

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO PARA MUDANÇA DE CONCEITO NA FABRICAÇÃO DE SECADOR DE
CABELO, COM FOCO NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS.

por

Raul Mondadori.

Dissertação para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Porto Alegre, 26 de março de 2009.

PROJETO PARA MUDANÇA DE CONCEITO NA FABRICAÇÃO DE SECADOR DE
CABELO, COM FOCO NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS.

por

Raul Mondadori

Engenheiro Mecânico

Dissertação submetida ao corpo Docente do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de

Mestre em Engenharia
Área de concentração: Mecânica dos sólidos
Orientador: Prof. Dr. Alberto Tamagna
Comissão de avaliação:

Prof. Dra. Letícia Fleck Fadel Miguel (Promec/Ufrgs)

Prof. Dr. Tiago Becker (Ulbra))

Prof. Dr. Sergio Viçosa Möller (Promec/Ufrgs)

Prof. Dr. Horácio Antônio Vielmo.
Coordenador do PROMEC

Porto Alegre, 26 de março de 2009.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Raul Mondadori Filho pela compreensão e paciência nos meus momentos de ausência quando do desenvolvimento deste trabalho.

Dedico os louros deste trabalho ao meu pai Raymundo Mondadori e gostaria que ele estivesse ainda junto a nós para acompanhar mais esta etapa concluída.

PENSAMENTOS

“A imaginação é mais importante do que o conhecimento”.
Albert Einstein.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.
Albert Einstein.

“Com o conhecimento vou de A para B, com a imaginação vou a qualquer lugar do mundo”.
Albert Einstein.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Alberto Tamagna pelo incentivo, amizade desenvolvida, confiança depositada, disposição na transmissão de seus sábios conhecimentos e pelo crescimento profissional desse pesquisador.

A professora Dra. Letícia Fleck Fadel Miguel pela dedicação, paciência, colaboração naquelas, tantas, horas disponibilizadas em preciosos momentos de debates, discussões e pensamentos.

Ao professor Dr. Ignacio Iturrioz pela incansável atenção, dedicação, apoio e acreditação.

Ao professor Dr. Jun Sérgio Ono Fonseca pela inestimável ajuda nos momentos de pouco saber.

Ao professor Dr. Rogério Marczak pela demonstração sempre elegante de amizade e companheirismo.

Ao Professor Dr. Sergio Viçosa Möller por ter tão gentilmente oferecido e acolhido esse pesquisador nas dependências de seu laboratório para o desenvolvimento das pesquisas de fluxo de massa.

Ao amigo Dr. Alexandre Molter pelo companheirismo desenvolvido em muitos momentos difíceis da realização deste trabalho.

Ao amigo professor M.Sc. Carlos A. K. Thomas pela atenção e apoio incondicional nas boas trocas de idéias.

Ao amigo professor Dr. Tiago Becker pela paciência e disponibilidade nos momentos de dificuldade.

Ao amigo Dr. Jhon Nero Vaz Goulart pela incansável dedicação na transmissão de seus conhecimentos.

A amiga Dra. Carla Tatiana Mota Anflor pela amizade, ajuda, compreensão e apoio nesta caminhada.

Ao amigo M.Sc. Marcio Walber pelo incentivo e conhecimento agregado.

Ao amigo Walter De Baco pela sua generosa, colaboração e interesse no assunto quando ofertou todos os aparelhos e dispositivos que tornou possível a montagem do protótipo.

A amiga Marilza Borges Hardt, proprietária do salão de beleza, que com tanta gentileza acolheu este pesquisador e fez do seu ambiente de trabalho minha casa durante todo o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao secretário do Promec Paulo Kutter pela forma amável e generosa com que sempre recebeu esse pesquisador.

A diretora do parque Fundação Zoobotânica de Porto Alegre Sra. Raquel Corine Scalabrini pela viabilização dos experimentos deste trabalho nas dependências da unidade.

A funcionária da Fundação Zoobotânica de Porto Alegre Sra. Angelita de Cássia Fernandes Cunha pela amigável acolhida nas dependências do parque quando do desenvolvimento dos experimentos.

Ao coordenador da seção de educação ambiental da Fundação Zoobotânica de Porto Alegre Sr. José Fernando da Rosa Vargas pela amigável e elegante recepção que proporcionou durante os dias de avaliação técnica no interior da unidade.

Ao amigo André Schaan Casagrande pela intensa demonstração de amizade e colaboração.

Aos amigos Pablo Diego Didoné, Roberta Perini, Frank Jonis Flores de Almeida, Tales Lisboa, Felipe Tempel Stumpf, Vicente Bergamini Puglia, Rubén Galiano Batista, colegas e companheiros de todos os momentos desta caminhada.

Ao amigo Alexandre Vagtinski de Paula pela preciosa ajuda na transmissão de seus largos conhecimentos na área da mecânica de fluxo de massa.

A todos, que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta caminhada, fica o meu mais sincero agradecimento e respeito.

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo o estudo da redução dos níveis de pressão sonora em secadores de cabelo, proposto através de uma mudança conceitual em seus projetos de fabricação. A proposta é extensiva aos aparelhos manuais e aos de base fixa, avaliando os níveis de pressão sonora a que seus usuários estão expostos. A redução das emissões sonoras faz-se importante, não somente visando o atendimento da legislação quanto à manutenção da saúde do operador e os do seu entorno, como principalmente proporcionar e valorizar seu conforto no ambiente.

Um modelo de secador de cabelo conceitual, e como tal ainda há que se adequar forma, tamanho e peso, portanto passivo de evoluções, foi elaborado para viabilizar os trabalhos práticos das avaliações das emissões sonoras em laboratório e em campo aberto.

A partir de um secador de cabelo tradicional e um ventilador centrífugo foram realizados ensaios comparativos de medição de fluxo de massa entre ambos para garantir sua equivalência. Uma vez encontrados os parâmetros mássicos, os termos diferenciais entre os dois aparelhos passam a ser seus níveis de pressão sonora (NPS) e potências sonoras irradiadas (W) que, também, foram levantados e comparados. Para tomar ciência e identificar as faixas de frequência de trabalho de cada aparelho, foi procedida uma coleta de dados a campo aberto, identificando e comparando-os, através de um programa de computador (Agilent VEE por BECKER, 2006) onde tornam conhecidas as diferentes e predominantes faixas de frequência de trabalho de ambos os aparelhos. Os resultados demonstram uma redução de 7,0 dB a campo aberto e de até 10,5 dB em ambiente restrito, entre o secador de cabelo Parlux 2600 e o Secador de Cabelo Conceito quando deles em operação em velocidade máxima. Os ensaios pertinentes foram realizados nos laboratórios e dependências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, seguindo entre outras a norma ISO 3744 para os ensaios de campo livre, na Fundação Zoobotânica de Porto Alegre.

Palavras-chave: Secador de cabelo, projeto conceitual, redução das emissões sonoras.

ABSTRACT

This work has as main objective the study of the reduction of sound pressure levels in hair dryers, proposed using a conceptual change in their manufacturing projects. The proposal is akin to the manual instruments and fixed-base, assessing the levels of sound pressure to which users are exposed. The reduction of noise it is important not only to the fulfillment of the law regarding the preservation of health of the operator and his surroundings, especially as provide comfort and enhance your environment.

A model of conceptual hair dryer, still in need to adapt form, size and weight, therefore passive of evolutions, was elaborated to make possible the practical works of the evaluations of the resonant emissions in laboratory and in open field.

Starting from a traditional hair dryer and a centrifugal fan, it was made comparative rehearsals of measurement of mass flow between both to guarantee its equivalence. As soon as it was found the mass parameters the differential terms between the two devices start to be their sound pressure level (SPL) and irradiated sound potencies (W) that, also were presented and compared. To understand and identify the zones of work frequency of each device, a collection of data were produced in open field identifying and comparing them through a computer program (Agilent VEE by BECKER, 2006) where it was known the different and predominant zones of work frequency of both devices. The results show a reduction of 7,0 dB in open field and until 10,5dB at restrict work room, between the hair dryer Parlux 2600 and the Conceptual hair dryer operating in maximum speed. The pertinent rehearsals were accomplished in the laboratories and dependences of the Federal University of Rio Grande do Sul, following among others, the norm "ISO 3744, of open field, and in the Zoobotanical Foundation of Porto Alegre.

Word-key: Hair dryer, conceptual project, reduction of the resonant emissions.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	1
1.2	OBJETIVO.....	2
1.3	MOTIVAÇÃO.....	2
1.4	IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	2
1.5	MÉTODO CIENTÍFICO.....	2
1.6	PROCEDIMENTOS. E MEDIÇÕES.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	CONCEITOS DE ACÚSTICA.....	6
2.1.1	Medidor de Pressão Sonora (Sonômetro).....	7
2.1.2	Curva de Ponderação em “A”.....	8
2.1.3	Fator de Diretividade e Índice de Diretividade de uma Fonte Sonora.....	9
2.1.4	AUDIÇÃO HUMANA.....	9
2.2	TIPOS DE VENTILADORES.....	11
2.2.1	Principais ventiladores centrífugos:.....	11
2.2.1.1	Ventiladores Centrífugos de pás inclinadas para frente.....	12
2.2.1.2	Ventiladores Centrífugos de pás inclinadas para trás.....	13
2.2.1.3	Ventiladores axiais:.....	13
2.2.1.4	Ventiladores de tubo axial.....	14
2.3	RUÍDO EM VENTILADORES.....	14
2.3.1	Língua da Voluta e Alteração de Geometria.....	15
2.3.2	Ruído Gerado na Entrada e Saída de Ventiladores.....	16
2.4	PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO NO ENSAIO DE FLUXO DE MASSA.....	18
2.4.1	Componentes do sistema de medição.....	18
2.4.1.1	Diâmetro do duto.....	18
2.4.1.2	Comprimento Mínimo do Duto.....	19
2.4.1.3	Peça de Transformação.....	19
2.4.1.4	Favo de Mel.....	19
2.4.1.5	Seção de testes.....	20
2.4.1.6	Bocal cônico.....	20
2.5	PROGRAMA DE TRATAMENTO DE DADOS.....	21
3	RESULTADOS EXPERIMENTAIS.....	22

3.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SECADOR DE CABELO PARLUX.....	22
3.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SECADOR DE CABELO CONCEITO	22
3.3	ELENCO DE INSTRUMENTOS PARA PROCEDER AS MEDIÇÕES.....	22
3.4	VERIFICAÇÃO DO DESLOCAMENTO DE MASSA DO SECADOR DE CABELO PARLUX.....	23
3.4.1	Cálculo da Velocidade Média e Vazão do Fluido do Secador de Cabelo PARLUX.	25
3.5	VERIFICAÇÃO DO DESLOCAMENTO DE MASSA DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.	26
3.5.1	Cálculo da Velocidade Média e Vazão do Fluido do Secador de Cabelo CONCEITO.....	28
3.6	REGIÕES DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA NOS SECADORES DE CABELO PARLUX E CONCEITO.....	29
3.7	MEDIDAS DAS EMISSÕES SONORAS DOS SECADORES DE CABELO PARLUX E CONCEITO A CAMPO ABERTO.....	31
3.7.1	Níveis de Pressão Sonoras (NPS) do Secador de Cabelo PARLUX a Campo Aberto.	31
3.7.1.1	Nível de Potência Sonora (NWS) do Secador de Cabelo PARLUX.....	32
3.7.1.2	Potência Sonora Irradiada (W) do Secador de Cabelo PARLUX.....	33
3.7.2	Níveis de Pressão Sonoras do Secador de Cabelo CONCEITO a campo aberto.	33
3.7.2.1	Nível de Potência Sonora (NWS) do Secador de Cabelo CONCEITO.....	34
3.7.2.2	Potência Sonora Irradiada (W) do Secador de Cabelo CONCEITO.....	35
3.7.3	Ensaio Praticado para Validar o Equacionamento utilizado, obter o Nível de Potência Sonora (NWS) e a Potência Sonora Irradiada(W): (GERGES, 2000).....	35
3.7.3.1	Potência Sonora Irradiada (W) no ensaio de Validação das Equações.	37
3.7.3.2	Potência Sonora Irradiada Média(W) do ensaio de Validação das Equações.	38
3.7.4	Avaliação das Emissões Sonoras no Salão de Beleza.....	38
3.7.4.1	Posicionamento do sonômetro no Salão de Beleza.....	39
3.7.5	Distribuição do espectro sonoro por regiões no secador de cabelo PARLUX.....	39
3.7.5.1	Diagrama Polar de distribuição do potencial sonoro por regiões no entorno do Secador de Cabelo PARLUX.....	41
3.7.6	Distribuição do espectro sonoro por regiões no secador de cabelo CONCEITO.....	42
3.7.6.1	Diagrama Polar de distribuição do potencial sonoro por regiões no entorno do Secador de Cabelo CONCEITO.....	44

3.8	PASSOS FUTUROS.....	46
4	CONCLUSÕES.....	47
5	BIBLIOGRAFIA.	50
6	APÊNDICE 1.	52
7	APÊNDICE 2	61

LISTA DE SÍMBOLOS.

Re	número de Reynolds	
ρ	massa específica	Kg/m ³
V _m	velocidade média.	m/s
L	comprimento	m
D	diâmetro	m
λ	fator de atrito	
ζ	viscosidade cinemática do fluido	m ² /s
Patm	pressão atmosférica	Pa
Δp	pressão total	Pa
NPS	nível de pressão sonora	dB
NWS	nível de potência sonora.	dB
W	potência sonora irradiada	W
DI	índice de diretividade	
Rfa	ruído de fundo ambiental	dB

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Secador de Cabelo PARLUX.	3
Figura 1.2 - Secador de Cabelo CONCEITO.	3
Figura 1.3 - Localização da proposta para entrada definitiva da mangueira	5
Figura 2.1 - Medidor de Nível de Pressão Sonora.....	8
Figura 2.2 - Curva de Ponderação em “A” de 100Hz à 10.000Hz.....	8
Figura 2.3 - Curvas de Sensação Sonora.....	10
Figura 2.4 - Detalhe Construtivo do Ventilador Centrífugo.....	11
Figura 2.5 - Tipos de Rotores.....	12
Figura 2.6 - Ventilador de pás inclinadas para frente.....	13
Figura 2.7 - Ventilador de pás inclinadas para trás.	13
Figura 2.8- Ventilador axial propulsor.	14
Figura 2.9 - Ventilador tubo axial.	14
Figura 2.10 - Língua da Voluta Modificada.	16
Figura 2.11 - Ábaco para cálculo do nível de ruído externo.	17
Figura 2.12 - Acoplamento entre ventilador e duto para as medições.	18
Figura 2.13 - Favo de mel.	19
Figura 2.14 - Perfil de velocidade de um ventilador centrífugo.....	20
Figura 2.15 - Dois tipos diferentes de bocais cônicos usados em laboratórios.....	21
Figura 2.16 - Secador de Cabelo PARLUX (Região 1), Sinal em bandas de oitava.....	21
Figura 3.1 - Secador de Cabelo PARLUX 2600	23
Figura 3.2 - Secador de Cabelo PARLUX.	24
Figura 3.3 - Secador de Cabelo CONCEITO (sem acessórios).....	26
Figura 3.4 - Secador de Cabelo CONCEITO (com acessórios).	27
Figura 3.5 - Secador de Cabelo CONCEITO em ensaio de fluxo.....	27
figura 3.6 - Vista lateral do posicionamento do sonômetro sobre a	30
figura 3.7 - Vista superior do posicionamento do sonômetro	30
Figura 3.8 - Posições do sonômetro em relação a fonte emissora.....	36
Figura 3.9 - Planta Baixa do Salão de Beleza.	39
Figura 3.10 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo PARLUX (Ponderado em “A”).....	41
Figura 3.11 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global	42

Figura 3.12 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo CONCEITO (Ponderado em “A”).....	44
Figura 3.13 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global	44
Figura A1. 1 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 1.....	52
Figura A1. 2 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 1.....	52
Figura A1. 3 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 1.....	52
Figura A1. 4 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 2.....	53
Figura A1. 5 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 2.....	53
Figura A1. 6 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 2.....	53
Figura A1. 7 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 3.....	54
Figura A1. 8 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 3.....	54
Figura A1. 9 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 3.....	54
Figura A1. 10 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 5.....	55
Figura A1. 11 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 5.....	55
Figura A1. 12 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 5.....	55
Figura A1. 13 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 6.....	56
Figura A1. 14 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 6.....	56
Figura A1. 15 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 6.....	56
Figura A1. 16 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 7.....	57
Figura A1. 17 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 7.....	57
Figura A1. 18 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 7.....	57
Figura A1. 19 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 8.....	58
Figura A1. 20 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 8.....	58
Figura A1. 21 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 8.....	58
Figura A1. 22 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 9.....	59
Figura A1. 23 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 9.....	59
Figura A1. 24 - Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 9.	59
Figura A1. 25 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 10.....	60
Figura A1. 26 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 10.....	60
Figura A1. 27 - Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 10.	60
Figura A2. 1 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 1.....	61
Figura A2. 2 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 1.....	61

Figura A2. 3 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 1.....	61
Figura A2. 4 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 2.....	62
Figura A2. 5 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 2.....	62
Figura A2. 6 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 2.....	62
Figura A2. 7 Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 3.....	63
Figura A2. 8 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 3.....	63
Figura A2. 9 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 3.....	63
Figura A2. 10 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 5.....	64
Figura A2. 11 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 5.....	64
Figura A2. 12 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 5.....	64
Figura A2. 13 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 6.....	65
Figura A2. 14 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 6.....	65
Figura A2. 15 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 6.....	65
Figura A2. 16 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 7.....	66
Figura A2. 17 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 7.....	66
Figura A2. 18 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 7.....	66
Figura A2. 19 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 8.....	67
Figura A2. 20 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 8.....	67
Figura A2. 21 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 8.....	67
Figura A2. 22 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 9.....	68
Figura A2. 23 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 9.....	68
Figura A2. 24 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 9.....	68
Figura A2. 25 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 10.....	69
Figura A2. 26 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 10.....	69
Figura A2. 27 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 10.....	69

ÍNDICE DE TABELAS.

Tabela 3.1 - Dados obtidos no ensaio de fluxo de massa do Secador de Cabelo PARLUX.....	25
Tabela 3.2 - Dados obtidos no ensaio de fluxo de massa do Secador de Cabelo CONCEITO.....	28
Tabela 3.3 Níveis de pressão sonora (NPS) do Secador de Cabelo PARLUX a campo aberto.	32
Tabela 3.4 - Níveis de pressão sonora (NPS), níveis de potência sonora (NWS) e potência sonora irradiada (W) com respeito as regiões do Secador de Cabelo PARLUX.	33
Tabela 3.5 - Níveis de Pressão Sonoras do Secador de Cabelo CONCEITO a campo aberto.	34
Tabela 3.6 - Níveis de Pressão Sonora (NPS), Níveis de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada (W) com respeito as regiões ensaiadas no Secador de Cabelo CONCEITO.	35
Tabela 3.7 - Níveis de pressão sonora colhidos em quatro raios distintos para efeito de validação das equações.	37
Tabela 3.8 - Tabela de Coleta de Dados do Secador de Cabelo PARLUX e CONCEITO no Salão de Beleza.....	38
Tabela 3.9 - Distribuição das frequências e amplitudes ponderados em “A” e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo PARLUX.....	40
Tabela 3.10 - tabela de correção da percepção auditiva para a curva “A”	40
Tabela 3.11 - Distribuição das frequências e amplitudes Linearizadas e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo PARLUX.....	41
Tabela 3.12 - Distribuição das frequências e amplitudes ponderados em “A” e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo CONCEITO.....	42
Tabela 3.13 - Distribuição das frequências e amplitudes Linearizadas e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo CONCEITO.....	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi desenvolvido em seis capítulos e dois apêndices. Após esta introdução, segue um capítulo com a revisão bibliográfica abordando conceitos básicos de acústica, apresentação dos equipamentos de medição sonora utilizados na pesquisa, tipos de ventiladores com seus pontos de geração de ruído e o procedimento para obtenção do fluxo de massa, em laboratório.

O plano de trabalho segue a seguinte seqüência:

Capítulo 1 apresenta o OBJETIVO principal do trabalho e a proposta do pesquisador. A MOTIVAÇÃO deixa claro que tipo de experiências, do pesquisador, o levou a oferecer um caminho alternativo para uma proposta já conhecida. A IMPORTÂNCIA do ESTUDO chama a atenção de o quanto difundido é o equipamento tradicional em estudo (Secador de Cabelo PARLUX). Aponta seu ponto vulnerável (Ruído) e mostra as vantagens da proposta conceitual. O MÉTODO CIENTÍFICO apresenta o motivo da escolha do aparelho secador de cabelo Parlux a ser analisado e sua representatividade no mercado. OS PROCEDIMENTOS apresentam os nomes de tratamento com que serão referidos durante todo o trabalho, ambos os aparelhos. Mostra o plano de trabalho, apontando os parâmetros e a forma de comparação na avaliação dos aparelhos. Cita as regras (Normas) que regem o trabalho e em que condições, calibração e os locais determinados para os ensaios.

Capítulo 2 apresenta a REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, conceito de acústica, instrumento de medição, curva de compensação sonora, índice de diretividade, resumo e pontos pertinentes com respeito à audição humana, tipos de ventiladores e zonas de geração de ruído.

Capítulo 3 apresenta os RESULTADOS EXPERIMENTAIS apresentam as características técnicas dos aparelhos, os instrumentos envolvidos no processo, detalham todos os parâmetros de comparação entre os aparelhos medidos, particiona e define o campo espacial de medição no entorno das fontes sonoras ensaiadas, propõe ensaio para validação das equações envolvidas no processo, comenta a distribuição do espectro sonoro de ambos os aparelhos e dão conta da apresentação dos dados colhidos dos ensaios em laboratório, a campo aberto e ambiente restrito (Salão de Beleza).

Capítulo 4 apresenta a DISCUSSÃO DOS RESULTADOS é o espaço onde se discute os resultados já obtidos nas etapas anteriores, compara-se e pondera-se com respeito à técnica de engenharia.

Capítulo 5 apresenta a CONCLUSÃO mostra os erros e acertos cometidos a partir da aplicação técnica e resultados desenvolvidos.

Capítulo 6 apresenta a BIBLIOGRAFIA resume o arcabouço das obras, livros, artigos científicos revistas, Normas Técnicas, sites utilizados na pesquisa do assunto do trabalho.

OS ANEXOS disponibilizam os gráficos resultantes dos ensaios realizados a campo aberto no secador de cabelo Parlux e Conceito.

1.2 OBJETIVO.

Este trabalho tem como principal objetivo o estudo da redução dos níveis de pressão sonora em secadores de cabelo, proposto através de uma mudança conceitual em seus projetos de fabricação. A proposta é extensiva aos aparelhos manuais e aos de base fixa, avaliando os níveis de pressão sonora a que seus usuários estão expostos.

1.3 MOTIVAÇÃO.

Alguns anos de contato e uso do aparelho como usuário ativo ou passivo resultaram na idéia de propor contribuições quanto ao quesito redução de suas emissões sonoras, tendo em vista o aumento do conforto, poderia ser bem vindo ao setor que emprega a ferramenta.

1.4 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.

O fato de conferir a um equipamento de emprego cotidiano, tão amplamente disseminado, vantagens direcionadas ao seu uso e conforto, por si só justifica o investimento de sua atenção especial, independente da área de melhoria aplicada. A importância do projeto toma corpo quando as referidas vantagens encontram-se no campo das reduções de suas emissões sonoras. O mercado disponibiliza aparelhos, colaboradores diários (liquidificadores, aspiradores de pó, máquinas de lavar roupa, secadores de cabelo etc.), que se não causam prejuízo imediato à saúde com suas intensas (altas) emissões, pelo menos tornam estes momentos de contato desagradáveis e desconfortáveis. Estes aparelhos quando utilizados profissionalmente, não apenas seu usuário expõe-se aos níveis limite da qual foram projetados e construídos como imprime, muitas vezes, condição de estresse agregado à atividade.

1.5 MÉTODO CIENTÍFICO.

Adotou-se um secador de cabelo comercial disponível no mercado como mostra a Figura 1.1, para atuar como termo de comparação e representante dos equipamentos tradicionais já existentes, o qual será chamado de “Secador de Cabelo PARLUX”.

O secador de cabelo Parlux foi escolhido como representante dos aparelhos tradicionais por ser amplamente comercializado tanto no mercado profissional como no doméstico, robusto e de porte físico compatível com marcas concorrentes. Por representar os aparelhos de potencia elétrica intermediária (1700 Watt) dentre os oferecidos 800 Watts a 2800 Watts e assim ser muito difundido dentre os demais disponibilizados no mercado.



Figura 1.1 - Secador de Cabelo PARLUX.
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

Após a uma avaliação, puramente empírica, precedendo à científica, tanto com respeito ao deslocamento de massa quanto às emissões sonoras, desconsiderando completamente sua forma, tamanho e peso, elegeu-se um equipamento disponibilizado por um industrial da grande Porto Alegre e ao crivo do pesquisador, como representante do equipamento proposto como conceito, o qual será chamado de “Secador de Cabelo CONCEITO”, Figura 1.2. A condição de equivalência de vazão de massa deve ser atendida, pelo menos se identificar como próxima, para dar prosseguimento e avaliar seus níveis de pressão e potência sonoras.



Figura 1.2 - Secador de Cabelo CONCEITO.
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

1.6 PROCEDIMENTOS. E MEDIÇÕES.

Foi adotada a norma ISO 3744 como elemento de orientação técnica a fim de organizar a montagem da malha de superfície imaginária de medições no entorno dos aparelhos Secador de Cabelo PARLUX e CONCEITO a serem analisados. Conforme ISO 3744, Anexo B, o círculo da base da semi-esfera deve ser dividido em segmentos de 60°, portanto em número de seis posições, porém, julgou oportuno, o pesquisador, que o círculo fosse dividido em segmentos de ângulo de 45° e assim permitindo avaliações nos quatro quadrantes e também em cada semi-quadrante respectivo aumentando para oito os pontos de coleta de informações.

Os ensaios de medições e coleta de dados foram todos realizados no ambiente de campo livre ou aberto, pois a universidade não dispõe de câmara anecóica ou reverberante e em um salão de beleza.

Nas medições foram observadas as exigências da norma NBR 10151:1999 que prevê execução de ensaio com ausência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza e no interior do salão de beleza seguiu-se, também, a norma NBR 10151:1999 e a NBR 10152:1999 quando prevêm distância mínima de 1m de quaisquer superfícies como paredes teto, piso e móveis.

As medições com respeito as tomadas em campo aberto e no salão de beleza seguiram as normas NBR 10152 e NR 15 quando determinam que “Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com o instrumento de nível de pressão sonora (sonômetro) operando no circuito de compensação “A” e o circuito de resposta lenta (*slow*)”.

Foi empregado o “método direto” de medição conforme determina a norma NBR 13910-1, em condições de campo livre sobre um plano refletor: o nível de potência sonora é calculado a partir da média temporal dos níveis de pressão sonora medidos e da área da superfície de medição. Obedecendo aos dispostos gerais A.1.1 do anexo “A” da norma NBR 7566.

Os procedimentos de calibração do instrumento de medição foram seguidos conforme determina a norma NBR 10152 quando sugere eventual verificação e ajuste do medidor de nível de pressão sonora, imediatamente antes e após a cada medição ou conjunto de medições relativas ao mesmo evento, com o calibrador acústico. Foram eliminadas todas as fontes sonoras interferentes durante as medições, como determina a norma NBR 10152.

As medições foram efetuadas conforme norma NBR 10151:1987 permanecendo portas e janelas fechadas, como é o hábito local na rotina de trabalho, quando das medições.

Os suportes de fixação dos aparelhos (Secador de Cabelo PARLUX e CONCEITO) em posição de mensura, em campo aberto, foram desenvolvidos acompanhando as orientações da norma NBR 13910-1:1997 que estabelece critério de fixação de eletrodomésticos portáteis, de pequeno porte, através de suspensão por tiras elásticas (borracha sintética) em suporte do tipo “garfo”, reduzindo a possibilidade de propagar vibrações acústicas e mecânicas à estrutura e por sua vez ao ambiente próximo.

Foi procedida a análise espectral do sinal adquirido nos ensaios, para dar ciência ao pesquisador com respeito às frequências e amplitudes de trabalho. O sonômetro foi ajustado para a faixa de frequência de 40 – 100 dB, Modo SPL, resposta LENTA, Ponderado em “A” e o sinal colhido nas 9 regiões do entorno dos mensurados. Isto significa dizer que o instrumento foi programado para receber e avaliar os níveis de pressão sonora emitidos pelas fontes em teste, de forma a expressar sua resposta com a sensibilidade como processa o ouvido humano.

Na proposta do pesquisador, o tubo flexível espiralado que conecta a unidade geradora de ar à impunhadura no Secador de Cabelo CONCEITO (Figura 1.3), por motivos construtivos do protótipo, foi alojado na parte posterior da impunhadura, quando a proposta do pesquisador para fabricação seriada do aparelho sugere que tal tubo espiralado se conecte pela parte inferior da impunhadura, fazendo parte dela.



Figura 1.3 - Localização da proposta para entrada definitiva da mangueira no punho do Secador de Cabelo CONCEITO.
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1 CONCEITOS DE ACÚSTICA.

A acústica é a parte da física em que se investigam as vibrações e os fenômenos ondulatórios em meios elásticos e em que as frequências envolvidas estão na faixa de 20Hz a 20.000Hz . Define-se por onda todo o fenômeno periódico em que ocorre o transporte de energia mediante a perturbação do meio elástico. As ondas acústicas se originam a partir do movimento mecânico ou da colisão de objetos, e ao atingir o ouvido humano, são interpretadas como sons. Define-se como ruído um sinal indesejável. Sua propagação exige um meio material onde cada partícula efetua um movimento periódico em torno da posição de equilíbrio sem deslocamento global do meio. Pode ser visto como a propagação de regiões de compressão e decompressão de ar sem transporte de matéria. O que caracteriza uma onda é a velocidade de transporte de energia, a frequência, a amplitude e a fase (Macedo,H., 1976). A velocidade de transporte de energia depende das características do meio. Em um sólido, a velocidade será muito maior que em um gás devido a proximidade das moléculas do meio.

Um som pode ser monocromático com apenas uma única frequência ou policromático com várias frequências. As ondas que existem naturalmente são constituídas por um número finito de frequências e constituem um trem de ondas.

A amplitude é o máximo afastamento da partícula do meio em relação a posição de equilíbrio e determina a energia que pode transportar. A energia é proporcional ao quadrado da amplitude.

A fase depende das condições geométricas do sistema (das distâncias percorridas) ou do momento de início da geração do sinal. A frente de onda é o lugar geométrico dos pontos do meio que tem num determinado instante a mesma fase. Exemplo: esférica, plana, cilíndrica, etc.

A relação entre a direção de propagação e a do movimento das partículas define o tipo de onda: longitudinal (coincidente), transversal (perpendiculares) ou mista (ambas simultaneamente).

A equação que rege o fenômeno acústico é a equação de onda, uma equação diferencial parcial, em muitos casos, linear. As equações diferenciais lineares possuem uma propriedade que é a da superposição de soluções: a soma de soluções particulares é uma solução. Devido a isto, a superposição de um ruído com um sinal gerado pode ter varias conseqüências. Se as frequências diferirem significativamente, haverá um fenômeno de interferência, resultando em um sinal de energia igual a soma da energia do ruído mais o sinal. Caso sejam próximas, haverá uma pulsação chamada de efeito de banda estreita.

No caso de as frequências, fases e amplitudes terem um determinado valor específico, poderá haver uma interferência destrutiva, aniquilando o sinal. Neste caso não ocorre dissipação de energia. A dissipação ocorre quando a amplitude decresce na propagação devido a absorção (parte da energia é utilizada para elevar a agitação térmica das moléculas e é assim absorvida) ou por redistribuição de energia (em uma onda esférica em que a amplitude decresce com o quadrado da distância em relação a fonte emissora).

Há dois tipos de controle que podem ser utilizados: ativo ou passivo. O controle passivo utiliza barreiras mecânicas a propagação sonora. Têm bons resultados em altas frequências e com sinais de alta intensidade. O controle ativo tem sua área de aplicação na região de baixa frequência, utiliza som para cancelamento (energia acústica) obtido por alto-falantes e microfones como sensores. O controle deve ser executado em tempo real, usando algoritmos com convergência rápida. Necessita adaptar-se a variações no tempo do ruído e das condições acústicas devido a flutuações de temperatura e pressão. Deve ter facilidade de portabilidade para novas configurações. O controlador tem que tratar o problema do retorno (*feedback*) acústico (realimentação do sinal gerado para cancelamento do som no microfone de controle), que acarreta uma função de transferência complexa, utilizando uma montagem de resposta (*feedforward*) associada com o retorno.

O som ocorre independentemente de ser ouvido ou captado por seres vivos ou equipamentos. Os sons se propagam nos meios elásticos com uma velocidade que depende da natureza, da pressão e da temperatura de cada meio (CORRÊA, 2000; apud; LACERDA, 1976, GARCIA, 2002).

Para expressar o nível de pressão sonora (NPS), devido a sua larga faixa de valores foi adotado o decibel (dB) (homenagem a Alexander Graham Bell, Norte Americano 1847 a 1921), que corresponde a dez vezes (deci) a grandeza de Bel que é definido como na expressão (1).

Nível de Pressão Sonora (NPS):

$$\text{Log } 10 = 1 \text{ Bel} + 10 \text{ Decibéis.} \quad (1)$$

Exemplo: $10 \log 10 E14 = 140 \text{ dB}$.

2.1.1 MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA (SONÔMETRO).

Os medidores de pressão sonora (Figura 2.1) fornecem os dados diretamente em decibéis (dBA). Estes medidores são instrumentos compostos por microfone, amplificadores, circuitos de

compensação, mecanismos de leitura calibrados em dB capaz de cobrir toda a faixa de áudio-freqüência (CORRÊA, 2005; apud; GARCIA, 2002).



Figura 2.1 - Medidor de Nível de Pressão Sonora.
(Fonte: Fotografia dos experimentos).

Os Níveis de Pressão Sonora ponderados em A (dBA) são obtidos a partir do valor médio quadrático da pressão sonora ponderada em A referente a todo o intervalo de medição (NBR 10.151, 2000). A leitura na escala dBA é a que mais se aproxima do comportamento do ouvido normal em relação à atenuação em função da freqüência, sempre de acordo com as especificações estabelecidas pela International Standard Organization.

2.1.2 CURVA DE PONDERAÇÃO EM “A”.

O ouvido humano é mais sensível às altas freqüências do que às baixas. Esta sensibilidade em função da freqüência varia também de acordo com a intensidade do som.

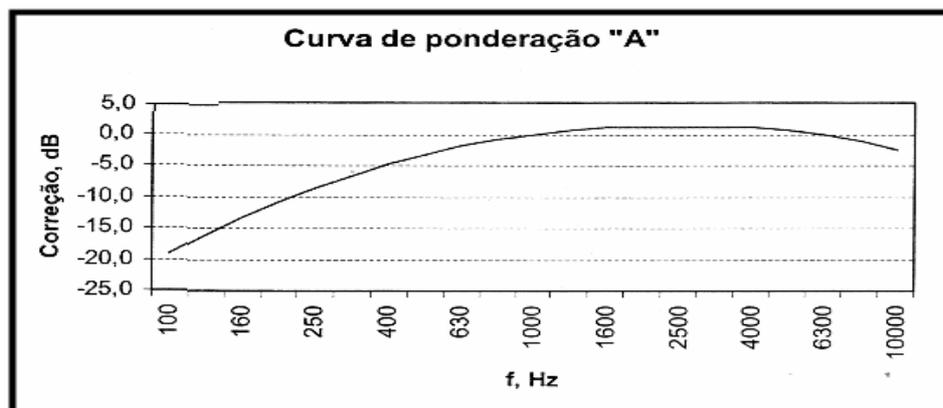


Figura 2.2 - Curva de Ponderação em “A” de 100Hz à 10.000Hz.
(Fonte: Costa, 2000)

No caso de sons na faixa de 70 a 80 dB, nosso ouvido tem uma resposta mais achatada, ou seja, não há tanta variação da percepção com a freqüência. No caso de sons de menor intensidade (40

dB, por exemplo) o ouvido humano é muito mais sensível a sons na faixa de frequência de 1000 Hz a 4000 Hz. A curva “A” (Figura 2.2) busca aproximar esta resposta do ouvido humano, atenuando os sons de baixa frequência e aceitando sons de média e alta frequência com pouca ou até mesmo sem atenuação. (COSTA, 2000).

2.1.3 FATOR DE DIRETIVIDADE E ÍNDICE DE DIRETIVIDADE DE UMA FONTE SONORA.

A reflexão no entorno de uma fonte sonora pode alterar as características direcionais do som. Pode-se atribuir grandeza ao fenômeno através do Fator de Diretividade e Índice de Diretividade. As superfícies refletoras próximas influenciam na direção som de uma fonte sonora. Seu campo de propagação está sujeito à metade do espaço que estaria se o plano não existisse. A energia fica condicionada a metade do espaço e a intensidade é duas vezes maior, proporcionando um aumento de 3 dB em seu nível de emissão sonora final. A mesma fonte sonora instalada entre dois planos ortogonais, a potência sonora de saída se limita a um quarto do espaço inicial, aumentando em quatro vezes e o ganho é de 6 dB. A situação extrema ocorre quando a fonte sonora esta condicionada a superfícies plana ortogonais em toda sua volta A potência da fonte fica restrita a um oitavo do espaço inicial. A intensidade sonora é aumentada em oito vezes, proporcionando um acréscimo de 9 dB. (www.audiomasterclass.com/arc.cfm?a=directivity-factor-and-directivity-index-what-are-they).

Em situação de campo livre ou aberto o fator de diretividade é 1 e o índice de diretividade é “zero”. A fonte sonora sujeita a um plano de restrição, o fator de diretividade é 2 e o índice de diretividade é 3. Uma fonte sonora instalada no encontro entre dois planos ortogonais o fator de diretividade é 4 e o índice de diretividade é 6. No encontro de três planos ortogonais o fator de diretividade é 8 e o índice de diretividade é 9. O valor do índice de diretividade (DI) empregado no formulário quando do levantamento do Nível de Potência Sonora (NWS), (GERGES, 2000) foi considerado como sendo “zero”, pois os mensurados estavam instalados sobre uma superfície de grama com nove centímetros de altura (superfície de baixa reflexão) e dispunham-se afastados um metro e trinta e cinco centímetros do solo. O regime de trabalho a qual foram submetidos os aparelhos, PARLUX e CONCEITO, para efeito de ensaios, foram de operação em máxima velocidade e sem aquecimento de seus resistores, por 1 hora antes da realização das medições, como determina a norma NBR 13910-2-2.

2.1.4 AUDIÇÃO HUMANA

O aparelho auditivo humano está exposto a uma grande diversidade de sons simultâneos, conseguindo selecionar apenas aqueles que interessam e não é capaz de perceber todos os sons.

O volume dos sons, geralmente é medido em decibéis (dB). Alguns sons não são nitidamente percebidos por terem uma intensidade de volume muito baixa. Consegue-se ouvir sons, dependendo da frequência, com amplitudes compreendidas entre 0 dB e 120 dB. No entanto, a exposição a sons de elevada intensidade é prejudicial à saúde, podendo até causar graves danos irreversíveis, recomendando-se uma exposição diária a sons com intensidade não superior a 70 dB. O Homem moderno está exposto a uma grande variedade de sons. Pode-se ouvir desde sons suaves e agradáveis até barulhos violentos. A frequência de um som pode determinar a sensibilidade do ouvido. O ser humano consegue perceber sons na faixa de 20 à 20.000 Hz. Sons irradiados a altas frequências são percebidos como sons agudos e os irradiados a baixas frequências, como graves. A tonalidade (frequência fundamental) da fala masculina é inferior a tonalidade da fala feminina, por isso a fala do homem apresenta-se, geralmente, mais grave e a feminina, mais aguda.

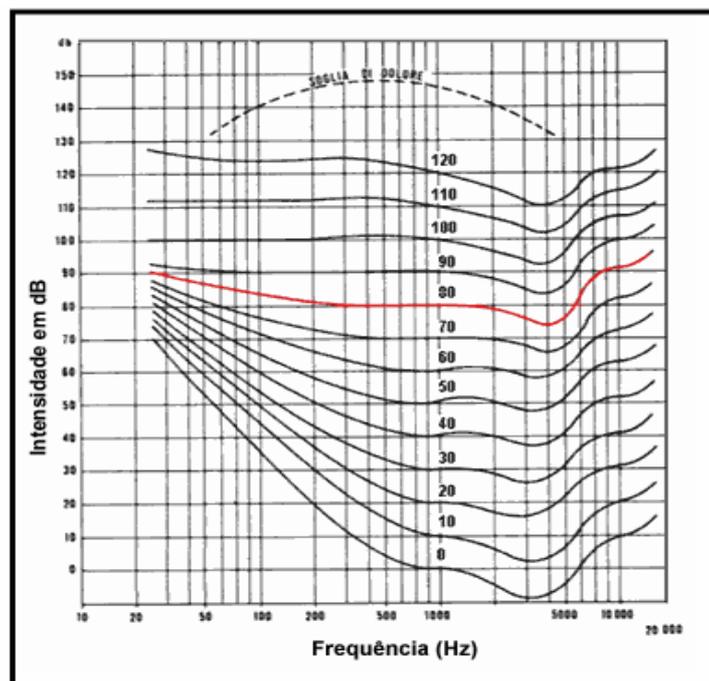


Figura 2.3 - Curvas de Sensação Sonora

(Fonte: http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/index_audicao.htm)

A Figura 2.3 mostra os limites da sensibilidade da variação da frequência do ouvido humano e está limitado pela última linha, também chamada curva zero dB. A faixa de frequências de maior sensibilidade do ouvido, compreende de 1000 Hz a 5000 Hz. Segundo, (MIGUEL, L.F.F., 2007), esta faixa de frequências pode variar de 2000 Hz a 5000 Hz. (http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/index_audicao.htm).

2.2 TIPOS DE VENTILADORES.

Os ventiladores são estruturas mecânicas utilizadas para converter a energia de rotação aplicada em seus eixos em aumento de pressão de ar do sistema. Sua classificação geral pode ser:

- Centrífugos
- axiais

2.2.1 PRINCIPAIS VENTILADORES CENTRÍFUGOS:

Os ventiladores centrífugos têm sua construção característica: As pás são distribuídas radialmente formando um rotor parecido com um cilindro e o fluxo ocorre do centro para fora do conjunto, ou seja, opera de forma similar a uma bomba centrífuga para líquidos. Também chamado ventilador radial. (www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv_vent_10.shtml). O rotor gira dentro de uma carenagem especial, que dirige o fluxo para uma única saída. A Figura 2.4 dá uma idéia do conjunto sem outros detalhes construtivos. O motor (não indicado na figura) é montado na parte externa e o acionamento pode ser direto ou por correias.

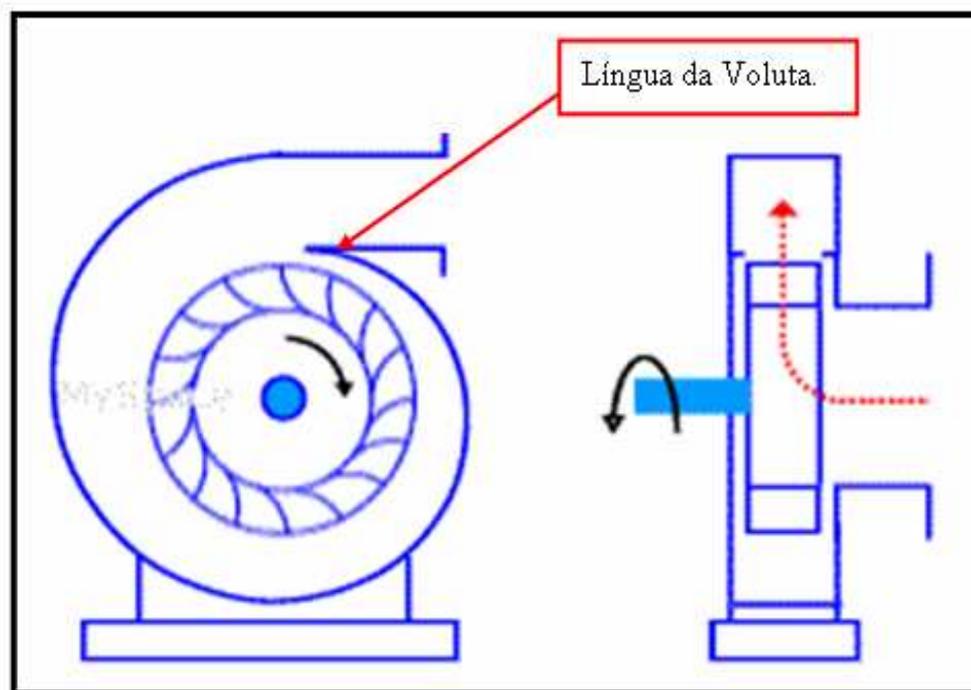


Figura 2.4 - Detalhe Construtivo do Ventilador Centrífugo.
(Fonte: www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv_vent_10.shtml)

O formato das pás tem significativa influência no rendimento e aplicação do ventilador. A Figura 2.5 mostra algumas formas usuais. Seguem comentários sobre elas.

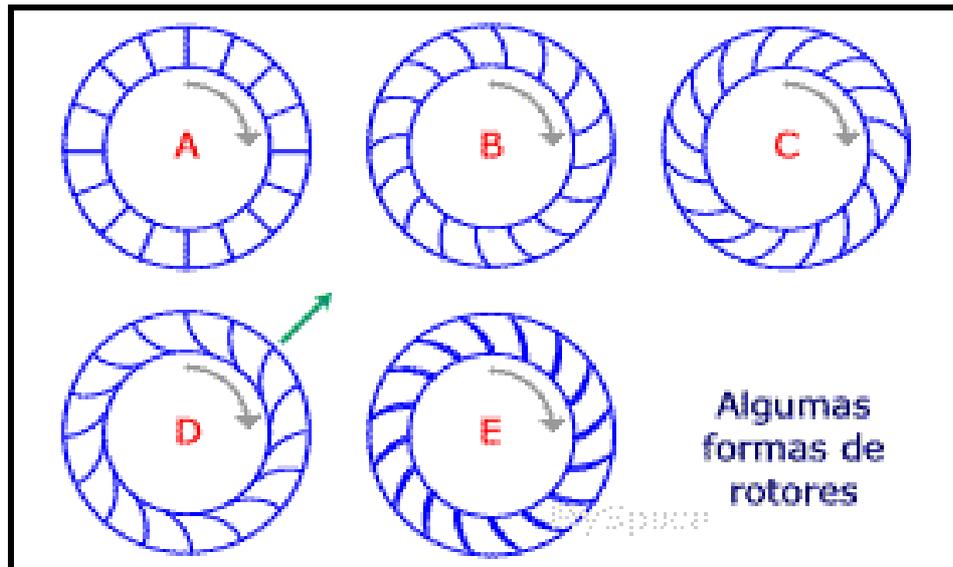


Figura 2.5 - Tipos de Rotores.

(Fonte: www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv_vent_10.shtml)

Os rotores do tipo A (pás radiais planas) são utilizados para trabalho pesado, com partículas em suspensão e abrasivas apresentando um baixo rendimento. Os rotores do tipo B (pás curvas para trás) desenvolvem vazão média, trabalham com ar limpo, apresentam baixo nível de ruído, alta pressão e rendimento médio. Os rotores do tipo C (pás curvas para frente) proporcionam alta vazão, rendimento médio e permitem vazões mais altas com diâmetros menores. Não são adequados para materiais abrasivos e pegajosos. Os rotores do tipo D (pás curvas para frente, saída radial) oferecem altas pressões e vazões possuindo rendimento médio. Os rotores do tipo E (pás de perfil asa) são dispositivos que operam com ar limpo, baixo nível de ruído e bom rendimento.

Além do radial simples, existem configurações mistas (hélico-axiais), porém não faz parte deste estudo.

2.2.1.1 VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE PÁS INCLINADAS PARA FRENTE.

Os ventiladores centrífugos de pás inclinadas para frente, Figura 2.6, têm suas eficiências mais elevadas que os ventiladores de pás retas, mas não são adequados para trabalhar com ar contendo material particulado. Ocupam pouco espaço físico, são bastante utilizados na ventilação geral diluidora e na ventilação para conforto ambiental, pois o ar insuflado para dentro do ambiente está praticamente isento de partículas. (www.ufrnet.ufrn.br/~lair/Pagina-OPUNIT/ventiladores.htm).

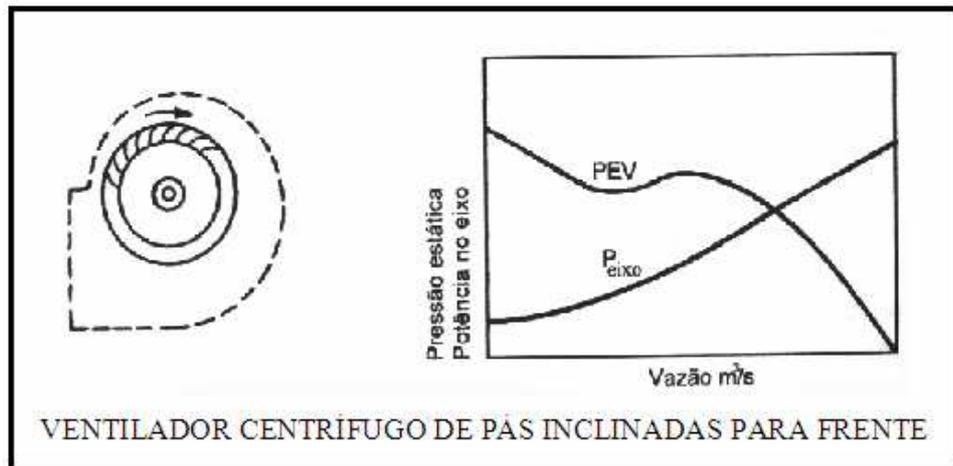


Figura 2.6 - Ventilador de pás inclinadas para frente.
(Fonte: www.ufrnet.ufrn.br/~lair/PaginaOPUNIT/ventiladores.htm)

2.2.1.2 VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE PÁS INCLINADAS PARA TRÁS.

Os ventiladores centrífugos de pás inclinadas para trás, Figura 2.7, trabalham com velocidades maiores que os anteriores e possuem duas características importantes. Apresentam a eficiência mais elevada e têm autolimitação de potência decorrente da forma de sua curva de potência. Se o motor de acionamento for selecionado para o pico da curva de potência, não existirá perigo de ocorrer sobre carga.

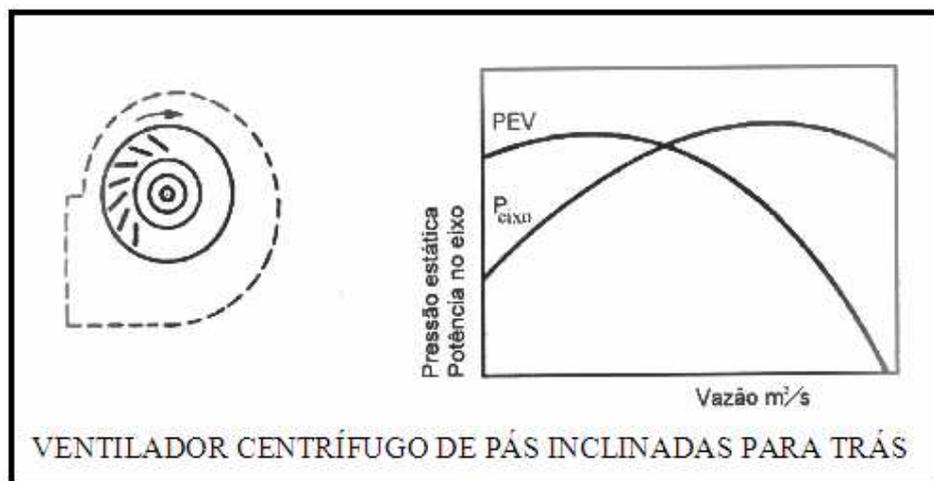


Figura 2.7 - Ventilador de pás inclinadas para trás.
(Fonte: www.ufrnet.ufrn.br/~lair/PaginaOPUNIT/ventiladores.htm)

2.2.1.3 VENTILADORES AXIAIS:

Os ventiladores axiais, Figura 2.8, são indicados para movimentar grandes vazões de ar, com pequenos diferenciais de pressão. Possuem a vantagem de serem construídos com grande simplicidade, baixo custo de construção e instalação, normalmente são instalados sem a utilização de dutos e são muito utilizados na ventilação geral diluidora.

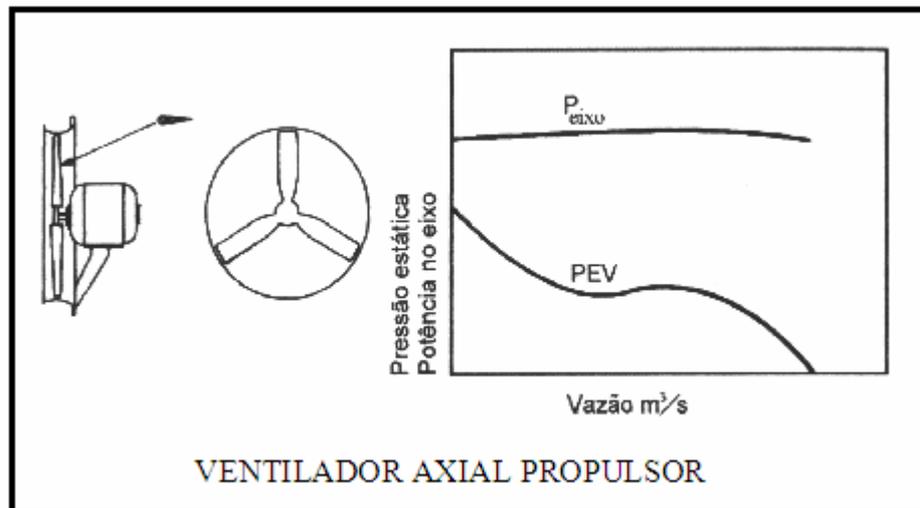


Figura 2.8- Ventilador axial propulsor.

(Fonte: www.ufrnet.ufrn.br/~lair/PaginaOPUNIT/ventiladores.htm)

2.2.1.4 VENTILADORES DE TUBO AXIAL.

Os ventiladores de tubo axial, Figura 2.9, trabalham com pressões maiores que os ventiladores axiais propulsores, com um rendimento maior. Isto é possível devido aos rotores com pás de melhor perfil aerodinâmico que os anteriores e a presença do tubo axial. Para aumentar ainda mais a eficiência, podem ser afixadas no interior do tubo axial, aletas estabilizadoras do fluxo.

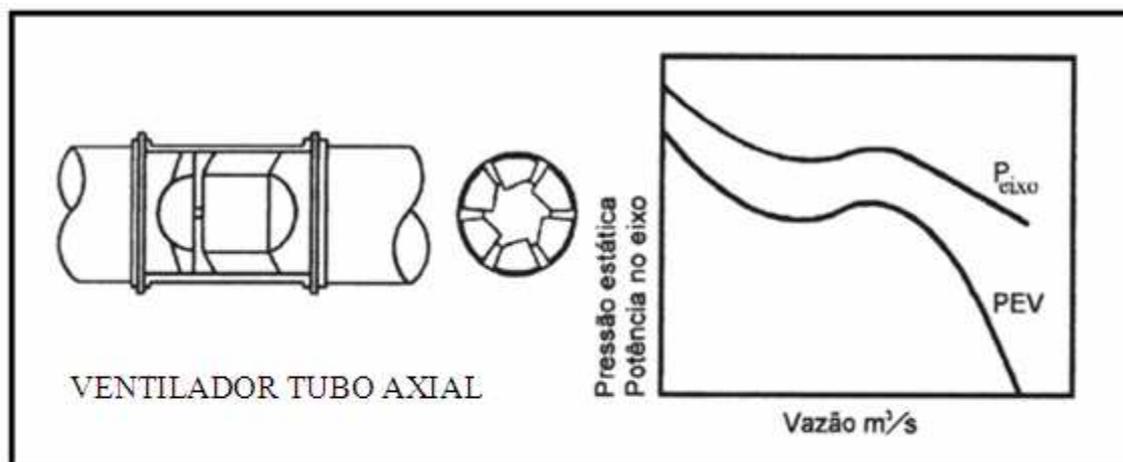


Figura 2.9 - Ventilador tubo axial.

(Fonte: www.ufrnet.ufrn.br/~lair/PaginaOPUNIT/ventiladores.htm)

2.3 RUÍDO EM VENTILADORES.

Para ventiladores pequenos, o ruído gerado pelos ventiladores centrífugo pode ser controlado reduzindo a velocidade de rotação dos ventiladores, pois a taxa pode aumentar de 53 para 64 dB apenas pelo aumento da velocidade. Um ventilador maior, mais lento será menos ruidoso que um ventilador menor, mais rápido e que desloca o mesmo volume de ar. Assegurando que o desenho inclua distância de ajuste de fluxo adequada entre as lâminas do ventilador e minimizar qualquer

obstrução estática. Turbulência é criada no próprio fluxo de corrente de ar. Isto contribui com o ruído de banda larga. Perturbações na entrada e na saída, extremidades afiadas e curvas causarão ruído e turbulência aumentada. Devem ser evitadas obstruções para a corrente de ar sempre que possível, especialmente nas entradas críticas e áreas de saída. Quando ar turbulento entrar no ventilador, ruído é gerado, normalmente em forma de tom discreto que pode chegar até 10 dB mais alto e assim causa desconforto considerável. Em ventiladores externos a distância axial entre lâminas e pernas de estator ou outras obstruções aerodinâmicas deveria ser pelo menos igual à largura das pernas de sua armadura de fixação. Para ventiladores internos, o espaçamento radial entre a lâmina e o estator deveria ser pelo menos um sexto do raio da lâmina. Todas as obstruções de fluxo, desnecessárias, como saliências e imperfeições, furos para cabeças de parafuso, abraçadeiras, etc., deveriam ser removidos. Manter uma área constante para fluxo de ar pela máquina, particularmente na entrada do ventilador onde modificações pequenas podem ter efeitos grandes em fluxo de ar. Igualar a frente de pressão promovida pelo ventilador à exigida para mover o ar refrigerante pela máquina, com expansão controlada do fluxo de ar que deixa o ventilador. Espaçamento regular entre as lâminas ao redor do disco do ventilador melhora a qualidade subjetiva do ruído irradiado. Vibrações estruturais podem ser causadas por mecanismos do ventilador, tais como desbalanço residual, excentricidade do rotor em relação ao estator na montagem. Ruído de montagem de motor é difícil definir. Deveria ser lembrado que os ventiladores são basicamente motores e deveriam ser tratados como tais quando montados. (www.diracdelta.co.uk/science/source/f/a/fan%20noise/source.html)

2.3.1 LÍNGUA DA VOLUTA E ALTERAÇÃO DE GEOMETRIA.

A língua da voluta, em ventiladores centrífugos, localiza-se na região de estreitamento entre o rotor e a carenagem, em uma zona de baixa pressão para uma zona de mais alta pressão, na interface com a zona de saída do fluido com alta velocidade (Figura 2.5).

Muitos autores têm estudado a geração de ruído por ventiladores centrífugos e têm mostrado a principal fonte de geração de ruído tonal é da interação entre o fluxo não uniforme do rotor e a zona conhecida como língua da voluta, Figura 2.10, (Velarde-Suárez, et al, 2008; apud Ohta, O. E., Tajima, Y., 1996; Velarde-Suárez, et al, 2006).

Além de ruído aerodinâmico, fontes de ruído mecânicos podem constituir em importante contribuição para a geração total acústica neste tipo de máquinas. Em particular quando os ventiladores operam em uma larga faixa de velocidades pode ser objeto de ressonâncias em

algum componente que embora insuficiente para causar dano, pode conduzir a um imprevisto aumento de ruído em uma velocidade específica (Velarde-Suárez et al, 2008; apud Cory,1992).

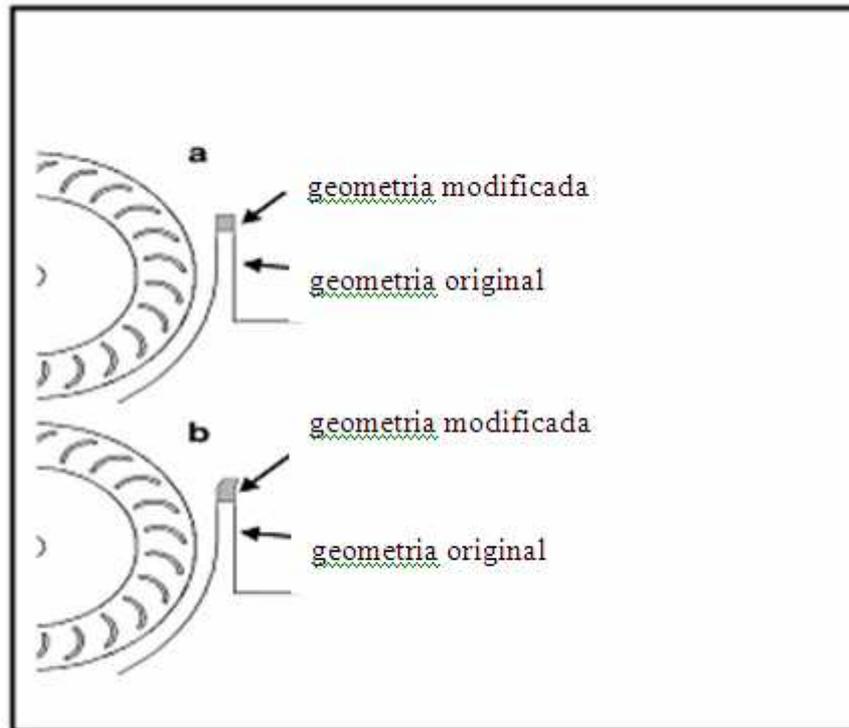


Figura 2.10 - Língua da Voluta Modificada.
(Fonte: Velarde-Suárez, et all, 2008)

2.3.2 RUÍDO GERADO NA ENTRADA E SAÍDA DE VENTILADORES

Para ventiladores montados em dutos e em torres de arrefecimento o fator de perda de reflexão final deve ser subtraído do nível de potência no interior do duto. O nível de pressão sonora resultante na vizinhança será, então, dependente da distância da fonte sonora.

Na Figura 2.11 uma linha reta partindo do nível de potência (PWL), coluna da esquerda, passando pela coluna da escala da distância da fonte sonora, no centro do gráfico, determinará a aceitabilidade dos vários critérios de níveis (coluna da direita). Obstruções tais como, construções, cercados, terreno montanhoso existentes entre a fonte sonora e a área do entorno, normalmente reduzem o ruído transmitido ao longo de aquela particular trajetória.

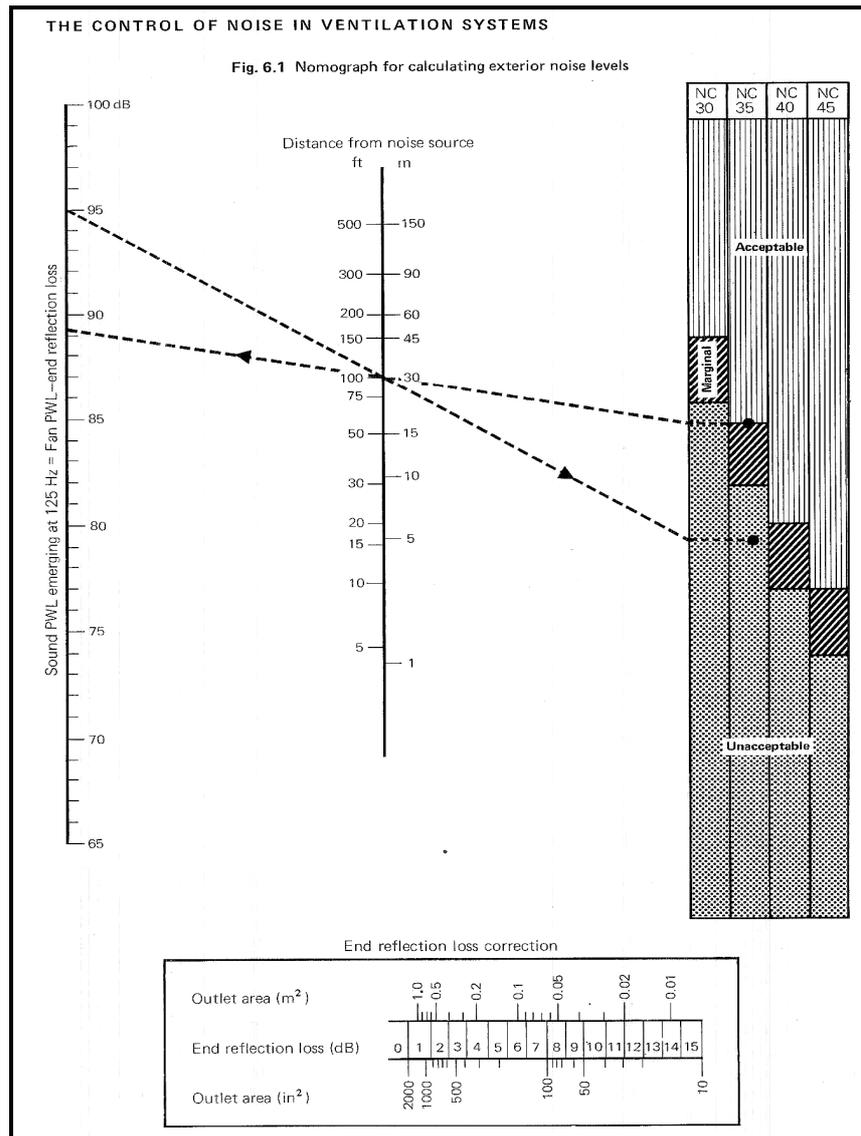


Figura 2.11 - Ábaco para cálculo do nível de ruído externo.
(Fonte: Iqbal, 1977)

Para todos os ventiladores tanto utilizados em ventilação como em plantas de arrefecimento a orientação de suas entradas e /ou saídas pode alterar a radiação do ruído. O efeito depende do tamanho da saída, sua posição com a descarga em uma superfície ou em espaço aberto. O ângulo entre a saída e o observador, também, influencia, em geral pequenas saídas irradiarão igualmente em todas as direções, enquanto que grandes saídas têm fortes características direcionais em seus eixos. Isto significa dizer que quando possíveis entradas e saídas deveriam estar localizadas a um ângulo de 45° ou maior, da área crítica. Pode-se esperar de 3 a 6 dB de aumento nas emissões, dependendo do tamanho do duto e frequência, se o observador estiver posicionado em oposição a entrada e /ou saída da descarga do ventilador (Iqbal, et al, 1977).

2.4 PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO NO ENSAIO DE FLUXO DE MASSA.

A ANSI (American National Standards Institute) e a AMCA (Air Movement And Control Association) lançaram em 1985 no mercado uma norma com métodos de teste para avaliação de ventiladores em laboratório, intitulada “Laboratory Methods of Testing Fans for Rating”. Esta norma auxilia técnicos e engenheiros de todo o mundo na condução de testes de desempenho de ventiladores, estipulando as condições necessárias à reprodutibilidade destas curvas em laboratório, para fins de classificação ou garantia. Esta norma é usada como base para teste de ventiladores, sopradores, exaustores, compressores e outros equipamentos de movimentação de ar.

A seguir serão descritas de forma resumida algumas das principais informações utilizadas desta norma para o levantamento de curvas características em laboratório (De Paula, 2004)

2.4.1 COMPONENTES DO SISTEMA DE MEDIÇÃO.

No estudo das curvas características de ventiladores é necessária a confecção de um duto acoplado ao ventilador que seja capaz de fornecer condições para que o fluxo de ar seja o mais homogêneo possível em uma seção de testes. Com seção transversal circular, este duto terá suas dimensões conforme o tipo de ventilador, devendo possuir as seguintes características:

- Diâmetro específico e uniforme;
- Comprimento mínimo do duto;
- Peça de transformação adequada;
- Favo de mel (homogeneizador de fluxo);
- Seção de testes;
- Bocal cônico (estrangulador de fluxo).

2.4.1.1 DIÂMETRO DO DUTO.

O diâmetro do duto para as medições deve ser próximo do diâmetro hidráulico de saída do ventilador, sendo uniforme em todo seu comprimento, como mostra a Figura 2.12.

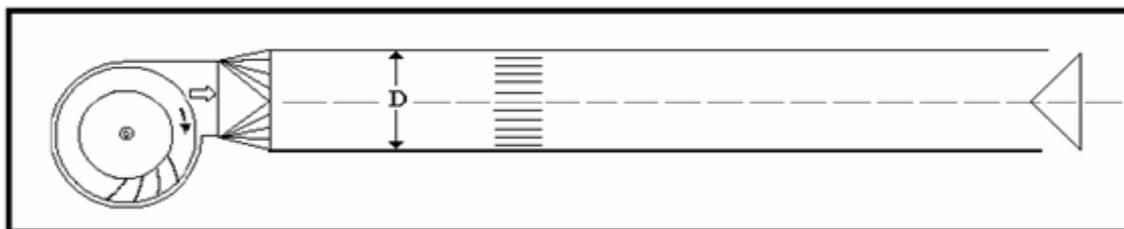


Figura 2.12 - Acoplamento entre ventilador e duto para as medições.
(Fonte: De Paula, 2004)

2.4.1.2 COMPRIMENTO MÍNIMO DO DUTO

Este duto deve possuir um comprimento mínimo igual a dez vezes o valor de seu diâmetro hidráulico, a partir do último acidente (transformação brusca na seção), quando este possuir uma peça de transformação.

2.4.1.3 PEÇA DE TRANSFORMAÇÃO

É a peça que acopla o ventilador no duto de teste. Se a saída do ventilador possuir uma seção retangular, esta deve ser conectada ao duto circular de maneira suave, afim de não causar grandes perturbações no fluxo ou excessiva perda de carga (este é o caso dos ventiladores centrífugos). A adição deste elemento acarretaria um acréscimo de perda de carga indesejável ao processo.

Nos ensaios praticados neste trabalho esta peça foi dispensada, pois, tanto os ventiladores em teste quanto ao duto utilizado possuem seções circulares e de mesmo diâmetro para o acoplamento.

2.4.1.4 FAVO DE MEL.

Para a homogeneização do fluxo de ar no interior do duto de teste é utilizado um dispositivo chamado de favo de mel. (Figura 2.13).

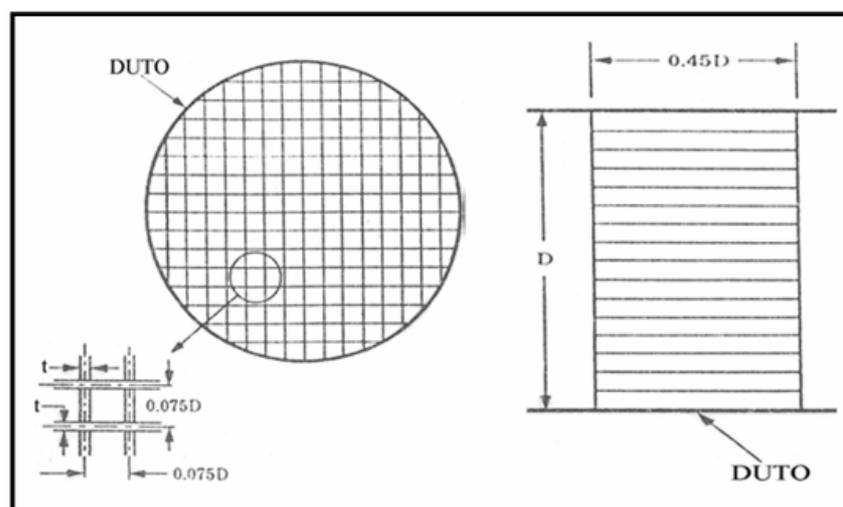


Figura 2.13 - Favo de mel.
(Fonte: De Paula, 2004)

Este apresenta uma grande quantidade de células que estão alinhadas na direção do fluxo de ar, permitindo reduzir as flutuações transversais do escoamento, o que reduz sua turbulência.

A norma ANSI/AMCA 210-99 é utilizada como base para as medições dos ventiladores por ser amplamente utilizada na área científica, e inclui, entre outras vantagens, unidades e equações no sistema internacional de unidades (SI).

2.4.1.5 SEÇÃO DE TESTES

A seção de testes é a região onde são medidas as variáveis para a confecção da curva característica do ventilador.

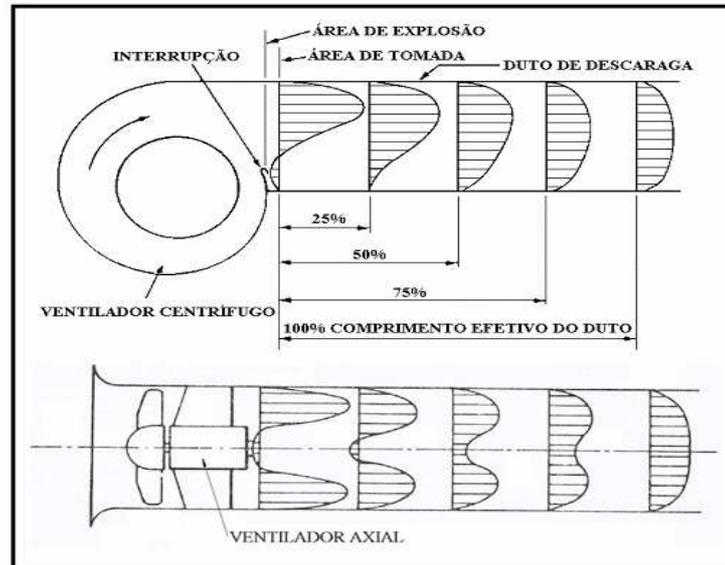


Figura 2.14 - Perfil de velocidade de um ventilador centrífugo.

Perfil de velocidade de um ventilador axial.

(Fonte: De Paula, 2004)

Com isso, na seção de testes são posicionados os finos tubos de silicone (mencionados anteriormente) que são conectados à célula de pressão diferencial, um instrumento capaz de medir a diferença entre as pressões detectadas nos extremos da zona de teste. A Figura 2.14 mostra como se comportam os perfis de velocidades em função da distância (em diâmetros de seção transversal) percorrida após a passagem do ar pelo último obstáculo em um sistema com ventilador centrífugo e axial, respectivamente.

2.4.1.6 BOCAL CÔNICO

No final do duto deve haver um dispositivo que permita o estrangulamento (obstrução) do fluxo. Geralmente é confeccionado um bocal cônico para tal tarefa, para que esta obstrução se dê de forma mais homogênea. Este dispositivo é necessário para a variação da velocidade do fluxo e conseqüentemente de sua vazão. Com essa alteração na vazão se consegue obter dados intermediários entre a pressão máxima e a mínima, sendo possível a confecção da curva característica do ventilador. Este elemento, também, não foi instalado no duto de teste deste trabalho, pelo mesmo motivo da seção anterior, excluir perdas de cargas indesejáveis ao processo. A Figura 2.15 mostra alguns tipos de bocais cônicos utilizados em laboratório para a obstrução do fluxo nos sistemas de ventilação.

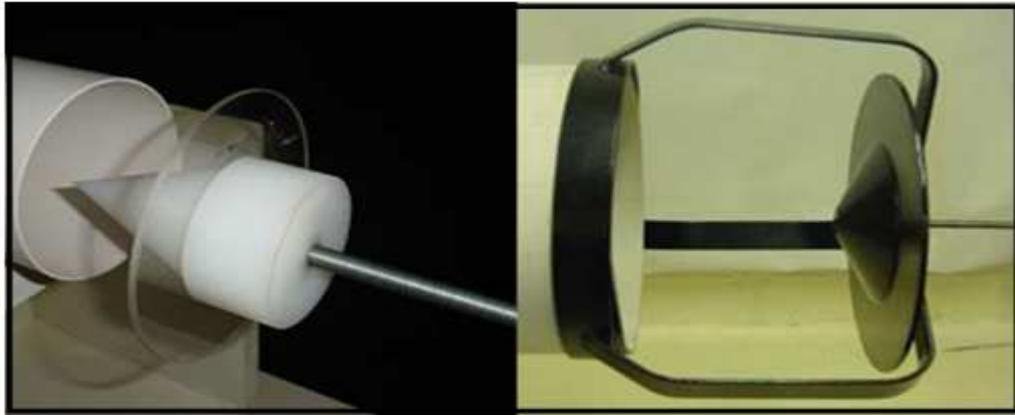


Figura 2.15 - Dois tipos diferentes de bocais cônicos usados em laboratórios.
(Fonte: De Paula, 2004)

2.5 PROGRAMA DE TRATAMENTO DE DADOS.

O programa de computador (*Agilent VEE por BECKER, 2006*) permite registrar o valor global (soma em decibéis) dos valores de amplitude do espectro sonoro para cada banda de oitava em cada região analisada das fontes emissoras. Isto significa dizer que para cada região analisada na fonte sonora, o programa permite registrar o espectro sonoro contínuo daquela região e para cada banda de frequência considerada é calculada uma média do sinal, apanhando o intervalo entre meia oitava de banda de frequência exatamente anterior e meia oitava de banda de frequência exatamente posterior ao ponto considerado. Na Figura 2.16 mostra o sinal discretizado em bandas de oitavas de frequência (31,25; 62,5; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000) Hz.

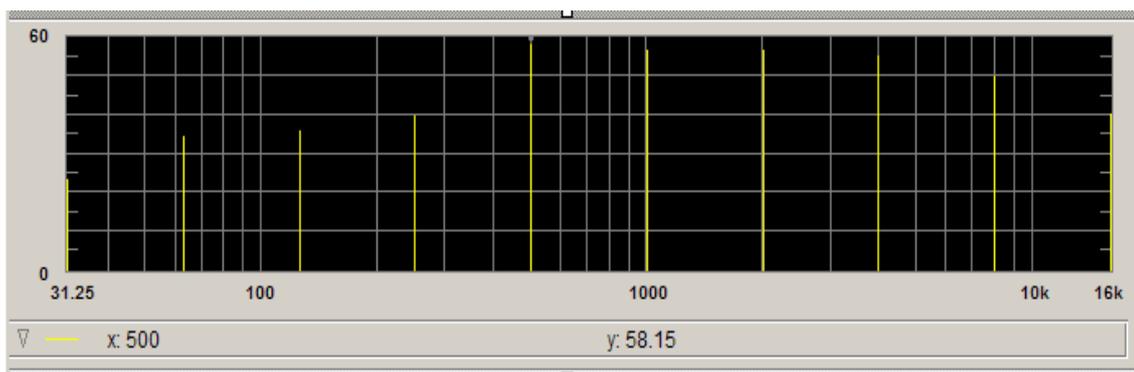


Figura 2.16 - Secador de Cabelo PARLUX (Região 1), Sinal em bandas de oitava.
(frequência. 500Hz x amplitude 58,15 dB).

Fonte: (Impressão Programa Agilent VEE por BECKER, 2006)

3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS.

Os aparelhos ensaiados possuem as seguintes características:

3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

Marca: Parlux

Potência Elétrica; 1700 Watts.

Origem: italiana.

Tensão: 127 Volts.

Rotação: 14.200rpm.

Diâmetro do Bocal de Saída: 43 mm.

Versão: manual.

Massa: 580 g.

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO SECADOR DE CABELO CONCEITO

Marca: Kyklon

Potência Elétrica; 134 Watts.

Potência Mecânica: 1/8 CV

Origem: nacional.

Tensão: 220Volts.

Rotação: 3.200 rpm.

Diâmetro do Bocal de Saída: 43 mm.

Versão: fixa.

Massa: 3,5 kg.

Massa da Impunhadura: 378 g.

3.3 ELENCO DE INSTRUMENTOS PARA PROCEDER AS MEDIÇÕES.

- Um sonômetro digital marca Quest, modelo 2800, ano 1996, tipo 2, ajustado para trabalhar na faixa de 40 a 100 dB, em Modo SPL, resposta Lenta, ponderado em "A", com incerteza de ± 1 dB conforme NR 15;

- Um computador portátil marca Compaq.
- Placa de aquisição de dados PC – Card DAS 16/330 da Computer Boards, com 16 canais, 330 KHz, 12 bits, entrada de +ou- 5 Vdc. Sensibilidade de $2,44E-3$ V. Incerteza de+ ou – 1LSB max.
- Um dispositivo de conexão de cabos de rede (borneira).
- Programa de aquisição e análise de dados *Agilent VEE por BECKER, 2006*.

3.4 VERIFICAÇÃO DO DESLOCAMENTO DE MASSA DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

No laboratório de fluxo de massa da universidade (LMF) empregou-se o seguinte procedimento para quantificar a vazão desenvolvida pelos aparelhos:

Tomou-se um tubo de PVC, de espessura de parede de 3 mm. , com seu diâmetro interno igual ao diâmetro externo do bocal de saída dos Secadores de Cabelo PARLUX e CONCEITO que servirá de conduto do fluxo do ar deslocado pelos secadores de cabelo. O comprimento do tubo foi determinado por vinte e cinco vezes o diâmetro externo de saída do Secador de Cabelo. O aconselhado para este caso é dispor pelo menos de dez diâmetros (De Paula, 2004). Portanto neste caso, os cinco diâmetros adicionais reservaram-se para a estabilidade do fluxo no interior do tubo. As tomadas de pressão do fluxo do fluido no interior do tubo se deram a partir dos pontos compreendidos entre o sexto e o vigésimo diâmetro. De forma a fixar uma das sondas ao vigésimo ponto e variar apenas a outra sonda das distâncias compreendidas entre o sexto e o décimo nono diâmetro, tabelando os valores encontrados.



Figura 3.1 - Secador de Cabelo PARLUX 2600
(Fonte: Fotografia dos experimentos.)

Não houve necessidade de proceder a alterações físicas no Secador de Cabelo PARLUX (Figura 3.1) para a realização dos ensaios.

O instrumento de medição de pressão estática do fluido utilizado no laboratório foi uma célula de pressão diferencial. Isto significa dizer que as duas sondas (finos tubos de silicone) instaladas nas duas frentes limites, de máxima e de mínima pressão, no interior do tubo que conduz o fluxo de fluido em escoamento, informam à célula diferencial as polaridades de pressão desenvolvidas. Por exemplo, a tomada de pressão instalada do sexto ponto e a sonda instalada no vigésimo ponto, é conectada ao instrumento, uma de cada lado da membrana sensível da célula de pressão e o resultado se dá apresentando a diferença de pressão entre os dois pontos ensaiados. O instrumento por sua vez registra uma variação de corrente em miliamperes. Emprega-se a expressão (2) para efetuar a conversão da variação da pressão expressa em miliamperes (mA) para a variação da pressão em Pascal(Pa):

$$\Delta P(\text{Pa}) = [\Delta P(\text{mA}) - 4].25 \quad (2)$$

A Figura 3.2 mostra o ensaio de obtenção dos valores de deslocamento de massa do Secador de Cabelo PARLUX no laboratório.



Figura 3.2 - Secador de Cabelo PARLUX.
(Ensaio de fluxo de massa)
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

A Tabela 3.1 mostra os dados obtidos no ensaio de fluxo de massa, obtidos no laboratório, do Secador de Cabelo PARLUX:

Tabela 3.1 - Dados obtidos no ensaio de fluxo de massa do Secador de Cabelo PARLUX.

Pontos	$\Delta P(\text{mmA})$	$\Delta P(\text{Pa})$	$\text{Ø} (\text{mm})$	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
2 – 20	4,96	24,0	43	23
3 – 20	5,25	31,25	43	23
5 – 20	5,33	33,25	43	23
7 – 20	5,14	28,50	43	23
9 – 20	4,97	24,25	43	23
10 – 20	4,93	23,25	43	23
11 – 20	4,77	19,25	43	23
12 – 20	4,64	16,0	43	23

3.4.1 CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA E VAZÃO DO FLUIDO DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

Para representar o equacionamento que permite resolver este sistema, empregam-se as expressões (3) e (4) abaixo:

$$1) \Delta P = \frac{1}{2} \rho \cdot V_m^2 \cdot \lambda \frac{L}{D} \quad (3)$$

$$2) \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2,035 \cdot \log(\sqrt{\lambda} \cdot \text{Re}) + 0,986 \quad (4)$$

$$\text{Re} = V_m \cdot (D/\zeta)$$

$$\text{Patm} = 760 \text{ mmHg.}$$

$$\zeta = 14,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \text{ viscosidade cinemática do fluido. (função T; Patm)}$$

λ = fator de atrito.

$$\Delta P (7-20) = 28,50 \text{ Pa.}$$

$$\rho = 1,17 \text{ Kg/m}^3; \text{ massa específica. (função T; Patm)}$$

Distância entre os pontos 7 e 20 é 560mm.

$$L(7-20) = 0,56 \text{ m}$$

$$\acute{A}rea = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$\acute{O} = 0,043 \text{ m.}$$

$$\text{Vaz\~{a}o} = 0,0242 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\lambda = 0,0135$$

$$\text{Vaz\~{a}o} = 1,45 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_m = 16,65 \text{ m/s;}$$

$$\text{Vaz\~{a}o} = 87,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vaz\~{a}o} = V_m \cdot \acute{A}rea$$

3.5 VERIFICAÇÃO DO DESLOCAMENTO DE MASSA DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

O ensaio de fluxo de massa realizado no Secador de Cabelo CONCEITO requereu uma prévia adequa o em seu modelo e forma para que pudesse adquirir o aspecto técnico e executar tarefa de secar cabelo. Para tanto se conectou um conduto tubular circular espiralado de diâmetro interno 1 1/2" de material flexível chamado EVA de 1,25 m de comprimento, na zona de descarga (maior pressão) e um anteparo de ruído montado na zona de admissão de ar do ventilador centrífugo. A Figura 3.3 mostra o equipamento em fase anterior   instala o dos acessórios. A Figura 3.4 apresenta o equipamento com luva de conexão/redu o tubo flexível, terminal de distribui o do fluxo de ar e disco anteparo de ruído, pronto como protótipo.



Figura 3.3 - Secador de Cabelo CONCEITO (sem acessórios).
(Fonte: Fotografia dos experimentos)



Figura 3.4 - Secador de Cabelo CONCEITO (com acessórios).
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

A Figura 3.5 mostra o ensaio de obtenção dos valores de deslocamento de massa do Secador de Cabelo CONCEITO, no laboratório. O processo de obtenção dos valores mássicos do protótipo se deu enquanto Secador de Cabelo CONCEITO (com todos os acessórios instalados) e não como ventilador centrífugo (sem acessórios instalados) para garantir em termos de perdas de carga e vazão, uma maior semelhança entre ambos os aparelhos ensaiados.



Figura 3.5 - Secador de Cabelo CONCEITO em ensaio de fluxo de massa no laboratório.
(Fonte: Fotografia dos experimentos)

A Tabela 3.2 mostra os dados obtidos no ensaio de vazão volumétrica do Secador de Cabelo CONCEITO:

Tabela 3.2 - Dados obtidos no ensaio de fluxo de massa do Secador de Cabelo CONCEITO.

Pontos	$\Delta P(\text{mmA})$	$\Delta P(\text{Pa})$	$\text{Ø} (\text{mm})$	Temp.(°C)
3 – 20	4,80	20,00	0,043	23
5 – 20	4,97	24,25	0,043	23
7 – 20	4,89	22,25	0,043	23
9 – 20	4,78	19,50	0,043	23
11 – 20	4,64	16,00	0,043	23
12 – 20	4,53	13,25	0,043	23

3.5.1 CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA E VAZÃO DO FLUIDO DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho \cdot V_m^2 \cdot \lambda \frac{L}{D}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2,035 \cdot \log(\sqrt{\lambda} \cdot \text{Re}) + 0,986$$

$$\text{Re} = V_m \cdot (D/\zeta)$$

$$P_{\text{atm}} = 760 \text{ mmHg.}$$

$$\zeta = 14,9 \times 10^{-6} \text{ m/s; (viscosidade cinemática do fluido).}$$

$$\lambda = \text{fator de atrito.}$$

$$\Delta P (7-20) = 22,25 \text{ Pa.}$$

$$\rho = 1,17 \text{ Kg/m}^3; \text{ (massa específica).}$$

Distância entre os pontos 7 e 20 é 560mm.

$$L(7-20) = 0,56 \text{ m}$$

$$\text{Ø} = 0,043 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,0138$$

$$V_m = 14,53 \text{ m/s}$$

$$\text{Vazão} = 0,0211 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Vazão} = V_m \cdot \text{Área}$$

$$\text{Área} = \pi \cdot d^2/4$$

$$\text{Vazão} = 1,27 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\text{VAZÃO} = 76,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.6 REGIÕES DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA NOS SECADORES DE CABELO PARLUX E CONCEITO.

As zonas periféricas espaciais do entorno de uma fonte emissora de ruído nem sempre revelam os mesmos valores de emissão sonora. Frequentemente os aparelhos sonoros apresentam diferenças em termos quantitativos quanto suas zonas irradiantes. Seguindo a norma ISO 3744, uma malha espacial imaginária, conforme figura 3.6 e figura 3.7, foi montada com o objetivo de traçar uma superfície de medições quando das avaliações efetuadas a campo aberto. A base da semi-esfera dista um metro e trinta e cinco centímetros do solo (grama de nove centímetros de altura).

Legenda:

Região 1: De quem olha o aparelho de cima, fica localizada ao lado direito.

Região 2: De quem olha o aparelho de cima, fica localizada ao lado esquerdo.

Região 3: Fica localizada na parte de acima do aparelho.

Região 4: Fica localizada na parte de baixo do aparelho.(não ensaiada)

Região 5: De quem olha o aparelho de cima, fica localizada na parte da frente.

Região 6: De quem olha o aparelho de cima, fica localizada na parte de trás.

Região 7: Fica localizada entre a região 1 e 6.

Região 8: Fica localizada entre a região 2 e 6.

Região 9: Fica localizada entre a região 2 e 5.

Região 10: Fica localizada entre a região 1 e 5.

Não foram levantados valores de emissões com respeito à Região 4, pois se localiza na parte de baixo dos aparelhos e os mesmos distam 1,35 m. do solo, portanto valor inferior a 1,50 m estipulado como raio de captura dos sinais de pressão sonora.

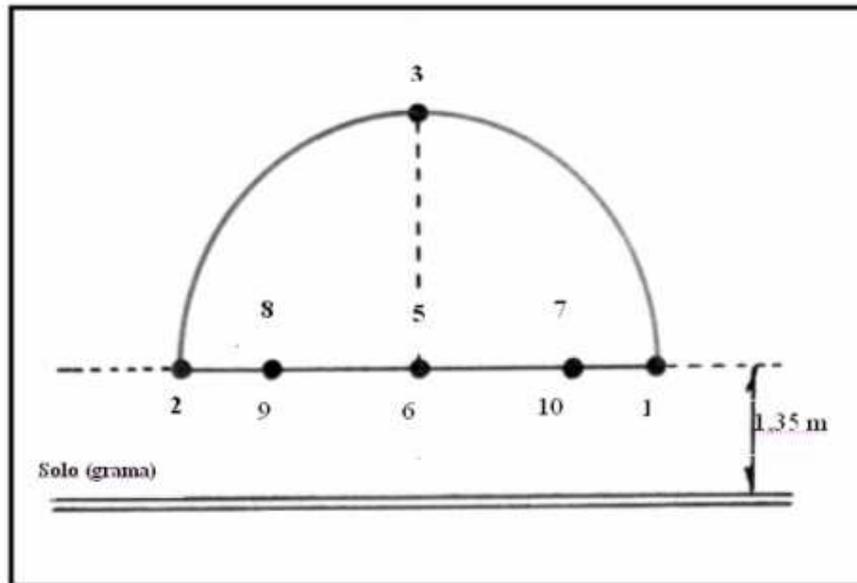


figura 3.6 - Vista lateral do posicionamento do sonômetro sobre a malha imaginária de coleta de dados.
(Fonte: Desenho esquemático dos experimentos)

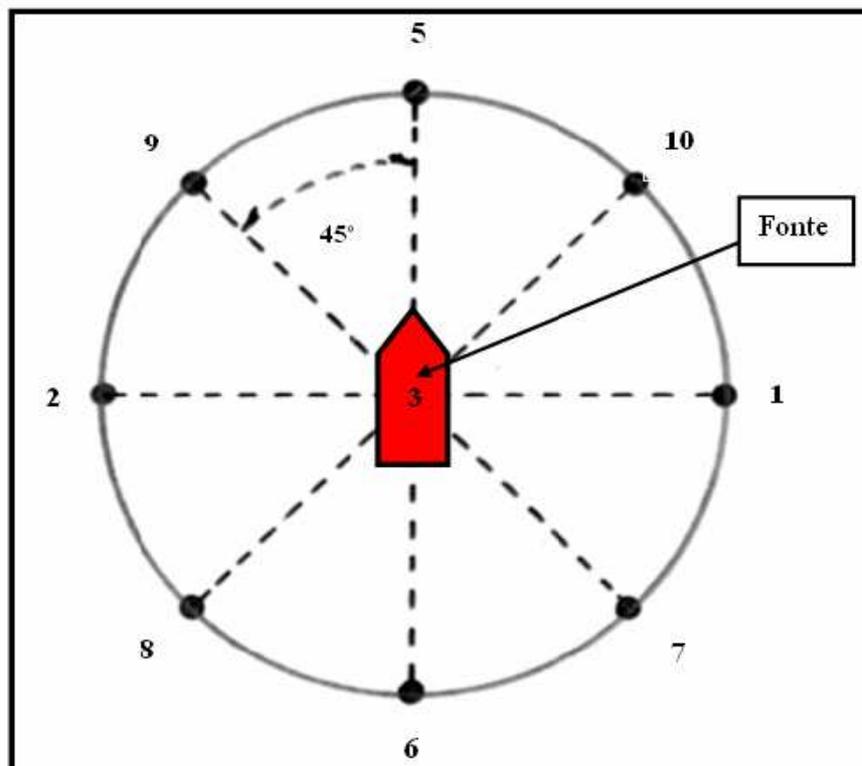


figura 3.7 - Vista superior do posicionamento do sonômetro sobre a malha imaginária de coleta de dados.
(Fonte: Desenho esquemático dos experimentos)

3.7 MEDIDAS DAS EMISSÕES SONORAS DOS SECADORES DE CABELO PARLUX E CONCEITO A CAMPO ABERTO.

Importante neste ensaio foi a escolha de um ambiente onde a contribuição de seu nível de pressão sonora natural fosse tal que garantisse uma diferença mínima de 10 dB entre a fonte emissora e o ruído de fundo ambiental (MIGUEL, L.F.F., 2007). Isto significa dizer que a diferença quantitativa das emissões sonoras de ambos avaliados com o ruído de fundo ambiental não deverá ser menor do que o valor de 10 dB.

Em primeira tentativa, escolheu-se o estacionamento da Ufrgs, compreendido entre os prédios 11107; 11207; 11204; 11105; 11106 em frente ao Grupo de Mecânica Aplicada (Gmap) em um dia de domingo. Com um raio de 2m entre a fonte emissora e o microfone do sonômetro, não logrou-se êxito, pois a diferença obtida entre o ruído de fundo ambiental e as emissões sonoras dos aparelhos foi de 6 dB. Em segunda tentativa, com raio de 1m entre a fonte emissora e o microfone do sonômetro, também não logrou-se êxito, pois a diferença obtida ficou aos 9 dB. , perto porém, não o suficiente para garantir a validade do experimento como recomenda a norma. Em terceira tentativa, com raio de 0,5 m. entre a fonte emissora e o microfone do sonômetro, a diferença passou para 12 dB, mesmo assim o pesquisador optou por buscar outro ambiente para efetuar ensaio de contra prova, pois embora fosse alcançada uma diferença de 12 dB entre fonte emissora e ruído de fundo ambiental, estava frente a um sistema que impunha um pequeno raio de observação e submetido a um alto ruído de fundo ambiental, na ordem de 53dB.

O local escolhido para o novo ensaio, foi a Fundação Zôo-Botânico de Porto Alegre. O ambiente ofereceu um ruído de fundo de 46 dB em medições executadas em dia de domingo.

Observou-se para este ensaio a mesma malha espacial imaginária anteriormente discriminada valendo-se como superfície de medição.

Os valores das emissões sonoras foram adquiridos pelo programa (Agilent VEE por BECKER, 2006), de análise de sinal elétrico, que obtém o resultado por uma média temporal de 10 segundos, somente depois registradas pelo pesquisador, conforme Tabela 3.3. Neste caso houve coleta temporal média para estabelecer registro a cada ponto tomado.

3.7.1 NÍVEIS DE PRESSÃO SONORAS (NPS) DO SECADOR DE CABELO PARLUX A CAMPO ABERTO.

Ruído de Fundo Ambiental = 46 dB.

Tensão elétrica nominal da rede = 115 Volt.

Raio de tomada de dados = 1,50 m.

Distância do solo = 1,35 m.

Tipo de solo = grama (9 cm. de altura).

Tabela 3.3 Níveis de pressão sonora (NPS) do Secador de Cabelo PARLUX a campo aberto.

Região	Emissões (dB)	Orientação
1	63,05	direita
2	62,66	esquerda
3	62,35	superior
4	Não Avaliada	Inferior
5	58,83	Frente
6	63,15	Trás
7	62,69	intermediária
8	63,90	intermediária
9	61,15	intermediária
10	61,18	intermediária
Média	62,10	Todas

Média dos níveis de pressão sonora entre as nove regiões ensaiadas do Secador de Cabelo PARLUX, a campo aberto = 62,10 dB.

Na determinação do Nível de Potência Sonora (NWS), a partir do Nível de Pressão Sonora (NPS) adquiridos em ensaio de campo aberto na Fundação Zoobotânico, será utilizado a expressão (5) (GERGES, 2000).

$$\text{NPS} = \text{NWS} + \text{DI} - 20 \log r - 11 \quad (5)$$

Onde: DI = 0 (Índice de Diretividade)

r = 1,5 m (raio de distância entre fonte e sonômetro).

3.7.1.1 NÍVEL DE POTÊNCIA SONORA (NWS) DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

Região 1 : NWS = 77,57 dB

Região 7 : NWS = 77,21 dB

Região 2 : NWS = 77,18 dB

Região 8 : NWS = 78,42 dB

Região 3 : NWS = 76,87 dB

Região 9 : NWS = 75,67 dB

Região 5 : NWS = 73,35 dB

Região 10 : NWS = 75,70 dB

Região 6 : NWS = 77,67 dB

NWS (Médio) = 76,63 dB

3.7.1.2 POTÊNCIA SONORA IRRADIADA (W) DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

Após obter o valor de Nível de Potência Sonora (NWS), encontra-se a Potência Sonora Irradiada (W), expressa em watt, através da expressão (6) (GERGES, 2000).

$$NWS = 10 \log W/W_0 \quad (6)$$

Onde: $W_0 = 1 \text{ E}^{-12} \text{ Watt}$. (potência de referência)

Região 1) $W = 5,7 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 7) $W = 5,3 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 2) $W = 5,2 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 8) $W = 6,9 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 3) $W = 4,9 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 9) $W = 3,7 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 5) $W = 2,2 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 10) $W = 3,7 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

Região 6) $W = 5,8 \times \text{E}^{-5} \text{ Watt}$

W (Médio) = $4,8 \text{ E}^{-5} \text{ Watt}$

A Tabela 3.4 mostra os valores dos Níveis de Pressão Sonora (NPS), Níveis de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada (W) com respeito às regiões ensaiadas no Secador de Cabelo PARLUX a campo aberto.

Tabela 3.4 - Níveis de pressão sonora (NPS), níveis de potência sonora (NWS) e potência sonora irradiada (W) com respeito as regiões do Secador de Cabelo PARLUX.

Região	NPS(dB)	NWS(dB)	W(Watt)
1	63,05	77,57	5,7 E -5
2	62,66	77,18	5,2 E -5
3	62,35	76,87	4,9 E -5
4	Não ensaiado	Não ensaiado	Não ensaiado
5	58,83	73,35	2,2 E -5
6	63,15	77,67	5,8 E -5
7	62,69	77,21	5,3 E -5
8	63,90	78,42	6,9 E -5
9	61,15	75,67	3,7 E -5
10	61,18	75,70	3,7 E -5
Média	62,10	76,63	4,8 E -5

3.7.2 NÍVEIS DE PRESSÃO SONORAS DO SECADOR DE CABELO CONCEITO A CAMPO ABERTO.

Observou-se para este ensaio a mesma malha espacial imaginária anteriormente discriminada valendo-se como superfície de medição.

Os valores das emissões sonoras foram adquiridos pelo programa de análise de dados, que obtém o resultado por uma média temporal de 10 segundos, somente depois registrada, conforme Tabela 3.5. Neste caso houve coleta temporal média para estabelecer registro a cada ponto tomado.

Ruídos de Fundo Ambiental = 46 dB.

Tensão elétrica da rede = 220 Volt.

Raio de tomada de dados = 1,50 m.

Distância do solo = 1,35 m.

Tipo de solo = grama (9 centímetros de altura).

Tabela 3.5 - Níveis de Pressão Sonoras do Secador de Cabelo CONCEITO a campo aberto.

REGIÃO	Emissões (dB)	Orientação
1	53,26	Direito
2	56,35	Esquerdo
3	54,45	Superior
4	Não Avaliado	Inferior
5	53,29	Frente
6	58,59	Trás
7	55,59	intermediário
8	57,30	intermediário
9	54,34	intermediário
10	52,61	Intermediário
Média	55,10	Todas

Média dos níveis de pressão sonora entre as nove regiões ensaiadas do Secador de Cabelo CONCEITO, a campo aberto = 55,10 dB.

3.7.2.1 NÍVEL DE POTÊNCIA SONORA (NWS) DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

Região 1) NWS = 67,78 dB

Região 7) NWS = 70,11 dB

Região 2) NWS = 70,87 dB

Região 8) NWS = 71,82 dB

Região 3) NWS = 68,97 dB

Região 9) NWS = 68,86 dB

Região 5) NWS = 67,81 dB

Região 10) NWS = 67,13 dB

Região 6) NWS = 73,11 dB

NWS (Médio) = 69,61 dB

3.7.2.2 POTÊNCIA SONORA IRRADIADA (W) DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

Região 1) $W = 0,60 \times E-5$ Watt

Região 7) $W = 1,02 \times E-5$ Watt

Região 2) $W = 1,22 \times E-5$ Watt

Região 8) $W = 1,52 \times E-5$ Watt

Região 3) $W = 0,79 \times E-5$ Watt

Região 9) $W = 0,77 \times E-5$ Watt

Região 5) $W = 0,60 \times E-5$ Watt

Região 10) $W = 0,52 \times E-5$ Watt

Região 6) $W = 2,04 \times E-5$ Watt

W (Médio) = $1,01 E -5$ Watt

A Tabela 3.6 mostra os valores dos Níveis de Pressão Sonora (NPS), Níveis de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada (W) com respeito às regiões ensaiadas no Secador de Cabelo CONCEITO a campo aberto.

Tabela 3.6 - Níveis de Pressão Sonora (NPS), Níveis de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada (W) com respeito as regiões ensaiadas no Secador de Cabelo CONCEITO.

Região	NPS	NWS	W
1	53,26	67,78	0,60 E -5
2	56,35	70,87	1,22 E -5
3	54,45	68,97	0,79 E -5
4	Não Avaliado	Não Ensaiado	Não Ensaiado
5	53,29	67,81	0,60 E -5
6	58,59	73,11	2,04E -5
7	55,59	70,11	1,02 E -5
8	57,30	71,82	1,52 E -5
9	54,34	68,86	0,77 E -5
10	52,61	67,13	0,52 E -5
Média	55,10	69,61	1,01 E -5

3.7.3 ENSAIO PRATICADO PARA VALIDAR O EQUACIONAMENTO UTILIZADO, OBTEN O NÍVEL DE POTÊNCIA SONORA (NWS) E A POTÊNCIA SONORA IRRADIADA(W): (GERGES, 2000).

$$NPS = NWS + DI - 20 \log r - 11$$

$$NWS = 10 \log W/W_0$$

A oportunidade de legitimar os valores de Nível de Pressão Sonora (NPS), Nível de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada(W), torna-se claro a partir da verificação das grandezas adquiridas através de um ensaio específico que objetiva colher informações de uma fonte sonora variando, apenas, sua distância ao ponto de captação, microfone do sonômetro, raio.

Utilizando a propriedade da Potência Sonora Irradiada de que sua grandeza depende da própria fonte e independe do meio ambiente onde se encontra, (GERGES, 2000), a aquisição de dados referente ao Nível de Pressão Sonora (NPS), por exemplo, ao menor raio, fornecerá informações da Potência Sonora Irradiada (W) em aquele ponto que poderá servir como parâmetro potencial para definir, teoricamente, o Nível de Pressão Sonora (NPS) em um determinado ponto mais afastado da fonte emissora e ser comparado com o Nível de Pressão Sonora (NPS) obtido na prática.

A Região 8 do Secador de Cabelo PARLUX foi eleita para fazer o ensaio, pelos seus valores de emissões sonoras ligeiramente diferenciadas. Por este motivo sua nomenclatura partirá com o número 8. Os raios escolhidos para efetuar as coletas dos sinais foram:

Raio (8.1) = 0,375 m.

Raio (8.3) = 1,125m

Raio (8.2) = 0,75 m.

Raio (8.4) = 1,50 m

Isto significa dizer que a posição raio (8.1) distancia a fonte emissora 0,375 m. do microfone do sonômetro, assim como a posição raio (8.2) distancia a fonte emissora 0,75 m., a posição raio (8.3) distancia a fonte emissora 1,125 m, a posição raio (8.4) distancia a fonte emissora 1,50 m do microfone do sonômetro. A coleta de dados está na Tabela 3.7 e a Figura 3.8 demonstra esta distribuição:

Ruído de Fundo Ambiental = 43,65 dB Temperatura Ambiente = 23,60°C

Velocidade do Vento = 2,41 m/s

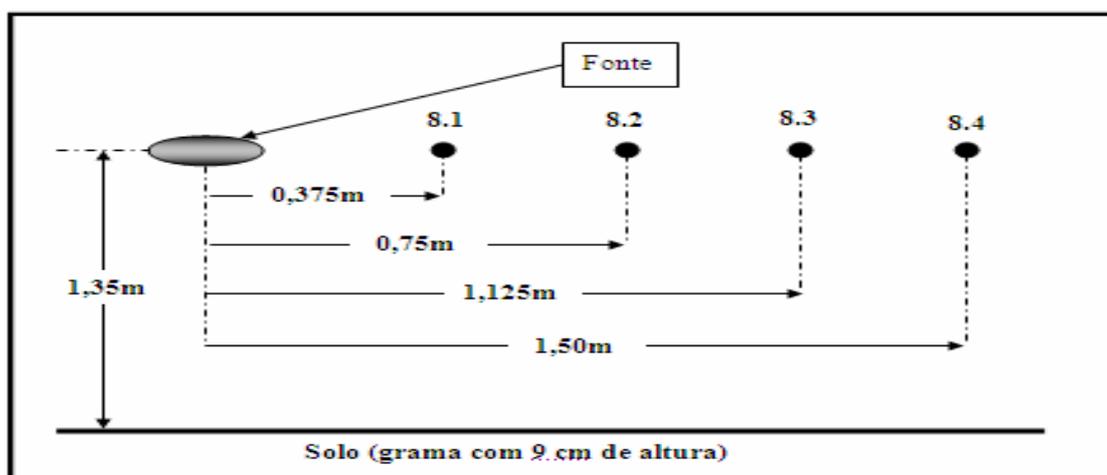


Figura 3.8 - Posições do sonômetro em relação a fonte emissora no ensaio de validação das equações.

Tabela 3.7 - Níveis de pressão sonora colhidos em quatro raios distintos para efeito de validação das equações.

Cliente	Ponto 8.1	Ponto 8.2	Ponto 8.3	Ponto 8.4
A	76,16	70,54	68,13	64,76
B	76,05	70,39	67,80	64,78
C	75,74	70,45	67,73	64,62
D	75,66	70,48	67,82	64,56
E	75,81	70,43	67,59	64,48
F	75,92	70,15	67,58	64,38
G	76,09	70,10	67,05	64,48
Média	75,92	70,36	67,67	64,58

3.7.3.1 POTÊNCIA SONORA IRRADIADA (W) NO ENSAIO DE VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES.

Para cada um dos quatro valores de raio utilizado no ensaio, foram colhidos 7 (sete) tomadas de Nível de Pressão Sonora. Foi empregada, nas equações, a resultante da média aritmética encontrada.

Onde: $DI = 0$

- Para o Raio (8.1)=0,375 m. ; $DI = 0$

$$75,92 = NWS + 0 - 20 \log 0,375 - 11$$

$$NWS = 78,40 \text{ dB.}$$

- Para o Raio (8.2)=0,75 m. ; $DI = 0$

$$70,36 = NWS + 0 - 20 \log 0,75 - 11$$

$$NWS = 78,86 \text{ dB.}$$

- Para o Raio (8.3)=1,125 m. ; $DI = 0$

$$67,67 = NWS + 0 - 20 \log 1,125 - 11$$

$$NWS = 79,69 \text{ dB.}$$

- Para o Raio (8.4)=1,50 m. ; $DI = 0$

$$64,58 = NWS + 0 - 20 \log 1,50 - 11$$

$$NWS = 79,10 \text{ dB.}$$

3.7.3.2 POTÊNCIA SONORA IRRADIADA MÉDIA(W) DO ENSAIO DE VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES.

O valor do Nível de Potência Sonora (NWS) requerido na equação da Potência Sonora Irradiada(W) foi obtido por uma média aritmética dos valores dos quatro raios encontrados:

NWS (médio) =79,01 dB.

$NWS (médio) = 10 \log (W/W_0)$; Onde $W_0=1E-12$ Watt. (potência sonora irradiada de referência)

$W = 7,9 E-5$ Watt

3.7.4 AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES SONORAS NO SALÃO DE BELEZA.

Escolheu-se um pequeno salão de beleza de 14,51 m², conforme planta baixa figura 3.9, para servir de laboratório nas avaliações do Secador de Cabelo PARLUX e Secador de Cabelo CONCEITO quando deles em operação.

O ambiente conta com um aparelho de ar condicionado de 7000 BTU instalado e entra em funcionamento quando da necessidade detectada pela proprietária do estabelecimento. Toda a tomada de dados para esta avaliação deu-se com o ar condicionado desligado.

O ruído de fundo ambiental (Rfa) no Salão de Beleza com o ar condicionado ligado foi de 56,22 dB.

O ruído de fundo ambiental (Rfa) no Salão de Beleza, no momento das avaliações, foi de 44,42 dB, com ar condicionado desligado.

Tabela 3.8 - Tabela de Coleta de Dados do Secador de Cabelo PARLUX e CONCEITO no Salão de Beleza.

CLIENTES	PARLUX (NPS) (dB)	CONCEITO (NPS) (dB)
A	74,48	63,80
B	73,96	63,21
C	74,14	62,99
D	74,20	65,46
E	74,33	63,15
Média	74,22	63,72

Ruído de Fundo Ambiental = 44,42 dB.

Os valores das emissões sonoras no Salão de Beleza foram adquiridos pelo sonômetro digital Quest 2800 e o programa (BECKER, 2006), de captura e análise de sinal elétrico, que obtém o resultado por uma média temporal de 10 segundos, somente depois registrados, conforme Tabela 3.8. Neste caso houve coleta temporal média para estabelecer registro a cada ponto tomado.

3.7.4.1 POSICIONAMENTO DO SONÔMETRO NO SALÃO DE BELEZA.

A Figura 3.9 mostra a distribuição mobiliária e o posicionamento do sonômetro em situação de ensaio no interior do salão de beleza.

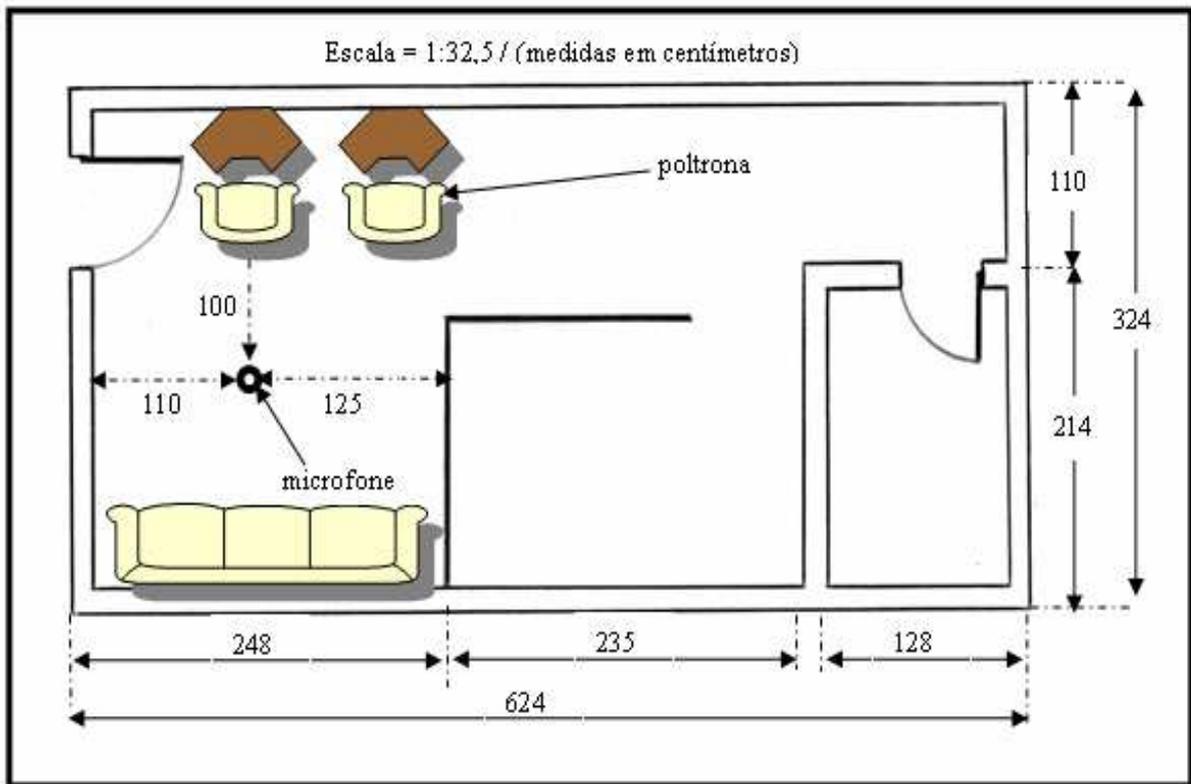


Figura 3.9 - Planta Baixa do Salão de Beleza.
(Fonte: *Desenho esquemático dos experimentos*)

3.7.5 DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO SONORO POR REGIÕES NO SECADOR DE CABELO PARLUX.

O universo dos resultados das amplitudes por frequência, obtido no experimento com o Secador de Cabelo PARLUX a campo aberto com Ponderação em “A” é mostrado na Tabela 3.9. Os registros mostram as bandas de frequências (Hz) com suas respectivas amplitudes (dB) em cada região analisada. Os valores sinalizados em vermelho apontam as ocorrências de maior amplitude na região considerada e sua respectiva frequência.

Para efeito de graficar o comportamento e a distribuição da frente sonora no entorno do Secador de Cabelo PARLUX fez-se necessário obter o valor global das amplitudes. Isto significa dizer que não basta apanhar, para cada região, os pontos de ocorrência de maior amplitude e sua respectiva frequência, pois o fenômeno auditivo compreende perceber do som, com a gama de frequências e amplitudes nele contido. Para tanto se procedeu a soma, em termos de decibéis, expressão (7), dos valores de todas as frequências e o valor global encontra-se acumulado na última linha da tabela 3.9 (MIGUEL, L.F.F. 2007).

$$NPS = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{NPS_i}{10}} \quad (7)$$

Os valores acondicionados na Tabela 3.9 mostram as emissões conforme percebe o ouvido humano (Ponderado em “A”), porém as fontes sonoras emitem o seu potencial sonoro de forma linear. Para proceder a correção dos valores encontrados no ensaio (ponderados em “A”) para valores linearizados, Tabela 3.11, emprega-se a expressão (8) e os conteúdos da Tabela 3.10 (MIGUEL, L.F.F., 2007).

Tabela 3.9 - Distribuição das freqüências e amplitudes ponderados em “A” e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo PARLUX.

Ensaio Secador de Cabelo Parlux 2600 a Campo Aberto. (Ponderado em "A")									
AMPLITUDES									
Freq.	Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3	Reg. 5	Reg. 6	Reg. 7	Reg. 8	Reg. 9	Reg. 10
31,25	23,13	30,84	23,32	20,45	20,45	19,39	25,69	21,72	24,39
62,5	34,15	34,64	35,03	33,22	34,94	32,76	37,76	33,90	33,89
125	35,95	37,24	38,08	35,68	34,87	36,54	38,22	36,24	36,19
250	39,58	39,02	39,41	36,30	39,23	38,62	40,99	37,44	37,12
500	58,15	58,70	58,98	49,77	56,74	55,70	60,42	56,37	54,27
1000	56,67	56,24	54,75	52,91	55,26	55,54	56,82	55,11	55,05
2000	56,61	55,22	55,35	53,30	57,42	57,26	56,15	54,76	56,43
4000	55,10	54,31	52,88	52,33	56,05	55,68	54,20	52,87	52,70
8000	50,08	48,93	45,73	48,61	53,53	53,19	49,66	47,76	48,01
16000	39,93	40,03	34,44	39,04	43,87	42,29	40,82	39,65	39,48
V.Global	63,07	62,72	62,27	58,84	63,07	62,72	63,78	61,25	61,13

Pode-se observar que na distribuição das freqüências e suas máximas amplitudes na varredura do entorno do secador de cabelo Parlux, as freqüências dominantes estão entre 500 Hz. e 2000 Hz.

Escala (Ponderada em “A”) = Escala (Linear) + (Tabela); Portanto: (8)

Escala (Linear) = Escala Ponderada em “A” – Tabela

Tabela 3.10 - tabela de correção da percepção auditiva para a curva “A”

Tabela de atenuação da percepção auditiva para a curva "A".	
Freqüência (Hz)	Curva "A" (dB)
31,5	-39,4
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	1,2
4000	1
8000	-1,1
16000	-6,6

Tabela 3.11 - Distribuição das frequências e amplitudes Linearizadas e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo PARLUX.

Ensaio Secador de Cabelo Parlux 2600 a Campo Aberto. (Escala Linear)									
AMPLITUDES									
Freq.	Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3	Reg. 5	Reg. 6	Reg. 7	Reg. 8	Reg. 9	Reg. 10
31,25	62,53	70,24	62,72	59,85	59,85	58,79	65,09	61,12	63,79
62,5	60,35	60,84	61,23	59,42	61,14	58,96	63,96	60,10	60,09
125	52,05	53,34	54,18	51,78	50,97	52,64	54,32	52,34	52,29
250	48,18	47,62	48,01	44,90	47,83	47,22	49,59	46,04	45,72
500	61,35	61,90	62,18	52,97	59,94	58,90	63,62	59,57	57,47
1000	56,67	56,24	54,75	52,91	55,26	55,54	56,82	55,11	55,05
2000	55,41	54,02	54,15	52,10	56,22	56,06	54,95	53,56	55,23
4000	54,10	53,31	51,88	51,33	55,05	54,68	53,20	51,87	51,70
8000	51,18	50,03	46,83	49,71	54,63	54,29	50,76	48,86	49,11
16000	46,53	46,63	41,04	45,64	50,47	48,89	47,42	46,25	46,08
V.Global	67,57	71,65	67,74	64,54	66,91	65,97	69,80	66,29	67,08

3.7.5.1 DIAGRAMA POLAR DE DISTRIBUIÇÃO DO POTENCIAL SONORO POR REGIÕES NO ENTORNO DO SECADOR DE CABELO PARLUX.

A distribuição da frente sonora com respeito a percepção auditiva humana (Ponderada em “A”) das regiões do entorno do Secador de Cabelo PARLUX com os valores globais (somados em termos de decibéis) está representado no diagrama Polar, Figura 3.10.

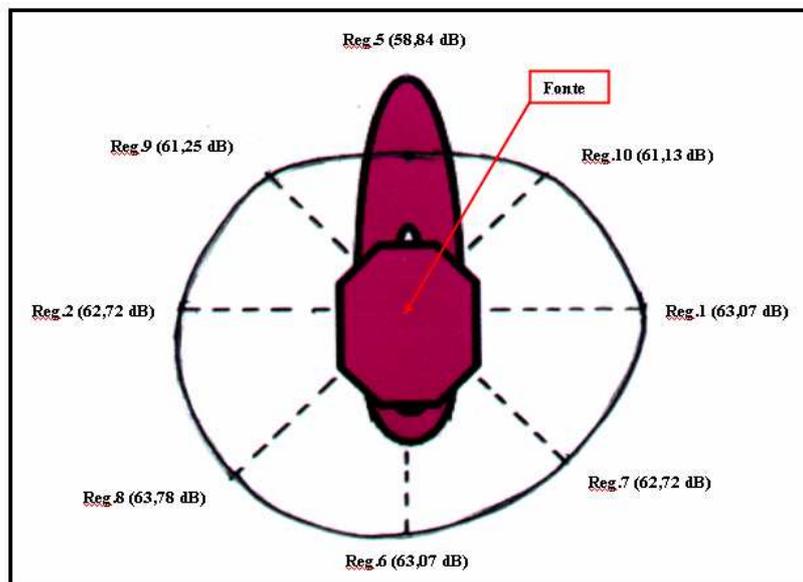


Figura 3.10 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo PARLUX (Ponderado em “A”).
(Fonte: Desenho esquemático dos experimentos)

O desenvolvimento da frente sonora, levando em consideração apenas as emissões produzidas pela máquina (de forma linear, ou seja, sem o critério subjetivo de análise da audição humana), das regiões do entorno do Secador de Cabelo PARLUX, com os valores globais, está representado no diagrama Polar, Figura 3.11. As demais figuras (gráficos frequências x

amplitudes e figuras geradas pelo programa (Agilent VEE por BECKER, 2006)) representativas do espectro sonoro das regiões ensaiadas no Secador de Cabelo PARLUX, estão mostradas em anexo 1.

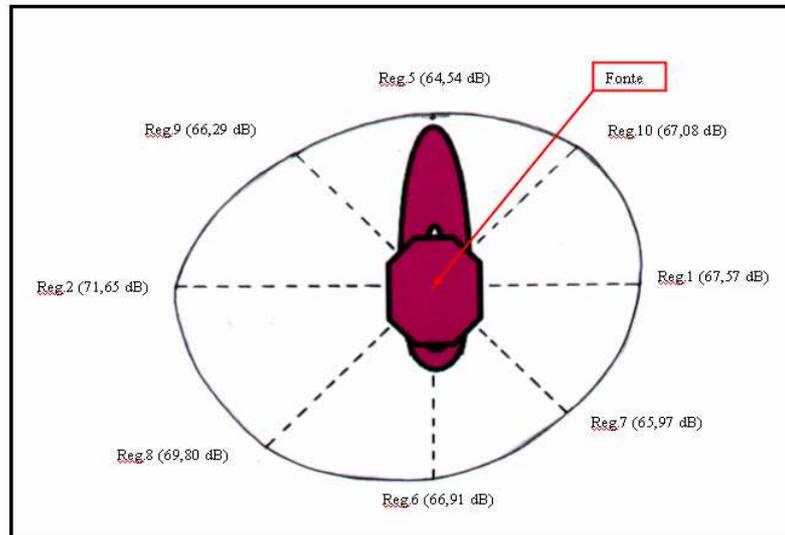


Figura 3.11 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo PARLUX (Linearizado).
(Fonte: *Desenho esquemático dos experimentos*)

3.7.6 DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO SONORO POR REGIÕES NO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

O registro das amplitudes com suas respectivas frequências, colhidos no ensaio do Secador de Cabelo CONCEITO, Ponderado em “A”, encontram-se na Tabela 3.12. A distribuição das frequências e suas máximas amplitudes no espaço do entorno do Secador de Cabelo CONCEITO, os valores de máxima amplitude ocorrem predominantemente sobre a frequência de 250 Hz.

Tabela 3.12 - Distribuição das frequências e amplitudes ponderados em “A” e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo CONCEITO.

Ensaio Secador de Cabelo Conceito a Campo Aberto. (Ponderado em "A")-(Punho)									
AMPLITUDES									
Freq.	Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3	Reg. 5	Reg. 6	Reg. 7	Reg. 8	Reg. 9	Reg. 10
31,25	17,56	20,54	37,08	15,36	37,16	27,75	39,44	21,71	14,93
62,5	29	30,78	42,40	30,55	42,73	37,46	43,96	29,97	31,36
125	36,22	36,98	42,24	35,46	43,22	42,14	45,89	34,96	35,51
250	49,36	51,87	48,70	44,28	52,87	52,32	51,68	49,47	47,16
500	47,54	49,58	47,25	48,44	52,32	48,32	49,43	47,06	46,84
1000	44,97	49,40	47,29	47,38	52,49	47,79	51,43	47,40	45,65
2000	42,27	45,28	43,98	44,51	48,28	43,40	46,51	44,88	43,17
4000	39,94	45,60	43,83	43,00	46,63	40,85	45,25	44,23	40,15
8000	35,32	42,86	38,08	37,87	43,26	36,87	40,25	40,89	39,06
16000	33,21	35,85	34,80	34,76	33,89	33,31	33,51	35,18	30,77
V.Global	53,26	56,35	54,45	53,29	58,59	55,59	57,30	54,34	52,61

Para proceder a correção dos valores encontrados no ensaio (ponderados em “A”) para valores linearizados, Tabela.3.13, empregam-se novamente os conteúdos da Tabela 3.10.

Escala (Ponderada em “A”) = Escala (Linear) + (Tabela); Portanto:

Escala (Linear) = Escala Ponderada em “A” – Tabela.

Tabela 3.13 - Distribuição das frequências e amplitudes Linearizadas e o Valor Global por região, no ensaio a campo aberto do Secador de Cabelo CONCEITO.

Ensaio Secador de Cabelo Conceito a Campo Aberto. (Escala Linear)(Punho)									
	AMPLITUDES								
Freq.	Reg. 1	Reg. 2	Reg. 3	Reg. 5	Reg. 6	Reg. 7	Reg. 8	Reg. 9	Reg. 10
31,25	56,96	59,94	76,48	54,76	76,56	67,15	78,84	61,11	54,33
62,5	55,43	56,98	68,60	56,75	68,93	63,66	70,16	56,17	57,56
125	52,32	53,08	58,34	51,56	59,32	58,24	61,99	51,06	51,61
250	57,96	60,47	57,30	52,88	61,47	60,92	60,28	58,07	55,76
500	50,74	52,78	50,45	51,64	55,52	51,52	52,63	50,26	50,04
1000	44,97	49,40	47,29	47,38	52,49	47,79	51,43	47,40	45,65
2000	41,07	44,08	42,78	43,31	47,08	42,20	45,31	43,68	41,97
4000	38,94	44,60	42,83	42,00	45,63	39,85	44,25	43,23	39,15
8000	36,42	43,96	39,18	38,97	44,36	37,97	41,35	41,99	40,16
16000	39,81	42,45	41,40	41,36	40,49	39,91	40,11	41,78	37,37
V.Global	62,62	65,02	77,26	61,36	77,48	69,85	79,54	64,33	61,88

A distribuição da frente sonora com respeito à percepção auditiva humana (Ponderada em “A”) das regiões do entorno do punho do Secador de Cabelo CONCEITO, com os valores globais (somados em termos de decibéis), está representado no diagrama Polar, Figura 3.12. O desenvolvimento da frente sonora, levando em consideração apenas as emissões produzidas pela máquina (de forma linear, ou seja, sem o critério subjetivo de análise da audição humana), das regiões do entorno do punho do Secador de Cabelo CONCEITO, com os valores globais (somados em termos de decibéis), está representado no diagrama Polar, Figura 3.13. As demais figuras (gráficos frequências x amplitudes e figuras geradas pelo programa (Agilent VEE por BECKER, 2006)) representativas do espectro sonoro das regiões ensaiadas no Secador de Cabelo CONCEITO, estão mostradas em anexo 2.

3.7.6.1 DIAGRAMA POLAR DE DISTRIBUIÇÃO DO POTENCIAL SONORO POR REGIÕES NO ENTORNO DO SECADOR DE CABELO CONCEITO.

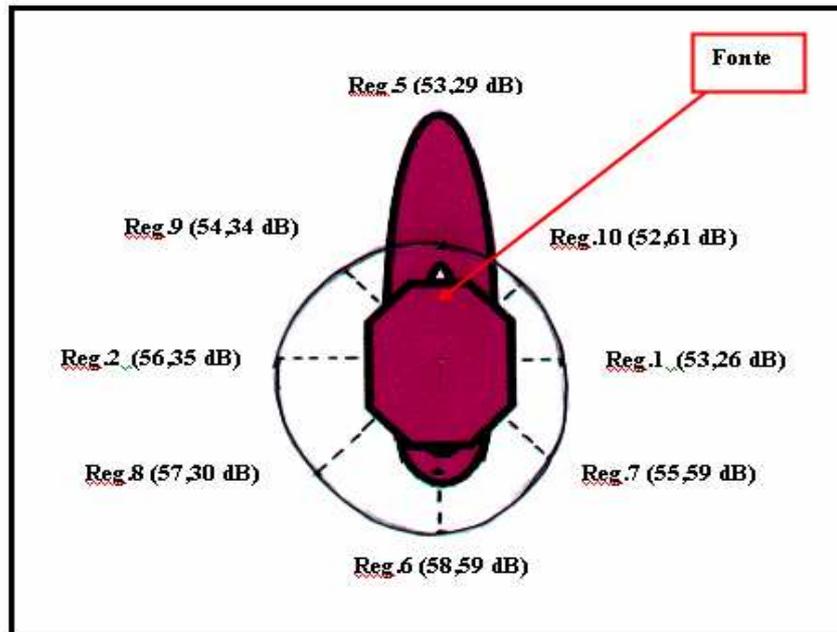


Figura 3.12 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo CONCEITO (Ponderado em "A").
(Fonte: Desenho esquemático dos experimentos)

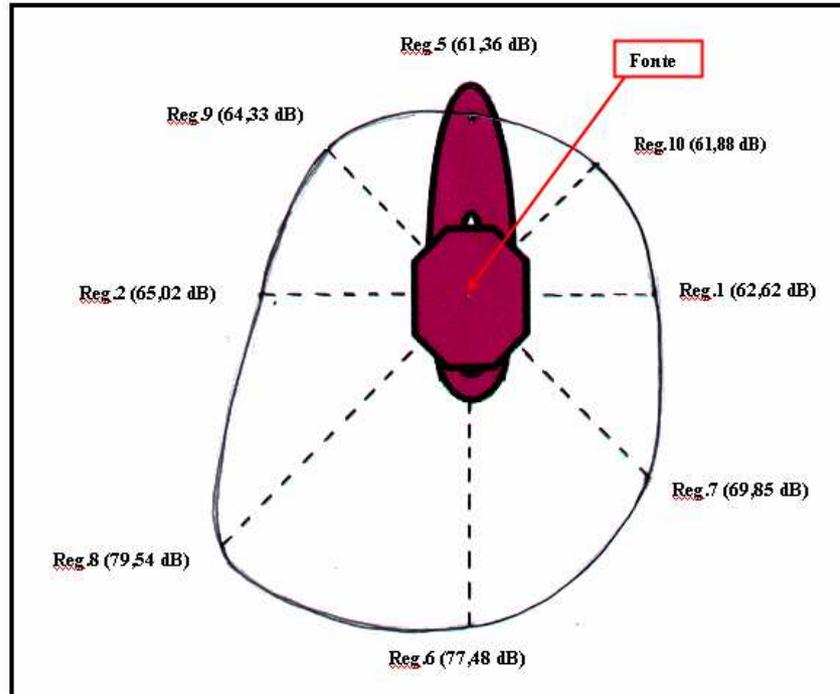


Figura 3.13 - Diagrama Polar da distribuição do Nível de Pressão Sonora Global do Secador de Cabelo CONCEITO (Linearizado).
(Fonte: Desenho esquemático dos experimentos)

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Os experimentos práticos, a construção de um modelo representativo de um fenômeno físico, de uma solução equacionada impõe quase sempre, ao pesquisador, um considerável desafio. Quanto a medições de fluxo de massa no laboratório, ação simples como cruzar pela frente do tubo de escoamento onde está conectado ao mensurando em ensaio, proporciona desestabilidade do fluxo de escoamento do fluido no interior do tubo alterando significativamente os resultados das pressões. Mudanças repentinas de temperatura durante as avaliações, alteram os parâmetros de massa e cinéticos do experimento, quedas de tensão elétrica e imprecisão instrumental, são incertezas inerentes a qualquer trabalho nesta área e faz com que ensaios sejam repetidos inúmeras vezes até apresentarem resultados com tendência ao equilíbrio ou convergência.

A escolha da execução do ensaio a campo aberto deve contemplar um ambiente de nenhuma ou pouca reflexão. A contribuição como baixo ruído de fundo ambiental (na ordem de 46 dB) faz com que seja um recurso eficiente e barato. As dependências da Fundação Zoobotânica de Porto Alegre mostrou um ruído de fundo de 46 dB contra os 53 dB registrado no estacionamento da Ufrgs, se apresentando aquele, como ideal para a execução do evento.

O recinto, salão de beleza, não consta da norma NBR 10.152, 1999 para fins de classificação de intervalos apropriados para o Nível de Ruído Ambiente Lra em dB (A), portanto procedeu-se a uma aproximação aos níveis praticados em lojas de eletrodomésticos (55 – 65) dB por levar em consideração um local onde haja, em funcionamento, eletrodomésticos sendo ligados e desligados a quaisquer momentos, de forma aleatória.

No interior do ambiente de trabalho, o salão de beleza, a diferença entre a média aritmética realizada dos Níveis de Pressão Sonora registrados dos clientes utilizando o Secador de Cabelo PARLUX (74,22 dB) e o Secador de Cabelo CONCEITO (63,72 dB) é na ordem de 10,5 dB, (Tabela 3.8 – pág37)

O ensaio de deslocamento de fluxo de massa em laboratório registrou uma diferença de 12%, a favor do secador de cabelo PARLUX e admitiu-se esta diferença para efeito experimental.

No ensaio para validar as equações de nível de potência sonora (NWS) e potência sonora irradiada (W), realizado a campo aberto, bastaria apanhar um valor de emissão sonora, por raio ensaiado, porém optou-se por registrar sete eventos para cada valor de raio ensaiado com o objetivo de acompanhar seu desvio pontual. Após ter sido observada a semelhança entre os resultados para os de mesmo raio, assim nas quatro instâncias, pode-se apanhar qualquer um dos sete valores colhidos no ensaio para representar o seu nível de potência sonora (NWS) (Tabela

3.7 - pág. 36). Optou-se por apanhar todas as posições “A” de coleta de dados dos quatro segmentos de raio. Além de garantir o bom desempenho das equações expressas na bibliografia de Gerges, o resultado (Potência Sonora Irradiada(W) = 7,9 E-5 Watt - pág. 37) vem a traçar uma proximidade com o resultado obtido no ensaio com a malha imaginária determinado pela norma ISO 3744, haja vista que no mesmo ponto amostral, região 8 do Secador de Cabelo PARLUX (Tabela 3.4 - pág. 32), obteve-se os valores muito semelhantes, na mesma ordem de grandeza, Potência Sonora Irradiada(W) = 6,9 E-5 Watt.

A massa a que o usuário deverá sustentar em sua mão quando em operação com o Secador de Cabelo PARLUX será de 775 g e de 378 g quando em operação com o Secador de Cabelo CONCEITO. A proposta sugerida pelo pesquisador, não apenas reduz o nível de pressão sonora a que os usuários estão expostos como também, devido ao fato de o motor propulsor do Secador de Cabelo CONCEITO estar localizado fora da mão do operador, oferece uma diferença de massa, a menor, na ordem de 397g (48%), facilitando o manuseio do equipamento.

3.8 PASSOS FUTUROS.

A substituição do ventilador utilizado nos ensaios deste trabalho (centrífugo de pás para frente) por outro ventilador de características de oferta de maior pressão estática do fluido (centrífugo de pás para trás ou de pás de perfil asa, Figura 2.7) seria, entre outras, uma sugestão para equilibrar a diferença existente entre suas vazões. Outra sugestão para aperfeiçoar o desempenho do fluxo de massa, originado no ventilador centrífugo, passando pelo conduto espiralado e chegando ao punho é reavaliar o percurso reduzindo os pontos de perda de carga nos estrangulamentos.

Na presente proposta, o tubo flexível espiralado que conecta a unidade geradora de ar à empunhadura no Secador de Cabelo CONCEITO (Figura 1.3 pág 5), por motivos construtivos do protótipo, foi alojado na parte posterior da empunhadura, quando a proposta do pesquisador para fabricação seriada do aparelho sugere que tal tubo espiralado se conecte pela parte inferior da empunhadura, fazendo parte dela.

4 CONCLUSÕES.

Neste trabalho procedeu-se uma análise comparativa entre as emissões sonoras de um secador de cabelo tradicional e de um modelo de secador de cabelo conceito construído como protótipo. As medições de nível sonoro de ambos os aparelho permitiram conduzir às seguintes conclusões:

As frequências de trabalho mais sensíveis ao ouvido humano são aquelas que se encontram entre 500 Hz e 2000 Hz (A voz humana é expressa entorno de 1000 Hz). Ambos os equipamentos apresentaram um desempenho equitativo quanto à função de secar o cabelo e praticidade no manuseio, porém o Secador de Cabelo PARLUX opera com suas máximas amplitudes de nível de pressão sonora, dentro da faixa de 500 Hz a 2000 Hz enquanto o Secador de Cabelo CONCEITO trabalha com suas amplitudes máximas predominantemente sobre a frequência de 250 Hz, portanto em zonas de mais baixas frequências. Referenciando-se com as curvas de sensação sonora (Figura 2.3 pág. 10), pode-se afirmar, que frente às informações adquiridas e registradas dos ensaios comparativos entre ambos os aparelhos, o secador de cabelo CONCEITO (250 Hz – 58,59 dB) produz menos sensações sonoras que o secador de cabelo PARLUX (500 a 2000 Hz – 63,78 dB).

Procedendo a uma ampla comparação dos parâmetros encontrados, Nível de Pressão Sonora (NPS), Nível de Potência Sonora (NWS) e Potência Sonora Irradiada (W) entre as regiões ensaiadas, Tabelas 3.4 e 3.6 págs. 32 e 34 de ambos os aparelhos, concluiu-se que o Secador de Cabelo CONCEITO permaneceu com seus valores sempre abaixo dos produzidos pelo Secador de Cabelo PARLUX quando comparados entre os de mesma região. É possível afirmar, também, que todas as regiões de um aparelho comparadas com as do outro aparelho entre si de forma alternada apresentaram redução dos valores das grandezas acima citadas do CONCEITO em relação ao PARLUX. Outra comparação possível é a diferença das médias das emissões sonoras dos aparelhos, onde o Parlux possui emissão média das suas regiões de 62,10 dB e o aparelho conceito apresenta a média de 55,10 dB, portanto uma diferença de 7 dB, em média, a favor do Conceito relativo ao Parlux.

Na ausência de um critério normativo oficial, para efeito da legislação de segurança e medicina do trabalho (Portaria nº. 3.214; NR15), que determine onde deve ser coletado o sinal no entorno de uma fonte sonora emissora, procedeu-se a comparação entre ambos os secadores de cabelo quanto aos seus níveis de pressão sonora globais ponderados em “A”, e elegeu-se o critério de considerar, entre todas as regiões ensaiadas, a de maior valor de pressão sonora global emitida, como valor potencial representativo do aparelho. Portanto, o valor que representa as emissões

sonoras do Secador de Cabelo PARLUX é o seu valor de máximo 63,78 dB (Tabela 3.9 pág. 39) e o valor que representa as emissões sonoras do Secador de Cabelo CONCEITO é o seu valor de máximo 58,59 dB (Tabela 3.12 pág. 41). Propõe-se, ainda, que seja referenciada em norma legislativa, a tomada e a escolha do maior nível de emissão sonora do entorno de uma fonte emissora, como um dos parâmetros de determinação de nível de pressão sonora representativo do equipamento fonte.

Em ambientes restritos, embora alguns registros pontuais de Níveis de Pressão Sonora praticados no interior do salão de beleza no decorrer de sua rotina de trabalho alcance a 74 dBA utilizando o secador de cabelo PARLUX (tradicional), ultrapassando o recomendado pela NBR 10.152, para ambiente similar, lojas de eletrodomésticos (55-65 dB), não oferece risco de dano à saúde do trabalhador e os do entorno (clientes, acompanhantes, vendedores, visitantes), pois a carga acumulada limite por uma jornada diária de 8 horas de trabalho, segundo a norma NR-15 é de 85 dB, seu uso com a continuidade (períodos máximos de 35 minutos para escovação e secagem de um cabelo volumoso e longo), impõe condição de estresse, desconforto e fadiga laboral. O ganho de 10,5 dBA em termos de média de nível de pressão sonora, registrado no interior do salão de beleza (Tabela 3.8 – pág 37), do secador de cabelo Conceito sobre o secador de cabelo Parlux oferece redução dos fatores de desconforto ambiental agregado à atividade.

Observam-se diferenças consideráveis das potências sonoras irradiadas (W) entre ambos os aparelhos, porém estes dados obtidos no trabalho são aproveitados, apenas, para situar e comparar características entre máquinas, pois o avaliador entende como parâmetro comparativo de saúde e conforto ambiental, o nível de pressão sonora (NPS).

Embora encontrado diferença de 12% entre as vazões dos aparelhos e 11% entre os níveis de pressão sonora emitidos, esta relação não acontece de forma linear Portanto mantendo as mesmas características mecânicas dos aparelhos no processo comparativo, alterando, apenas, as condições de transporte (reduzindo os estrangulamentos no tubo espiralado do Conceito) do fluxo de ar do ventilador centrífugo até o punho, reduz a diferença entre suas vazões.

Quanto ao modelo construtivo dos aparelhos, substituir uma máquina que rota a 14200 rpm por outra a 3200 rpm, como propõe este trabalho, proporciona um sistema com menor turbulência como é preconizado na revisão bibliográfica.

Quanto à verificação das expressões encontradas na obra de Gerges, a diferença de Nível de Potência Sonora (NWS) encontrada entre os quatro registros de raios no ensaio (Tabela 3.7 pág.36), manteve-se em 1,3 dB entre o maior e o menor valor encontrado, o que se pode

considerar de razoável aceitação frente às adversidades impostas em experimentos desta natureza e atribuir tal diferença a incertezas instrumentais e ambientais.

O estudo e identificação das regiões, que mais contribuem com as emissões sonoras, oferecem subsídio à área de projeto para criar barreiras acústicas no interior do aparelho, afim de neutraliza-las e introduzindo-as na linha de fabricação dos secadores de cabelo.

Conclui-se, finalmente, que o trabalho realizou seu objetivo frente à proposta requerida na inicial do trabalho com os resultados alcançados.

5 BIBLIOGRAFIA.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982. “Máquinas elétricas girantes – Nível do ruído transmitido através do ar – Método de medição num campo livre sobre um plano refletor”, NBR 7566, Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. “Diretrizes de ensaio para determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares”, NBR 13910-1, Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. “Diretrizes de ensaio para determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares/Parte 2: Requisitos particulares para secadores de cabelo”, NBR 13910-2-2, Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.”Acústica-Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade-Procedimento”, NBR10151, Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999.”Acústica-Avaliação do Ruído Ambiente em recintos de edificações visando o conforto dos usuários – Procedimentos”,NBR 10152, Rio de Janeiro.
- ANSI/AMCA - American National Standards Institute / Air Movement And Control Association,1985. “Laboratory Methods of Testing Fans for Rating”, ANSI/AMCA 210-99, United States of America.
- Becker T., 2006. “VEE-PRO Programa Geração do Espectro do Sinal Elétrico”, Promec / UFRGS, Porto Alegre.
- Corrêa, Ana de Lourdes, 2005. “Ruído: Níveis de Pressão Sonora captados no interior e exterior de incubadora em unidade de cuidado intensivo neonatal”, Dissertação de Mestrado. U.V.P, São José dos Campos.
- Cory, W.T.W.,” Acoustic similarity laws for the prediction industrial fan sound levels. In: Proceedings of FAN NOISE”, symposium 1992, Senlis, France.
- Costa, L.F.R., 2000. “Identificação de Fonte Vibratória na Redução de Ruído de Condicionadores de Ar”, Dissertação de Mestrado, Promec / UFRGS, Porto Alegre.

- De Paula, Alexandre Vagtinski, 2004. “Levantamento de curvas características de ventiladores industriais em laboratório”, Trabalho de Conclusão de Curso. PUCRS, Porto Alegre.
- Gerges, S.N.Y., 2000. “Ruído Fundamentos e Controle”, NR Editora, Florianópolis.
- www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv_vent_10.shtml; acessado em 28/09/2008.
- www.ufrnet.ufrn.br/~lair/Pagina-OPUNIT/ventiladores.htm; acessado em 05/10/2008.
- <http://www.diracdelta.co.uk/science/source/f/a/fan%20noise/source.html>; acessado em 14/10/2008.
- http://telecom.inescn.pt/research/audio/cienciaviva/index_aaudição.htm, acessado em 02/10/2008.
- www.audiomasterclass.com/arc.cfm?a=directivity-factor-and-directivity-index-what-are-they, acessado em 19/09/2008.
- ISO - International Standardization Organization, 1994. “Acoustic determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane”, ISO3744, Switzerland.
- Macedo, H.; “Dicionário de física ilustrado” Ed. Nova Fronteira, 1976.
- M.A.Iqbal, T. K.Willson, R.J.Thomas, 1977. “The Control of Noise in Ventilation Systems”, E. & F. N. Spon, London.
- Miguel, L.F.F.; Tamagna A. 2007. “Tópicos de Acústica Aplicada”, UFRGS, Porto Alegre.
- NR – Norma Regulamentadora, Portaria N°. 3214 de 1978, “Atividades e Operações Insalubres”, NR 15, Rio de Janeiro.
- Ohta Y, Ohta E, Tajima Y. “Evaluation and prediction of blade-passing frequency noise generated by a centrifugal blower”. ASME J Turbomach 1996;118:597–605.
- Velarde-Suárez S. et al,2008.”Reduction of the aerodynamic tonal noise of a forward-curved centrifugal fan by modification of the volute tongue geometry”.
- Velarde-Suárez S, Ballesteros-Tajadura R, Hurtado-Cruz JP, Santolaria-Morros C. “Experimental determination of the tonal noise sources in a centrifugal fan.” J Sound Vib 2006; 295:781–96.

6 APÊNDICE 1.

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 1)

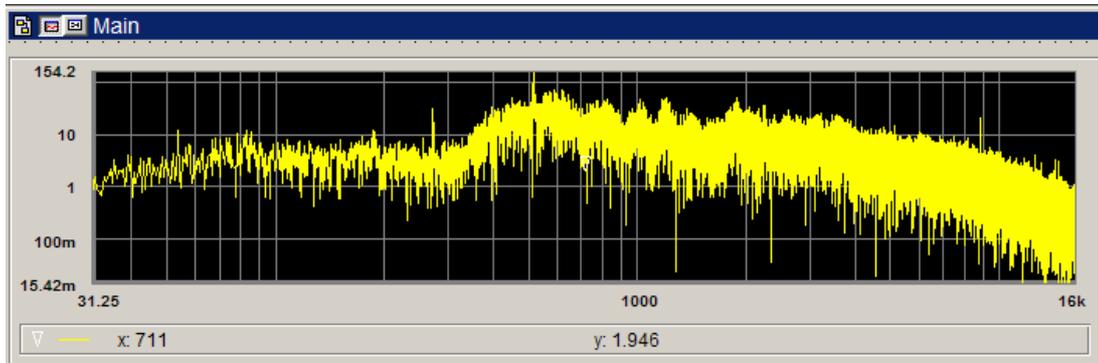


Figura A1. 1 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 1 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

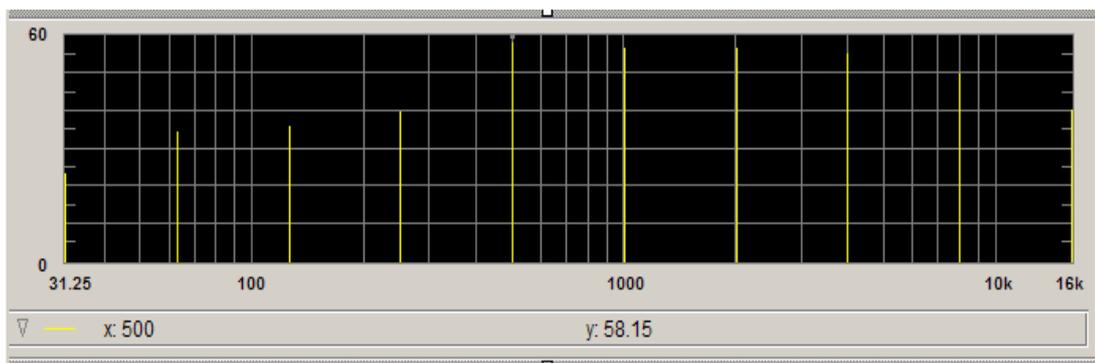


Figura A1. 2 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 1 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

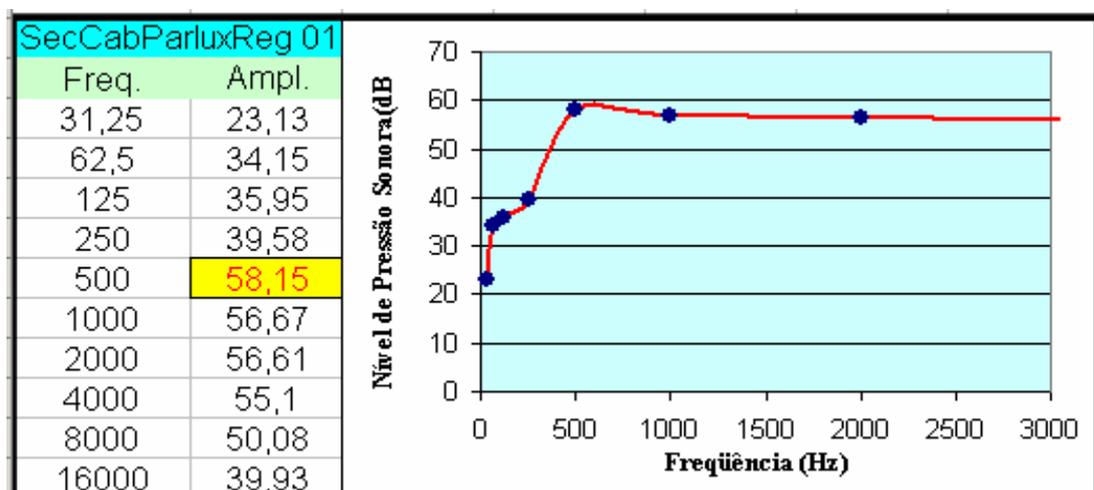


Figura A1. 3 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 1.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 2)

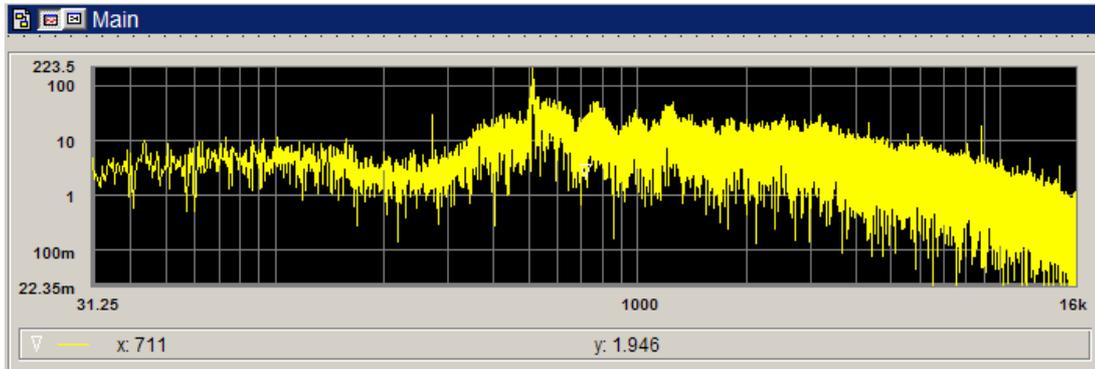


Figura A1. 4 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 2 (Pressão Sonora (Pa) x Freqüência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

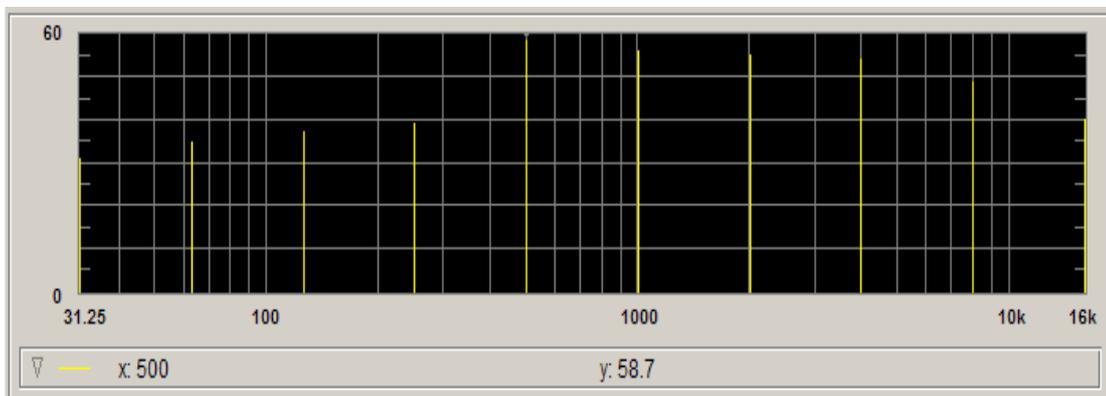


Figura A1. 5 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 2 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Freqüência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de freqüência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

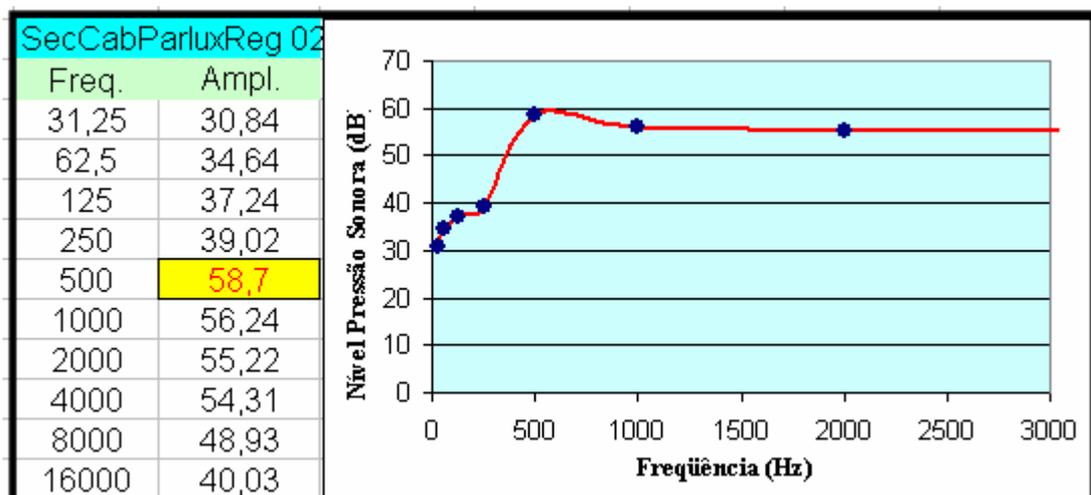


Figura A1. 6 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 2.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 3)

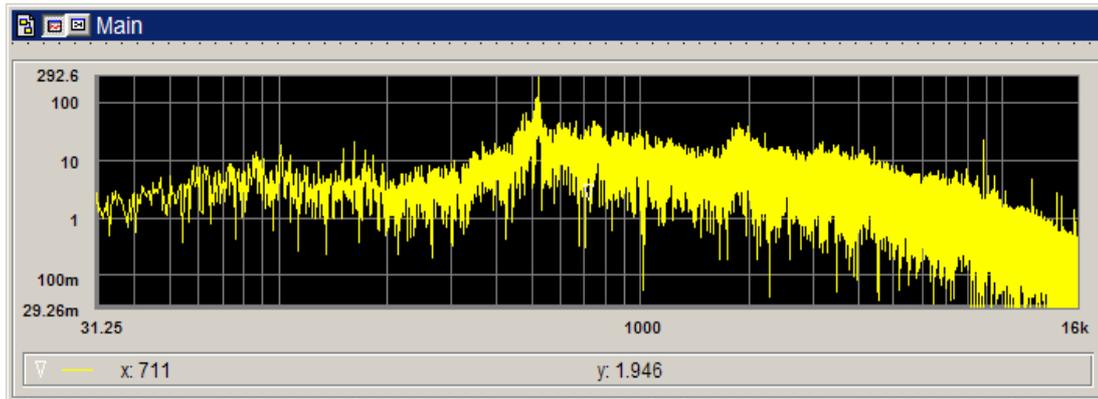


Figura A1. 7 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 3 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

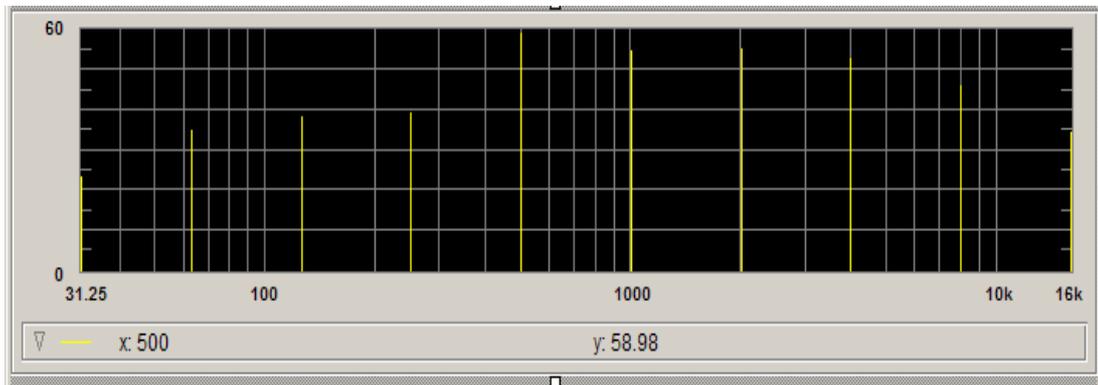


Figura A1. 8 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 3 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

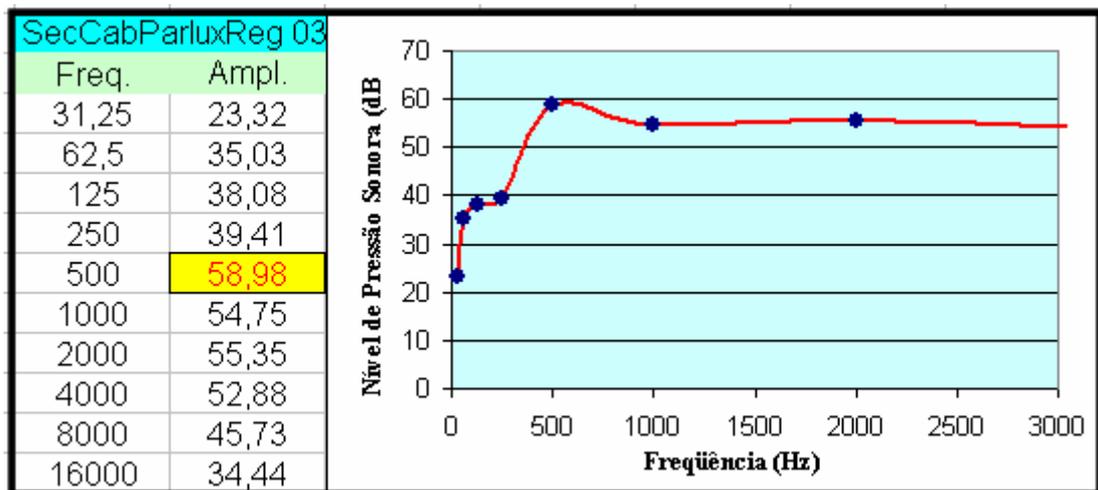


Figura A1. 9 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 3.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 5)

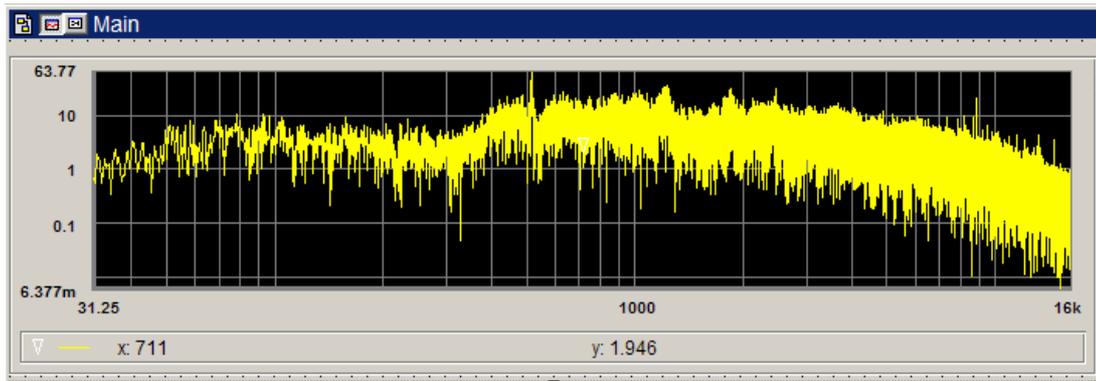


Figura A1. 10 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 5 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

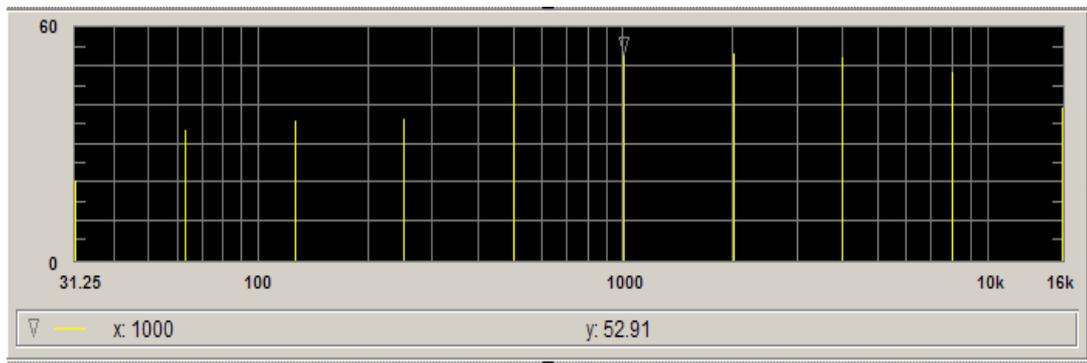


Figura A1. 11 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 5 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

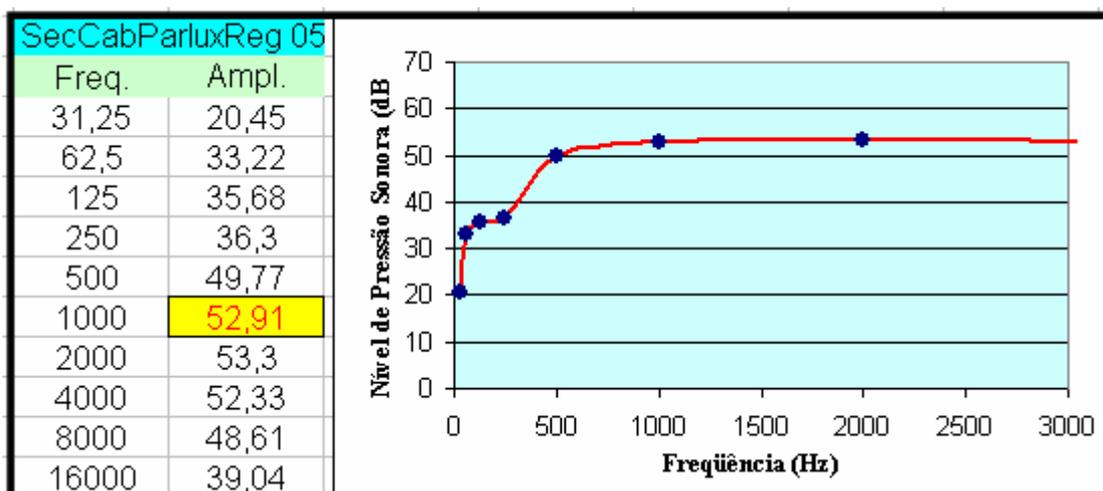


Figura A1. 12 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 5.
(Fonte: Imagem obtida do Excel.)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 6)

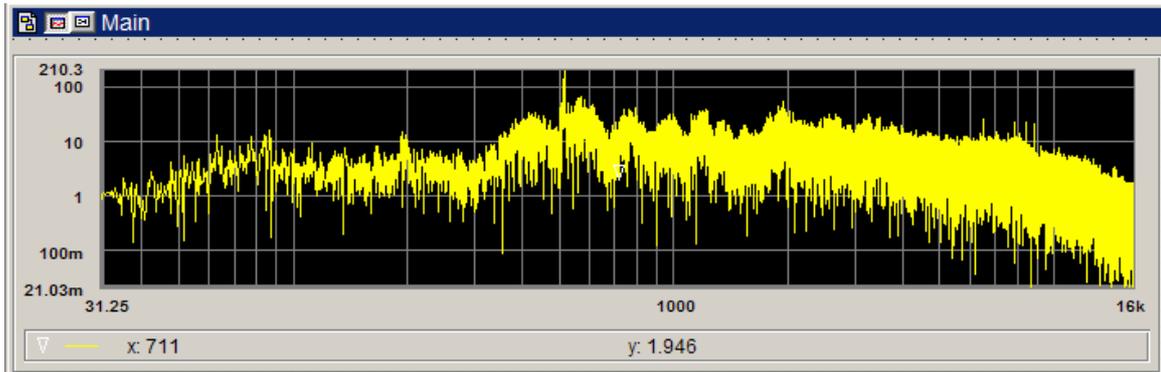


Figura A1. 13 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 6 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

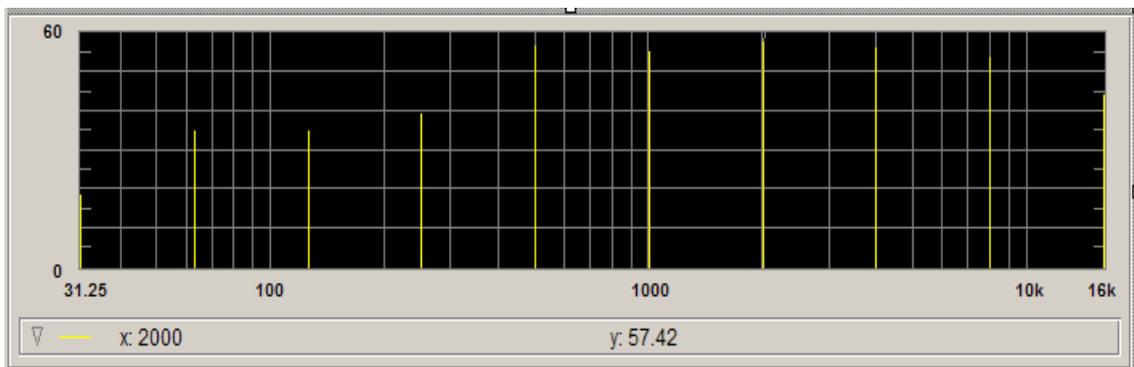


Figura A1. 14 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 6 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

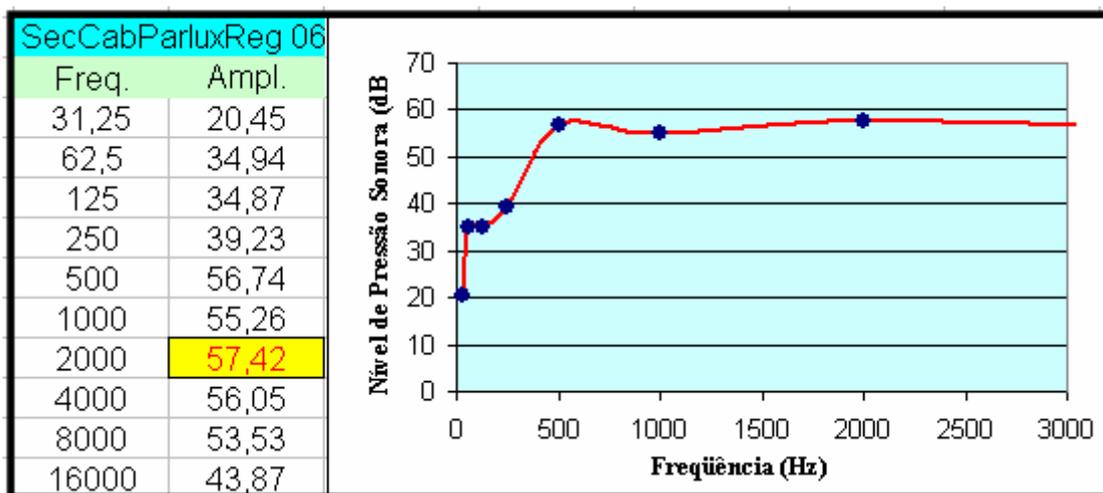


Figura A1. 15 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 6.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 7)

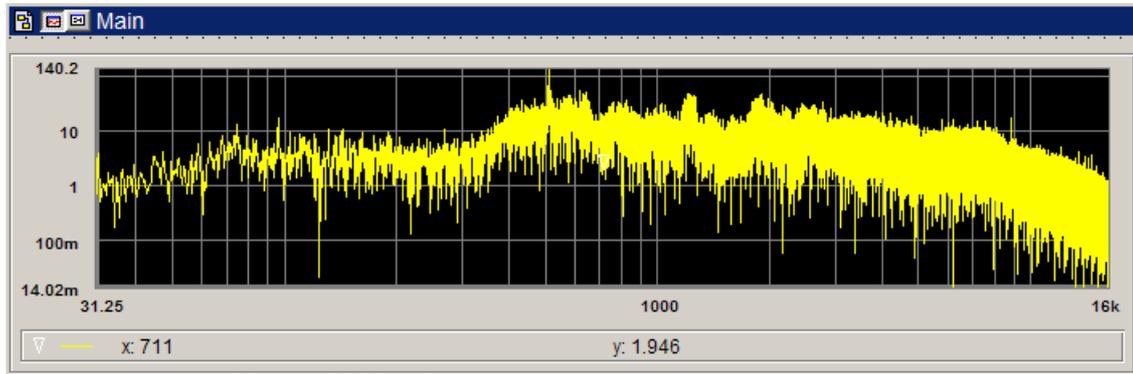


Figura A1. 16 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 7 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

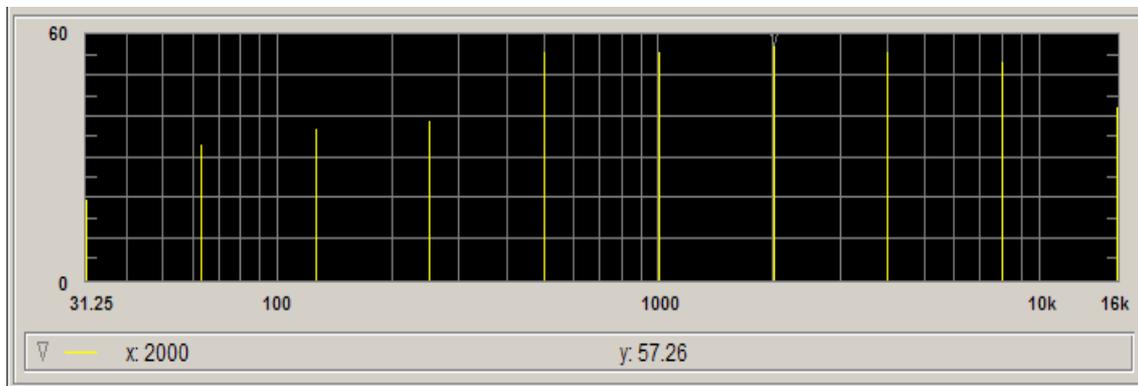


Figura A1. 17 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 7 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

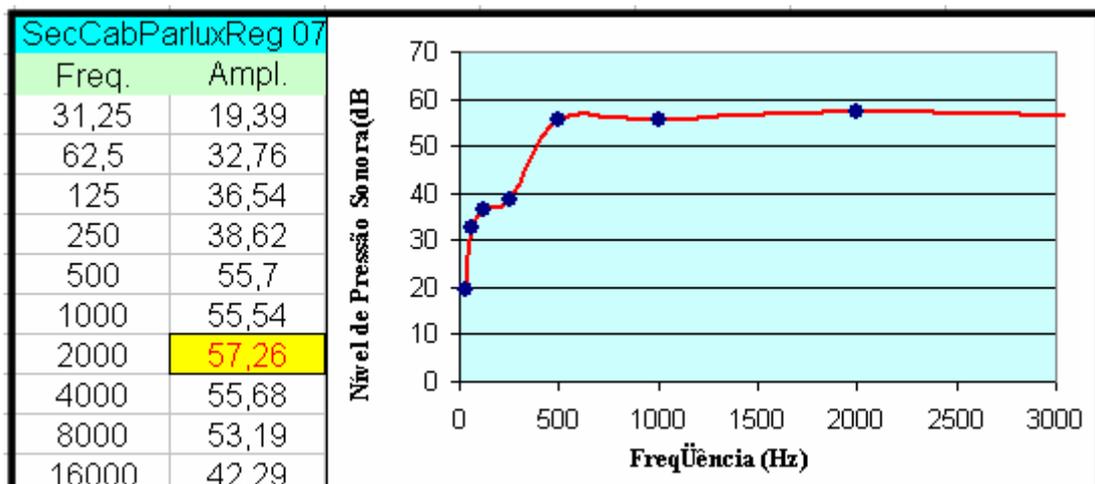


Figura A1. 18 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 7.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 8)

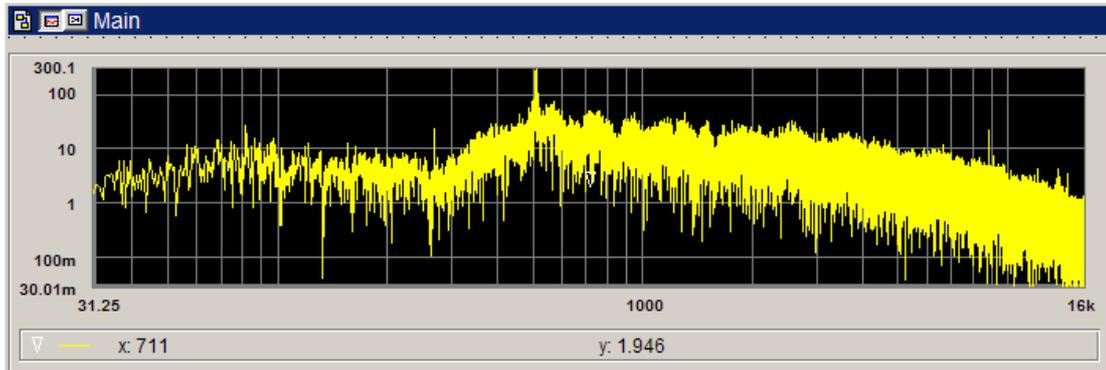


Figura A1. 19 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 8 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

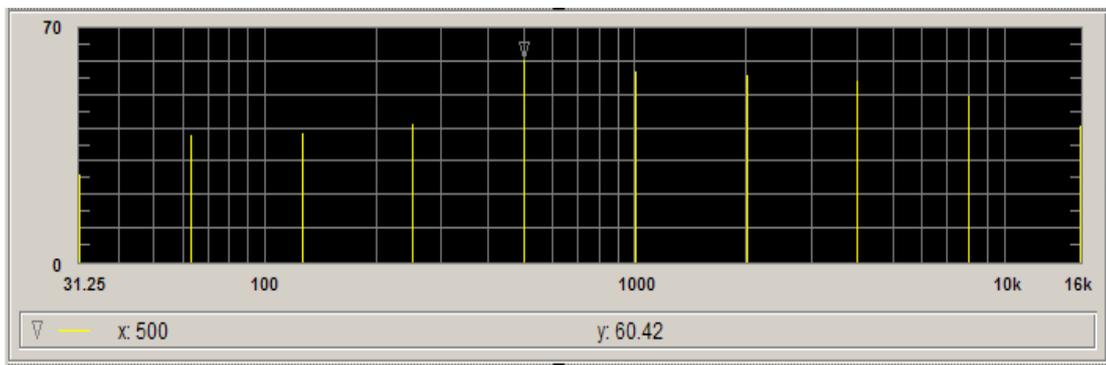


Figura A1. 20 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 8 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

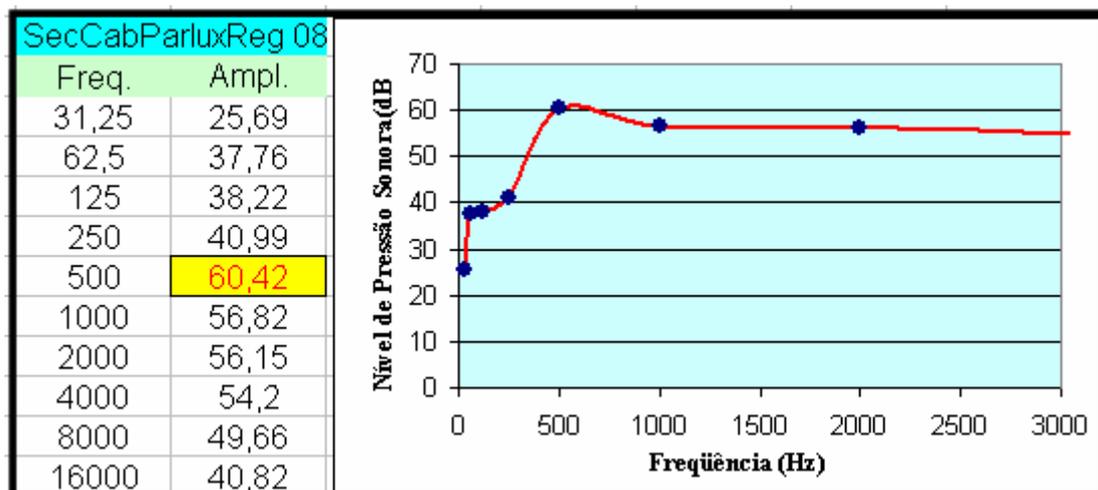


Figura A1. 21 – Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 8.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 9)

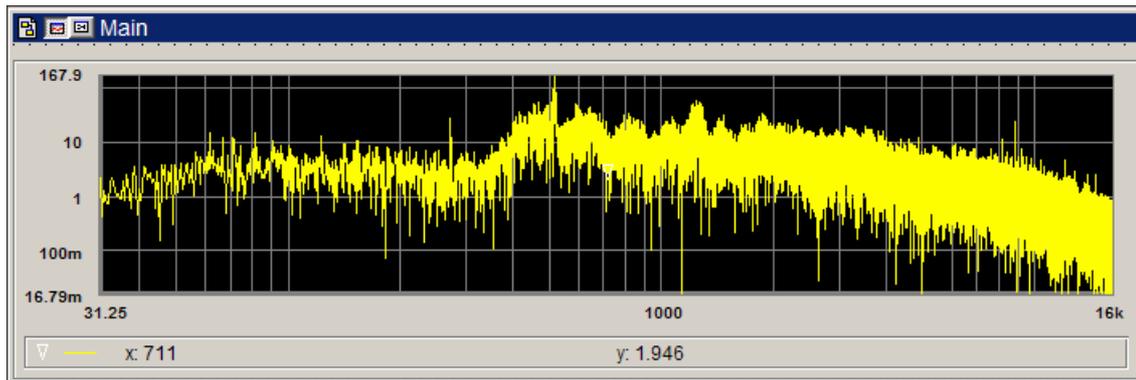


Figura A1. 22 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 9 (Pressão Sonora (Pa) x Freqüência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

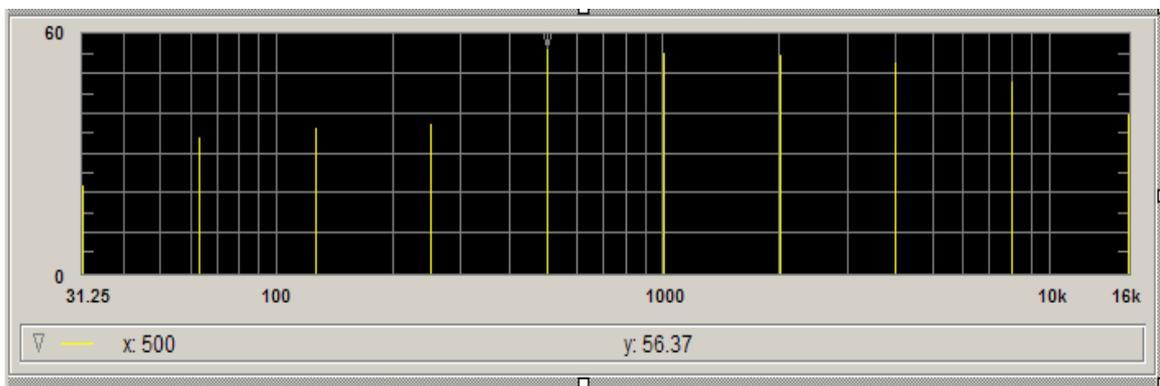


Figura A1. 23 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 9 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Freqüência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

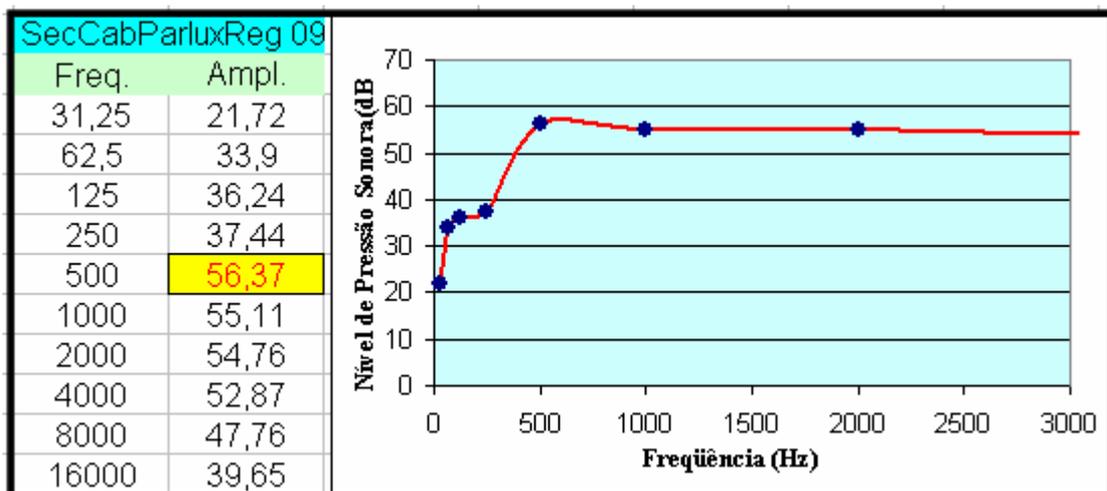


Figura A1. 24 - Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 9.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sina Elétrico do Secador de Cabelo PARLUX (Região 10)

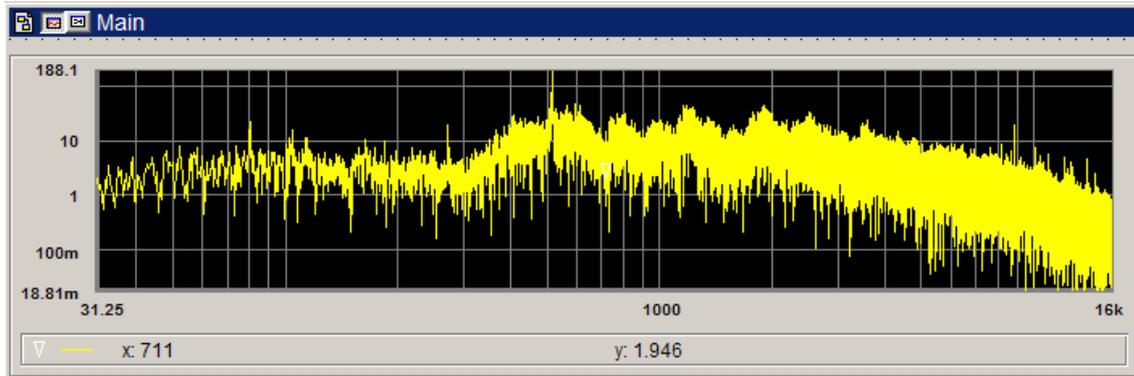


Figura A1. 25 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 10 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

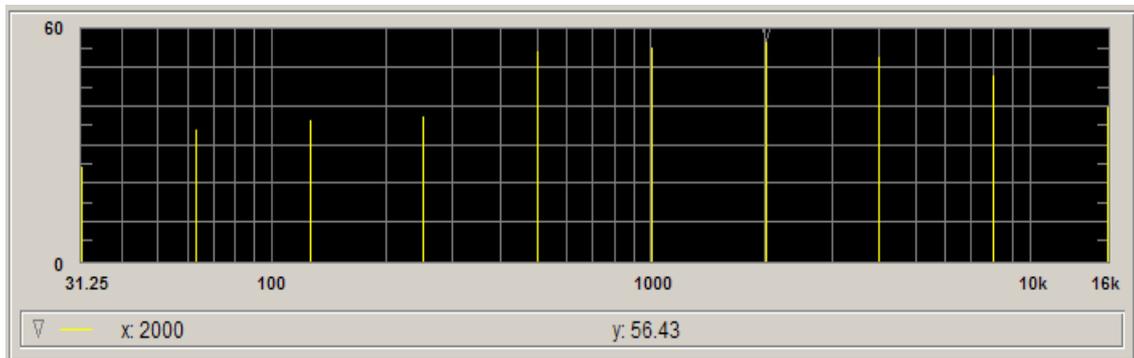


Figura A1. 26 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) PARLUX da Região 10 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

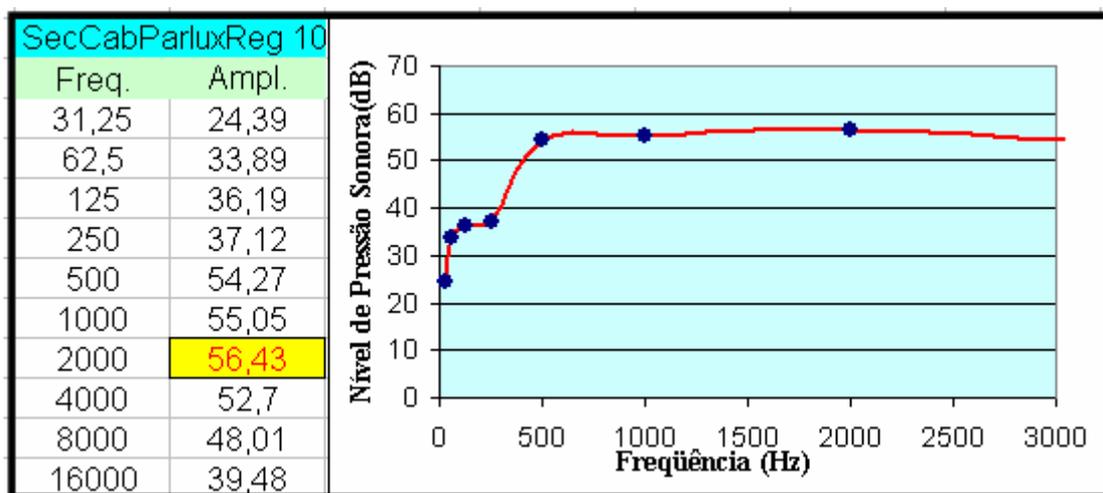


Figura A1. 27 - Comportamento Contínuo do Espectro PARLUX Região 10.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

7 APÊNDICE 2

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 1)

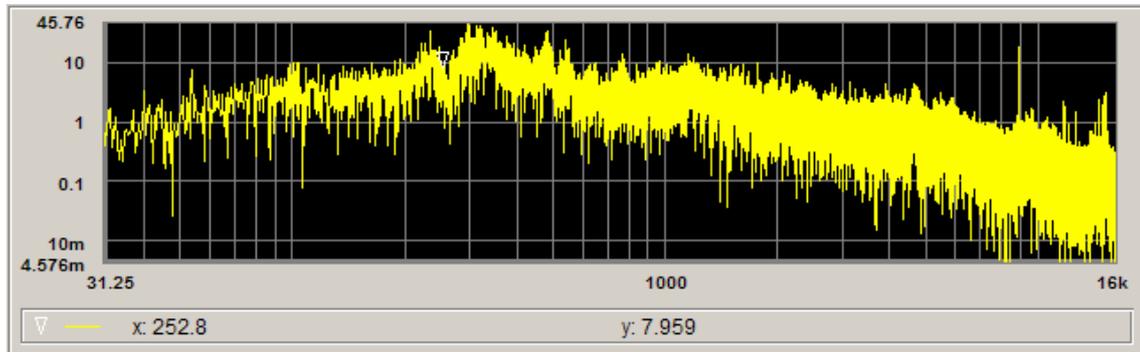


Figura A2. 1 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 1 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

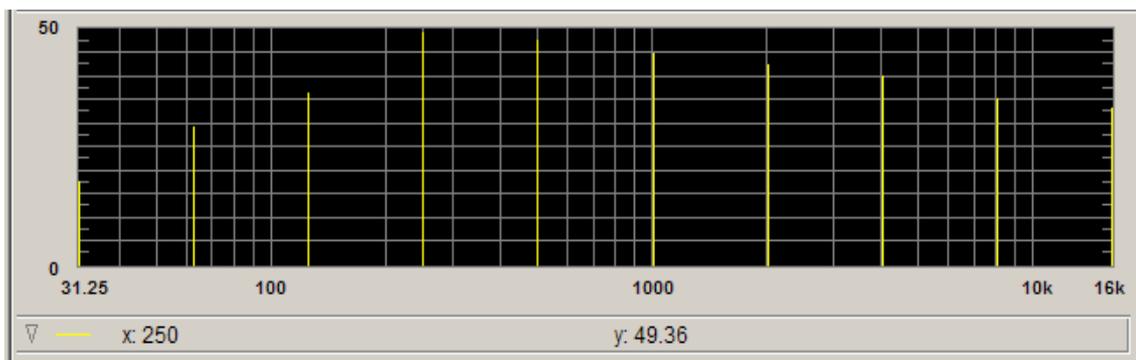


Figura A2. 2 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 1 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

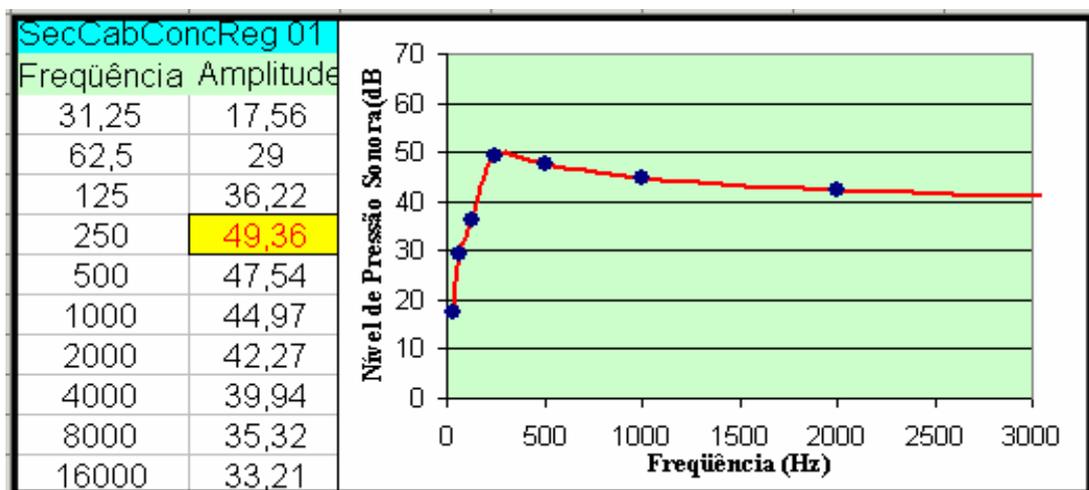


Figura A2. 3 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 1.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 2)

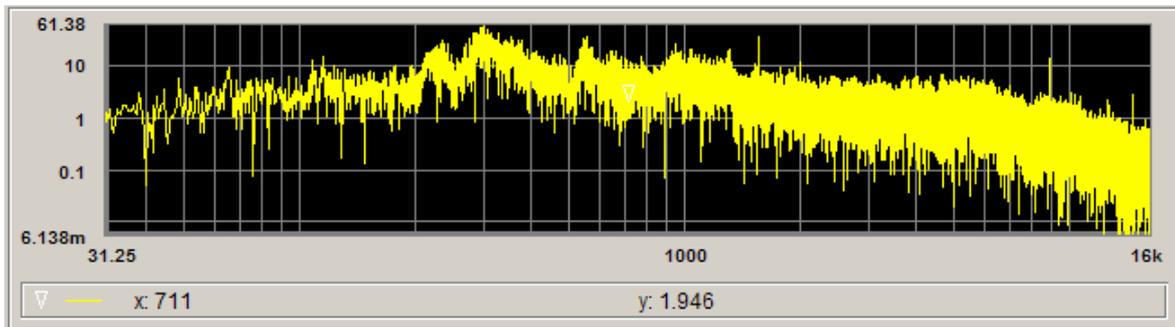


Figura A2. 4 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 2 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

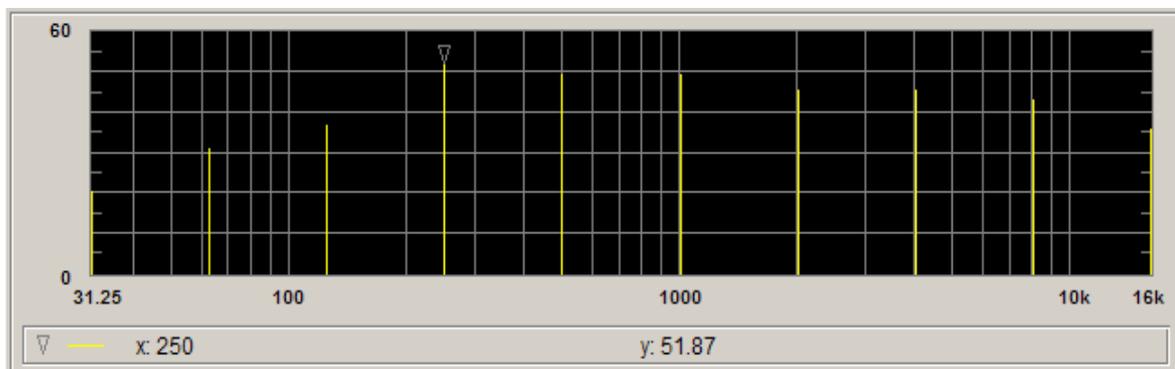


Figura A2. 5 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 2 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

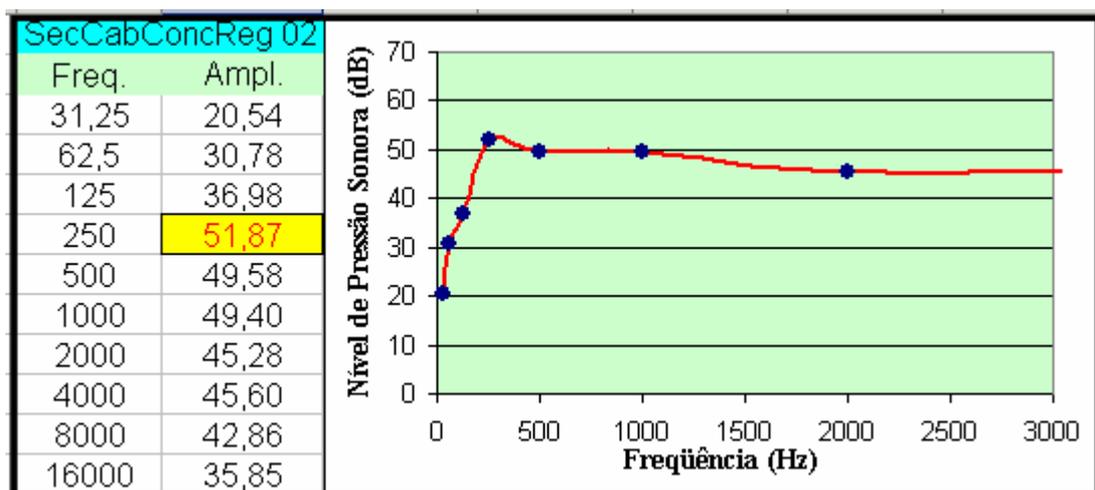


Figura A2. 6 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 2.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 3)

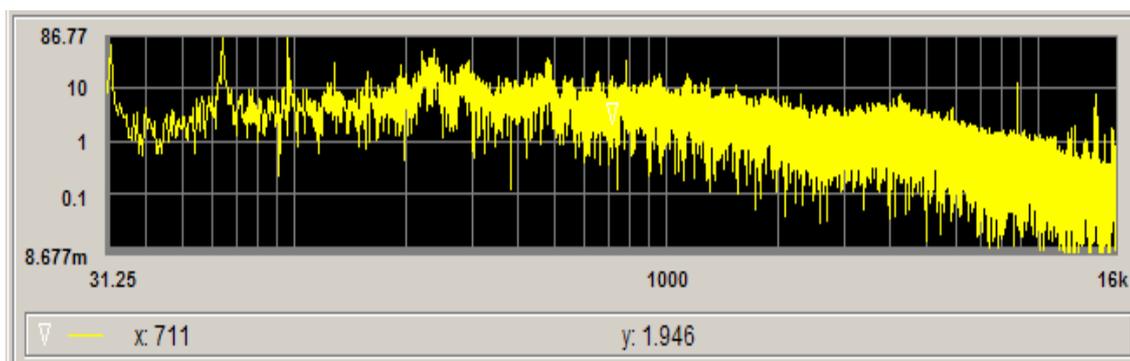


Figura A2. 7 Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 3 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

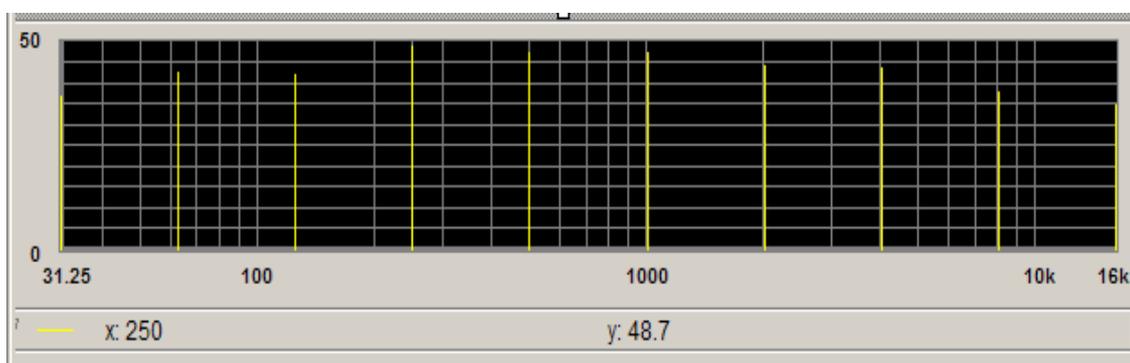


Figura A2. 8 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 3 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

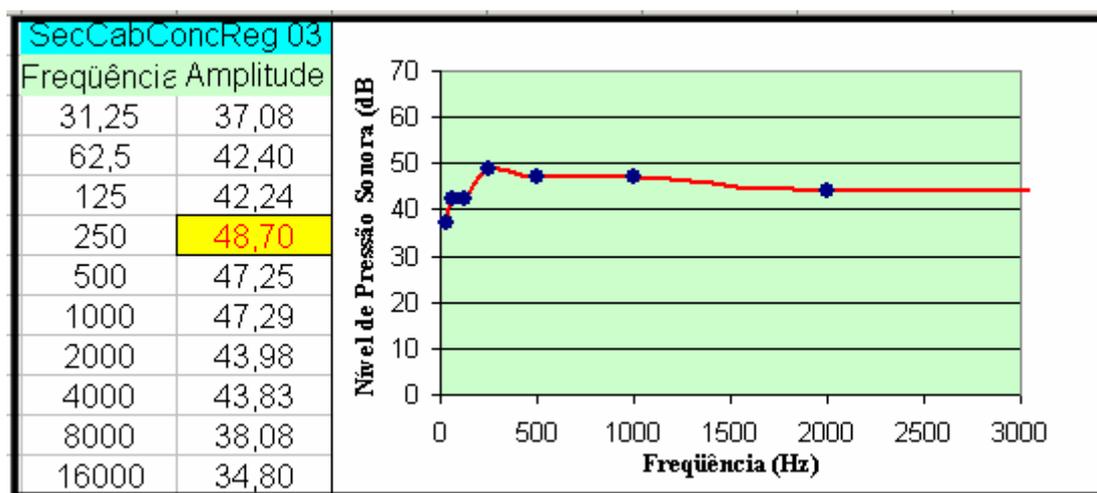


Figura A2. 9 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 3.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 5)

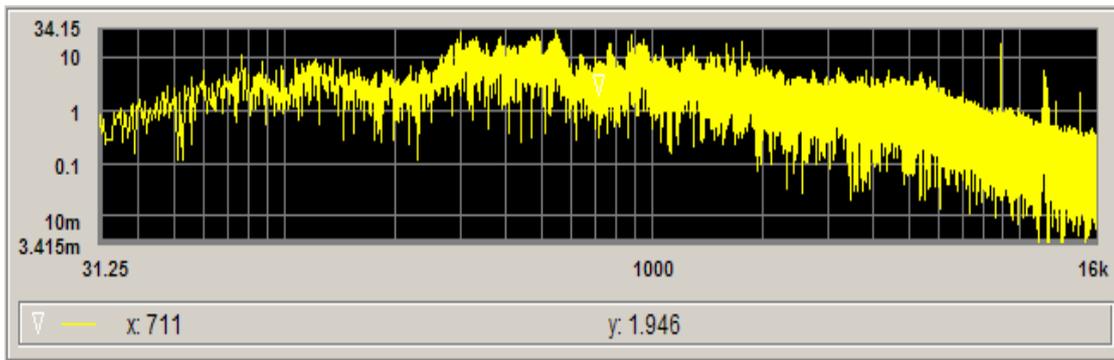


Figura A2. 10 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 5 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

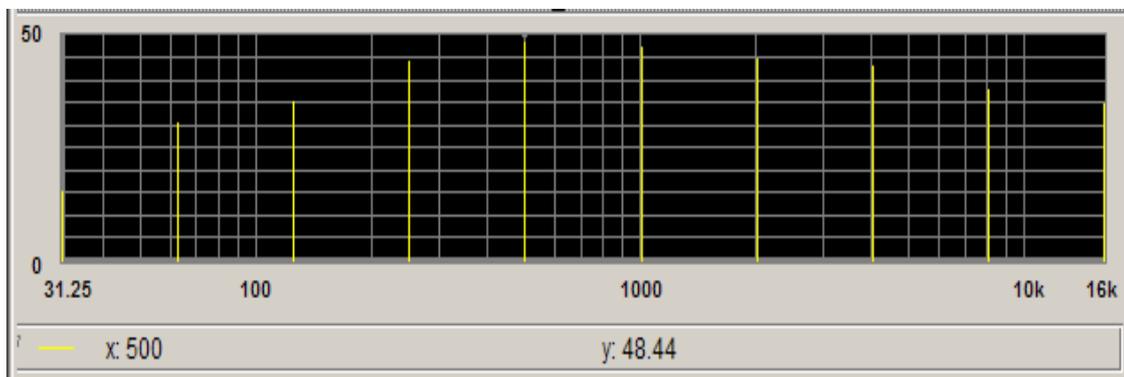


Figura A2. 11 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 5 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

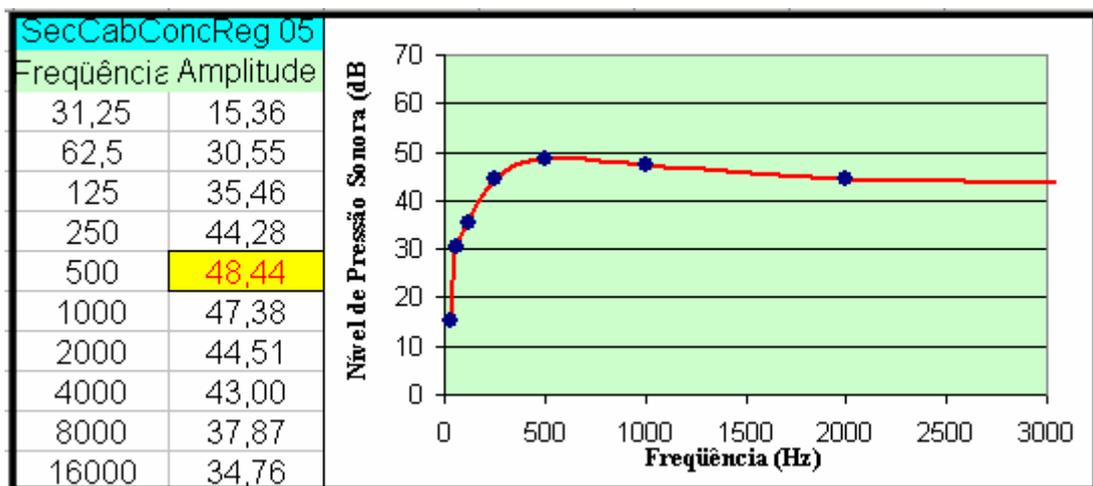


Figura A2. 12 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 5.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 6)

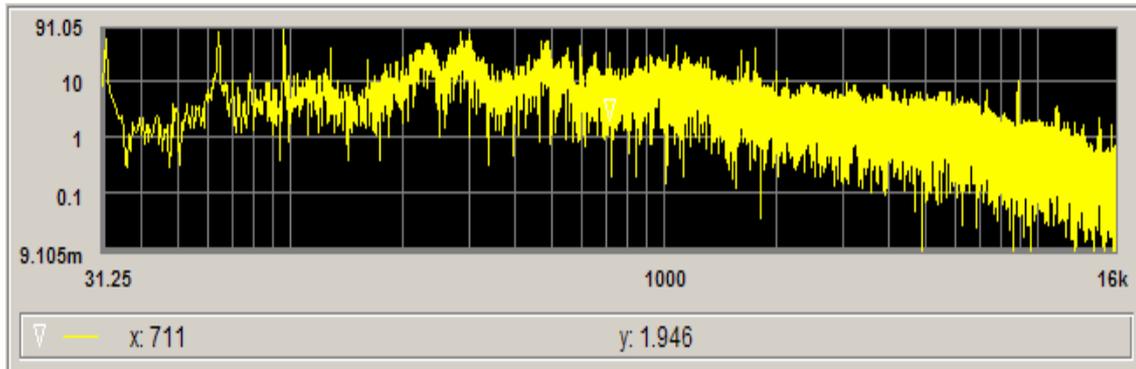


Figura A2. 13 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 6 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

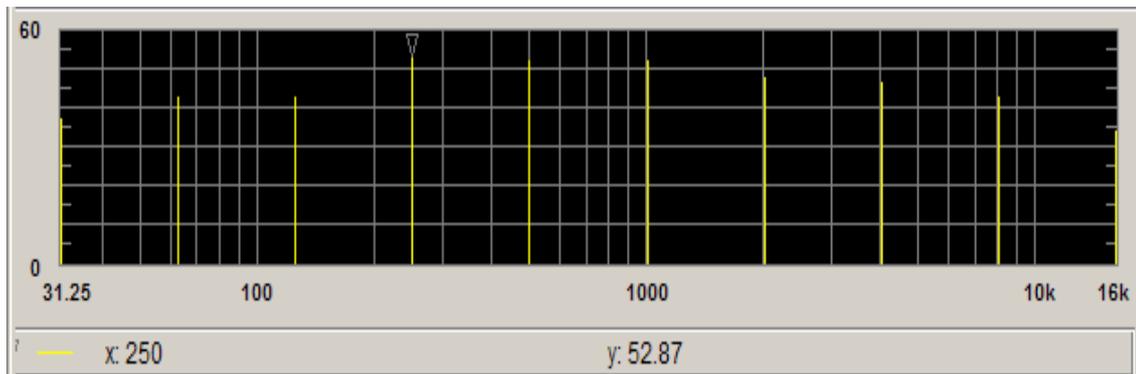


Figura A2. 14 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 6 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

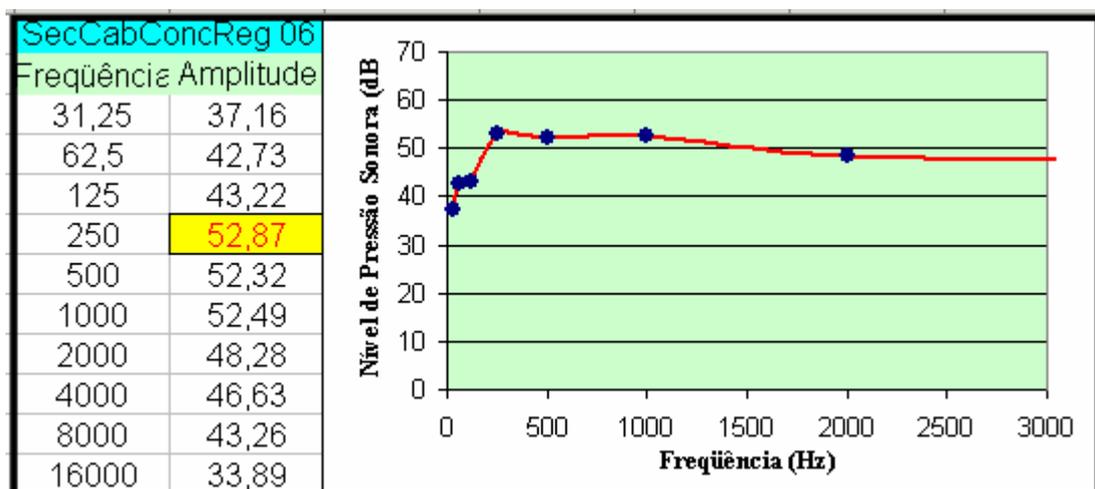


Figura A2. 15 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 6.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 7)

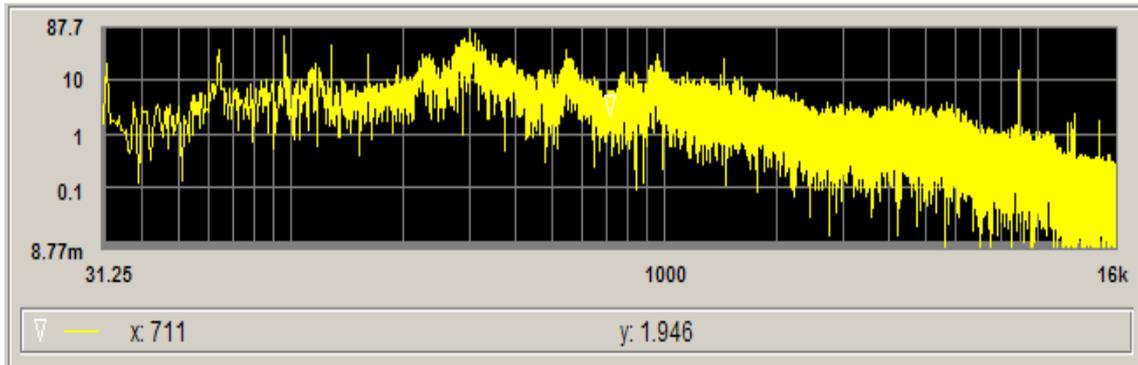


Figura A2. 16 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 7 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

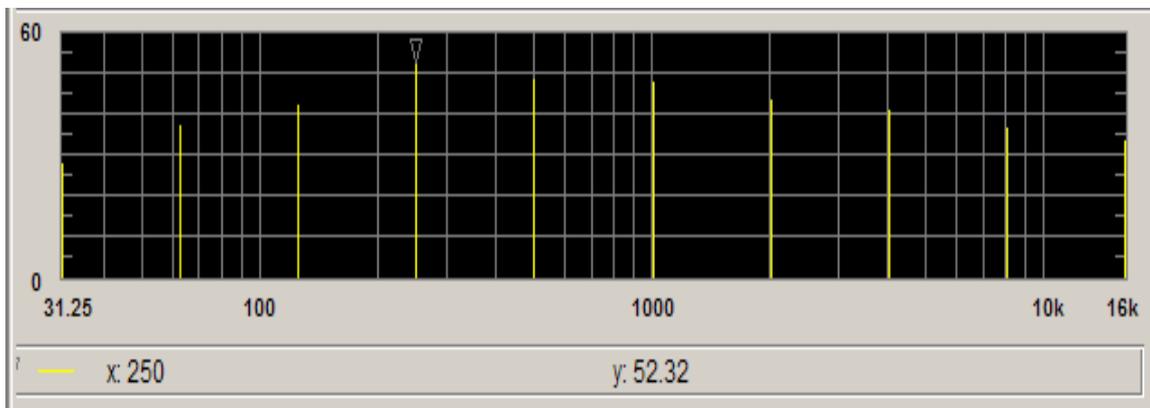


Figura A2. 17 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 7 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

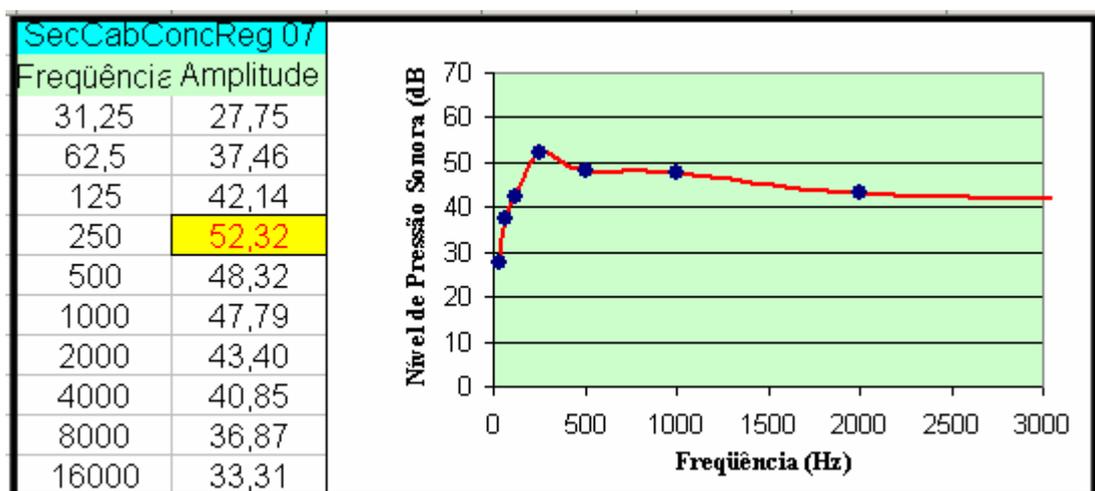


Figura A2. 18 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 7.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 8)

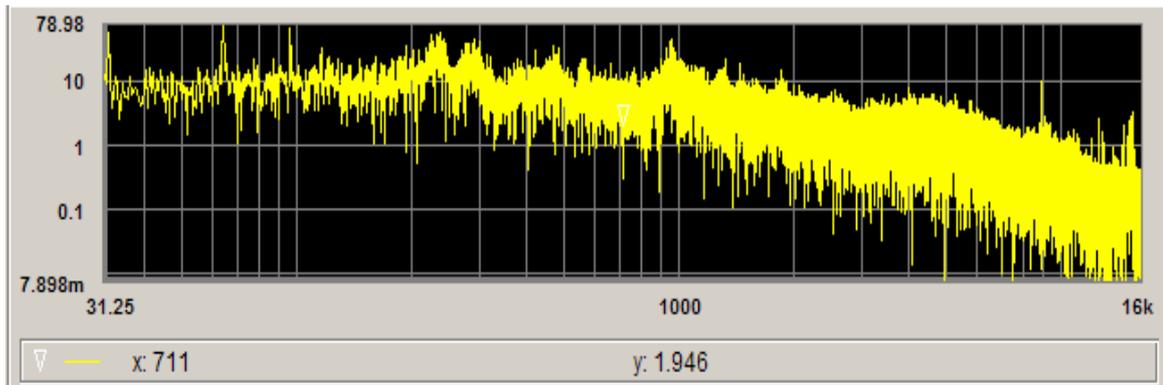


Figura A2. 19 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 8 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

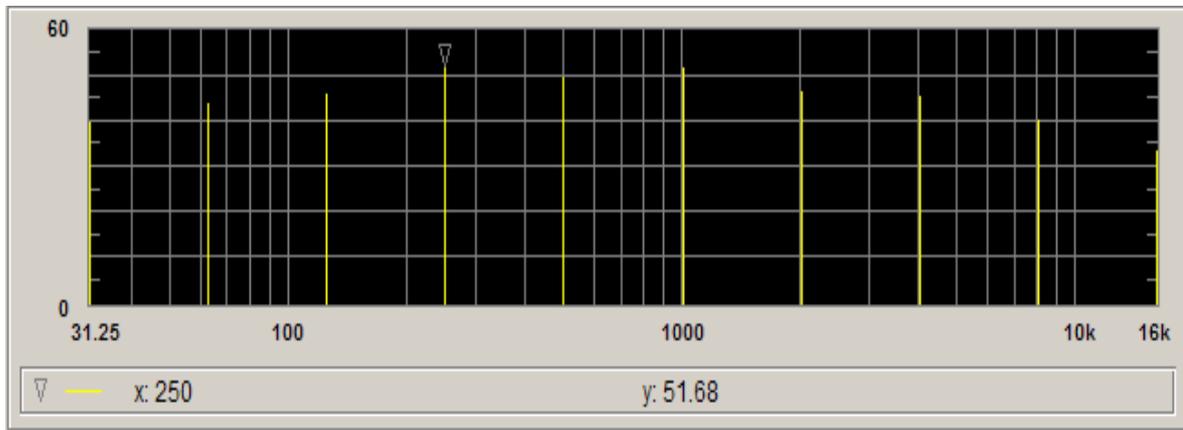


Figura A2. 20 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 8 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

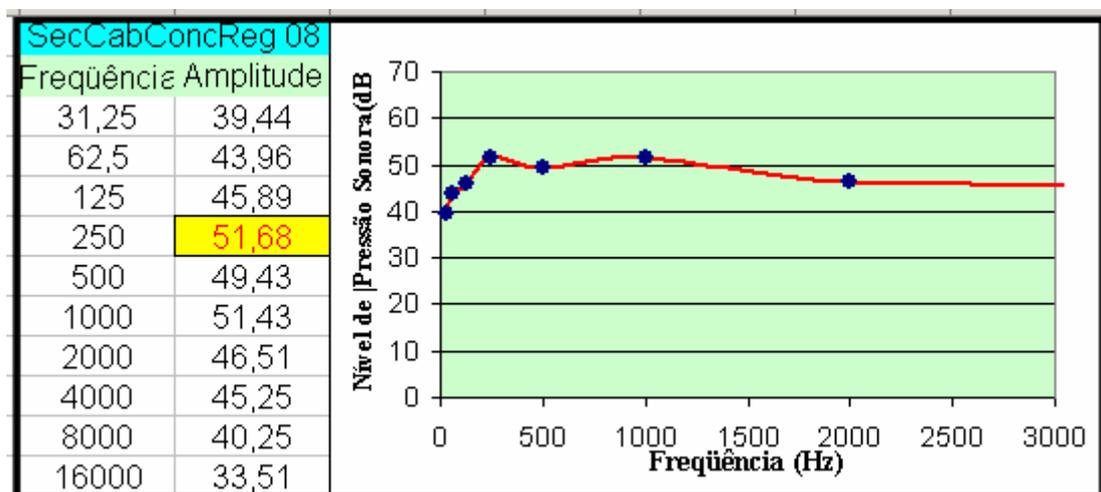


Figura A2. 21 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 8.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 9)

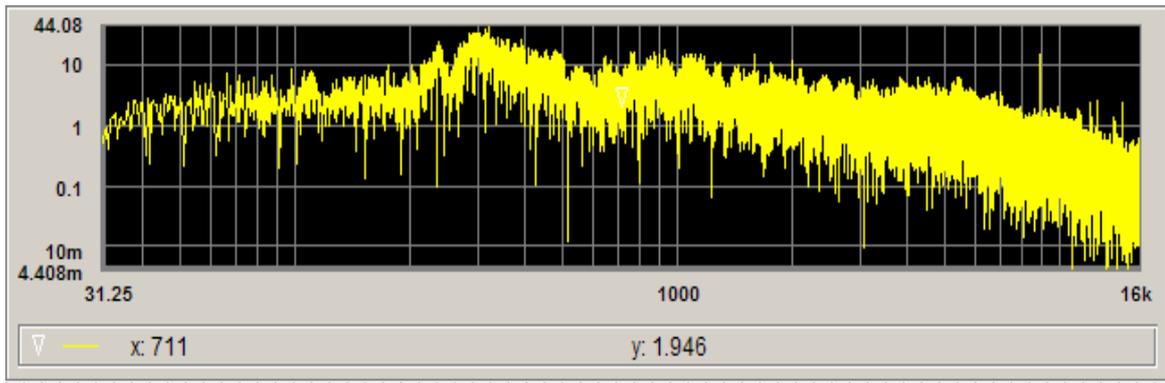


Figura A2. 22 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 9 (Pressão Sonora (Pa) x Freqüência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

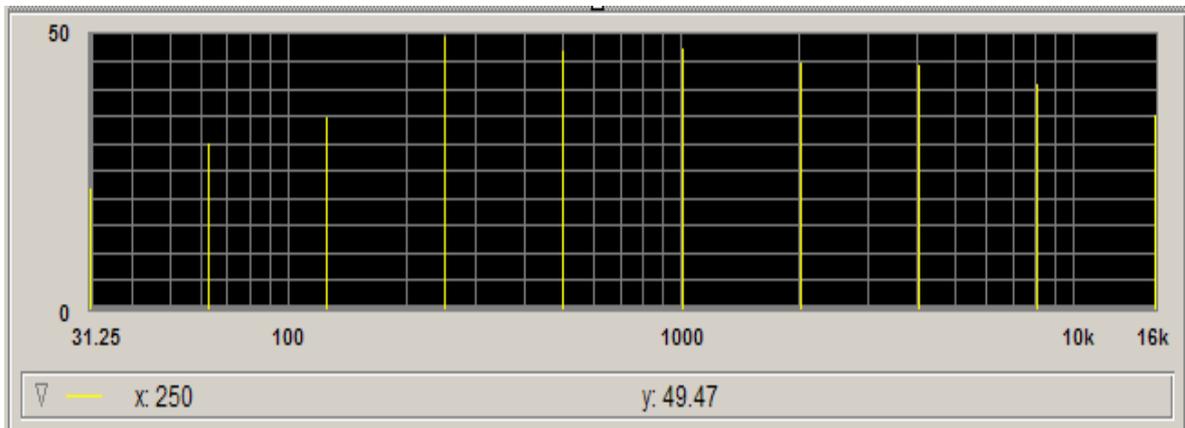


Figura A2. 23 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 9 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Freqüência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de freqüência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

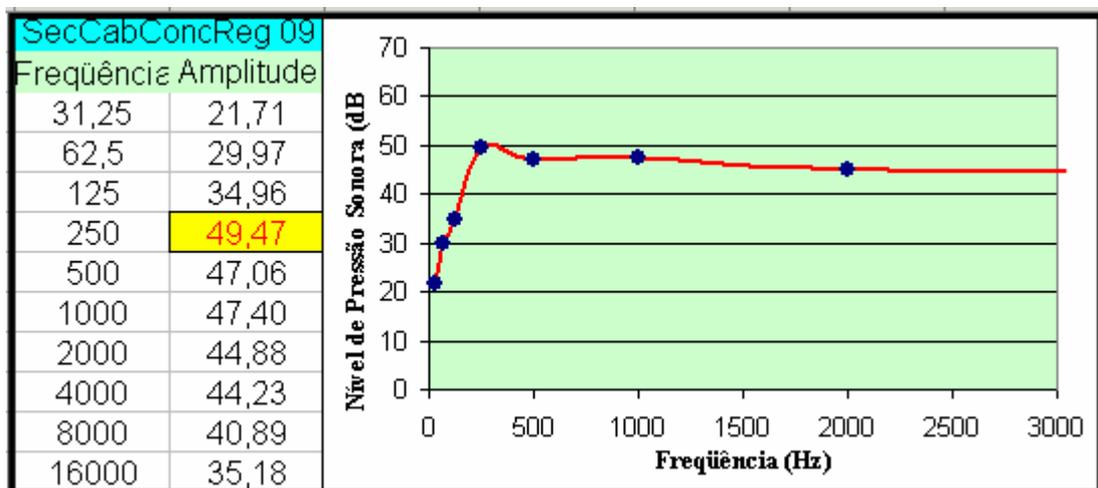


Figura A2. 24 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 9.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)

Espectro do Sinal Elétrico do Secador de Cabelo CONCEITO (Região 10)

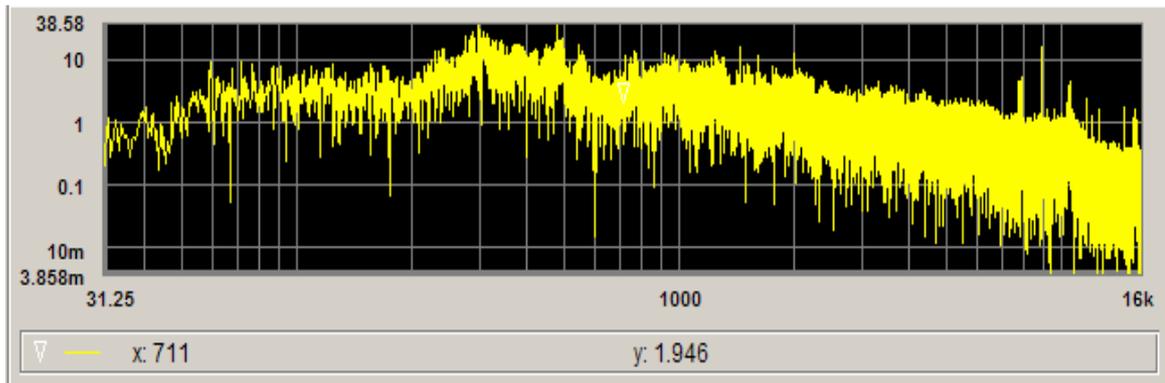


Figura A2. 25 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 10 (Pressão Sonora (Pa) x Frequência (Hz)).
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE).

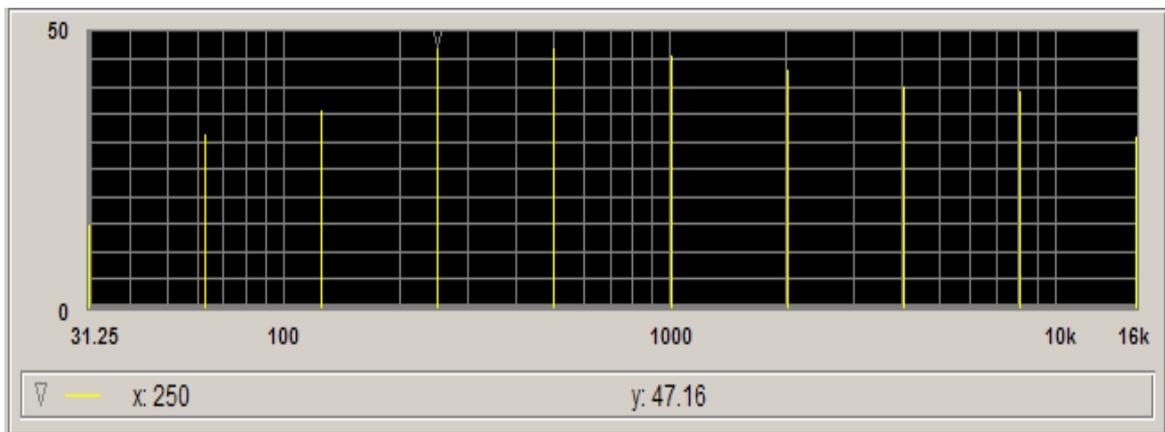


Figura A2. 26 - Transformada Rápida de Fourier (FFT) CONCEITO da Região 10 (Nível de Pressão Sonora (dB) x Frequência (Hz))
Espectro Discreto em bandas de oitava de frequência.
(Fonte: Imagem obtida do programa Agilent VEE)

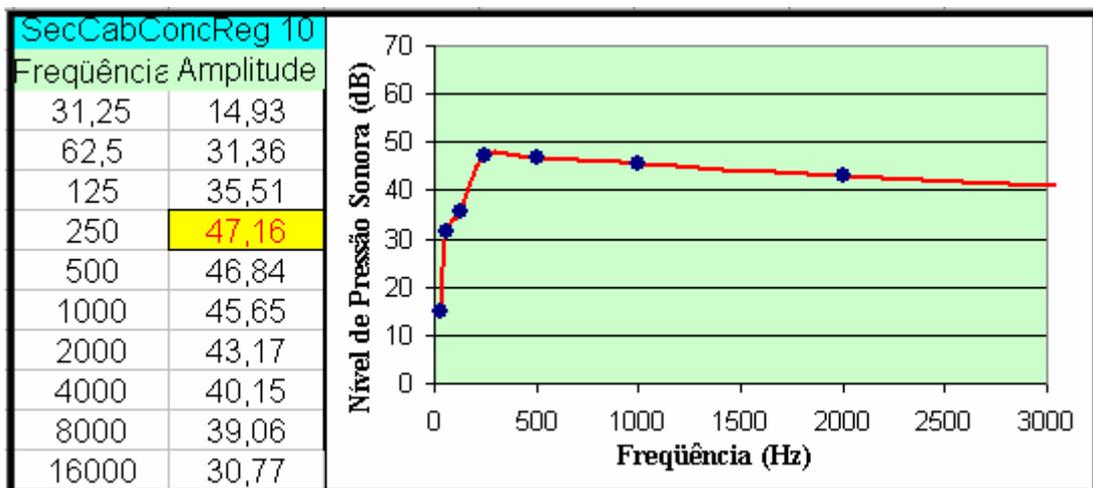


Figura A2. 27 - Comportamento Contínuo do Espectro CONCEITO Região 10.
(Fonte: Imagem obtida do Excel)