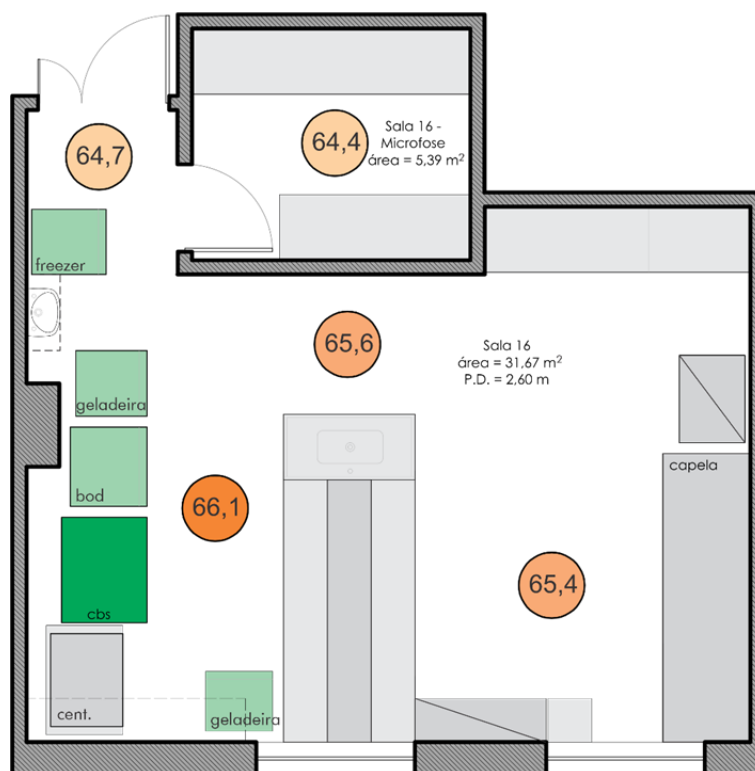


Figura 49 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 2. Sem escala.

Tabela 148 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 2.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, P_x, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, P_x, C2}$ [dB]	$L_{10, P_x, C2}$ [dB]	$L_{90, P_x, C2}$ [dB]
P1_C2	65,4	67,4	65,7	65,3
P2_C2	65,6	66,0	65,7	65,5
P3_C2	66,1	66,5	66,3	65,9
P4_C2	64,7	65,7	65,0	64,3
P5_C2	64,4	67,2	64,7	64,0

Tabela 149 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), P_x, C2}$ ), em dB, por ponto na Condição 2.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C2	64,5	64,7	67,0	55,5	57,9	58,6	60,4	61,1	52,3	44,3
	P2_C2	59,4	66,7	68,9	57,4	59,3	60,0	60,8	60,7	52,0	44,7
	P3_C2	67,0	74,9	68,5	60,9	60,7	61,0	61,9	60,4	52,3	44,8
	P4_C2	69,1	66,7	67,5	57,0	59,8	60,3	59,9	59,1	51,4	44,9
	P5_C2	74,1	69,5	60,9	52,1	55,0	59,0	58,9	59,8	52,2	43,8

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 150 e 151. A análise espectral é apresentada no Gráfico 38.

Tabela 150 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 2.

$L_{Aeq, 30s, C2}$ [dB]	$L_{ASmax, C2}$ [dB]	$L_{NC, C2}^*$	$L_{10, C2}$ [dB]	$L_{90, C2}$ [dB]
65,3 ± 2,1	67,4 ± 2,1	65	66 ± 2,1	65 ± 2,1

Nota: \* Vide gráfico 38

Tabela 151 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ [dB]	69,3	70,2	67,3	57,5	58,9	59,8	60,5	60,3	52,0	44,5
<b>U</b> [dB]	5,3	4,1	3,5	3,5	2,8	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0

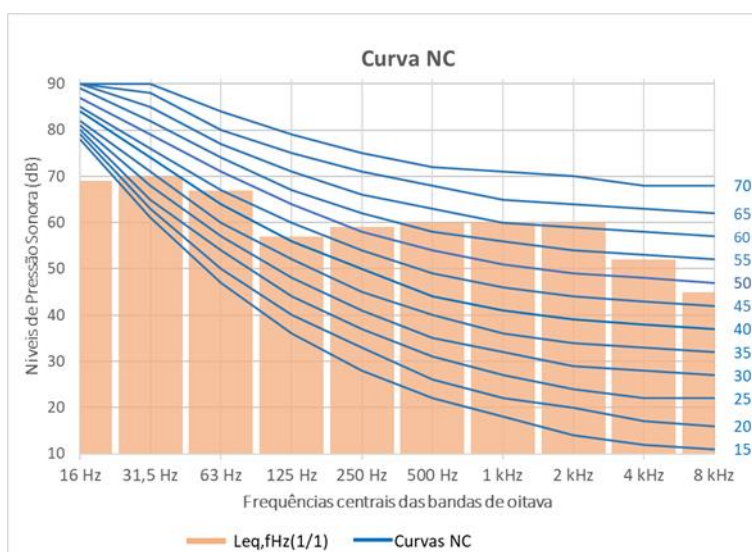


Gráfico 38 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 2 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C2}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 3: EMISSÃO SONORA DA CSB (C3)

Para caracterização da emissão sonora da CSB da marca Veco, a medição foi realizada no ponto médio da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 15).



Foto 15 - Cabine de Segurança Biológica na Sala 16.

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 152 e 153. A análise espectral é apresentada no Gráfico 39.

Tabela 152 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 3.

<b>L<sub>Aeq, 30s, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC, C3</sub>*</b>	<b>L<sub>10, C3</sub></b> [dB]	<b>L<sub>90, C3</sub></b> [dB]
72,5 ± 2,0	72,8 ± 2,0	70	73,0 ± 2,0	72,0 ± 2,0

Nota: \* Vide gráfico 39

Tabela 153 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência na Condição 3 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB.

<b>Frequência</b> [Hz]	<b>16,0</b>	<b>31,5</b>	<b>63,0</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
<b>L<sub>Zeq, fHz(1/1), C3</sub></b> [dB]	80,4	82,4	82,3	73,9	66,4	68,9	68,2	65,5	59,0	51,5
<b>U</b> [dB]	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

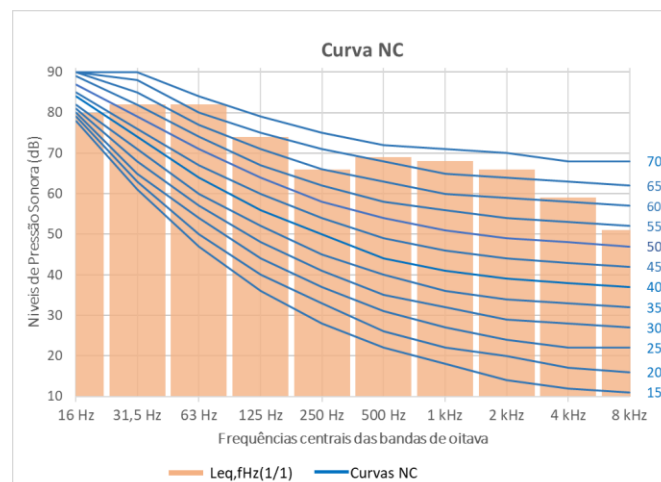


Gráfico 39 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 3. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C3}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

#### CONDIÇÃO 4: EMISSÃO SONORA DA CEG (C4)

Para caracterização da emissão sonora da CEG fabricada pela COGIC, a medição foi realizada em dois pontos da abertura frontal, a 0,10 m de distância do equipamento e na altura de 0,90 m (Foto 16). Os níveis medidos, em dB, são apresentados a seguir nas Tabelas 154 e 155.



Foto 16 - Medições de NPS nas Capela de Exaustão de Gases na Sala 16.

Tabela 154 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 4.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, 30s, Px_C4</sub> [dB]	L <sub>ASmax, Px_C4</sub> [dB]	L <sub>10, Px_C4</sub> [dB]	L <sub>90, Px_C4</sub> [dB]
P1_C4	74,4	74,8	74,6	74,0
P2_C4	73,4	73,8	73,7	73,1

Tabela 155 - NPS medidos por faixa de frequência (L<sub>Zeq, fHz(1/1), Px\_C4</sub>), em dB, por ponto na Condição 4.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L <sub>Zeq, fHz(1/1)</sub> [dB]	P1_C4	67,1	71,8	77,8	79,1	78,1	73,9	65,7	61,1	52,2	44,6
	P2_C4	68,4	73,9	73,3	77,3	76,3	72,3	66,0	61,0	52,4	44,8

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 156 e 157. A análise espectral é apresentada no Gráfico 40.

Tabela 156 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora na Condição 4.

L <sub>Aeq, 30s, C4</sub> [dB]	L <sub>ASmax, C4</sub> [dB]	L <sub>NC, C4</sub> *	L <sub>10, C4</sub> [dB]	L <sub>90, C4</sub> [dB]
73,9 ± 2,2	74,8 ± 2,0	>70	74,2 ± 2,0	73,6 ± 2,2

Nota: \* Vide gráfico 40

Tabela 157 - Resultados dos NPS por faixa de frequência na Condição 4 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ [dB]	67,8	73,0	76,1	78,3	77,3	73,2	65,9	61,0	52,3	44,7
U [dB]	2,4	2,9	4,9	2,7	2,7	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0

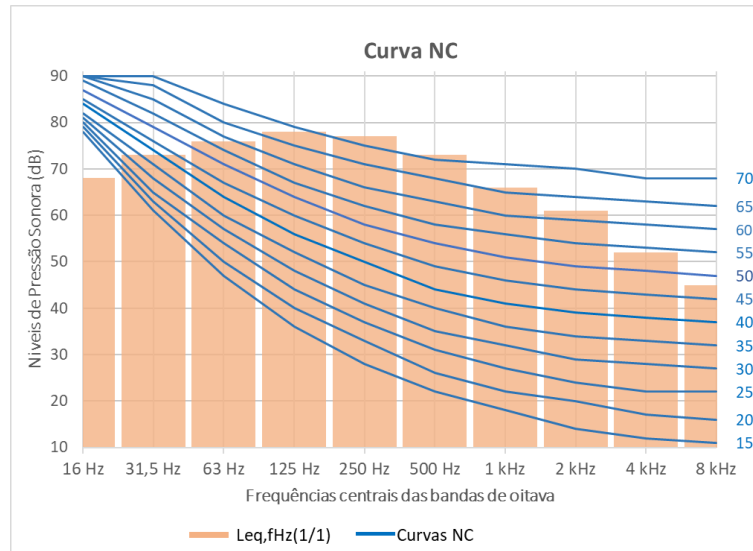


Gráfico 40 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 4. ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C4}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

### CONDIÇÃO 5: PROPAGAÇÃO SONORA DA CEG NO AMBIENTE (C5)

As medições foram realizadas em cinco pontos, distribuídos pela superfície útil da sala, no dia 05/05/2022, com início às 14:44:16 e término às 14:49:18. Os níveis medidos, em dB, com um freezer, uma incubadora BOD, duas geladeiras e o sistema de climatização central, sistema de climatização central e capela de exaustão ligados, são apresentados a seguir na Figura 50 e Tabelas 158 e 159.

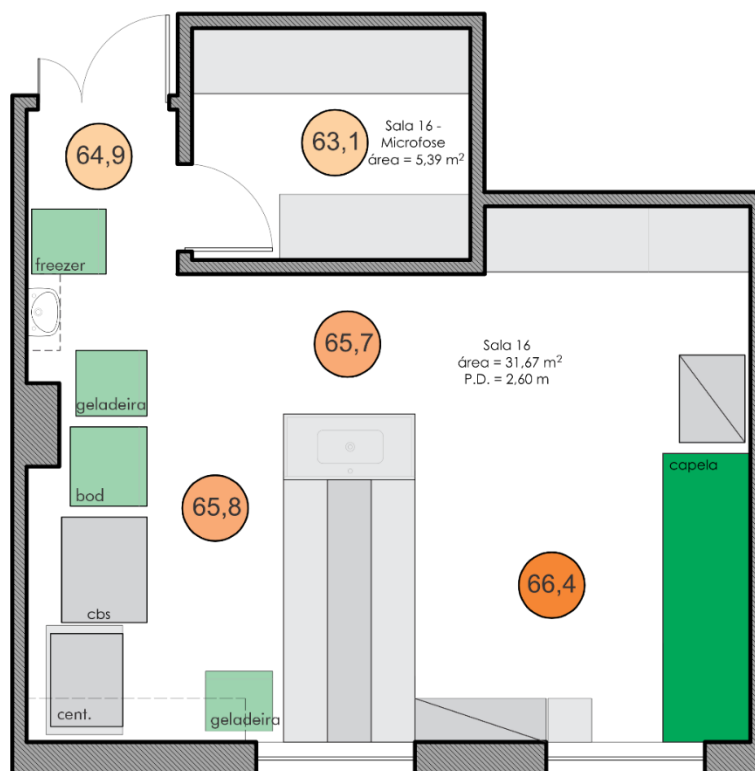


Figura 50 - Planta baixa apresentando os níveis  $L_{Aeq}$  medidos por ponto na Condição 5. Sem escala.

Tabela 158 - NPS medidos, em dB, por ponto de medição da Condição 5.

Pontos de medição	$L_{Aeq, 30s, Px\_C5}$ [dB]	$L_{ASmax, Px\_C5}$ [dB]	$L_{10, Px\_C5}$ [dB]	$L_{90, Px\_C5}$ [dB]
P1_C5	66,4	66,9	66,5	66,3
P2_C5	65,7	66,2	65,8	65,5
P3_C5	65,8	67,3	66,0	65,6
P4_C5	64,9	69,6	65,3	64,7
P5_C5	63,1	65,1	63,4	62,5

Tabela 159 - NPS medidos por faixa de frequência ( $L_{Zeq, fHz(1/1), Px\_C5}$ ), em dB, por ponto na Condição 5.

Frequência [Hz]		16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1)}$ [dB]	P1_C5	65,0	69,8	67,6	66,4	64,8	63,0	61,4	59,8	50,8	43,5
	P2_C5	58,9	64,3	68,6	65,6	63,3	62,5	60,4	59,6	51,2	44,2
	P3_C5	69,1	72,8	60,5	64,4	62,8	62,6	60,5	60,0	51,3	43,5
	P4_C5	67,9	67,3	66,5	63,8	63,3	61,8	59,2	58,6	50,8	43,4
	P5_C5	73,8	68,8	62,2	57,2	55,9	58,2	57,8	58,1	51,0	42,9

Por fim, foram calculados os descritores apresentados nas Tabelas 160 e 161. A análise espectral é apresentada no Gráfico 41.

Tabela 160 - Resultados calculados para a caracterização da emissão sonora da Condição 5.

$L_{Aeq, 30s, C5}$ [dB]	$L_{ASmax, C5}$ [dB]	$L_{NC, C5}^*$	$L_{10, C5}$ [dB]	$L_{90, C5}$ [dB]
65,3 +/- 2,3	69,6 +/- 2,5	60	66 +/- 2,3	65 +/- 2,4

Nota: \* vide gráfico 41.

Tabela 161 - Resultados dos NPS calculados por faixa de frequência da Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB.

Frequência [Hz]	16,0	31,5	63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ [dB]	69,3	69,5	66,1	64,4	62,8	61,9	60,0	59,3	51,0	43,5
$U$ [dB]	5,3	3,5	3,7	3,8	3,7	2,7	2,4	2,1	2,0	2,0

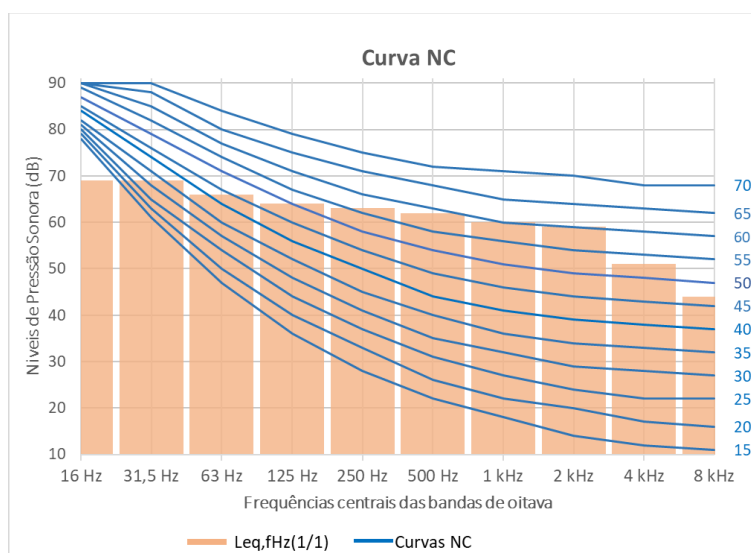


Gráfico 41 - Análise espectral dos NPS medidos por bandas de frequência de 1/1 de oitava na Condição 5 ( $L_{Zeq, fHz(1/1), C5}$ ), em dB, e os níveis correspondentes às Curvas NC.

## 5.4.2. SIMULAÇÃO ACÚSTICA

### a. SALA 11A

Foram modelados diretamente no software SoundPlan 8.2, a geometria e materialidade do ambiente, equipamentos, mobiliário e receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 51).



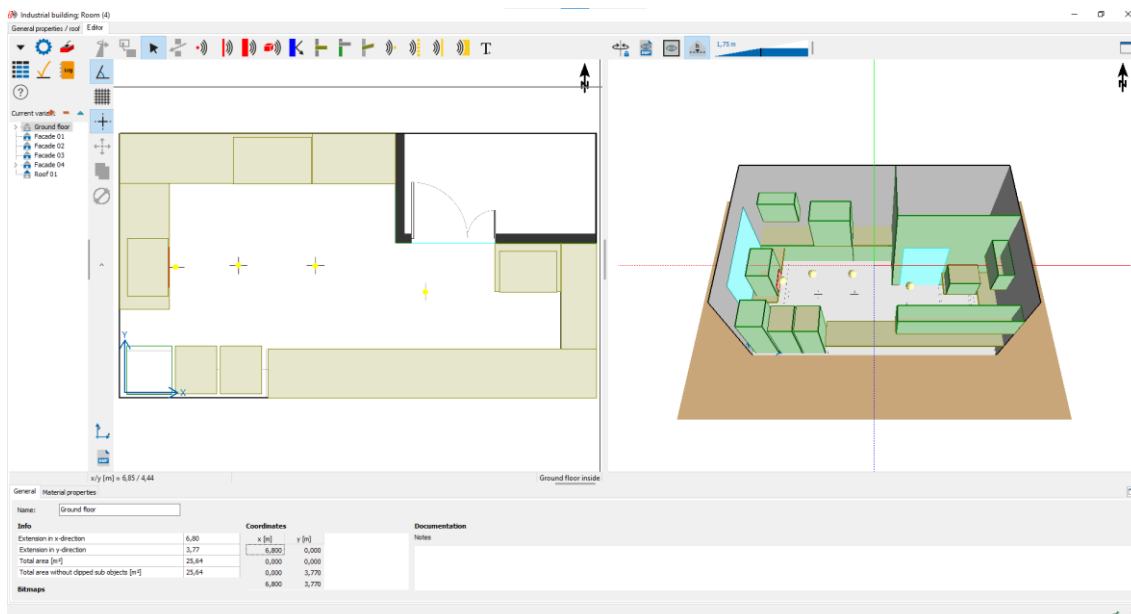


Figura 51 - Modelagem da Sala 11 do CBAS no software SoundPlan.

Para a determinação do espectro da potência sonora da CEG (Tabela 162), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância  $D=0,10$  m e atribuída como LW/UNIT.

Tabela 162 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na Sala 11, CBAS.

Fonte Sonora	$L_w$ [dB(A)]	$L_w, f_{Hz}(1/1)$ [dB(A)]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CEG	56,9	35,7	52,9	46,3	49,7	48,2	47,4	44	38,7

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico ( $L_{eq}$ ), matriz do mapa (0,5m).

### CONDIÇÃO 1: CEG

A Tabela 163 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 1 com a CEG em funcionamento, considerando o espectro sonoro da fonte e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,2 a 0,9 dB entre eles, na média de 0,5 dB.

Tabela 163 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 11 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	57,4	57,6	0,2
P2	57,5	56,6	0,9
P3	57,4	56,9	0,5

**b. SALA 10B**

Foram modelados diretamente no software SoundPlan 8.2, a geometria e materialidade do ambiente, equipamentos, mobiliário e receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 52).

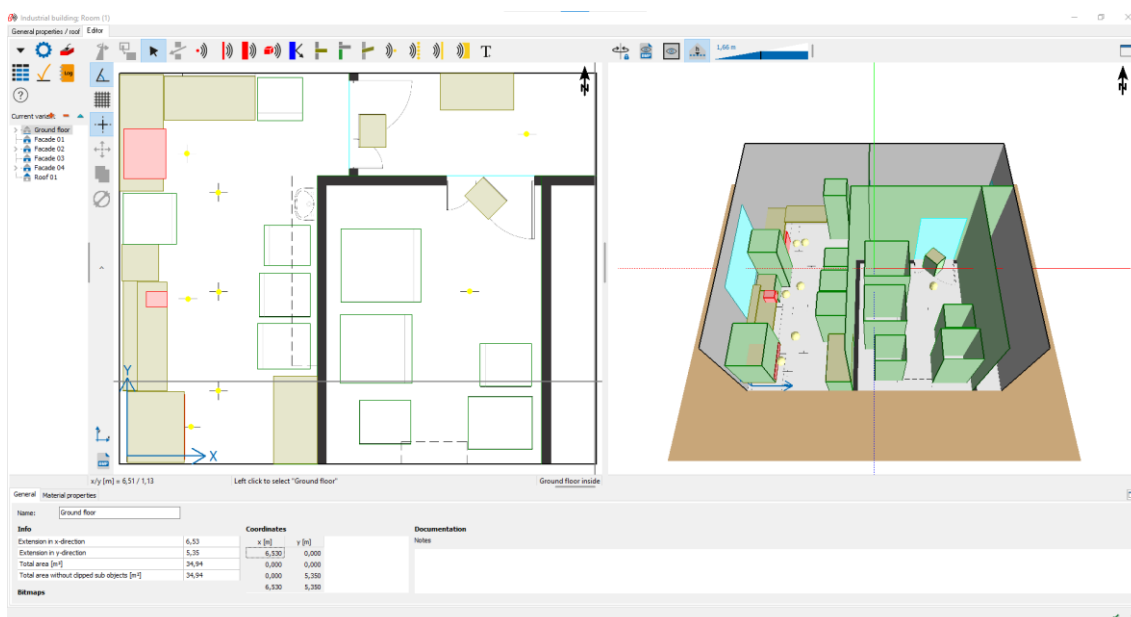


Figura 52 - Modelagem da Sala 10 do CBAS no software SoundPlan.

Para a determinação do espectro da potência sonora da CSB (Tabela 164), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância D=0,10 m e atribuída como LW/UNIT. Para a Incubadora com agitação orbital (*shaker*) e a Centrífuga os resultados foram atribuídos como LW/M<sup>2</sup>, cujas distâncias de medição foram de 0,30 m.

Tabela 164 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 10, CBAS.

Fonte Sonora	L <sub>w</sub> [dB(A)]	L <sub>w, fHz(1/1)</sub> [dB(A)]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Shaker	68,3	39,9	42,6	48,8	57,0	61,0	65,9	58,5	54,1
Centrífuga	68,8	35,8	39,0	51,2	57,3	61,6	65,2	62,1	57,2
CSB	56,1	37	45,8	44,1	48,3	51,6	49,3	45,7	36,3

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico (Leq), matriz do mapa (0,5m).

### CONDIÇÃO 1: TODOS OS EQUIPAMENTOS

A Tabela 165 compara os valores de NPS simulados e medidos na Condição 1 com Incubadora com agitação orbital (shaker), centrífuga e CSB em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,0 a 2,0 dB entre eles, na média de 1,2 dB.

Tabela 165 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 10 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P1	71,6	69,6	2,0
P2	71,9	70,2	1,7
P3	69,9	69,9	0,0
P4	68,2	*	-
P5	70,1	*	-

Nota: \* Receptores sem contribuição das fontes de ruído em avaliação devido ao elevado ruído do ar-condicionado portátil.

### CONDIÇÃO 2: INCUBADORA COM AGITAÇÃO ORBITAL (SHAKER)

A Tabela 166 compara os valores de NPS simulados e medidos por ponto de medição na Condição 2 com apenas a Incubadora com agitação orbital (shaker) em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 166 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 2 da Sala 10 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>Shaker, (D=0,30 m)</sub>	70,7	69,8	0,9

### CONDIÇÃO 3: CENTRÍFUGA

A Tabela 167 compara os valores de NPS simulados e medidos por ponto de medição na Condição 3 com apenas a centrífuga em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 167 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 3 da Sala 10 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>Centrifuga</sub> , (D=0,30 m)	71,3	70,5	0,8

#### CONDIÇÃO 4: CSB

A Tabela 168 compara os valores de NPS simulados e medidos por ponto de medição na Condição 4 com apenas a centrífuga em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 168 - Comparação entre NPS simulados e medidos na Condição 4 da Sala 10 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CSB</sub> , (D=0,10 m)	68,1	64,5	3,6

#### c. SALA 16

Foram modelados diretamente no software SoundPlan 8.2, a geometria e materialidade do ambiente, equipamentos, mobiliário e receptores, cujas posições e alturas correspondem às dos pontos de medições previamente definidos *in loco* (Figura 53).

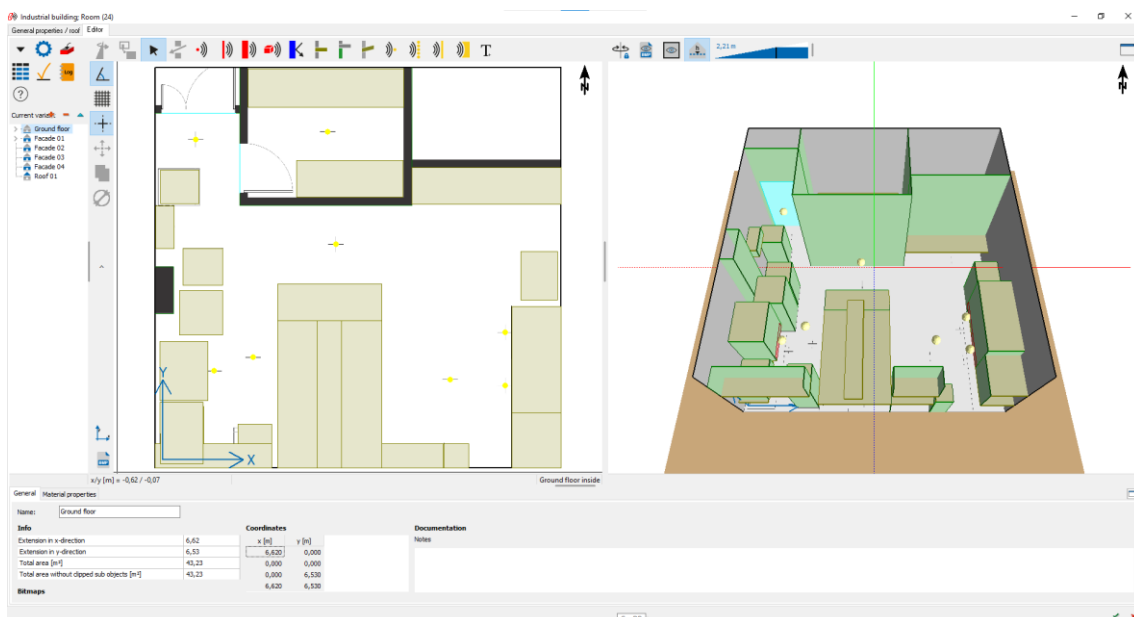


Figura 53 - Modelagem da Sala 16 do CBAS no software SoundPlan.

Para a determinação do espectro da potência sonora da CEG (Tabela 169), converteu-se o NPS medido por bandas de oitava (1/1), para uma fonte pontual semiesférica, medida a uma distância D=0,10 m e atribuída como LW/UNIT.

Tabela 169 – Potência Sonora caracterizada para cada equipamento avaliado na sala 16, CBAS.

Fonte Sonora	L <sub>w</sub> [dB(A)]	L <sub>w</sub> , fHz(1/1) [dB(A)]							
		63,0	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CSB	60,5	44,1	45,8	45,8	53,7	56,2	54,7	48	38,4
CEG	62	38,0	50,2	56,7	58	53,9	50,3	41,4	31,7

Posteriormente, no modelo de cálculo baseado nos métodos de traçado de raios “*Sound Particle Diffraction*”, foram determinadas as configurações do mapa de ruído, como: altura acima do piso (1,4m), número máximo de reflexões acústicas (1000), diâmetro dos receptores (0,50m), descritor acústico (Leq), matriz do mapa (0,5m).

### CONDIÇÃO 1: CSB

A Tabela 170 compara os valores de NPS simulados e medidos por ponto de medição na Condição 1 com a CSB em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,0 a 2,6 dB entre eles, na média de 0,7 dB.

Tabela 170 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 16 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CSB, (D=0,10 m)</sub>	72,5	69,9	2,6
P1	65,4	65,6	0,2
P2	65,6	65,6	0,0
P3	66,1	66,3	0,2
P4	64,7	64,6	0,1
P5	64,4	63,5	0,9

### CONDIÇÃO 2: CEG

A Tabela 6 compara os valores de NPS simulados e medidos por ponto de medição na Condição 2 com a CEG em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente. Os resultados encontrados se aproximam dos níveis medidos na mesma condição, com uma diferença de 0,3 a 2,6 dB entre eles, na média de 1,2 dB.

Tabela 171 - NPS simulados na Condição 2 da Sala 16 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (medido) [dB]	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]	Diferença
P <sub>CEG 1, (D=0,10 m)</sub>	74,4	71,8	2,6
P <sub>CEG 2, (D=0,10 m)</sub>	73,4	71,2	2,2
P1	66,4	65,8	0,6
P2	65,7	66	0,3
P3	65,8	66,3	0,5
P4	64,9	65,4	0,5
P5	63,1	65,1	2,0

### CONDIÇÃO 3: TODOS OS EQUIPAMENTOS

A Tabela 172 apresenta os resultados de NPS simulados na Condição 3 com a CEG e CSB em funcionamento, considerando o espectro sonoro das fontes e ruído de fundo determinado pelas medições apresentadas anteriormente.

Tabela 172 - NPS simulados na Condição 1 da Sala 10 do CBAS.

Pontos de medição	L <sub>Aeq, Px</sub> (simulado) [dB]
P1	66,3
P2	66,4
P3	67,1
P4	65,7
P5	65,2

### 5.4.3. ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS POSSIVELMENTE OTOTÓXICAS

Não foram encontradas substâncias possivelmente ototóxicas no CBAS.

## 5.5. SÍNTESE DOS RESULTADOS

As Tabelas 173, 174 e 175 apresentam as sínteses dos resultados no Laboratório CCFF, CLIOC e CBAS, respectivamente.

Tabela 173 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CCFF com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017

Ambientes	Níveis Medidos e Calculados			ABNT NBR 10.152:2017		
	L <sub>Aeq,T</sub> [dB]	L <sub>ASmax</sub> [dB]	L <sub>NC</sub>	RL <sub>Aeq</sub> [dB]	RL <sub>ASmax</sub> [dB]	RL <sub>NC</sub>
<b>Sala 525</b>						
C1. Propagação sonora das geladeiras e freezers no ambiente	55,4	61,6	50	45	50	40
C2. Propagação sonora das incubadoras B.O.D. no ambiente	56,3	65,1	55			
C3. Propagação sonora dos equipamentos de ar-condicionado no ambiente	59,8	67,8	55			
C4.1. Propagação da emissão sonora das CSBs no ambiente	59,0	66,0	55			
C4.2. Emissão sonora da CBS1	70,3	71,7	70			
C4.3. Emissão sonora da CBS2	68,2	68,9	70			
C4.4. Emissão sonora da CBS3	69,8	70,3	70			
C5.1. Ruído de Fundo - 1º dia de medição	55	60	50			
C5.2. Ruído de Fundo - 2º dia de medição	53,7	60,6	50			
C5.3. Ruído de Fundo - 3º dia de medição	55	60,5	50			

Tabela 174 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CLIOC com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017

Ambientes	Níveis Medidos e Calculados			ABNT NBR 10.152:2017		
	L <sub>Aeq,T</sub> [dB]	L <sub>ASmax</sub> [dB]	L <sub>NC</sub>	RL <sub>Aeq</sub> [dB]	RL <sub>ASmax</sub> [dB]	RL <sub>NC</sub>
<b>Sala 116</b>						
C1. Emissão sonora da Incubadora de CO <sub>2</sub>	56,8	60,6	70	45	50	40
C2. Emissão sonora da Incubadora B.O.D.	57,0	59,4	55			
C3. Emissão sonora da CBS 1	71,8	72,4	70			
C4. Emissão sonora da CBS 2	73,4	74,0	70			
C5. Emissão sonora da CBS 3	72,4	72,7	70			
C6. Emissão sonora da Centrífuga	68,5	69,1	65			
C7. Propagação sonora da cabine de CO <sub>2</sub> , BOD e CBSs no ambiente	64,7	68,3	60			
C8. Ruído de Fundo	41,5	60,8	45			

<b>Sala 509b</b>						
C1. Emissão sonora da máquina de PCR em Tempo Real	63,8	64,2	65	45	50	40
C2. Emissão sonora da centrífuga refrigerada de bancada	62,3	63,4	65			
C3. Emissão sonora da CEG	80,5	81,7	>70	45	50	40
C4. Propagação sonora da máquina de PCR em tempo real no ambiente	57,0	58,2	55			
C5. Propagação sonora da centrífuga no ambiente	57,9	65,6	55			
C6. Propagação sonora da CEG no ambiente	67,7	69,0	65			
C7.1. Ruído de Fundo e sistema AVAC – 1º dia de medição	56,1	62,0	50			
C7.2. Ruído de Fundo e sistema AVAC – 2º dia de medição	48,6	55,6	45			
C8. Ruído de Fundo	55,2	59,6	55			

Tabela 175 – Comparação entres os resultados das medições de NPS na CBAS com os valores de referência apresentados na norma ABNT NBR 10.152:2017

<b>Ambientes</b>	<b>Níveis Medidos e Calculados</b>			<b>ABNT NBR 10.152:2017</b>		
	<b>L<sub>Aeq,T</sub></b> [dB]	<b>L<sub>ASmax</sub></b> [dB]	<b>L<sub>NC</sub></b>	<b>RL<sub>Aeq</sub></b> [dB]	<b>RL<sub>ASmax</sub></b> [dB]	<b>RL<sub>NC</sub></b>
<b>Sala 10b</b>						
C1. Propagação sonora da Incubadora ( <i>shaker</i> ), centrífuga e CBS no ambiente	70,5	73,2	70	45	50	40
C2. Emissão sonora da Incubadora com agitação orbital ( <i>shaker</i> )	70,7	71,9	70			
C3. Emissão sonora da Centrífuga	71,3	72,1	70			
C4. Emissão sonora da CBS	68,1	68,4	65			
C5. Ruído de Fundo	66,7	71,6	65			
<b>Sala 11a</b>						
C1. Emissão sonora da CEG	68,5	68,9	>70	45	50	40
C2. Propagação sonora da CEG no ambiente	57,4	63 d	55			
C3. Ruído de Fundo	52,2	56,8	50			
<b>Sala 16</b>						
C1.1. Ruído de Fundo – 1º dia de medição	64,7	68,8	65	45	50	40
C1.2. Ruído de Fundo – 2º dia de medição	64,3	67,9	60			
C2. Propagação sonora da CBS no ambiente	65,3	67,4	65			
C3. Emissão sonora da CBS	72,5	72,8	70			
C4. Emissão sonora da CEG	73,9	74,8	>70			
C5. Propagação sonora da CEG no ambiente	65,3	69,6	60			



## Capítulo 6. DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

### 6.1. DISCUSSÕES

As atividades de trabalho em laboratórios de pesquisa microbiológica requerem exigência intelectual, boa inteligibilidade da fala e cuidados constantes com a biossegurança.

Nos laboratórios das coleções de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF), de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS) e de Leishmania (CLIOC), embora os níveis medidos se encontrem abaixo dos limites de tolerância previstos na NR 15, superam os valores recomendados pela ABNT NBR 10.152:2017, que são:  $RLA_{eq} = 45$  dB;  $RLAS_{max} = 50$  dB;  $RL_{NC} = 40$ . Tal situação explica o constante incômodo sonoro relatado pelos usuários dos ambientes.

A interferência na comunicação ocorre quando, durante a fala, os sons emitidos são mascarados por um outro ruído, reduzindo a inteligibilidade da palavra e a qualidade da comunicação, cujas frequências mais importantes estão no intervalo de 250 a 4000 Hz. Nas frequências mais altas se encontram as principais informações para diferenciar os sons. O ruído é um poderoso fator de distração e pesquisas constataram que prejudica o processamento de informações, o processamento de atenção e os processos de memória (MCLEOD et al, 2021; KELLER et al., 2017).

Além disso, o ruído de fundo, em ambiente interno, deve ser inferior a 45 dB para que a inteligibilidade da fala se aproxime de 100% (INRS,2021). Desta forma, o ruído de fundo de 45 dB(A) seria adequado em laboratórios, considerando que a 90 cm de distância a voz humana normal é cerca de 60 dB(A).

A análise do espectro do ruído em bandas de frequência de 1/1 oitava, a partir das medições de NPS realizadas nas áreas objeto de estudo, permitiu identificar que os níveis sonoros nas frequências de 16 a 250 Hz são mais elevados. Todavia, em todos os ambientes os níveis sonoros superaram 50 dB, entre 250 e 2000 Hz, quando os equipamentos se encontravam em funcionamento, exceto na sala 10b da CBAS, onde os níveis sonoros por faixa de frequência foram ainda mais altos. Observa-se que neste local, a medição foi influenciada pela presença de duas unidades de ar-condicionado portáteis funcionando em substituição ao sistema de AVAC, que se encontrava em manutenção.

Pelo exposto, constata-se que, nos locais avaliados, o ruído interfere na comunicação verbal e acarreta incômodo, podendo prejudicar o desempenho de atividades e causar acidentes de trabalho.

Durante as avaliações *in loco*, nas entrevistas realizadas com trabalhadores, foi possível identificar que os equipamentos mais incômodos são: cabine de segurança biológica (CSB), capela de exaustão de gases (CEG), compressor bomba de vácuo, ultrafreezer, incubadora B.O.D., agitador magnético com aquecimento, autoclave, centrífuga, termociclador (PCR), liofilizador, incubadora com agitação orbital (*shaker*) e ar-condicionado de janela.

As medições de NPS, realizadas em 273 pontos, confirmam que a cabine de segurança biológica (CSB) menos ruidosa emite  $L_{Aeq} = 68$  dB e a mais ruidosa  $L_{Aeq} = 73,4$  dB, podendo os trabalhadores estar expostos por horas a estes níveis, dependendo da quantidade de material biológico a ser manipulado. No caso da CCFF, mesmo quem trabalha na bancada é submetido a 60 dB(A).

Identificou-se que o equipamento mais ruidoso é a capela de exaustão de gases (CEG) da CLIOC. Nas medições realizadas *in situ*, a 10 cm das CEGs localizadas na CLIOC e CBAS, foram identificados níveis sonoros de, respectivamente,  $L_{Aeq} = 80,5$  dB e  $L_{Aeq} = 67,7$  dB.

Destaca-se que embora na CBAS não tenha sido identificado o uso de substâncias possivelmente ototóxicas, na CLIOC o elevado nível sonoro emitido pela capela de exaustão de gases (CEG), poderá potencializar a ação ototóxica das diversas substâncias identificadas no Item 5.2.3, o que ressalta a importância da compra de equipamentos mais silenciosos.

Ao analisar os dados referentes aos equipamentos dos laboratórios, de um total de 113 equipamentos encontrados, foram identificados 39 tipos de equipamentos. Em seguida realizou-se pesquisa relativa aos níveis de emissão sonora junto aos fabricantes ou seus mandatários (importadores e distribuidores), bem como em *sites* e manuais de operação. Contudo, constatou-se que as informações são extremamente escassas e incompletas. Desta forma, não é possível comparar os níveis de emissão sonora informados por não estar explícita a métrica utilizada, conforme Tabela 176.

Entre os 39 tipos identificados, somente 15 apresentam alguma informação sobre emissão sonora, sendo que 9 informam que o nível sonoro foi obtido em dB e 6 em dB(A), apenas um informou tratar-se de Nível de Potência Sonora (NWS). Portanto, a maioria dos fabricantes não declara se o dado corresponde ao NPS ou NWS. Não houve qualquer informação sobre a disponibilidade de Declaração de Emissão Sonora.

Tabela 176 - Níveis de emissão sonora informados pelos fabricantes.

Classificação dos equipamentos	Nível de emissão sonora informado pelo fabricante
Autoclave	60 a 74 dB
Bomba de vácuo	48 a 54 dB(A)
Cabine de segurança de biológica	70 dB
Agitador Magnético com aquecimento	< 80 dB(A)
Liofilizador (Componente Bomba de vácuo a óleo)	55 dB
Ultrafreezer -80°C	< 85 dB(A)
Agitador Magnético	< 54 dB
Agitador Orbital	< 54 dB
Centrífuga Refrigerada	57 a 65 dB
Circulador Termostático (Termocirculador)	< 63 dB(A)
Compressor Aspirador (Bomba de Vácuo)	$L_w = 90$ dB(A)
Fonte de Eletroforese	55 dB(A)
Micro Centrífuga	60 dB a 70 dB
Termociclador (Máquina de PCR)	<63 dB
Incubadora com agitação orbital	< 54 dB

Após pesquisa sobre a legislação nacional e internacional, bem como sobre a aplicação do programa *Buy and Sell Quiet* no mundo, verificou-se que há vários bancos de dados relativos à potência sonora emitida por máquinas e equipamentos utilizados em ambientes industriais e externos. Contudo, não foram encontrados bancos de dados e *Noise Test Code* relativos à emissão sonora para a maioria dos equipamentos normalmente utilizados em laboratórios de pesquisa biomédica e de microbiologia. Somente para compressores e bombas de vácuo foi encontrada a Norma ISO 2.151:2004 Acústica - Código de ensaio de ruído para compressores e bombas de vácuo — Método de engenharia (Grau 2) (Apêndice 2).

A medição em diversos pontos permitiu mapear o ruído ambiente nas Coleções objeto de estudo e propor metodologia de avaliação do ambiente sonoro que inclui simulação numérica da propagação e da reverberação sonora, visando prever quantitativamente a eficácia das soluções propostas para controlar a exposição ao ruído. As simulações foram realizadas em diversos cenários, possibilitando identificar erros e definir critérios para corrigir-los.

Verifica-se que no Capítulo 5, Item 5.3.2, as simulações realizadas para a Sala 116 da CLIOC foram invalidadas devido à atribuição da potência sonora por unidade ( $LW/UNIT$ ) de área da saída de ar da Incubadora B.O.D. e Centrífuga refrigerada de bancada (fontes sonoras). O erro foi corrigido nas simulações das salas 10b da CBAS e 509b da CLIOC,

sendo atribuído nível de potência sonora por metro quadrado ( $LW/M^2$ ) para a superfície total da Incubadora com agitação orbital (*shaker*), Centrífugas e Máquina de PCR, procedimento que validou o método aproximativo proposto. Observa-se que tais equipamentos não apresentam abertura para área de trabalho, como as Cabines de Segurança Biológica e Capelas de Exaustão de Gases, para as quais deve-se manter a atribuição da potência sonora por unidade ( $LW/UNIT$ ) de área da saída de ar (Condições 3, 4 e 5 da Sala 116; Condição 3 da Sala 509b; Condição 1 da Sala 11a; Condição 4 da Sala 10b; e, Condições 1 e 2 da Sala 16).

A partir da publicação deste guia, pretende-se instigar fabricantes e fornecedores de equipamentos, a apresentarem dados de emissão sonora confiáveis para equipamentos de laboratório, à medida que estas informações passarem a ser exigidas nos processos de compras e licitações da Fiocruz e instituições com características similares.

Em outros países, a existência de complicados requerimentos legais relacionados ao ruído e a má qualidade de informações, dificulta o estabelecimento de uma política de compra e venda de equipamentos silenciosos.

No Brasil, a situação é ainda mais complicada, pois a implementação de um programa de gestão de compra de equipamentos mais silenciosos, esbarra na ausência de legislação que obrigue o fornecimento de declaração de emissão sonora e de Selo Ruído para equipamentos em geral. A criação de Selo Ruído para ar-condicionado de janela, geladeiras, freezers, capelas de exaustão de gases, cabines de segurança biológica, centrífugas e outros equipamentos ruidosos citados anteriormente, já auxiliaria na melhoria da qualidade acústica de laboratórios de pesquisa similares, pois estes equipamentos são comuns em laboratórios.

Nesse sentido, a continuidade das parcerias traçadas com o INMETRO e UFRJ ao longo do presente projeto e a aproximação com o IBAMA poderá contribuir para a criação do Selo Ruído para os equipamentos mais ruidosos aqui elencados.

## **6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente projeto evidenciou aspectos essenciais a serem considerados na regulamentação e processo de aquisição de equipamentos mais silenciosos pela instituição. Do mesmo modo, os critérios e ações propostas neste guia representam a primeira etapa de um processo mais amplo a ser considerado na redução dos níveis

sonoros em laboratórios, visando a melhoria da qualidade acústica nos ambientes de trabalho.

Os procedimentos de avaliação da emissão sonora dos equipamentos abordados no Capítulo 3, serviram de base para o desenvolvimento dos critérios para a validação de simulações acústicas e medições de níveis de pressão sonora em laboratórios apresentados no Capítulo 5.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que não é possível impor limitação dos níveis de emissão sonora dos equipamentos, sem que sejam consideradas as seguintes ações:

- Exigir do fabricante de máquinas, ou seu mandatário (importadores e distribuidores) o preenchimento da planilha de dados de emissão de ruído padrão, apresentada no Anexo 2 e adaptada do modelo apresentado na norma ISO 11.690:2020.
- Exigir do fabricante de máquinas, ou seu mandatário (importadores e distribuidores) parâmetros acústicos necessários para a caracterização do equipamento: nível de potência sonora ou nível de pressão sonora, claramente definidos na documentação técnica que acompanha a máquina/equipamento a ser adquirido.
- Exigir do fabricante de máquinas, ou seu mandatário (importadores e distribuidores) declaração de emissão sonora seguindo os critérios definidos pela norma ISO 4.871:1996 “Declaração e verificação de valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos”, conforme determina a Resolução Conama nº 20/1994 para eletrodomésticos.

Após a instalação do equipamento, deverá ser verificado se novo equipamento atende ao nível critério especificado, realizando-se medição do Nível de Pressão Sonora no ambiente com todos os equipamentos desligados e a nova fonte sonora em funcionamento e com todos os equipamentos desligados, inclusive a nova fonte sonora (Ruído de Fundo), conforme descrito no Item 5.2 do presente Guia.

A compra de equipamentos deverá sempre ser baseada no estabelecimento de parâmetros comparativos, priorizando-se o menor nível de emissão sonora possível no local do operador, em função do progresso técnico e da disponibilidade de medidas de redução do ruído na fonte. Também deve ser priorizada a aquisição de equipamentos com o menor nível de pressão sonora nas faixas de frequência da fala (250 a 4000Hz)

Neste contexto, a fim de proteger a saúde dos trabalhadores, considera-se que os níveis sonoros recomendados pela norma ABNT NBR 10.152:2017 (e suas atualizações), em função das atividades desenvolvidas nos ambientes de trabalho, deverão servir como critério de comparação durante a aquisição de equipamentos utilizados em laboratórios de pesquisa da Fiocruz. Para evitar os efeitos extra-auditivos do ruído e preservar a inteligibilidade da fala, o valor de referência para laboratórios é de 45 dB(A).

Caberá ao comprador, desqualificar, no processo de compras, os fornecedores cujos equipamentos se encontrarem em desconformidade com os parâmetros acústicos apresentados neste guia e não fornecerem a Planilha 2 – Declaração de emissão sonora (Anexo 2) devidamente preenchida.

No que se refere ao controle do ruído produzido por equipamentos de laboratório, destaca-se a importância da criação de uma política de Gestão do Ruído na Aquisição de Equipamentos de Laboratórios de Pesquisa Biomédica e de Microbiologia, considerando critérios de qualidade acústica e limites de emissão sonora (com referência na NBR 10152:2017), aqui abordados, a serem adotados pelos gestores, arquitetos, engenheiros e responsáveis pela especificação e compra de equipamentos para laboratórios de pesquisa em saúde na Fiocruz, objetivando a redução de ruído a médio e longo prazo.

É importante ter em conta que mesmo comprando o equipamento mais silencioso disponível no mercado, medidas de tratamento acústico adicionais no ambiente de trabalho podem ser necessárias. O ambiente deverá passar por uma análise acústica realizada *in loco* e através de simulações com *software* de acústica previsional, observados os **critérios para a simulação de soluções de acústica arquitetônica** definidos no Capítulo 5. A presença de equipamentos ruidosos com uso simultâneo, operações prolongadas com permanência de operadores, frequência de uso, ou proximidade entre o laboratório e outros ambientes sensíveis ao ruído (sala de aula, sala de reuniões, escritórios etc.), são aspectos que devem ser observados na implementação de medidas de condicionamento acústico do ambiente de trabalho.

Cabe destacar que, em laboratórios, o uso de equipamentos mais silenciosos é o melhor meio de reduzir a exposição sonora, pois o emprego de materiais absorventes acústicos é limitado em função do nível de biossegurança requerido, tendo em vista a necessidade de se especificar materiais de fácil desinfecção e limpeza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10.151:2019. Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral.

\_\_\_\_\_. NBR 10152:2017. Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Versão corrigida em 2020.

\_\_\_\_\_. NBR 6492:2021. Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos - Requisitos.

ANSI/ASA S12.60-2010. Acoustical Society of America. ANSI-ASA\_S12.60- Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools. Disponível em: [https:// successforkidswithhearingloss.com/wp-content/uploads/2012/01/](https://successforkidswithhearingloss.com/wp-content/uploads/2012/01/). Acesso: 17/12/2021

BERANECK, L. Noise and Vibration Control. New York, Mac Graw Book Company. 1971.

BERENDT, R.; CORLISS, E L. "Quieting: A Pratical Guide to Noise Control". Washington, National Bureau of Standards. 1976.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Subsídios para construção da Política Nacional de Saúde Ambiental / Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009. 55 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. RESOLUÇÃO-RDC Nº 50, DE 21 DE FEVEREIRO DE 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Previdência. Brasil. Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) – Atividades e Operações Insalubres. 2022.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Brasil. Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17) – Ergonomia. 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Norma Regulamentadora nº 9 (NR 9) - Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos. Atualizada em 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Norma Regulamentadora nº 32 (NR 32) - Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde. Atualizada em 2022

\_\_\_\_\_. Senado Federal, Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento - Agenda 21. Brasília, Subsecretaria de Edições Técnicas. 1996

BRERETON, P.; PATEL, J. & WU, T. How to make Sell and Buy Quit (SBQ) a reality in Britain. In Proceedings of Internoise. 2021.

CAMPOS, C e SANTOS. P. Exposição combinada: Ruído e Substâncias Ototóxicas. Simpósio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacional. Guimarães; Portugal, 2011.

CANETTO, P. Techniques de réduction du bruit en entreprise. Quelles solutions, comment choisir. Institute National de Recherche et de Sécurité -INRS. Ed. 962. France, 2006.

CDC - Centers for Disease Control and Prevention. "Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories". U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service. National Institutes of Health. 6th Edition, 2020.

Comissão Europeia. "Guia indicativo de boas práticas para a aplicação da Directiva 2003/10/CE 'Ruído no Trabalho'". Luxemburgo, 2007.

\_\_\_\_\_. Directive 2000/14/EC of the European Parliament and the Council of 8 May 2000 on the approximation of laws of the Member States relating to the noise emission in the environment for use outdoors. Official journal of the European Union, L 162, 1-78, 2000.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA nº 2, de 8 de março de 1990. Publicada no DOU nº 63, de 2 de abril de 1990, Seção 1, p. 6408.

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO CONAMA nº 20, de 7 de dezembro de 1994. Publicada no DOU no 248, de 30 de dezembro de 1994, Seção 1, página 21344.

DAVIS, R. R.; CLAVIER, O. Impulsive noise: A brief review. Hearing Research. Volume 349, June 2017, Pages 34-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2016.10.020>.

EURO OSHA- European Agency for Safety and Health at Work - EU OSHA. RISK OBSERVATORY. "Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health". Luxembourg, 2005a.

\_\_\_\_\_. O impacto do ruído no trabalho. Factsheet 57. 11/04/2005b. Disponível em: <<https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/factsheets/57/view>>. Acesso em: 19/07/2022.

\_\_\_\_\_. Combined Exposure to Noise and Ototoxic Substances. 2009. Disponível em : <https://osha.europa.eu/en/publications/combined-exposure-noise-and-ototoxic-substances>. Acesso em 19/07/2022.



FRANCE, Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social. Direction générale du travail. Guide destiné aux fabricants de machines. Édition 2016.

GIERKE, H. E.V.; KENNETH, M. E. Effects of noise on people. *Noise/News International*, p. 67-89, Jun 1993.

HEISTERKAMP, F. et al. "Sell and Buy Quiet - the extended concept to reduce noise (at work and at home)". In: *Proceedings of Internoise*, 2021.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Selo Ruído. Atualizado em 2021. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/autorizacoes/selo-ruído/sobre-selo-ruído>. Acesso em 12/01/2022.

INRS - Institute National de Recherche et de Sécurité. (2005). Bruit et agents ototoxiques. In: *Le point des connaissances sur ED 5028*, 2005.

\_\_\_\_\_. *Traitement acoustique des locaux de travail*. Ed. 6103, 2011

\_\_\_\_\_. *Création de lieux de travail. 10 points clés pour un projet réussi une démarche intégrant la santé et la sécurité*. L'Assurance Maladie et al. *Risques professionnels*. Ed. 6096. France, 2014.

\_\_\_\_\_. *Traitement acoustique des locaux lieux de travail*. Ed. 6103. France, 2019.

\_\_\_\_\_. "Conception des lieux et des situations de travail. Santé et sécurité: démarche, méthodes et connaissances techniques". Ed. 950, 2021.

IOC - Instituto Oswaldo Cruz. Coleção de Culturas de Fungos Filamentosos (CCFF), Coleção de Leishmania (CLIOC), Coleção de Bactérias do Ambiente e Saúde (CBAS). Disponível em: [www.ioc.fiocruz.br](http://www.ioc.fiocruz.br). Acesso em: 27/07/2022.

ISO 4871:1996 Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment.

ISO 2151:2004 Acústica - Código de ensaio de ruído para compressores e bombas de vácuo — Método de engenharia (Grau 2).

ISO 3746:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane.

ISO 3747:2010 Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment.

ISO 11202:2010 Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment -- Determination of emission sound pressure levels at a workstation and at other specified positions applying approximate environmental corrections.

ISO 11690-1:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 1: Noise control strategies; ISO 11690-2:2020 Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 2: Noise control measures.

KELLER, Sandra et al. Effects of noise on communication and concentration during surgeries: the moderating role of experience and task. In: 12th IC BEN Congress on Noise as a Public Health Problem. 2017.

MARTINS, P. Infraestrutura de Laboratórios. In: Biossegurança em foco. Organizadores: Christian Robson de Souza Reis e Evania Freires Galindo. Ministério da Saúde. Fiocruz, Pernambuco, 2020.

MCLEOD, R. W. J. et al. The impact of noise in the operating theatre: a review of the evidence. The Annals of The Royal College of Surgeons of England, v. 103, n. 2, p. 83-87, 2021.

MILLER, J. D. Effects of noise on people. Journal of Acoustical Society of America, v. 56, p. 112-144, 1974.

MUZET, A. Les effets du bruit sur le sommeil. In: Acoustique & Techniques. Dossier: Spécial bruit et santé, n.28, p.13-19, 2002.

McNAY, G. Laboratory Acoustics. Lab Manager Magazine. Communicating Science. Vol.6. N.9. p.38-44, 2011. Disponível em: <https://www.labmanager.com/lab-design-and-furnishings/laboratory-acoustics-17978>. Acesso em 26/01/2022.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health, 2022. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2018-124/2018-124port.html>.

OMS - Organização Mundial de Saúde, Communité Noise. Stockholm, Center for Sensory Research, p.195. 1995.

\_\_\_\_\_. Noise Sources. pp 101-121. In: Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control. Edited by GOELZER, B.; HANSEN, C. H.; SEHRNDT, G. A. Special Report S 64. Document published on behalf of the World Health Organization, p. 334. 2001. Disponível em: [http://www.who.int/occupational\\_health/publications/occupnoise/en/>](http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/>). Acesso em: 25/03/2022.

\_\_\_\_\_. Manual de Segurança Biológica em Laboratório. 3a Ed. Genebra, 2004.

\_\_\_\_\_. Manuel de Sécurité Biologique pour les Laboratoires de la Tuberculose. Luxembourg, 2013.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. Laboratory Safety Noise. OSHA FactSheet. Disponível em: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHAfactsheet-laboratory-safety-noise.pdf>. 2011. Acesso em 27/01/2022.

PROBST, Wolfgang. Checking of Sound Emission Values, Editora Desenvolvimento Econômico. NW, Verlag für Neue Wiss, Edição 851 de Série de publicações do Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional / Pesquisa: Pesquisa, Instituto Federal de Segurança e Saúde Ocupacional, 102 p., 1999.

RODRIGUES, N., M. Metodologia para definição de estratégia de avaliação e controle de ruído ocupacional. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia, 2009.

SHAW, E. A.G. “Noise pollution - What can be done?” In: Physics today, pp. 12-22, 1975.

TEIXEIRA, Liliane. R. et al. WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of exposure to occupational noise and of the effect of exposure to occupational noise on cardiovascular disease. Environment International. 2019. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.040>.

TEIXEIRA, Liliane R. et al. The prevalence of occupational exposure to noise: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environment international, v. 154, p. 106380, 2021.

TOMOZEI, C. et al. Noise Sources Characterization Inside and Outside a Factory. Environmental Engineering and Management Journal 11, 3, 701-708, 2012.

VYSCOCIL, A, TRUCHON, G, LEROUX, T, LEMAY, F, GENDRON, M, GAGNON, F, EL MAJIDI, N, BOUDJERIDA, A, LIM, S, EMOND, C and VIAU, C. A weight of evidence approach for the assessment of the ototoxic potential of industrial chemicals Toxicology and Industrial Health, 28(9) 796–819, 2012.

## APÊNDICE 1

FICHA DE ANÁLISE DO PROCESSO DE TRABALHO E AMBIENTE SONORO	
<b>Unidade:</b>	<b>Setor:</b>
<b>Prédio:</b>	<b>Andar/sala:</b>
<b>Data:</b>	<b>Hora:</b>
<b>Equipe de avaliação:</b>	
<b>Contato:</b>	
<b>E-mail:</b>	<b>Telefone:</b>
<b>Quantidade trabalhadores:</b>	
<b>Quantidade por:</b>	
- Gênero:	_____ Masculino; _____ feminino.
- Faixas Etárias:	_____ 18 a 35 anos; _____ 36 a 45 anos; _____ 46 a 55 anos; _____ acima de 55 anos.
<b>Funções:</b>	
<b>Substâncias Ototóxicas</b>	
<b>Trabalha com alguma(s) substância química?</b>	
	Não trabalho com substâncias químicas.
Dissulfeto de carbono	Cianeto de hidrogênio e seus sais
N-hexano	3-butano nitrila
Tolueno	Cis-2-pentenitrilo
Xileno	Acrilonitrila
Etilbenzeno	Cis-crotonitrila
N- propilbenzeno	3,3'iminodipropionitrilo
Estireno	Compostos de Mercúrio
Metilestireno	Chumbo
Tricloroetileno	Dióxido de germânio
Monóxido de Carbono	Compostos orgânicos de estanho
	Outros. Quais?

<b>Características do Ambiente Sonoro</b>	
<b>Há atividades muito ruidosas em estações de trabalho vizinhas?</b>	
<b>Encontrada alguma destas situações?</b>	
Passagem de veículos	Aparelhos de som
Fluxo / comunicação de pessoas	Operações com ar comprimido
Sistema de ar-condicionado. Qual tipo (Split, janela, central)?	
Uso de máquinas e ferramentas muito ruidosas. Qual?	
Impactos intensos. Qual tipo?	
Outro. Qual?	
<b>Existem operações muito barulhentas durante fases particulares?</b>	
No início do turno	No final do turno
Durante ajustes, fases de alimentação	Durante as fases de limpeza
Durante as atividades de inicialização e desligamento ou de produção	
Outro. Qual?	
<b>Descrição dos equipamentos e fontes sonoras:</b>	
<b>Descrição do Trabalho/Atividade/Tarefa</b>	
<b>Dados de Medição:</b>	
<b>Norma de Referência:</b>	<b>Umidade Relativa do Ar:</b>
<b>Nome do arquivo (Prefixo):</b>	<b>Temperatura:</b>
<b>Duração por ponto:</b>	
<b>Quantidade de pontos:</b>	



## APÊNDICE 2

### Inventário de Normas para elaboração de declaração de emissão ruído e de códigos de teste de ruído de máquinas e equipamentos

#### Normas Gerais

**ISO 4.871:1996** Acústica — Declaração e verificação dos valores de emissão de ruído de máquinas e equipamentos

**ISO 7.574-1:1985** Acústica — Métodos estatísticos para determinar e verificar valores declarados de emissão de ruído de máquinas e equipamentos — Parte 1: Considerações e definições gerais

Parte 2: Métodos para valores declarados para máquinas individuais.

Parte 3: Método simples (transição) para valores declarados para lotes de máquinas.

Parte 4: Métodos para valores declarados para lotes de máquinas.

**ISO 9295:2015** - Acústica — Determinação de níveis de potência sonora de alta frequência emitidos por máquinas e equipamentos

**ISO 12.001:1996** - Acústica — Ruído emitido por máquinas e equipamentos — Regras para a elaboração e apresentação de um código de ensaio de ruído.

**ISO 13.261-2:1998** - Classificação de potência sonora do ar-condicionado e equipamento de bomba de calor fonte de ar — Parte 2: Equipamento interno não canalizado.

**ISO 11.689:1996** - Acústica - Procedimento para a comparação de dados de emissão de ruído por máquinas e equipamentos.

#### Códigos de teste de ruído para equipamentos de laboratório

**ISO 2151:2004 Acústica** - Código de ensaio de ruído para compressores e bombas de vácuo — Método de engenharia (Grau 2)

# ANEXO 1

**Planilha 1 - Exemplo de descrição de ruído de um local de trabalho**

A) Lista de postos de trabalho				
Posto de trabalho no (P1, P2 etc.)	Descrição do posto de trabalho (tarefa, função de trabalho, operação da máquina, processo etc.)	Nº da máquina (Nº de C)	Valores de imissão de ruído	Valores adicionais (por exemplo, LpC,peak, DLI)
1				
2				
3				
...				
B) Lista de pessoas				
Pessoa Nº		Posto de trabalho: (P=1,2,3 etc) Duração	Estação de trabalho 2a (Nº de A) Duração	Valores de exposição ao ruído
1				
2				
3				
...				
C) Lista de equipamentos / máquinas				
Nº da máquina	Descrição da máquina	Nível de potência sonora	Nível de pressão sonora de emissão	Condição operacional
1				
2				
3				
...				
<b>Mais colunas podem ser adicionadas se houver mais estações de trabalho.</b>				

Valores em decibel

Fonte: ISO 11690:2020 - Parte1



## ANEXO 2

### Planilha 2 - Declaração de Emissão Sonora

1 Equipamento										
1.1	Tipo:	1.6	Parâmetros do equipamento relacionados ao ruído:							
1.2	Modelo:		Potência elétrica nominal:							
1.3	Fabricante:		Potência mecânica nominal:							
1.4	Nº da máquina:		Velocidade nominal:							
1.5	Ano de fabricação:		Velocidade máxima: Outros:							
2 Valores medidos de emissão de ruído em laboratório de metrologia de acordo com a Norma ISO aplicável										
Nível de Potência Sonora $L_{WA}$ (dB, ref. 1 p W) em bandas de oitava para condições de operação de acordo com a ISO aplicável.										
$f$ em Hz		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_W$										
2.1	Nível de Potência Sonora Global $L_{WA}$ :									
2.2	Informações sobre as condições de medições do Nível de Potência Sonora									
.....										
.....										
.....										
2.3	Informações sobre as condições operacionais de acordo com a norma ISO aplicável									
.....										
.....										
.....										
3 Redução de ruído										
3.1	As medidas de redução de ruído estão incluídas no projeto da máquina? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>									
Se sim, quais medidas de redução de ruído foram aplicadas?										
.....										
.....										
.....										
3.2	Existe uma versão de menor emissão de ruído para este modelo de máquina?					Sim <input type="checkbox"/>		Não <input type="checkbox"/>		
Em caso afirmativo, qual redução de ruído foi alcançada? ..... dB										
		Sem carga		Carga		Uso planejado				
Redução de $L_{WA}$		dB		dB		dB				
4 Valores declarados: número único <input type="checkbox"/> (4.1) ou número duplo (4.2) <input type="checkbox"/>										
		Sem carga		Carga		Uso planejado				
4.1	Valor declarado de emissão de ruído de número único									
4.2	Nível de potência sonora, $L_{WA,d}$		dB		dB		dB			
4.3	Valor declarado de emissão de ruído de número duplo									
4.4	Nível de potência sonora, $L_{WA}$		dB		dB		dB			
		Incerteza, $K_{WA}$		dB		dB		dB		

Adaptada da ISO:11.690:2020 - Parte 1.