

NEY CAMPOS FRANCO

**Avaliação Psicoacústica do desenho de
barrilhetes:
Variações sonoras percebidas na clarineta.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Escola de Música da Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Música.

Área de concentração: Performance Musical

Orientador: Prof. Maurício Alves Loureiro

Belo Horizonte
Agosto/2005

AGRADECIMENTOS

Para a realização com sucesso da minha pesquisa sobre a Acústica de Barrilhetes e conseqüente documentação em forma de Dissertação de Mestrado obtive a cooperação de Professores e colegas que dividiram comigo o interesse de busca pelos resultados de pesquisa de caráter tão singular. Expresso aqui o meus agradecimentos aos seguintes Professores a colegas:

Primeiramente ao Prof e clarinetista Maurício Loureiro pelo total apoio e estímulo tanto no ato da concepção desse projeto com em sua elaboração. Dividimos nele a nossa paixão pela ciência da Acústica.

Ao colega Luiz Naveda pela insubstituível e inigualável colaboração na sistematização dos testes psicoacústicos.

Ao Professor Sergio Freire pela ajuda na gravação dos exemplos sonoros que foram ferramenta fundamental dessa dissertação.

Aos grandes construtores e professores Luis Rossi e René Hagmann pelas entrevistas que contribuíram significativamente para a legitimação desses estudos.

Aos meus colegas que participaram dos ás vezes não tão agradáveis minutos dos testes psicoacústicos e aos grandes amigos do CEFALA, Tairone, Raphael.

RESUMO

Seguindo a tendência de retomada das pesquisas que buscam o aprimoramento da acústica da clarineta iniciado por volta da década de 1950, particularmente essa pesquisa teve como foco de investigação científica o estudo da importância e influência do Barrilhete na estruturação do timbre da clarineta.

Para isso foram utilizados 4 diferentes modelos de barrilhetes, 3 deles fabricados pelo autor, onde 7 diferentes parâmetros ligados ao timbre foram a base da classificação.

Através de testes auditivos utilizando o software MEDS e posteriormente a ferramenta metodológica MDS. *Multidimension Scaling* foram gerados gráficos bidimensionais que representavam espacialmente as similaridades/dissimilaridades entre os barrilhetes nos parâmetros do timbre.

Após a análise detalhada dos resultados concluiu-se que os modelos experimentais fabricados pelo autor distinguem-se singularmente do modelo comercial na grande maioria dos parâmetros confirmando assim os testes de performance realizados antes mesmo do início dos testes ligados a essa pesquisa.

ABSTRACT

Following the return of research tendencies searching for acoustical improvements on the clarinet, begun in the 50's, this study strives to focus its scientific investigation on the influence and importance of the barrel in structuring the tone quality of the clarinet.

Four different models of barrels were used in this study, three of them produced by the author, in which seven different parameters related to tone quality, formed the basis for classification.

Through auditory testing using MEDS software and later the methodological tool MDS (Multidimension Scaling), two-dimensional graphs were generated, spatially representing the similarities/differences of tonal parameters between the barrels.

Upon careful analysis of these results, it was concluded that the experimental models built by the author singularly distinguish themselves from the commercial model in a great majority of parameters, thus confirming the performance tests performed prior to those done in connection with this study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Modelos experimentais de clarinetas dos séculos XIX e XX	21
FIGURA 2 - As diferentes geometrias dos tubos internos	23
FIGURA 3 - Os três diferentes modos de vibração nos tubos cilíndricos fechado	23
FIGURA 4 - Descrição dos harmônicos ímpares	24
FIGURA 5 - Os 3 registros da clarineta moderna	25
FIGURA 6 – Clarineta de Denner	25
FIGURA 7 - O registro atual da clarineta	26
FIGURA 8 - Sistema de sapatilhamento de Denner	27
FIGURA 9 - A evolução da clarineta de Denner nos séculos XVII e XVIII	28
FIGURA 10 – Basset Horn e Clarineta Basset	30
FIGURA 11 – Clarinetas clássicas	34
FIGURA 12 - Sistema de sapatilhamento de Müller	36
FIGURA 13 – As clarinetas no período Müller	38
FIGURA 14: Os desenvolvimentos do legado de Müller	43
FIGURA 15: A clarineta de Clinton	45
FIGURA 16 - A evolução do trabalho de Öhler	46
FIGURA 17: A evolução de Öhler, por Herbert Wurlitzer	49
FIGURA 18 - A evolução do Sistema Böhm	55
FIGURA 19 - Sistema de sapatilhas de Peter Eaton	59
FIGURA 20 - Sistema de regulagem	59

FIGURA 21 – As melhorias de Rossi	61
FIGURA 22 -Registro simples e duplo	62
FIGURA 23 - René Hagman	64
FIGURA 24: Os modelos de barrilhetes analisados na pesquisa	68
FIGURA 25 – Barrilhetes com anéis de madeira	69
FIGURA 26 - Madeira usada	71
FIGURA 27 - Processo de usinagem	72
FIGURA 28 - Faceamento	74
FIGURA 29 - Secagem	75
FIGURA 30 – Excerto 1	76
FIGURA 31 – Excerto 2	76
FIGURA 32 – Fragmentos musicais	79
FIGURA 33 – Janela do MEDS	81
FIGURA 34 - Interface de planejamento dos experimentos	86
FIGURA 35 – Escala do teste 2	88
FIGURA 36 - Derivação das distâncias em gráfico multidimensional	91
FIGURA 37 - Tríades e pares do teste	93
FIGURA 38 - Exemplo de cálculo da matriz de similaridade	94
FIGURA 39 – Articulação	100
FIGURA 40 - Stacatto	101
FIGURA 41 – Legato	102
FIGURA 42 – Média/Articulação	103
FIGURA 43 – Homogeneidade	104
FIGURA 44 – Brilho	105

FIGURA 45 – Colorido sonoro	106
FIGURA 46 – Estabilidade	106
FIGURA 47 – Média/Sonoridade	107
FIGURA 48 – Sete parâmetros analisados	108
FIGURA 49 – Distância total	109
FIGURA 51 : Distância/Barrilhetes	113
QUADRO 1 - Parâmetros subjetivos e seus adjetivos descritivos usados na análise de similaridade/dissimilaridade de qualidade sonora	66
TABELA 1 - Valores de Fade	80
TABELA 2 – Tabela de distâncias	91
TABELA 3 - Matriz total de dissimilaridade do teste 1	97
TABELA 4 - Matriz de dissimilaridade entre os barrilhetes do teste 2	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	CONSTRUTORES, CLARINETAS E SEUS INSTRUMENTOS	18
2.1	A CLARINETA DE DENNER	22
2.2	O BASSET HORN E A CLARINETA BASSET	29
2.3	O SISTEMA MÜLLER	32
2.4	O SISTEMA ÖHLER	40
2.5	O SISTEMA FRANCÊS OU SISTEMA BOEHM	50
2.6	RECENTES MELHORAMENTOS	57
3	INFLUÊNCIA DO BARRILHETE NA QUALIDADE SONORA	65
3.1	OBJETIVO DO ESTUDO	65
3.2	MATERIAIS E MODELOS DOS BARRILHETES	67
3.2.1	O PROJETO DA PEÇA	69
3.2.2	A ESCOLHA DA MADEIRA	70
3.2.3	O TORNEAMENTO	71

3.2.4	ACABAMENTO	73
3.3	AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS	75
3.3.1	ESCOLHA DOS TRECHOS	75
3.3.2	METODOLOGIA DE GRAVAÇÃO	77
3.3.3	METODOLOGIA DE EXECUÇÃO	77
3.4	TESTES AUDITIVOS	78
3.4.1	TESTE 1 – COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE	78
3.4.1.1	Janela explicativa	81
3.4.1.2	Janela específica de cada parâmetro	82
3.4.1.3	Janela de escolha do par similar	84
3.4.1.4	Janela de escolha do par dissimilar	84
3.4.1.5	Janela de repetição ou prosseguimento	84
3.4.1.6	Janela de término	85
3.4.2	MEDS	85
3.4.3	TESTE 2 – ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE	86
4	METODOLOGIA DE ANÁLISE	89
4.1	MDS	89
4.2	A AQUISIÇÃO DAS MATRIZES DE SIMILARIDADE	93
4.2.1	TESTE 1 – COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE	93
4.2.2	TESTE 2 – ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE	94
5	RESULTADOS	96

5.1	TESTE 1 – COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE	96
5.2	TESTE 2 – ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE.	97
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	99
6.1	TESTE 1	99
6.1.1	ARTICULAÇÃO	99
6.1.2	STACATTO	100
6.1.3	LEGATO	101
6.1.4	PARÂMETROS ARTICULAÇÃO, STACCATO E LEGATO (MÉDIA)	102
6.1.5	HOMOGENEIDADE	103
6.1.6	BRILHO	104
6.1.7	COR	104
6.1.8	ESTABILIDADE	105
6.1.9	PARÂMETROS BRILHO, ESTABILIDADE, COR E HOMOGENEIDADE	107
6.1.10	DISTÂNCIA TOTAL (MÉDIA)	108
6.2	TESTE COMPOSTO	110
6.2.1	A ANÁLISE DOS SUJEITOS	110
6.2.2	A ANÁLISE DOS BARRILHETES EM CADA CLARINETISTA	111

7	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – DESENHO DO PROJETO DOS	
	BARRILHETES	119
	APÊNDICE B – TABELAS DE DADOS DOS TESTES	
	AUDITIVOS 1 E 2	122

1 INTRODUÇÃO

Desde quando comecei a estudar clarineta no meio da década de 80 até os dias atuais sempre me interessei bastante pelo processo de construção do instrumento e os diversos ajustes possíveis de cada uma de suas partes integrantes. Com o decorrer do tempo surgiu um questionamento crucial, o qual deu origem a uma busca, que convergiu neste trabalho: o clarinetista deve se adaptar ao seu instrumento ou o seu instrumento deve se adaptar ao clarinetista? Envolvido nesta busca, iniciei minhas pesquisas na fabricação de barrilhetes a fim poder contribuir um pouco nessa falta de opção de melhorias de nossos instrumentos. O barrilhete é uma parte do corpo da clarineta que tem como função ligar a boquilha ao corpo superior do instrumento. Além disso, o barrilhete, por ser move,l é utilizado no ajuste de afinação da clarineta.

Esta minha busca exploratória vai de encontro á tendência que vem crescendo desde a década de 50 de grandes fabricantes de associarem á clarinetistas profissionais com o objetivo da busca de melhoramentos acústicos para a clarineta, devido, não só às novas possibilidades tecnológicas, mas também ao maior grau de exigência técnica do repertório contemporâneo.

Como veremos mais detalhadamente no próximo capítulo que tratará da relação entre os clarinetistas, construtores e seus instrumentos, desde a clarineta de Denner no final do século XVII, a evolução do instrumento continua ainda hoje como, por exemplo, os melhoramentos do sistema Öhler feito pelo luthier alemão Herbert Wurlitzer (1922-1989)

com o modelo 80 e Reform Boehm 188 (BRYMER, 1979) e mais recentemente as soluções propostas pelo clarinetista chileno Luis Rossi, pelo clarinetista inglês Peter Eaton e pelo engenheiro suíço René Hagmann. Assim, a evolução da clarineta, que parecia durante todo o último século tender à estabilização em torno dos dois grandes sistemas, o sistema Ohler e o Böehm, continua sua trajetória de evolução até os dias de hoje. Os aprimoramentos atuais da clarineta não estão ligados essencialmente apenas à adição de chaves ou ampliações do mecanismo como o ocorrido nos séculos XVIII e XIX, mas também a redimensionamentos e reposicionamentos de chaves e orifícios, criação do conceito de orifício de ressonância, novos sistemas de vedação e reestruturação do tubo, com vistas a melhorias acústicas. Aumenta-se assim as possibilidades de se chegar a um instrumento mais equilibrado tanto no que se refere à afinação, emissão de som e demais qualidades do timbre.

A escolha do Barrilhete como objeto de investigação justifica-se pela influência que esta parte do instrumento pode exercer na qualidade do som e na escassez de bibliografia e pesquisas publicadas nesse campo.

Inspirados nas pesquisas de tubo policilíndrico de Robert Cerre na década de 50, Hans Moenig e Guy Cadash desenvolveram estudos práticos na construção de barrilhete, tendo estes os primeiros desenhos de barrilhetes patenteados pela Buffet Cramphon. Vale lembrar que todas essas pesquisas tinham como foco a afinação e não o timbre. Uma busca no maior banco de dados de pesquisas acústicas da clarineta ligadas à *Journal of International Clarinet Society* conclui que o barrilhete foi a parte da clarineta que teve o menor número de pesquisas publicadas, com apenas 2 artigos de Lee

Gibson (2001, 2004) em um banco de dados com mais de 1100 artigos e dissertações. Nenhuma dessas duas publicações se referia ao timbre, mas somente à afinação. Outra fonte de consulta foi o *JASA* (Journal of the Acoustical Society of América). Em nenhum dos volumes editados desde 1975 não foram encontradas pesquisas específicas sobre barrilhetes.

Acredito que o barrilhete tenha um significado bastante relevante na produção do timbre da clarineta e com essa investigação procuro encontrar o nível de interferência em que isso possa ocorrer, esperando assim contribuir para a comunidade de clarinetistas profissionais.

Há cinco anos venho me dedicando na produção e desenvolvimento de barrilhetes, trabalhando com diferentes parâmetros de materiais e configurações de suas dimensões físicas, com a finalidade de possibilitar variantes em função do timbre, afinação e outras qualidades tais como articulação, uniformidade de qualidade sonora, estabilidade de afinação e timbre, entre outras. Busquei alternativas de madeira para a sua construção, em outras espécies de madeira com densidade e porosidade semelhantes ao *Granadilho*, madeira tradicionalmente utilizada na construção de clarinetas.

O objetivo principal deste estudo é identificar diferenças ou igualdades entre os diversos modelos de barrilhetes por mim fabricados e os barrilhetes utilizados nos instrumentos originários de fábricas tradicionais de clarinetas, tasi como Buffet Cramphon, Leblanc e Selmer Co. Primeiramente será discutida a construção desses

barrilhetes, demonstrada em desenhos técnicos das diversas etapas de torneamento, descritas no capítulo 3. Em uma segunda etapa será realizado um experimento de julgamento subjetivo de similaridade e dissimilaridade entre os barrilhetes a partir de diferentes parâmetros subjetivos relacionados à qualidade sonora de execuções musicais. Esse experimento será realizado através de testes auditivos detalhadamente descritos nos capítulos 4 e 5. Busca-se com essa pesquisa comprovar as singularidades de características entre esses diversos modelos de barrilhetes.

Uma performance musical depende de fatores objetivos ou pragmáticos e de fatores subjetivos e estritamente pessoal. Sendo o timbre uma característica sonora extremamente peculiar a cada instrumentista seria impossível criar boquilhas, barrilhetes, palhetas ou mesmo clarinetas que fariam dois clarinetistas terem a mesma qualidade sonora. Ou seja, o timbre na verdade é uma característica sonora pessoal de cada instrumentista. Podem até existir semelhanças sonoras entre clarinetistas distintos, mas nunca seriam cópias exatas.

A configuração de parâmetros e medidas na construção da clarineta foi desenvolvida ao longo de mais de três séculos. Explicando de forma mais objetiva podemos citar como exemplo os diferentes tipos de tubos da clarineta. Cada tubo interno das diferentes escolas de clarineta tem a sua medida peculiar. A clarineta francesa, conhecida como do Sistema Boehm tem um tubo que mede 14.85mm, enquanto que o tubo da clarineta alemã, conhecida como do Sistema Öhler, mede 14.70 mm e o tubo da clarineta inglesa mede 15.00 mm. Esse é apenas um dos parâmetros que determina essa diversidade de características. Tal disparidade é suficiente para gerar diferentes resultados e

características específicas de cada clarineta, inclusive de timbre. Essas diferenças não se limitam somente ao tamanho do tubo mas também ao tamanho e localização de orifícios, formato da palheta dentre outros inúmeros componentes. Esse é um dentre vários exemplos das especificidades estruturais dos componentes que compõem a clarineta.

As dimensões do barrilhete, o foco dessa pesquisa, são de grande importância para a determinação das características de timbre e de afinação. Os critérios rigorosos com que eles são fabricados mostram sua potencialidade de determinar as características do som a partir de uma grande gama de diferentes formas e medidas. Assim o clarinetista pode lançar mão de grande número dessas variantes físicas mensuráveis para melhor criação da concepção pessoal e artística de sua performance.

Pequenas variações das características físicas do barrilhete, desde que dentro das faixas de tolerâncias, se usadas de forma consciente, podem funcionar como uma "sintonia fina" que tanto poderão vir a corrigir naturais imperfeições do instrumento quanto a suprir expectativas pessoais, como preferências de colorido de timbre, dentre eles brilho, facilidade de emissão, articulação, facilidade de legato, equilíbrio entre registros até chegando até a qualidades de cunho mais subjetivo que seriam, de certa forma, a conjunção de todas as anteriores, como a expressividade e flexibilidade do som.

Essa diversidade natural de timbres entre os clarinetistas é o grande sustentáculo dessa pesquisa. Uma alteração nas medidas do barrilhete, por menor que seja,

incrementará ou reduzirá certas características do timbre dando assim a cada clarinetista o livre arbítrio de configurar o seu instrumento da forma que ao mesmo tempo minimize possíveis imperfeições do instrumento e incremente outras qualidades sonoras características que, no seu juízo, sejam relevantes.

Dentro dessas questões e objetivos citados acima espero que não só esta pesquisa tenha um forte caráter exploratório, mas que represente uma real contribuição para os estudos das variantes de timbre da clarineta.

2 CONSTRUTORES, CLARINETISTAS E SEUS INSTRUMENTOS

O desenvolvimento da clarineta se deu a partir da evolução de dois principais sistemas ao longo de mais de três séculos: o sistema alemão, desenvolvido a partir da clarineta de Müller¹ e Öhler², e o sistema francês desenvolvido por Boehm³. Este capítulo descreve as diferentes características e peculiaridades de cada um destes sistemas relacionando também o que eles têm em comum. Focalizaremos também as diversas parcerias que existiram entre os fabricantes e os grandes clarinetistas no decorrer da história do instrumento. Tais parcerias uniram habilidades específicas dos fabricantes e instrumentistas, que certamente, colaboraram não somente para uma maior rapidez no desenvolvimento da clarineta, como também para a qualidade e fundamentação das melhorias.

Mesmo que uma descrição da evolução da clarineta necessariamente focalize os dois sistemas principais, serão também mencionados outros sistemas menos utilizados ou mesmo em desuso, tais como as clarinetas de Quilter, Clinton e Dustin na Inglaterra, Albert-Mahillon na Bélgica e Stengel e Mönig na Alemanha (FIGURA 1). Estes construtores criaram variantes dos dois sistemas principais, em sua maior parte a partir

¹ Clarinetista e artesão de origem russa Ivan Mueller (1789-1852) teve grande papel no desenvolvimento da clarineta criando um revolucionário sistema de mecanismo e construção que foi a base para criação da clarineta moderna.

² Oskar Öhler (1858-1936) alemão clarinetista da Filarmônica de Berlim foi o grande responsável pela ampliação dos melhoramentos feitos por Mueller. Suas pesquisas levaram a criação de um sistema que leva o seu nome mas também é conhecido como sistema Alemão por ser principalmente usado em países como Alemanha e Áustria.

³ Theobald Boehm (1794-1881) foi um inventor e músico bávaro que revolucionou o sistema de mecanismo da flauta e posteriormente seus desenvolvimentos foram adaptados para a clarineta recebendo o nome de Sistema Boehm.

de alterações do mecanismo, tais como adição de chaves, troca de anéis abertos por platôs⁴ e alterações de localização de orifícios e chaves. No entanto, poucas mudanças significativas das características acústicas foram introduzidas nestes projetos, excetuando-se as de Henry Dustin (1820-1890), de Londres, que criou a sua clarineta de metal com tubo de 13.5 mm, o que representou uma sensível alteração dos conceitos tradicionais de construção de clarinetas no final do século XIX (STUBBINS, 1965). Esses aperfeiçoamentos aconteceram no período compreendido entre 1880 e 1920, que representou o auge das pesquisas de desenvolvimento da clarineta. A base era o já estabelecido sistema Müller e Boehm. Certamente estes construtores não obtiveram o mesmo destaque de Klosé-Boehm e Öhler por se tratarem de propostas de melhoramentos pontuais envolvendo aspectos específicos, ao passo que as propostas de Boehm e Öhler apresentavam-se como um processo seqüencial de melhorias por todo instrumento (BRYMMER, 1979). Como exemplo, podemos citar as pesquisas de Charles Quilter (1831-1898), que associado ao professor G. A. Clinton, de Londres, redimensionou e estabeleceu diferentes localizações para os orifícios do Fá³/Dó⁵ e Sol³/Mib⁵ (FIGURA 1c) resolvendo, em grande parte, os problemas de ressonância naturais dessa notas. Entretanto, essas mudanças trouxeram problemas relacionados ao acesso das chaves diminuindo a precisão e agilidade no mecanismo (WESTON, 1971), o que acabou tornando a

⁴ Sistema no qual os anéis abertos eram trocados por placas metálicas circulares que permitiam pequenos ajustes na posição tanto dos dedos quanto dos orifícios.

⁵ Convenção utilizada pela ASA (Acoustical Society of América) nos publicações em acústica mais recentes na para denominação dos registros onde a notação tradicional do Dó³ central é substituído pelo Dó 4.

utilização da clarineta de Quilter imprópria para um repertório que cada dia, demandava cada vez mais técnica de afinação, sonoridade e principalmente de agilidade.



FIGURA 1 - Modelos experimentais de clarinetas dos séculos XIX e XX: (a) clarineta em C, de Clinton, datada de 1880, baseada nas pesquisas de Quilter; (b) a revolucionária clarineta afinada em B bemol, feita em metal e fabricada por Henry Dustin no começo do século XIX; (c) Quilter, c.1850. Repare o pobre desenho anatômico e o posicionamento das chaves. Era afinada em C. (d) A clarineta de 14 chaves de Stengel de 1890. Note-se a ausência de chaves laterais e o complexo mecanismo, embora incorporando o sistema de anéis de Boehm. (e) O complexo mecanismo de 26 chaves de Albert-Mahilon. (f) O modelo de clarineta de Mönig inspirado no mecanismo completo de Böhm, mas substituindo o sistema de anéis pelo de platôs.

Fonte: <<http://users.skynet.be/LC/Clarinete/Histoire/Hist2.html>> e <<http://jerselmer.free.fr/clarib/achrenais1/page.html>>

2.1 A CLARINETA DE DENNER

Todas essas evoluções tiveram início por volta de 1690, com as pesquisas de J. C. Denner (1655-1707), de Nuremberg. Denner tomou como base um dos instrumentos do qual teria derivado também o oboé, chamado Schalmey, na Alemanha, e *Chalumeau*, na França, e que seriam evoluções da Charamela italiana⁶ (FIGURA 6a). Durante essa década, Denner aprimorou o Chalumeau adicionando duas chaves ao tubo cilíndrico, de 2.45 cm e 50 cm. Essas chaves correspondiam ao Lá4 e à chave de registro. Surpreendentemente, a chave de registro⁷ não produzia uma oitava na mudança de registro, como ocorria na flauta e no oboé, e sim uma décima segunda (FIGURA 2). Isso acontecia em decorrência do corpo cilíndrico do Chalumeau comportar-se como um tubo fechado, onde os harmônicos ímpares são superlativos aos pares (FIGURA 4); então, quando aberta a chave de registro, produzia-se o terceiro harmônico, equivalente à décima segunda em relação à frequência fundamental. Com isso o registro da clarineta se compunha de 19 notas e não 12 como era o registro tradicional de oitava, presente na flauta e no oboé (FIGURA 3). Esse foi um dos principais motivos para a necessidade de adição de chaves por Denner.

⁶ Pode -se considerar como o primeiro instrumento musical de palheta única. Apareceu em finais de 1600 e era muito pouco versátil e funcional uma vez que a sua tessitura não chegava sequer às 2 oitavas.

⁷ Denomina-se *Chave de registro* o orifício e sua chave que se localiza na parte superior da clarineta onde uma vez acionada suprime o modo vibracional inferior ou fundamental e valoriza os superiores referentes ao terceiro harmônico. Tanto as clarinetas antigas como as modernas são dotadas de apenas uma chave de registro enquanto que outros instrumentos como o oboé possuem dois. Atualmente nos modelos da clarineta de René Hagman já possuem a segunda chave de registro.



FIGURA 2 - As diferentes geometrias dos tubos internos. Cilíndrico aberto(flauta), cilíndrico fechado(clarineta e o chalumeau) e o cônico(oboé).

Fonte: <<http://www.phys.unsw.edu.au/music/>>.

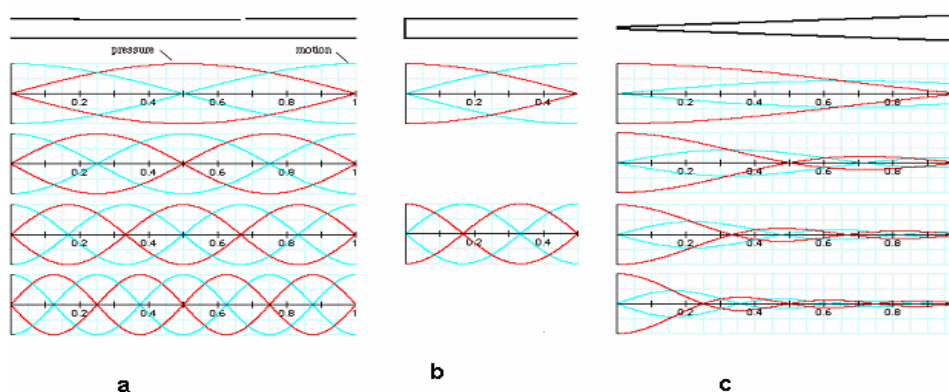


FIGURA 3 - Os três diferentes modos de vibração nos tubos cilíndricos aberto: (a), cilíndrico fechado (b) e cônico (c) respectivamente. Note como ao contrário dos demais tubos o tubo, cilíndrico fechado tem características singulares onde os harmônicos ímpares são muito mais relevantes que os harmônicos pares.

Fonte: <<http://www.phys.unsw.edu.au/music/>>.

Nascia aí o que viria a ser a clarineta: um instrumento de tubo cilíndrico e palheta simples, derivado do Chalumeau, mas com as décimas segundas mais definidas. Essa seria a clarineta de duas chaves de Denner⁸, FIGURA 6 b.

⁸ BRYMER (1979) coloca em dúvida se Doppelmayer em seu livro *Historische Nachricht von der Nurburgischen Mathematicis und Künstlern*, escrito em 1730 onde Doppelmayer relata: "No começo desse século (XVIII) Johann C. Denner fabricou um novo tipo de tubo, que ele nomeou como Clarinette", em seguida acrescenta "a esse tubo ele adicionou duas chaves para a passagem de registro aprimorando a extensão o Chalumeau". Brymer questiona se o escritor se referia ao Chalumeau ou ao novo instrumento chamado Clarinette. Baseado em pesquisas atuais sabemos que o nome Chalumeau ou Schalmey no século XVIII era genérico a todos os instrumentos de palhetas simples existentes, conseqüentemente Doppelmayer certamente se referia à clarineta. Nesse livro Doppelmayer é o pioneiro em citar a existência da clarineta e de seu criador, Denner.

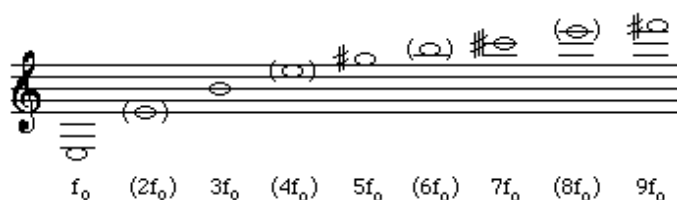


FIGURA 4 – Descrição dos harmônicos ímpares: Descrição da singular predominância dos harmônicos ímpares no tubo cilíndrico fechado da clarineta. Somente após o 8º harmônico é que ocorre um maior equilíbrio em relação aos harmônicos pares.

Fonte: <<http://www.phys.unsw.edu.au/music/>>.

As primeiras chaves adicionadas por Denner e seu filho Jacob Denner (1681-1735) tiveram apenas a função de permitir tocar mais duas notas, aumentando assim a extensão do instrumento, como se refere SCHAKLETON (1995). Essas chaves eram diametralmente opostas. Só mais tarde a segunda chave, posicionada na parte de trás do instrumento, é reposicionada mais próxima à boquilha, facilitando a emissão do terceiro harmônico do instrumento. Tanto o Si³, Dó#⁴, Mi³ e Fá#⁴ somente eram tocados através de cruzamento de dedilhados, também chamado forquilha. Nos primeiros modelos da clarineta de Denner o tubo era de 15mm e os orifícios não ultrapassavam os 5 mm prejudicando muito a afinação e a qualidade do timbre da maioria das notas.(ACKERMAN, 1997)⁹.

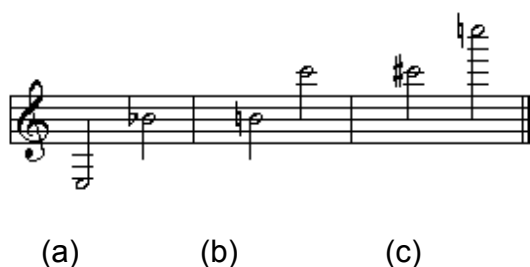


FIGURA 5 - Os 3 registros da clarineta moderna: (a) registro grave também conhecido como registro chalumeaux. (b) registro agudo também conhecido como clarino e o (c) registro super agudo.

⁹ Ackerman, Brian. The history of the early clarinet. Disponível em: <<http://www.clarinetdepot.com/articles/ackerman1.html>>.



FIGURA 6 – Clarineta de Denner: (a) Réplica do primeiro Chalumeau modificado por Denner, datado de 1655 e medindo apenas 40 cm, em exposição no Museu Bávaro, de Munique. (b) modelo do primeiro exemplar do instrumento fabricado por Denner, posteriormente denominado clarineta de duas chaves de Denner. Note já algumas mudanças em relação ao antigo chalumeau no desenho da campana - seu tamanho já com 50 cm. Modelo de 1690, exposto no Museu Bávaro de Munique. (c) Cópia do modelo da clarineta de quatro chaves de Denner fabricado por Stinglwagner em 1820.

Fonte: <<http://jerselmer.free.fr/clarib/achrenais1/page.html>>.

A nota mais grave do registro superior era o Dó 4, enquanto que a mais aguda do registro grave era a Lá 4, produzida pelo polegar da mão esquerda. A segunda chave acionada pelo polegar da mão direita produzia o Si bemol 4. As duas chaves juntas produziam o Si 4 mas com uma sonoridade muito pobre, preferindo os clarinetistas da época mudar a embocadura no Dó 5 abaixando a afinação em um semitom, afim de

que ele soasse bastante baixo, parecendo um B alto. Anos depois, Jacob chegou à forma atual da clarineta, onde a chave do antigo Si bemol 4 é acionada junto com a chave do Lá 4, para gerar o Si4 com melhor definição (KROLL, 1965). Foi também adicionada a terceira chave, que preencheu a falha entre os dois registros (FIGURA 6c).

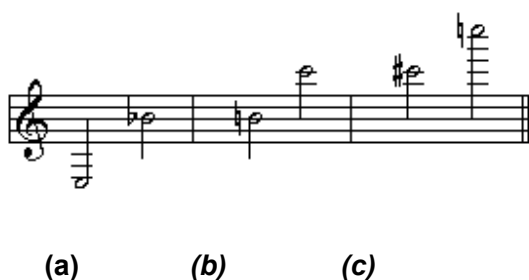


FIGURA 7 - O registro atual da clarineta: Em suas três partes. (a) registro chamado Chalumeau ou grave, (b) registro clarino ou agudo e (c) o registro super agudo.
Fonte: <<http://www.wfg.woodwind.org/clarinet/index.html>>.

Posteriormente, até o ano de 1720, ocorreram muitas outras mudanças evolutivas na clarineta de Denner (GIBSON, 2004)¹⁰, tais como o redimensionamento do tubo, reduzido para aproximadamente 14.5 mm; alongamento do tubo, o que aprimorou o sistema de orifício da chave de registro, reduzindo-o para melhor definição do terceiro harmônico (SCHAKLETON, 2004). O sistema de vedação ainda era muito primitivo, como o do oboé e o da flauta barroca (FIGURA 8). A sapatilhas¹¹ eram feitas de feltro em plataformas quadradas, aderindo precariamente aos furos, sendo elas acomodadas em uma superfície plana que ainda não havendo cortes em diferentes

¹⁰ *The physics of new clarinet design*. Disponível em: <<http://asa.aip.org/jasa.html>>.

¹¹ Nome dado à superfície aderente ao orifício parecido com uma "almofada" que impede a passagem de ar entre a chave e o orifício tornando a vedação possível

níveis para melhor aderência, como ocorreu posteriormente. Com toda a certeza os vazamentos de ar deveriam ser bastante freqüentes.

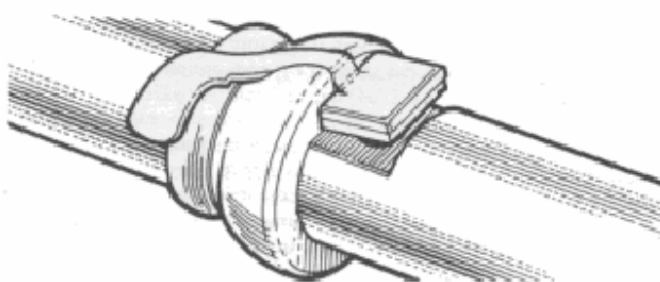


FIGURA 8 – Sistema de sapatilhamento de Denner: Primitivo sistema de sapatilhamento usado nas clarinetas de Denner. Esse modelo seria utilizado no final do século XVIII.
Fonte: <<http://www.klarinette24.de/griffabelle.html>>.

Todos esses aperfeiçoamentos deram origem a um instrumento bem mais evoluído para a época, acústica e mecanicamente, que é conhecido hoje como a clarineta de três de Denner (Brymmer 1979). Para este instrumento, grandes compositores do período como Georg Frederich Handel (1685-1759), Melchior Molter (1696-1765), Antonio Vivaldi (1678-1741), Carl. Philip Emanuel Bach (1671-1735) e Karl Stamitz (1695-1772) escreveram importantes obras dedicadas á grandes grupos musicais da época como a Orquestra de Mannheim, ou grandes clarinetistas como Joseph Beer (1744-1811), seu pupilo Michael Jost (1771-1834) e Franz Tausch (1702-1783).

Em 1765, surgiu a clarineta de cinco chaves fabricada por Beer, que inseriu a chave do Sol $\#$ 3/ Dó $\#$ 5 e o Fá $\#$ 3/Dó $\#$ 5, evitando assim digitações cruzadas ou meio orifício e forquilhas¹² (FIGURA 9c).Com o advento da quinta chave, a clarineta ganhou um papel

¹² Termo usado para na digitação onde ocorre cruzamento de dedos não seguindo a seqüência natural da ordem dos orifícios.Esse tipo de cruzamento ainda é usado nas clarinetes do sistema Öhler mas não mais utilizado nas clarinetas do sistema Boehm.

muito mais solístico no repertório musical, tornando-se um instrumento de referência em desenvolvimento técnico e singularidade de timbre.

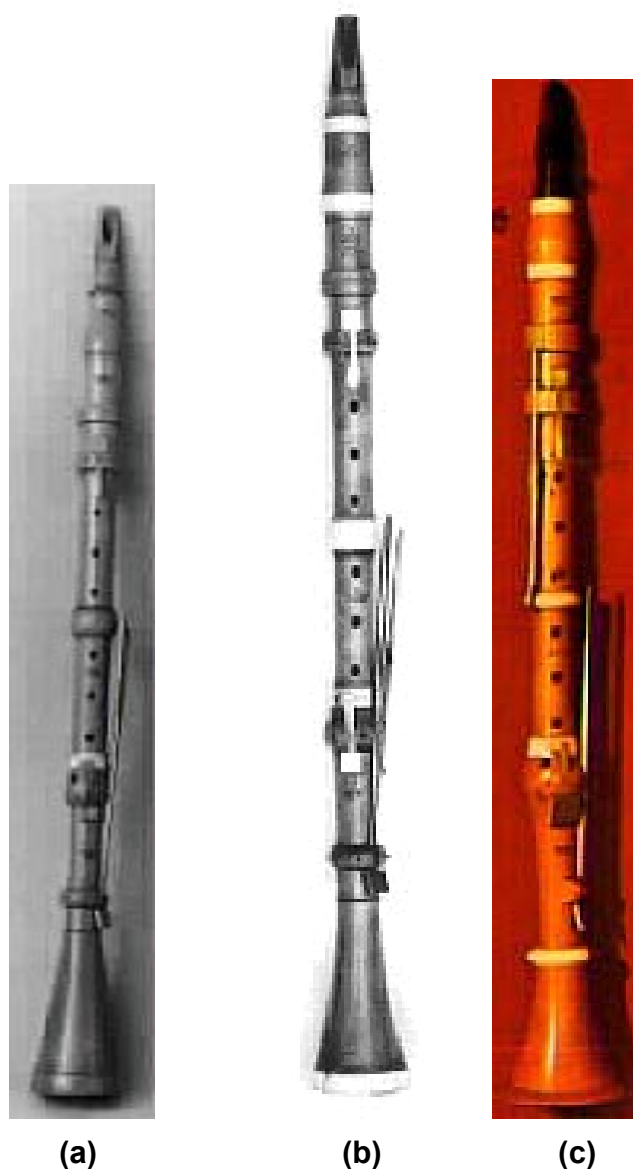


FIGURA 9 - A evolução da clarineta de Denner nos séculos XVII e XVIII: (a) modelo do primeiro exemplar do instrumento fabricado por Collier em 1770 inspirado na clarineta de quatro chaves de Denner. (b) Cópia do modelo da clarineta de cinco chaves de Denner fabricado por Kunster em 1710. (c) Clarineta de 6 chaves de J.Beer¹³, já com o desenho tradicional da campana que era separável do tubo, como o barrilhete e a boquilha fabricada em 1760 segundo BRYMER (1979), ou 1770, de acordo com BAINES (1962).

Fonte: <<http://jerselmer.free.fr/clarib/bclbaroc/page.html>>

¹³ Joseph Beer era pai de Frédéric Beer, futuro clarinetista da Ópera de Paris e professor de Klosé.

2.2 O BASSET HORN E A CLARINETA BASSET

Por um breve período, que se estende de 1770 a 1810, a história da clarineta confunde-se com a história de um outro bastante similar à família da clarineta, sendo também um instrumento de palheta simples, o *Basset Horn*, (FIGURA 10a). Esse instrumentos tinham o mesmo sistema de registro da clarineta mas com a extensão ampliada em uma terça maior mais grave, e geralmente afinado em Sol ou Fá (LAWSON, 2000). Um grande e virtuoso clarinetista desse período, membro da Orquestra de Mannheim, Anton Stadler (1758-1811), associou-se ao maior construtor de *Basset Horns* da época, Theodor Lodz (1743-1798) de Praga, para criar uma nova clarineta, que seria a versão “estendida” da clarineta de cinco chaves de Denner (FIGURA 10c). Outro grande construtor de Basset horns foi Mayrhofers de Passau, em 1770 que introduziu um novo e singular desenho para seu instrumento afinado em Sol, muito utilizado na Alemanha e Áustria (FIGURA 10b). Stadler e Lodz aumentaram a extensão da clarineta tradicional uma terça abaixo do tradicional Mi 3, chegando a nova clarineta ao Dó 3, como nos *Basset Horns* tradicionais, além de redesenhar o tubo sem curvatura, trocaram o pavilhão metálico pelo de madeira tradicional da clarineta de Denner e promover uma redivisão do tubo em apenas três partes, ao contrário das cinco dos *Bassets*. O sistema de orifícios em baixo relevo permaneceu ainda inalterado, além do sistema de sapatilhamento ser igual ou tão primitivo quanto o da clarineta de Denner (BRYMMER, 1979).



FIGURA 10 – Basset Horn e Clarineta Basset: (a) Basset Horn em F fabricado por Lodz em 1789, pertencente ao Museum Histórico de Praga; Basset Horn em peculiar desenho usado na Austria, fabricado por Maryhofer em 1770 afinado em sol. Exemplar bastante semelhante à clarineta Basset de Stadler. Knokerheuer 1856.

Fonte: <<http://jerselmer.free.fr/clarib/fclalto1/page.html>>.

Acredita-se que a *Clarineta Basset* e inicialmente fora fabricado somente para Stadler, como se deduz à partir dos manuscritos do Quinteto K581, de Mozart, onde se lê “clarineta Stadler” Rendall (1971, p. 82). Grande parte da obra de Mozart para a clarineta foi composta para o amigo Stadler, após sua viagem a Manheinn em 1779.

Manuscritos do Quinteto K581, da ária para clarineta obligatto¹⁴ da ópera “La Clemenza de Tito” e do grande Concerto K622, permitem constatar que Mozart escreveu originalmente para a clarineta com extensão até o Dó3, como na clarineta de Stadler. No entanto pode-se afirmar que é provável que a experiência de Mozart com Bassett Horns seja bem anterior a Stadler, conforme relatado por Leopold Mozart em carta para a esposa em 1768, contida no livro *Mozart*, de Conrad Barret:

[...] Mozart acabou de compor um par de duos por um novo instrumento em F dedicado a alguns amigos de Praga como boa forma de exercício. Ele deverá fazer uma versão transportada para dois instrumentos de corda (violões) que provavelmente adicionaremos ao catálogo [...]

A ‘*Clarineta Stadler*’ “hoje chamada clarineta *Basset* na verdade é o *Basset Horn* em escala menor e com a afinação uma terça acima, ou seja, em Lá.

Até 1730 (REHFELDT, 1977), o desenvolvimento da clarineta ficou praticamente parado nos melhoramentos de Denner. A experiência da clarineta *Basset* de Stadler apesar de seus obteve méritos de ter conquistado seu lugar na história, não se estabeleceu com o desenho que viria definir a clarineta definitivamente adotada em todo mundo. Somente com Müller a retomar o desenvolvimento da clarineta a partir de 1812 é que realmente iniciou-se o real desenvolvimento da clarineta moderna (DE MENEZES, 2004).

¹⁴ Palavra italiana que se referia à necessidade obrigatória e grande importância da execução da referida partitura.

Atualmente, tanto o *Basset Horn* quanto a *clarineta Basset* são fabricados pelas grandes corporações como a Buffet Cramphon, Selmer Co, Leblanc e outras menores, incorporando todos os recursos modernos de mecanismo, sapatilhamento e melhoramentos acústicos da clarineta moderna. Instrumentos de época ainda são fabricados, em menor escala, para performances específicas que os requerem. Um exemplo disso é a parceria entre o construtor Edward Plannas, de Londres, e o clarinetista internacionalmente conhecido Antony Pay, que construíram uma *Clarineta Basset* inspirada em modelos do século XIX. O instrumento foi fabricado por Dölling de Postdam para a gravação do concerto de Mozart pelo grupo musical “Ancient of Music”¹⁵, especializado em gravações de época.

2.3 O SISTEMA MÜLLER

Por volta de 1810, iniciou-se um dos períodos mais férteis da evolução da clarineta. Nesse período, engenhoso construtor de instrumentos Ivan Mueller revolucionou, apresentando soluções, hoje adotadas na construção da clarineta. Ivan Müller, clarinetista e artesão de origem russa, que se estabeleceu na França em 1809, quando iniciou o desenvolvimento de seu segundo modelo de clarineta, precedido pelo modelo em parceria com Merklein, em Viena.

¹⁵ Informação obtida pelo site <<http://www.meridian-records.co.uk/artistsbiogs/anthonypay.html>>.

Mesmo antes do começo das inovações de Müller, já havia pequenos melhoramentos na clarineta de Denner, como o fez o clarinetista francês Xavier Lefrève¹⁶ (1763-1829), que buscava uma melhor entonação e o conforto na execução em qualquer tonalidade, surgindo, assim, relatos mostrando, no ano de 1791, a sua clarineta em Dó de seis chaves (sexta chave relativa ao Dó#4) (FIGURA 11a) e uma outra, de oito chaves, um ano depois (BAINES, 1957; BRYMMER, 1979) (FIGURA 11b). Outra contribuição importante antes do revolucionário Müller foi a adição de uma chave de trilo Lá/Si proposta pelo construtor francês Simiot, de Lyon, que minimizou assim os problemas da mudança entre os registros em passagens entre o grave e o médio, aumentando a agilidade. Simiot resolveu em parte problemas de vedação, molas e posicionamento das chaves. Aumentou o tubo para 15mm¹⁷ e o tamanho dos orifícios, melhorando a sonoridade da sua já então clarineta de oito chaves. Anos depois, Simiot, juntamente com Gentellet, seriam colaboradores no lufteria de Müller (LAWSON, 2000).

¹⁶ Compositor, artesão e grande clarinetista do século XVIII na França. Foi professor do Conservatório de Paris. A Lefrève atribui-se a adição da quinta chave na clarineta (Dó#3) e grandes aperfeiçoamentos anteriores a Müller. Como compositor escreveu peças para orquestra (na sua maioria utilizando a clarineta) e um método para clarineta em 1802.

¹⁷ Essa medida era pouco utilizada nas clarinetas do século XVIII. Mais tarde Albert adotou um tubo de 15mm inspirado na experiência de Simiot sendo a medida padrão usado nas clarinetas na Inglaterra.



FIGURA 11 – Clarinetas clássicas: (a) Cópias dos modelo inicial de 6 chaves usado por Lefréve, em 1805 (b) e da clarineta de 8 chaves datada de 1809 contruido por Krammer em 1848 pertencente ao Museum de Lyon.

Fonte: <<http://jerselmer.free.fr/clarib/fclalto1/page.html>>.

Müller era clarinetista da Orquestra de Câmara de São Petersburgo¹⁸, onde iniciou seus experimentos com novos desenhos para as chaves, tanto na forma quanto na sua

¹⁸ Junta com a orquestra de Mannheim era uma dos principais grupos musicais do período clássico.

localização ao longo do tubo. Em 1809, apresentou a nova clarineta (que ainda estava em desenvolvimento em parceria com o fabricante austríaco Merklein) em um recital em Leipzig. O novo instrumento impressionou sensivelmente o público pela surpreendente facilidade mecânica e pureza de timbre. Na ocasião, um desses ouvintes era o compositor austríaco Philip Riotti (1775-1845), que, admirado pela falta de limitações técnicas da clarineta de oito chaves de Müller, prontificou-se a escrever um concerto dedicado a Müller e sua clarineta.

Em 1812, Müller, tendo obtido fundos financeiros para ampliação do seu projeto, através do clarinetista M Petit¹⁹, pode terminar o desenho e a construção da nova clarineta de treze chaves e sete orifícios afinados em Si bemol, a qual foi apresentada à Comissão do Conservatório de Paris (FIGURA 13b). Essa nova clarineta continha não só o novo número de chaves extras como também, a nova disposição das chaves e orifícios que dava ao clarinetista um maior conforto na digitação, tanto pela nova anatomia quanto por haver chaves opcionais como as chaves do Ré#5 e Si4. Mas, muito além da inovação mecânica, Müller solucionou sérios problemas de ressonâncias refazendo os orifícios mais baixos e aderentes às sapatilhas, diferentemente dos similares da clarineta de Denner, e chaves sustentando-se as chaves por um revolucionário sistema de pinos ou torretas²⁰, ao final de cada eixo articulado. Também ligado à capacidade de ressonância e entonação, Müller incrementou o conceito de

¹⁹ Petit era clarinetista da Ópera de Paris mas fez fortuna no mercado de bolsa tornando-se depois editor de partituras.

²⁰ Nome dado aos pilares de sustentação alta dos eixos nos quais são fixados os parafusos que os fixam. Nas clarinetas anteriores a Müller esses pilares eram baixos ou até inexistentes sendo as chaves conectadas direto na madeira.

aderência das sapatilhas, criando um sistema de “copos ocós”²¹ ao final de cada chave onde as sapatilhas eram encaixadas, diminuindo a sua altura em relação ao furo (FIGURA 12). Esse aumento de espaço entre o orifício e a sapatilha influenciou diretamente no escoamento do fluxo de ar, possibilitando uma melhor afinação e pureza de som muito mais equilibrada. As antigas sapatilhas de feltro foram trocadas por novos modelos, feitas de lã revestida por couro fino, o que aumentava a sua aderência aos furos, diminuindo assim a possibilidade de vazamento.



FIGURA 12 - Sistema de sapatilhamento de Müller.
Fonte: <<http://www.answers.com/main/ntquery;jsessionid>>.

Outra melhoria feita por Müller, porém pouco conhecida pelos clarinetistas, refere-se à reestruturação do desenho das palhetas. Müller ampliou a curvatura da palheta em relação à boquilha, melhorando sua anatomia e reduzindo sua espessura e largura, o que aumentou sensivelmente a flexibilidade de dinâmica e variedade de articulação. BRYMER (1979, p.46). A braçadeira também foi modificada por um anel regulável de metal, bastante semelhante à braçadeira utilizada atualmente, e que substituiu o cordão têxtil anterior. Até nessa época era normal o uso em orquestras de clarinetas em três

²¹ Termo que se refere ao receptáculo onde as sapatilhas se encaixam em baixo relevo diminuindo assim a sua altura em relação aos orifícios.

tonalidades diferentes: Ré, Dó e Si bemol. A tonalidade da música é que indicaria qual instrumento usar, com o objetivo de facilitar a execução, tendo em vista as limitações técnicas das clarinetas de Müller. Com o aumento da capacidade cromática da nova clarineta, as diferentes afinações se tornaram desnecessárias, e assim, as clarinetas em Si bemol e Lá, se firmaram como as afinações mais frequentemente usadas nos anos que se seguiram.

No ano de 1815 Mueller fez uma turnê pela Alemanha, Inglaterra, Holanda e Áustria onde apresentou o seu novo instrumento onde utilizando sua habilidade como clarinetista executou obras de caráter virtuoso do compositor tcheco Anton Reicha (1764-1812), do alemão Ferdinand Ries (1789-1824) e obras de sua própria autoria. Com isso Mueller fez com que a maioria das clarinetas utilizadas naquela época se tornasse obsoleta comparando-se com os novos parâmetros de limite técnico e construção desse novo instrumento, que representou a versão final de seus melhoramentos (REHFELDT, 1977).

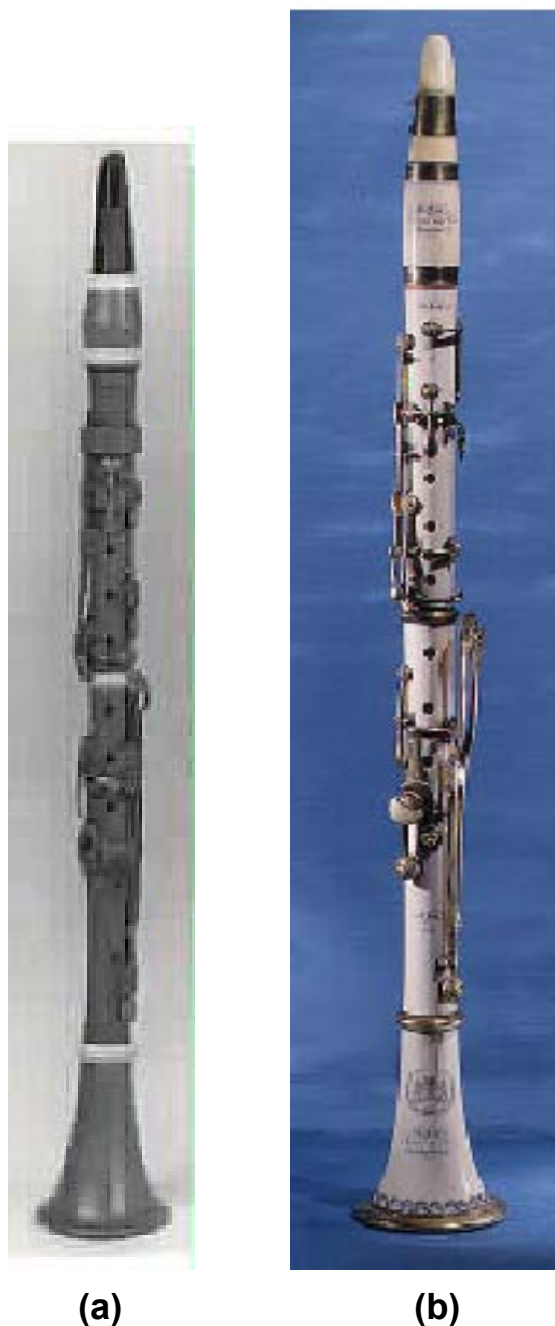


FIGURA 13 – Clarinetas do período Müller: (a) A evolução de Lefréve. Esse é um modelo de 10 chaves com 7 orifícios sem anéis, fabricada por Ostenheim, 1860 que seria a clarineta base das pesquisas de Mueller segundo Brymmer(1979). (b) Réplica baseada em modelo de 1815 da clarineta Müller, ainda sem os anéis. Em exposição no Museu de Arte de Lyon.

Fonte: <<http://jerselmer.free.fr/clarib/achrenais1/page.html>>.

Os desenvolvimentos de Müller foram tão decisivos para a história acústica da clarineta moderna e tão vanguardísticas para o início do século XIX que serviram de exemplo

para uma longa série de outros clarinetistas e fabricantes buscarem pequenos melhoramentos para seus próprios instrumentos. Como exemplo, podemos citar o virtuoso Carl Baermann (1810-1879)²², que, contemporaneamente, a Müller, desenvolveu, para si mesmo, em 1810, uma clarineta de doze chaves. Também já havia, nessa mesma época, o relato de uma clarineta de quatorze chaves utilizada pelo clarinetista e virtuoso finlandês Bernhard Crusell (1769-1830)²³. Johannes Hermstedt (1792-1860), para o qual Ludwig Spohr (1784-1859)²⁴ compôs os quatro grandes concertos, pressionados pelo alto nível técnico dos concertos foi obrigado a trocar a sua clarineta de cinco chaves por um modelo de doze chaves (SHAKLETON, 1993). A maioria desses instrumentos já se assemelhava com o novo desenho mecânico das clarinetas de Müller, mas ainda contavam com baixa qualidade de entonação e timbre, sendo que nenhuma delas chegou ao grau de sofisticação acústica, comparável àquelas modificações concebidas pelo gênio de Müller (MAZZEO, 1981).

Os experimentos de Müller tiveram um papel fundamental na história da evolução da clarineta, pois sem eles não haveria uma gradação de aperfeiçoamentos modernos à clarineta de Denner, lançando as bases para que futuros construtores, como Theodor Boehm e Oskar Ohler, criassem, de forma quase definitiva, a gama de aperfeiçoamentos que viriam a delinear a configuração da clarineta moderna. Como veremos a seguir o sistema alemão ou sistema desenvolvido por Oskar Öhler, é fruto direto da obra de Müller (BRYMMER, 1979).

²² Grande clarinetista e professor do conservatório de Munique. Seu método para clarineta escrito em 1816 é de grande qualidade sendo utilizado até nos dias atuais.

²³ Além de sua carreira como clarinetista deixou 3 concertos para clarineta e inúmeras peças de câmara.

²⁴ Apesar de violinista reconhecidamente virtuoso Spohr teve como principal foco de sua obra o repertório para clarineta deixando 4 grandes concertos para clarineta e orquestras e outras peças do repertório camerístico.

2.4 O SISTEMA ÖHLER

Após a revolução dos experimentos de Müller, no início do século XIX, foram criadas as condições para uma ampla e diversa seqüência de inovações, que culminariam na sua ampliação e seriam, mais tarde, a base da clarineta moderna. O primeiro grande aprimoramento do sistema Müller foi feito por Carl Bärmann e G. Ottensteiner.

No ano de 1870, em Munique, o clarinetista virtuoso e professor Carl Bärmann (1810-1879), associado a Georg Ottensteiner²⁵, elaborou o modelo de clarineta mais aperfeiçoado, que resultaria no esboço do que hoje chamamos de sistema alemão.

Como já citado anteriormente, Ottensteiner e Bärmann adicionaram mais quatro chaves às treze chaves já existentes na clarineta de Müller referentes às chaves alternativas Fá#3 e Mi3 que permitiam serem tocadas alternadamente pelos dedos mínimos, além de dois anéis ao corpo superior do instrumento, que permitiria tocar o Fá#4/Dó#5 sem acionamento da chave lateral do (segunda chave do corpo superior acionada pelo dedo indicador da mão direita).

A clarineta de Bärmann (vista na figura 14c) atingiu um grau de sofisticação, perfeição acústica e mecânica que possibilitou a sua consolidação como o instrumento padrão da época, sendo usado pelo famoso clarinetista Richard Mühlfeld 1856-(1921), em que se inspirou Brahms na composição de algumas das mais ricas obras do repertório da

²⁵ Construtor de Munique que foi grande colaborador já vinha em anos anteriores trabalhando no aperfeiçoamento do projeto final da clarineta de Mueller (REHFELDT, 1977).

clarineta, tais como o Trio op 114 para piano, clarineta e violoncello, o Quinteto op 115 para clarineta e cordas e as Sonatas 1 e 2 op 120 para clarineta e piano. Por todos esses aprimoramentos, Bärmann foi o grande responsável pela introdução do sistema de Ivan Müller na Alemanha e Áustria, sendo seus modelos de clarineta o elo entre a clarineta de Müller e, posteriormente, a de Öhler.

Eugène Albert (1826-1890), criador do chamado “Sistema Albert” ou “Sistema simples”²⁶, foi um dos fabricantes de instrumentos que iniciou o processo de melhoria das clarinetas de Müller. Curiosamente, hoje denomina-se Sistema Albert todos os instrumentos Müller nos quais foram introduzidos melhoramentos, independentes de terem sido ou não construídos por quem lhes deu o nome. A primeira clarineta criada por Albert em 1870 (FIGURA 13a) foi desenvolvida a partir do mecanismo da clarineta de Baerman. Especialmente essa clarineta contava com uma peculiar posição para a chave do Lá4 que era acionada pelo dedo médio da mão esquerda causando sérios problemas na precisão e agilidade nesse registro além de não haver chave específica para o Sol #4 sendo ele produzido pela chave do lá e o dedo anular da mão esquerda. Outra singularidade dos experimentos de Albert foi o seu aumento e mudança na posição do orifício da chave de registro para a parte posterior da clarineta melhorando sensivelmente a afinação e o escoamento do fluxo de ar e a adição de uma chave no polegar direito que, uma vez acionada, abria-se na campana e corrigia a afinação (normalmente baixa) das primeiras notas do registro grave, o Mi3 e Fá3 (SCHACKLETON, 2004).

²⁶ Assim chamado na França e países que utilizam o sistema Boehm.

Mais tarde esses dois últimos melhoramentos seriam utilizados por Öhler. Os melhoramentos do sistema Albert incluem posteriormente em suas pesquisas finais em 1985 a adição de anéis nos primeiro e segundo dedo de ambas as mãos. Ao contrário do que veremos no Sistema Boehm, esses anéis tinham a função de melhorar o timbre de algumas notas, sem, entretanto, mudar o dedilhado, definido por ele próprio como “uma nova clarineta de 13 chaves” baseado nas melhorias de Mueller (SCHACKLETON, 2004)²⁷.

Em seu segundo modelo de 1862 Albert introduziu dois anéis na mão esquerda mas, ao contrário da clarineta de Baerman, eles eram referentes ao segundo e terceiro dedos e não ao primeiro e segundo. O diâmetro do tubo da clarineta manteve-se 15mm²⁸ de medida principal e surpreendentes 17,76 em seu diâmetro final. Outra mudança foi referente à troca de posição, tanto da chave do Sol#3 quanto de seu orifício. Outra alteração referiu-se à criação da patente do Dó#5, no qual Albert permitia que se fizesse a passagem do Si 4 para o Dó#5 apenas levantando a chave do Dó (dedo mínimo da mão direita), mantendo pressionada a chave do B natural (dedo mínimo da mão esquerda) (DE MENESES, 2004; STUBBINS, 1971). Esse sistema tanto foi patenteado pelo clarinetista inglês Joseph Tyler, que posteriormente o vendeu para o editor Samuel Arthur Chappel, quanto pelo francês Simon Lefrève²⁹.

²⁷ Posteriormente nesse trabalho essa teoria será questionada.

²⁸ *The physics of new clarinet design*. Disponível em: <<http://asa.aip.org/jasa.html>>.

²⁹ Editor de partituras e neto do clarinetista Xavier Lefrève.



FIGURA 14: Os desenvolvimentos do legado de Müller: (a) O modelo inicial da clarineta Albert, de 1870, ainda somente com os dois anéis de Baermann e o pouco usual posição da chave do Lá4. (b) O modelo de 1862 de Albert já com os quatro e a patente do C#4. (c) Exemplar do modelo final da clarineta de Bärmann, de 1855, pertencente ao Museu de Nürenberg.

Fonte: Figuras a e b <<http://jerselmer.free.fr/clarib/fclalto1/page.html>> e figura c <http://www.sfoxclarinets.com/basycl_art.html>.

George Arthur Clinton (1850-1913) foi também um dos maiores inovadores do sistema Müller. Clinton colocou um “platô” no segundo orifício do corpo inferior para reposicionar o furo sem prejudicar a colocação do segundo dedo da mão direita, além de ter também alongado a chave do Sol#4. Ele também adotou um mecanismo inventado pelo oboísta

Apollon Barret (1804-1879), no qual se faria a passagem do Sib6/ Dó6 ou Mib4 /Fá5 com o uso da mesma chave (ver figura 15).

Nos anos de 1910, um ano após ter deixado o posto de clarinetista da Orquestra Filarmônica de Berlin, Oskar Öhler (1858-1936) começou o trabalho de consolidação de todas as melhorias implementado por diferentes construtores resultando em seu modelo de cinco anéis, de 1912 (FIGURA 16a). Nesse modelo Öhler já teria reduzido as dimensões do instrumento como o tubo de média 15mm usado nas clarinetas daquele período para um tubo de 14.8mm e o comprimento em 5cm tendo o novo instrumento apenas 56cm. Como construtores anteriores Öhler também alterou muitas das localizações e dimensões de orifícios para compensar as alterações já citadas. Esse modelo resultante alcançou reconhecida padrão de qualidade de timbre e surpreendente facilidade de emissão do som. Com o avanço de suas pesquisas Öhler chegou á configuração final de seu trabalho com a clarineta de 22 chaves, seis anéis e um tubo perfeitamente cilíndrico reduzido de 14.8mm para 14.7 mm em 1920³⁰ (FIGURA 16b). Öhler foi o pioneiro na criação de orifícios extras de ressonância, a partir dos quais uma chave poderia acionar até dois orifícios, a bem da afinação, o que foi mais tarde explorado sistematicamente mais por Franz Wurlitzer (REHFELDT, 1977). Com essa série de aperfeiçoamentos, Öhler tornou-se o sistematizador e definitivo criador do Sistema alemão ou Sistema Öhler (BARRET, 1999)³¹. Poucos anos depois sugeriram construtores com o Hammerschmidt (FIGURA 16c), Monig e o construtor de fagotes Heckel (FIGURA 16d) que ampliaram o mecanismo desenvolvido por Öhler até

³⁰ *The physics of new clarinet design*. Disponível em: <<http://asa.aip.org/jasa.html>>.

³¹ *The history of the clarinet's development*. Disponível em: <http://www.niu.edu/user/u40gmb1/Cl_history.shtml>.

uma complexidade que tornaram suas clarinetas pouco viáveis tanto pela sua complexa construção como pela sua difícil manutenção.

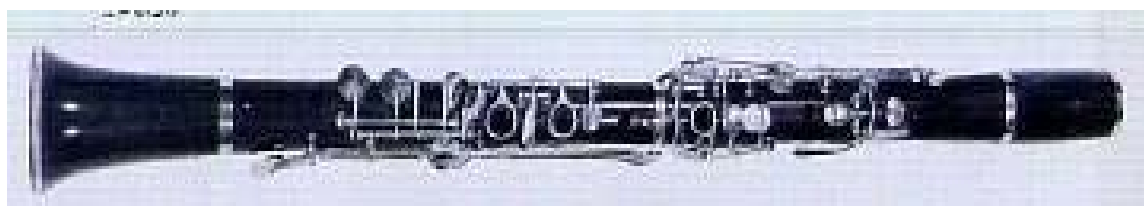


FIGURA 15: A clarineta de Clinton. 1903.
Fonte: <<http://users.skynet.be/LC/Clarinet/Histoire/Hist2.html>>.

Durante os últimos anos no século XIX e começo do século XX as clarinetas originárias do Sistema Öhler eram freqüentemente usadas, tanto na Alemanha e Áustria, nas quais sua utilização alcançava quase que a totalidade dos clarinetistas, além de ser também muito difundida nos demais países da Europa e EUA. Grandes clarinetistas fora da Alemanha e Áustria trocaram o Sistema Boehm pelo Sistema Öhler, em reconhecimento às suas inovações, tais como: Simeon Bellison (Orquestra Filarmônica de Nova York), Victor Polatschek (Orquestra Sinfônica de Boston), Robert Lindemann (Orquestra Sinfônica de Chicago) e Kalman Bloch (Orquestra Sinfônica de Los Angeles).



FIGURA 16 - A evolução do trabalho de Öhler: (a) O primeiro modelo de Oskar Öhler datado de 1915 e (b) a evolução de 1920. As expansões do sistema de Öhler mais tarde ampliado por Wurlitzer. (c) o clarineta de Hammerschmidt de 22 chaves equipada com a patente do Dó5 de Albert. e com um tubo ampliado de 15mm datada de 1915. (d) a clarineta de 20 chaves de Heckel datada de 1921 tinha complexo mecanismo de eixos mas já antevia a necessidade da chave de correção de agudos próxima á chave de registro mais tarde utilizada por Hagman.

Fonte: <<http://www.die-klarinetten.de/k-ins.html>> e <<http://jerselmer.free.fr/clarib/fclalto1/page.html>>.

Após a Segunda Guerra Mundial, Friz Wurlitzer (1887- 1951) e seu filho Herbert Wurlitzer (1911-1989), de Neustadt/ Aisch, começaram um processo de revisão do Sistema Öhler, que culminou em dois diferentes modelos de clarineta. O modelo Öhler-Wurlitzer ou modelo 90 (FIGURA 17a e b à direita) incorporava uma série de pequenas mudanças do mecanismo Öhler tradicional. Já o modelo híbrido entre os dois grandes sistemas alemão e francês, criado por Herbert em 1965, chamado Reform Boehm Wurlitzer ou modelo 188³² (FIGURA 17b à esquerda), é reconhecidamente uma obra prima da engenharia de fabricação de instrumento.

No primeiro modelo, Wurlitzer manteve a maioria das características acústicas de Öhler, mas, preocupado com sua mecânica complexa, reduziu o mecanismo tradicional de vinte e quatro chaves para um mecanismo mais leve e menos complexo, de vinte chaves, cinco anéis e um platô semelhante ao de Clinton (SCHLACKLETON, 2004). Nesse modelo, Wurlitzer ampliou consideravelmente o número de orifícios, onde não só afinação era contemplada, mas todo o sistema de ressonância. Na sua maioria, cada nota recebeu um orifício extra de ressonância. Outra mudança em relação à clarineta alemã tradicional foi a redução do diâmetro desses orifícios em relação ao modelo de Öhler. O famoso clarinetista Charles Stier relata esse melhoramento³³:

³² De acordo com o catálogo de modelos presente no site do fabricante. Numeração relativa à clarinetas em Si bemol. <http://holz.fureai.or.jp/catalogue/Cla_Wurlitzer.html>.

³³ Entrevista disponível na íntegra no site <<http://www.cherryvalleymusic.com/charles/wurlitzer.html>>.

[...] Como já sabemos hoje em dia, Fritz Wurlitzer e seu filho Herbert, construíam clarinetas em sistema alemão com orifícios mais largos; foram muito usadas por grandes clarinetistas em diversas orquestras por mais de 30 anos e muitos clarinetistas ainda as usam. Estavam disponíveis nos sistemas alemães de Öhler e de Schmidt-Kolbe. Sua desvantagem era sua inconsistência no que diz respeito à afinação; alguns instrumentos tinham afinação excelente enquanto outros eram inferiores nesse campo, mas todos com seu lindo timbre característico. Muitos clarinetistas tinham que corrigir notas defeituosas. O furo mais largo deve ter sido o grande vilão desse problema [...]

Já nos modelo idealizado por Herbert, o modelo híbrido chamado “Reform Boehm”³⁴ ou modelo 185, muitos desses problemas foram resolvidos. Wurlitzer associou a beleza do timbre e afinação superior da clarineta alemã com a precisão e maior agilidade do bem menos complexo mecanismo Boehm, somados às chaves de correção de afinação, característico do sistema alemão (DE MENEZES, 2004)³⁵. Foi mantido o mecanismo de vinte chaves com o Sib3 automático³⁶ (no qual a chaves do Si bemol 4 e registros eram independentes, já presentes no modelo Öhler de 1920), chave extra de Sol#5 articulado³⁷, chave de correção do Mi3, Mi bemol da mão esquerda e sistema de sapatilhamento já existentes no modelo 90 de Fritz Wurlitzer. Por conseguinte, os diâmetros dos orifícios foram novamente reduzidos, tornando a afinação e a emissão muito mais estável, resultando em uma clarineta mais equilibrada.

³⁴ Nome alusivo ao objetivo do projeto que consistia em anexar ao sistema Böhm melhorias provenientes do sistema Öhler.

³⁵ *Desenvolvimento da clarineta França/Alemanha.* Disponível em: <http://www.bandasfilarmonicas.com/clarinete_sistemas.pdf>.

³⁶ Sistema no qual quando acionada a chave do Bb automaticamente é aberto um outro orifício independente ao orifício original. Esse sistema é caracteristicamente presente nos instrumentos do Sistema Alemão.

³⁷ Mecanismo no qual é possível tocar-se seguidamente as notas Sol#4 e Fá#4 em necessidade de fechamento da chave de Sol#4.



FIGURA 17: A evolução de Öhler, por Herbert Wurlitzer: (a) e (b) à direita- modelo 1947 ou modelo 98 com seu característico desenho de chaves mais anatômicas sistema misto de platôs e anéis. (b) O Reform Boehm de Wurlitzer, à esquerda. Note como o mecanismo tem fortes influências dos melhoramentos feitos no sistema Öhler com sistema de roles e redistribuição de alguns orifícios.
 Fonte: <<http://www.cherryvalleymusic.com/charles/wurlitzer.html>>.

Falecido em 1989, Herbert Wurlitzer conseguiu incorporar em seus instrumentos o mais alto grau de perfeição acústica e desenvolvimento mecânico entre as clarinetas modernas. Grandes clarinetistas que haviam adotado originalmente o sistema Boehm, e outros já dentro da escola alemã, utilizam seus instrumentos, tais como Larry Combs clarineta principal da Orquestra Sinfônica de Chicago, Gregory Smith clarinetista da Orquestra Sinfônica de Chicago, Michelle Zukosky ,Sinfônica de Los Angeles, Prof Karl Leister clarineta principal da Orquestra Filarmônica de Berlin por mais de 30 anos,

agora aposentado, Johannes Gmeider, clarineta principal da Orquestra da Ópera de Frankfurt, Sabine Meyer, solista internacional, Wilhelm van der Vuurst, clarineta principal da Orquestra Real do Konzertgebouw, Prof Karl-Heinz Steffens, clarineta principal da Orquestra Filarmônica de Berlin e Charles Stier, solista internacional.

Apesar do contemporâneo sucesso e ressurgimento do sistema alemão promovido pela família Wurlitzer, atualmente acredita-se que menos 4% dos clarinetistas utilizam o sistema alemão no mundo.

2.5 O SISTEMA FRANCÊS OU SISTEMA BOEHM

Apesar dos aprimoramentos implementados por Müller terem sido a base para a modernização da clarineta nos anos seguintes, nenhum sistema obteve tanto sucesso quantitativo e qualitativo como o exercido pelo sistema Boehm. Por essas qualidades é que, passados mais de 100 anos da sua criação, ele ainda é o sistema mais popular de construção e reconhecidamente eficaz sendo utilizado pela grande maioria dos clarinetistas.

Theobald Boehm (1794-1881) era um construtor de flautas de Munique que, anos antes, em 1832, tinha revolucionado o sistema de mecanismo, introduzindo uma série de melhorias no desenho das chaves, sua localização e o novo sistema de molas em forma de agulha, em substituição às em fitas metálicas. Boehm acreditava que a pureza de som e a melhoria da afinação só poderia ser obtida em um instrumento (no caso, o

travesso)³⁸ com orifícios mais largos, permitindo assim um maior fluxo de ar. Suas novas localizações, segundo Böhm, deveriam ser calculadas de forma matemática, a fim de evitar a necessidade de orifícios extras de ressonância, como ocorria nas clarinetas de Öhler, conforme citado anteriormente. Assim, o mecanismo tornava-se mais compacto e simples. No primeiro modelo de flauta de Böhm o tubo era cônico e ainda apresentava problemas referentes à afinação e produção das notas agudas. No modelo posterior, o tubo tinha forma cilíndrica e todas as posições dos orifícios foram revistas, sendo os laterais maiores e seu mecanismo de chaves, anéis e molas profundamente inovador (BATE, 1976).

Em 1839, Hyacinthe Eleonore Klosé (1808-1880), clarinetista e professor do Conservatório de Paris, teve sua formação nessa mesma instituição sendo aluno de Frédéric Beer. Em 1836 iniciou sua carreira de construtor de instrumentos em Paris, associaram-se à Louis Buffet (1825-1907) para incorporar na clarineta os princípios da flauta de Boehm. Nesse mesmo ano Klosé apresentou esse novo instrumento à comissão do Conservatório de Paris a qual mais tarde foi patenteada por Buffet. Nessa ocasião o instrumento foi rejeitado como instrumento a ser adotado nessa instituição por ser afinado em Si bemol e não em Ré ou Dó como tradicionalmente ocorria.

Eles redesenharam todo o conjunto de orifícios, tendo em vista que o novo sistema de eixos articulados e anéis permitia que certos orifícios pudessem ser colocados em lugares mais favoráveis à ressonância, e não mais necessariamente próximo aos

³⁸ Prededescesor de madeira da flauta atual presente em todo barroco e classicismo europeu.

dedos. A nova clarineta já contaria, como a de hoje, já tradicional, com dezessete chaves e seis anéis, que acionavam não menos que vinte e seis orifícios, sendo os mesmos vedados pelo mesmo sistema semelhante ao Müller. Com a nova posição, claramente o sistema de mecanismo tornou a clarineta muito mais ágil e fácil, não somente do ponto de vista técnico, mas também em relação aos melhoramentos do sistema de ressonância (FIGURA 18a). O formato do tubo sofreu alteração, perdendo sua característica de “cone reverso”³⁹ ou cilíndrico, como ainda era no sistema Öhler. Nos instrumentos, no formato de “cones reversos”, o tubo se estreitava de forma leve na metade superior, mantendo-se cilíndrico na primeira metade da parte inferior e alargando muito ligeiramente na parte seguinte até a campana. Por motivo de afinação, em 1950 esse modelo foi revisado, dando preferência ao tubo “policilíndrico”, na qual as partes são cilindros sucessivamente mais largos unidos por seções cônicas de transição, alargando de forma cônica no corpo inferior. O formato do tubo, principalmente no corpo inferior, é responsável por grande número das diferenças acústicas entre a clarineta alemã e a clarineta francesa (DE MENEZES, 2004).

Resolveu-se também o problema de digitação cruzada⁴⁰ nas notas Mi³/Fá³, adicionando-se uma chave acionada pelo dedo anular na mão direita e melhorando a sua digitação. Chaves opcionais acionadas pelo dedo mínimo da mão direita, referentes ao Mi³, Fá³ e Fá⁴ ou Si⁴, Dó⁵ e Dó^{#5}, foram colocadas não só para que essas fossem tocadas usando -se ambas as mãos, mas também para funcionar como chaves de trilo.

³⁹ Forma mais tarde utilizada por Hans Moenig na construção de barrilhetes.

⁴⁰ Na referências em inglês também chamadas de *cross fingers* ou coloquialmente “*fork*”.

Em relação à incorporação do sistema de anéis na clarineta existe uma tendência de afirmar-se que a adição de anéis por parte de Müller e Böhm teria propósitos diferentes, como afirma SHACKLENTON (2001)⁴¹:

[...] existe uma diferença nos objetivos e na incorporação da tecnologia de anéis nos casos de Müller e Böhm. Müller buscava uma readequação da posição dos furos para uma melhor afinação, preservando a mesma digitação, enquanto que, em Böhm, essa mesma tecnologia tinha o objetivo de eliminar as digitações cruzadas e incômodas para algumas notas [...]

Sustentado pelas pesquisas de OSKAR KROLL (1665) em seu livro, *Die Karinette* e PHILLIP REHFELDT (1977) em *New directions for clarinet* mantenho a minha opinião de que Böhm não exclui o processo de melhora da acústica, causada pelo sistema de anéis, de suas considerações. Ao contrário, Böhm somou a essa tecnologia a função de facilitar a digitação com a ausência das digitações cruzadas - também conhecidas como “forquilhas” - sem necessariamente excluir outras melhorias já consolidadas.

Sustentado pelas pesquisas de OSKAR KROLL (1665 p 67), e de PHILLIP REHFELDT (1977 p 91), mantém-se aqui a opinião de que Böhm não excluiu de suas considerações a melhora da acústica proporcionado pelo sistema de anéis. Ao contrário, Böhm somou a essa tecnologia a função de facilitar a digitação com a ausência das digitações cruzadas.

Para a época, o mecanismo de Boehm, adaptado por Klosé, representou muito mais que uma revolução dos limites da mecânica e da acústica, pois, além disso, sugeria

⁴¹ Tradução do autor.

uma nova concepção estética de desenho muito mais elegante. Ao contrário de seus predecessores, as chaves, além de mais numerosas, tinham um desenho muito mais anatômico às mãos, suprimindo a necessidade de roletes de passagem⁴². As chaves eram ligadas a longos eixos tubulares, que, por sua vez, eram fixados em pivôs⁴³ muito bem desenhados e torneados, ao contrário dos seus similares na clarineta de Müller. Em 1939, Klosé apresentou sua clarineta em sua posse no Conservatório de Paris, que mais tarde foi patenteada por Buffet. Seus aprimoramentos à nova clarineta foram assim denominados “Sistema Böhm”, em referência ao inventor dos princípios dessas inovações.

⁴² Sistema no qual a passagens seguidas em chaves diametralmente vizinhas era facilitada pelo seu acionamento de forma lateral e não vertical como se é normal.

⁴³ Também chamados de *Torretas* ou *Pilares*. São estruturas fixadas no corpo da clarineta onde se apóiam as extremidades dos eixos. Nos modelos anteriores a Müller essas estruturas tinham altura reduzida. Nos modelos após Böhm eram mais altos evitando assim atrito com o corpo da clarineta, facilitando em muito a manutenção e durabilidade.



FIGURA 18 - A evolução do Sistema Böhm: (a) um dos primeiros modelos da clarineta Klosé-Buffet, fabricada em 1835 ainda afinada em C. (b) O modelo de 20 chaves, ou chamado “modelo transpositor”, de 1910 de autoria anônima. (c) O modelo atual de 18 chaves do sistema Böhm com a chave extra de Mib5.
 Fonte: (a) e (b): <<http://jerselmer.free.fr/clarib/fclalto1/page.html>> e (c) <<http://www.csudh.edu/oliver/clarmusi/clarmusi.htm>>.

Outro nome importante e contemporâneo ao período da clarineta de Klosé-Buffet foi o Adolf Sax (1814-1894). Já sendo consagrado como o inventor do Saxofone e do Sax Horn⁴⁴, Sax, em 1835, lançou um modelo de clarineta de vinte e quatro chaves, mas que não causou grande impacto no meio musical. Em 1842, Sax fabricou uma clarineta que incorporava o mecanismo de Müller, adicionando um par de anéis no corpo inferior para ajustar a afinação da décima–segunda entre o Si3 e o Fá#5, além da patente do

⁴⁴ Instrumento da família dos metais mas provido de uma boquilha com palheta simples.

Dó# desenvolvido por Albert. Mas, obviamente, para os clarinetistas o nome de Adolf Sax está ligado à invenção da clarineta–baixo ou clarone que, a partir da segunda metade do século XIX se consolidou na orquestra sinfônica, sendo utilizada sistematicamente por compositores como Richard Wagner (1813-1880), Gustav Mahler (1860-1910), Maurice Ravel (1875-1937) e Richard Strauss (1864-1949) em quase todas suas obras sinfônicas.

Em 1890 surgiu o modelo de vinte chaves da clarineta Böhm, onde seriam somadas ao mecanismo das dezessete chaves tradicionais as chaves de Mib³/Sib⁵, Láb/Mib⁵ e a chave extra de Dó^{#4} ou Sol^{#5} entre o primeiro e segundo dedo da mão direita (FIGURA 18b). Esse modelo foi muito utilizado pelos clarinetistas italianos, principalmente de Orquestras de Teatro de Ópera, pois possibilitava transposições em qualquer tonalidade, excluindo o uso da clarineta em A.

Mas na realidade o modelo de Boehm que se afirmou como o desenho oficial da clarinete moderna usada nessas últimas décadas foi a clarineta de 17 chaves de tubo policilindrico e seu similar de 18 chaves bastante usado pelos clarinetistas profissionais (FIGURA 18c).

Um dos últimos modelos lançados pela Buffet Cramphon foi o modelo desenvolvido pelo clarinetista francês Michel Arignon, que leva o nome de Elite⁴⁵. Nesse modelo, além da ausência dos anéis de metal nas junções do instrumento, bem como a

⁴⁵ Disponível em: <<http://www.clarinet.org/home.asp>>.

diminuição da espessura das paredes da campana, foi criado um sistema de chaminé⁴⁶ bastante alta no orifício de saída de ar do Mi3. Essa melhoria funcionou como uma alternativa para a chave de correção das notas graves existentes nos instrumentos do Sistema Alemão.

2.6 RECENTES MELHORAMENTOS

A partir de 1950 houve um aumento significativo das pesquisas da construção de clarinetas e seus melhoramentos acústicos. Após e já concomitantemente ao período do falecimento de Herbert Wurlitzer, em 1989 haviam surgido outros construtores e clarinetistas dedicados a dar continuidade às inovações do instrumento, tais como os do clarinetista chileno Luis Rossi, do inglês Peter Eaton, além de René Hagman, na Suíça que representam hoje a vanguarda da fabricação de clarineta de forma artesanal, contrapondo-se às grandes corporações como a Buffet Cramphon, Selmer Co, Leblanc e Yamaha, algumas há mais de 100 anos produzindo clarinetas em escala industrial.

As experiências na fabricação de clarineta de Peter Eaton começaram inicialmente em 1970, com pesquisas apenas no aprimoramento de boquilhas já existentes, para seu uso próprio. Com o decorrer do tempo, as boquilhas de Eaton passaram, a ser usadas por seus companheiros clarinetistas da Orquestra Sinfônica de Londres e depois por grande número de clarinetistas na Inglaterra. Após a consolidação de suas pesquisas

⁴⁶ Nome coloquial para as saídas em alto relevo do fluxo dos orifícios de ar que acomodam as sapatinhas.

em boquilhas, Eaton relata⁴⁷ em seu site pessoal⁴⁸ como se desenvolveu esse processo e como surgiu seu interesse na fabricação de clarinetas.

[...] As boquilhas vieram primeiro. No meio dos anos setenta eu ainda era um clarinetista profissional e comecei a trabalhar seriamente em boquilhas, para meu próprio uso inicialmente. Anteriormente eu já havia modificado boquilhas existentes para determinar o que cada alteração poderia representar. Inicialmente eu efetuava pequenos ajustes, que mudavam as notas com impactos mínimos, gradualmente, aumentando-os até construir a minha própria boquilha. No meio musical há muitas pessoas que fazem boquilhas, e eles puseram seus nomes nelas. Alguns são bons, outros não são tão bons. Meus amigos clarinetistas notavam que eu sempre parecia ter uma boquilha cada vez melhor e, conseqüentemente, sempre surgiam pedidos como 'faça uma para mim', tendo minha experiência, em pouco tempo, tomado proporções maiores. Com o tempo tornou-se frustrante saber que a boquilha só pudesse corrigir certos problemas que, em sua maioria, tinham como origem o instrumento em si. Isso despertou o meu interesse em fabricar clarinetas [...]

Eaton, juntamente com Tony Ward e Derek Winterbourn, fabricaram um instrumento baseado no Boosey & Hawkes 1010, de tubo largo. Na clarineta de Eaton a espessura das paredes do corpo do instrumento foi aumentada, dando origem a um instrumento mais sólido e com maior volume sonoro. O desenho das chaves dos modelos Sib e Lá foram relativizado para minimizar o efeito de seus diferentes tamanhos quando um clarinetista utiliza as chaves seguidamente. O sistema de sapatilhamento é parecido com o sistema da flauta, com sapatilhas com centro mais sólido, além de ser feito em material sintético e mais durável (FIGURA 19). Para isso, Eaton aumentou a altura dos "copos" dos orifícios, para melhor aderência das sapatilhas. O sistema de eixos é completamente desmontável, facilitando a regulagem. Mas, por outro lado, é mais suscetível às desregulagens, como afirmam alguns clarinetistas que utilizam esse modelo de clarineta. Também foi introduzido o sistema de regulagem de altura do F_{á3}/D_{ó5}, originário das clarinetas Öhler (FIGURA 20).

⁴⁷ Tradução do autor.

⁴⁸ Disponível em: <<http://www.eatonclarinets.freeserve.co.uk/>>.



FIGURA 19 - Sistema de sapatilhas de Peter Eaton. Feitas em material sintético e tendo núcleo rígido da clarineta de Peter Eaton. Esse sistema mostrou-se muito eficaz no vedamento e na durabilidade.
 Fonte: <<http://www.eatonclarinets.freemove.co.uk/>>.

Atualmente, grandes clarinetistas utilizam as clarinetas Peter Eaton tais como Roy Jovitt ,clarineta principal da Sinfônica de Londres, Gervase de Peyer ,solista internacional, John Payne ,clarineta principal da Ópera de Londres , Michael Collins ,solista internacional e meu estimado amigo Ovanir Buosi (clarineta principal da Orquestra Sinfônica do Estado de São Paulo).



FIGURA 20 - Sistema de regulação. Altura do Fá3 ou Dó#5 da clarineta de Eaton.
 Fonte: <<http://www.eatonclarinets.freemove.co.uk/>>.

Luis Rossi é um dos fabricantes atuais e representa uma alternativa às tradicionais fabricas de produção em escala industrial. As clarinetas de Rossi se diferenciam em quase todos os sentidos das demais clarinetas concebidas a partir de 1950, tanto pelos seus aprimoramentos do desenho do instrumento quanto pelas surpreendentes melhorias acústicas.

Uma das principais características das clarinetas Rossi foi a troca dos anéis de metal, que reforçam as extremidades nos pontos de junção, por anéis de madeira, reduzindo consideravelmente o peso da clarineta (FIGURA 21a). A *chaminé* do Fá4, que nas demais clarinetas aparece como feito em metal e colado ao tubo, na clarineta de Rossi é feita de madeira torneada ao tubo diretamente, evitando assim possibilidade de desgaste e possíveis vazamentos. O orifício da chave de Dó4 ou Sol#5 foi recolocado a fim de evitar o tão comum acúmulo de saliva, além de estabilizar a sonoridade e a afinação do Fá6. Outra inovação foi o uso de um novo sistema de parafusamento por roscas de material sintético, chamado “Sistema Delrin” (FIGURA 21b), minimiza bastante problemas de desgaste das junções, gerando folgas entre os eixos e seus acoplamentos. Pinos extras de regulagem das chaves foram colocados para eliminar a possibilidade haver distâncias entre as chaves ou os eixos e gerando assim ruídos.



FIGURA 21 – As melhorias de Rossi: (a) Característica marcante dos modelos Rossi onde os anéis de metal nas junções foram substituídos por anéis finos de madeira, gerando mudanças não só no peso, mas também no timbre (b) Sistema de parafusamento desenvolvido por Delrin da corporação TECAFORM AD onde os pontos de acoplamento são descartáveis e trocados quando se apresenta natural desgaste. Nas junções totalmente metálicas das demais clarinetas essa correção do desgaste não é possível.

Fonte: <<http://www.rossiclarinet.cl/característica.html>>.

Atualmente, no meio clarinetístico, as clarinetas Rossi são reconhecidamente um dos instrumentos de grande equilíbrio de afinação, qualidade sonora e maneabilidade de mecanismo, sendo mais avançada tecnologia em pesquisas da acústica sendo seu uso muito difundido no ambiente musical. Muitos solistas internacionais utilizam os instrumentos Rossi, tais como Jonathan Cohler, solista internacional, Jonh McCaw, clarineta principal da Filarmônica de Londres, Paulo Sérgio Santos, solista internacional e Akihisa Kato, clarineta principal da Orquestra da Rádio de Tóquio.

A companhia francesa Selmer Co, no ano de 1982, realizou pesquisas no intuito de criar uma única chave de registro que exercesse as funções de chave de registro e chave de correção de afinação e emissão no registro agudo e super agudo (FIGURA 22). Ao final das pesquisas chegou-se á configuração de uma chave que seria acionada automaticamente a partir do Mi6 não sendo necessário o uso de uma segunda chave.

Surpreendentemente essa opção acústica já é realidade nas clarinetas Selmer atuais mas ainda não foi adicionada á serie principal dos modelos e sendo apenas adicionada em series especiais.



FIGURA 22 – Registro simples e duplo: Comparação entre o sistema de registro simples de uma clarineta Buffet modelo tradicional e o mecanismo com a chave de registro e correção automático com orifício extra para o Si b 4 da Selmer.

Fonte: <<http://www.selmer.fr/html/french/fabrication/clafab.html>>.

Atualmente, outro construtor de clarinetas de renome é o engenheiro suíço René Hagman. Diferentemente dos fabricantes citados anteriormente, Hagman não apenas fabrica suas próprias clarinetas como também introduz adaptações em modelos já existentes, a exemplo das clarinetas Buffet Cramphon, Selmer Co. e Leblanc.

Hagman ampliou o conceito de furo de produção e furo de ressonância, já utilizado no sistema Öhler-Wurlitzer. Em recente entrevista por correio eletrônico, Hagman cita alguns aspectos dessas melhorias⁴⁹.

[...] Por anos o desenvolvimento da clarineta esteve condicionado ao estabelecimento de um mecanismo que elevasse ao máximo as possibilidades técnicas da atividade musical. Esse fim foi razoavelmente alcançado, chegando até nós, construtores, um limite físico para o aumento ou redirecionamento de chaves. Em relação ao desenvolvimento acústico esse patamar ainda está muito longe de ser alcançado. Devemos agora nos concentrar em resolver antigos problemas, como a acústica moderna nos permite resolver. As relações entre os orifícios têm que ser totalmente revistas, tendo em vista a necessidade de criar mais de um orifício para certas notas acusticamente pobres [...]

Hagman foi o responsável pelo projeto de melhoria do modelo de *Clarineta Basset* e o *Basset Horn* da Buffet Cramphon. Recentemente, tive a oportunidade de tocar em um *Basset Horn* revisado por Hagman e fiquei realmente impressionado pela facilidade na emissão de som e pela surpreendente regularidade na afinação. Problemas tradicionais como a ressonância pobre do Sib5 e *legato*⁵⁰ em notas acima do Sol 6 foram plenamente resolvidos com a implatação de duas chaves de registros diferentes, uma especialmente para o Si b5, que teve seu orifício localizado na parte frontal da clarineta, e a outra com uma abertura bem menor para auxiliar na ressonância do registro super-agudo, aumentando assim a capacidade de legato e flexibilidade de dinâmica.

⁴⁹ Texto retirado de entrevista cedida ao autor através de correio eletrônico datado de 12 de março de 2004. Tradução do autor.

⁵⁰ Palavra proveniente do italiano que significa Ligado. Adjetivo de expressão inerente à articulação no qual não há presença de silêncio ou interrupções no fluxo do som entre as notas.



FIGURA 23 - René Hagman. Em palestra sobre o suas pesquisas da acústica da clarineta na Universidade de Zurique.

Fonte: <<http://www.clarinet.org/journal/masterindex.asp?>>.

3 INFLUÊNCIA DO BARRILHETE NA QUALIDADE SONORA

3.1 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo central dessa pesquisa é observar através de testes auditivos a influência do uso de diferentes barrilhetes na sonoridade da clarineta. A percepção desta sonoridade foi estudada em relação a quatro diferentes modelos de barrilhetes⁵¹(FIGURA 24) com variações nas suas dimensões e forma geométrica. Adicionando-se a esta análise subjetiva, foi feita também uma análise objetiva dessa influência a partir de medições acústicas da distribuição espectral dos sons produzidos com cada barrilhete, com o objetivo de relacionar padrões espectrais com avaliações dos testes psicoacústicos.

O trabalho consiste na estimação das similaridades e dissimilaridades entre esses modelos tendo como base de análise sete parâmetros subjetivos relacionados à qualidade sonora de uma performance musical. Cada parâmetro foi avaliado a partir de pares de adjetivos opostos capazes de descrever suas características. Dentre os sete parâmetros subjetivos, quatro estão relacionados à sonoridade e três a características de articulação e ataque. Estes parâmetros subjetivos foram escolhidos tendo como finalidade testar não apenas as qualidades do timbre, mas também outras características de uma performance musical que possam ser influenciadas pelos

⁵¹ Durante esse trabalho a palavra barrilhete também poderá ser nomeado como estímulo.

barrilhetes, tais como qualidade de articulação e stacatto. O QUADRO 1 mostra os parâmetros subjetivos utilizados nestes estudo.

QUADRO 1

Parâmetros subjetivos e seus adjetivos descritivos usados na análise de similaridade/dissimilaridade de qualidade sonora

	Parâmetro Subjetivo	Abreviatura	Adjetivos Descritivos
1	<i>Articulação (precisão do ataque)</i>	ART	preciso – impreciso
2	<i>Qualidade do stacatto</i>	STC	suave - agressivo
3	<i>Qualidade do legato</i>	LEG	legato – não legato
4	<i>Uniformidade (homogeneidade) sonora</i>	HOM	regular – irregular
5	<i>Qualidade sonora (brilho)</i>	BRI	brilhante – opaco
6	<i>Colorido sonoro (claro/escuro)</i>	CLA	claro – escuro
7	<i>Estabilidade de notas longas</i>	EST	estável – instável

Características de afinação e volume não foram objetos de estudo desse trabalho deixando essas considerações para estudos futuros.

O trabalho se dividiu em 3 etapas distintas:

- a) Coleta das amostras sonoras para elaboração de estímulos a serem testados;
- b) realização de testes auditivos de julgamento de similaridade/dissimilaridade;
- c) análise dos resultados a partir de Métodos de estatística de Multivariados.

3.2 MATERIAIS E MODELOS DOS BARRILHETES

Na fabricação dos barrilhetes foi utilizada a madeira *Dalbergia nigra*, conhecida em diversos países como Jacarandá da Bahia (Brasil) ou Brazilian rosewood (Canadá), Jacarandá-pardo (Argentina), Rosewood, Blackwood (Inglaterra e Eua), Palissander (Alemanha) e Palissandro (Espanha). A escolha dessa madeira deveu-se á proximidade do grau de densidade (0,83 g/cm³) com o *Dalbergia Melanoxylon* conhecido como Granadilho⁵² (0,85 g/cm³)⁵³ e pela sua coloração naturalmente escura. Quatro diferentes modelos⁵⁴ foram analisados neste estudo, três deles construídos por mim. Cada barrilhete foi construído com um formatos geométrico da câmara interna do tubo distinto, mas com o mesmo comprimento total de 67 mm sendo estes:

Câmara cilíndrica perfeita com anéis em madeira, 67 mm de comprimento, original da fabrica Buffet Cramphon, fabricado em madeira *Dalbergia Melanoxylon* (identificado pela letra **A** durante o processo de coleta de dados e pela sigla **Bf** na apresentação dos resultados).

Câmara cilíndrica perfeita sem anéis, 67 mm de comprimento, fabricado em madeira *Dalbergia nigra* (identificado neste estudo pela letra **B** durante o processo de coleta de dados e pela sigla **CI** na apresentação dos resultados).

⁵² Espécie de madeira tradicionalmente utilizadas na construção de clarineta.

⁵³ Dados retirados do site oficial do IBAMA <<http://www.ibama.gov.br>>.

⁵⁴ Projeto e desenho de um dos modelos em anexo.

Câmara cônica reversa sem anéis , 67 mm de comprimento, fabricado em madeira *Dalbergia nigra* (identificado pela letra **C** durante o processo de coleta de dados e pela sigla **Cn** na apresentação dos resultados).

Câmara côncava sem anéis, 67 mm de comprimento, fabricado em madeira *Dalbergia nigra* (identificado pela letra **D** durante o processo de coleta de dados e pela sigla **Cv** na apresentação dos resultados).



FIGURA 24: Os modelos de barrilhetes analisados na pesquisa. Da esquerda para direita: **Bf, Ci, Cn E Cv**.
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Embora não estudados desta pesquisa, também foram fabricados dois outros modelos de barrilhetes (FIGURA 25).

Câmara cônica reversa com anéis em madeira, 67 mm de comprimento, fabricado em madeira *Dalbergia nigra*. Câmara cônica reversa com anéis em madeira, 51 mm de

comprimento, fabricado em madeira *Dalbergia nigra*. Modelo exclusivo para clarinetas de sistema Öhler.



FIGURA 25 – Barrilhetes com anéis de madeira: Outros modelos de barrilhetes providos de anéis de madeira. Da esquerda para direita o modelo para sistema Boehm e o modelo, exclusivo para clarinetas do sistema Öhler.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A fabricação dos barrilhetes teve início com a criação de um projeto básico originário do barrilhete padrão da Bf. Para isso essa construção foi dividida nas seguintes etapas: o projeto da peça, a escolha da madeira, o torneamento e o acabamento.

3.2.1 O PROJETO DA PEÇA

Em parceria com o engenheiro mecânico Camilo Lelis, chefe do departamento de tonearia mecânica digital do Sesi/Senai seção São João Del-rey foram desenvolvidos os desenhos técnicos do modelo básico do barrilhete. É chamado modelo básico o

barrilhete com novo desenho⁵⁵ externo tanto no que diz respeito á configuração do material quanto da angulação das paredes externas, espessura e forma da câmara interna e comprimento total da peça.

3.2.2 A ESCOLHA DA MADEIRA

Foi muito importante durante para o processo de construção dos barrilhetes a escolha correta do material a ser torneado. Baseado em experiências com protótipos anteriores á série 2003/2204⁵⁶ a madeira necessitava ter um grau de resistência à modelagem que só era encontrada em madeiras com mais de 30 anos de suas extração. Nessas madeiras o grau de umidade era bem menor do que em madeiras mais novas. Essa umidade foi decisiva na durabilidade e resistência à pressão.

Outro quesito que foi observado nessa escolha foi a posição e características das fibras. No ato do corte inicial dos cubos que seriam levados ao torno que era necessário que esses cortes fossem feitos no sentido natural das fibras. Esse detalhe foi fundamental no incremento da resistência mecânica evitando assim rachaduras comprometendo assim a estrutura.

Outro fator que causava o não uso de determinado fragmento da madeira foi a presença de nódulos ou reversões de fibras. Esses nódulos alem de causar problemas

⁵⁵ Desenho técnico da peça disponível no APÊNDICE A..

⁵⁶ Serie precedida pela primeira série de construção de barrilhetes chamada série 2000/2001.

na resistência e durabilidade da peça tornavam a superfície mais áspera após o torneamento tornando a o acabamento final quase inviável;

3.2.3 O TORNEAMENTO

O torno usado foi um SIEMENS 306 CNC-S . Para o torneamento usava-se uma peça bruta de 14x6 (FIGURA 26) cm que era acoplada ao torno por duas garras em sua extremidades girando a peça a uma rotação de 14.000 giros por minuto.

Primeiramente foi utilizado o Furo de Centro na peça bruta (FIGURA 26). Essa operação consiste em obter um furo de guia usado para fixação de peças como também furações com brocas helicoidais de dimensões variadas.



FIGURA 26 – Madeira usada: Exemplar da madeira *Dalbergia nigra* usada na construção dos barrilhetes cada peça deveria ter uma media de 13x6 cm para permitir uma maior facilidade no torneamento.Figura do arquivo pessoal do autor.

Após feito essa primeira etapa a câmara interna foi moldada com uma peça única de 14.85mm que produziria uma câmara uniforme e perfeitamente cilíndrica com uma ferramenta chamada *Broca de Centro*. Posteriormente nos barrilhetes Cn e Cv a forma específica da câmara seria torneada por ferramentas específicas.

Na etapa seguinte foi feito o faceamento (FIGURA 27 e 28). Essa operação consiste em obter uma superfície plana na parte externa da peça, possibilitando assim execuções de operações futuras e dimensionamento do comprimento dos detalhes da peça. Executa esta operação com a ferramenta de facear. Nessa etapa é que se é delineando a superfície externa dos barrilhetes tornando as curvaturas mais acentuadas ou não. Nessa fase da construção é que se decide pela quantidade de madeira contida no barrilhete. Aumentando-se a angulação aumenta-se também a quantidade de madeira sendo o contrário verdadeiro;

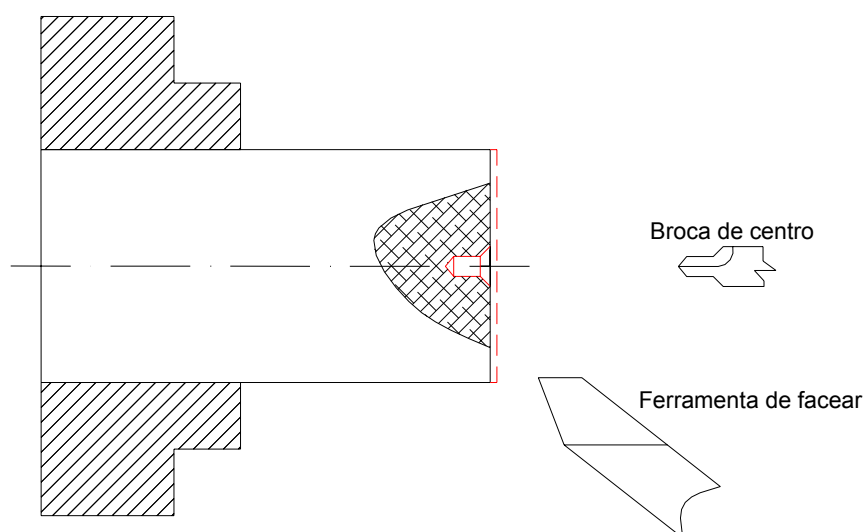


FIGURA 27 – Processo de usinagem: Desenho do processo de realizar o furo interno da câmara com a broca de centro e o desenho externo com a ferramenta de facear.
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.2.4 ACABAMENTO

Na fase de acabamento dos barrilhetes os principais objetivos a serem atingidos foram a *redução de atrito* das superfícies internas e principalmente no interior da câmara evitando assim o Maximo de perturbações á passagem da coluna de ar. Outro objetivo residia no *tratamento da madeira* para maior durabilidade e aumento da resistência mecânica de tal. Nessa mesma fase da construção tive a colaboração e consultoria do Luthier Geraldo Sacramento de São João Del Rei.

- a) ***redução de atrito***: Para que a superfície de contato com o ar oferecesse a menor resistência possível foram utilizadas 5 diferentes gradações de lixas extra finas. Foram elas as de numero 400.550.800,1000 e 1200. Foi de fundamental necessidade que todas elas fossem usadas exatamente nessa ordem para maior eficiência no resultado final. Possíveis imperfeições causadas na etapa de torneamento como veios causados pelas ferramentas helicoidais ou excesso de porosidade foram removidas com esse meticuloso trabalho;
- b) ***tratamento da madeira***: Após a finalização da redução de atrito iniciou-se o processo de hidratação. Para isso as peças foram imersas em óleo natural de amêndoas por aproximadamente 48 horas seguidos de 24 horas de secagem (figura 29). Durante esse período a madeira absorveria parte do óleo que hidrataria tornado-a menor suscetível a trincas e rachaduras alem de ser mais um fato de redução da porosidade inda presente nessa fase do acabamento. Essa etapa do trabalho foi fundamental para a durabilidade e ausência de atrito na câmara interna do barrilhete;

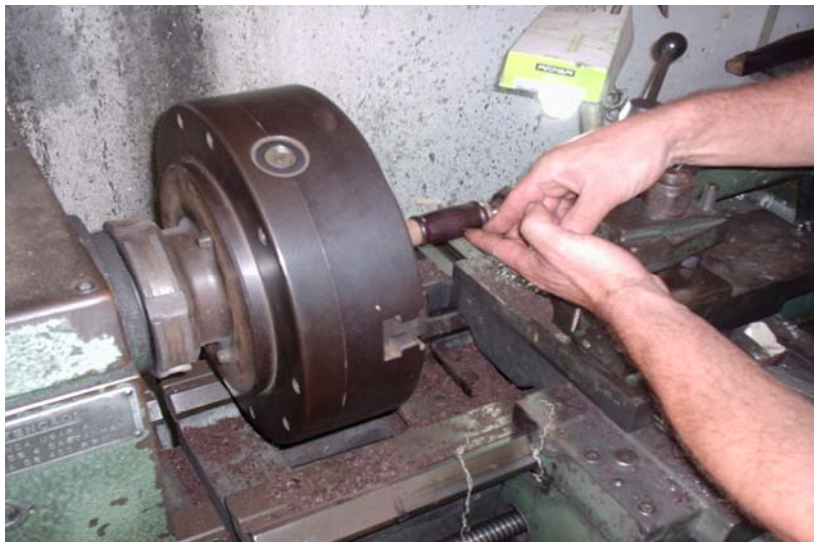


FIGURA 28 – Faceamento: Etapa final do faceamento onde o procedimento de detalhamento das angulações necessitam ser feitas de forma manual para melhor precisão.
Fonte: Arquivo pessoal do autor.



FIGURA 29 – Secagem: Etapa final do tratamento da madeira para melhor resultado no acabamento final e aumento da resistência mecânica.
Figura do arquivo pessoal do autor.

c) **acabamento final:** Nessa fase novamente as superfícies externas e câmaras internas dos barrilhetes passariam por uma última análise de porosidade e irregularidades em superfícies. Para correções foi usada uma lixa para pintura automotiva extra fina 1500. Nessa fase também seriam refeito as todas as medições das dimensões da câmara interna. Caso houvesse necessidade de correções de medidas a peça voltaria para o torno onde usaria-se uma lixa 1200 para ajustes até de 0.1 mm. Para ajustes abaixo de 0.1mm a correção seria feita de forma manual.

Após isso cada barrilhete recebeu 3 camadas finas de gel selador natural extraído da Nogueira que eram sucessivamente lixadas para o fechamento total de poros ainda restantes na superfície. Para finalizar uma quarta camada não lixada desse gel foi usada para impermeabilização contra umidade externa e incremento do acabamento.

3.3 AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS

3.3.1 ESCOLHA DOS TRECHOS

Como critério usado para a escolha dos trechos musicais a serem amostrados foi estabelecido que deveriam conter a diversidade de características relacionadas aos sete parâmetros subjetivos a serem analisados. Foram selecionados dois trechos de características bem contrastantes de maneira a facilitar a percepção dos sete parâmetros. Com a finalidade de contemplar, por exemplo, o parâmetro

homogeneidade sonora, avaliado a partir dos adjetivos **estável – instável**, foi escolhido um excerto com os 15 compassos iniciais do *Concerto para Clarineta e Orquestra* de Aaron Copland (FIGURA 30) a partir do qual a avaliação do parâmetro *estabilidade de notas longas* pode também ser focalizada, assim como também a *qualidade do legato* e *colorido sonoro*. O segundo excerto escolhido constitui-se dos oito primeiros compassos do quarto movimento do *Quinteto para Clarineta e Cordas Op 8* do compositor austríaco Sigmund Ritter von Neukomm (FIGURA 31) procura contemplar mais os outros parâmetros relacionados a articulação e ataque, tais como *qualidade do legato*, *qualidade do stacatto* e *precisão do ataque*. No entanto, de uma maneira geral, todos os sete parâmetros são possíveis de serem avaliados em ambos os trechos.



FIGURA 30 – Excerto 1: Trecho inicial do Concerto para Clarineta de Aaron Copland composta em homenagem ao famoso clarinetista de Jazz Benny Goodman. Note como as longas ligaduras e grande amplitude dos intervalos favorecem análises sobre uma grande gama de qualidades do som como legato e homogeneidade. Edição Bossey e Hawkes 1950. Esse trecho tinha a duração média de 23s.

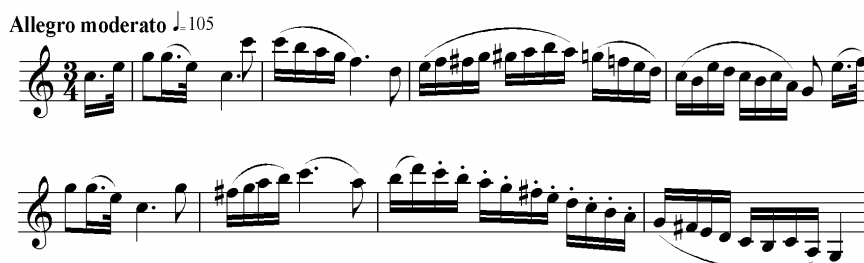


FIGURA 31 – Excerto 2. Retirado do quarto movimento do Quinteto para Clarineta e cordas Op 8 do compositor austríaco Sigmund Ritter von Neukomm. Note como nesse trecho a análise dos adjetivos referentes ao stacatto e colorido de sonoridade são mais favorecidos. Esse trecho tinha a duração média de 16s.

3.3.2 METODOLOGIA DE GRAVAÇÃO

Foi utilizada uma taxa de amostragem de 44100 Hz em 16 bits nos processos de gravação e edição nas amostras. As gravações foram realizadas no auditório da Escola de Música da UFMG dia 15 de abril de 2004, nas quais foi utilizado um microfone AKG disposto a 30 cm da campana do clarinetista.

3.3.3 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

Para a execução das amostras foram convidados 3 clarinetistas. A fim de analisar a influencia dos barrilhetes em diferentes configurações de execução musical, buscou-se por clarinetistas possuidores de padrões timbrísticos distintos. A identidade dos clarinetistas permanece preservada, os quais serão durante os testes identificados pelas numerais 1, 2 e 3.

Tendo em vista uma normalização do experimento, foi solicitado a cada clarinetista que usasse a mesma boquilha e a mesma palheta na gravação de todas as amostras. Uma eventual influência da diferença entre boquilhas e palhetas usadas por cada um deles não pôde ser eliminada, pois cada clarinetista deve tocar em seu próprio material para que a emissão sonora em cada barrilhete possa ser adequadamente avaliada. Na execução das amostras foi solicitado pedido a cada clarinetista participante que o texto musical fosse reproduzido com o maior rigor possível. Variações de dinâmica e articulação que divergissem demasiadamente da partitura foram invalidadas e uma nova gravação foi então solicitada.

3.4 TESTES AUDITIVOS

A partir destas amostras foram feitos testes auditivos para medir a similaridade e dissimilaridade entre as execuções musicais feitas nos quatro diferentes modelos de barrilhetes. Para a execução do teste foram convocados 12 músicos, dentre eles 7 clarinetistas, 4 flautistas e 1 fagotista que responderam perguntas relacionadas aos 7 parâmetros subjetivos citados.

Dois diferentes testes de similaridade/dissimilaridade foram realizados. Os testes foram realizados nos estúdios da Escola de Música da UFMG, com os ouvintes foram posicionados a uma distância confortável do monitor de vídeo. Os estímulos foram reproduzidos por fones de ouvido AKG modelo 32A, conectados à saída de uma mesa que recebia o sinal mono do computador. Um volume confortável para a audição das amostras foi regulado na fase de treinamento e a duração aproximada do teste por sujeito foi de 40 minutos, considerando uma média aproximada de 5 minutos de intervalo entre os dois testes e uma média de 10 minutos de treinamento anterior ao teste 1.

3.4.1 TESTE 1 – COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE

Ambos os testes buscaram avaliar a similaridade/dissimilaridade entre os estímulos, No teste 1 adotou-se uma metodologia de comparação triádica, na qual tríades de estímulos são avaliadas em pares. Primeiramente foram utilizados os estímulos de

apenas um dos três clarinetistas. O critério de escolha foi o clarinetista que mais apresentou variações de sonoridade entre os estímulos. Procurou-se nestes testes, possibilitar uma comparação focalizada no julgamento de cada parâmetro, a partir de trechos curtos e significativos em relação a cada parâmetro.

As amostras deste teste foram constituídas por fragmentos de curta duração, extraídos dos trechos gravados. A FIGURA 32 mostra estas duas seqüências e os parâmetros para os quais foram utilizados.

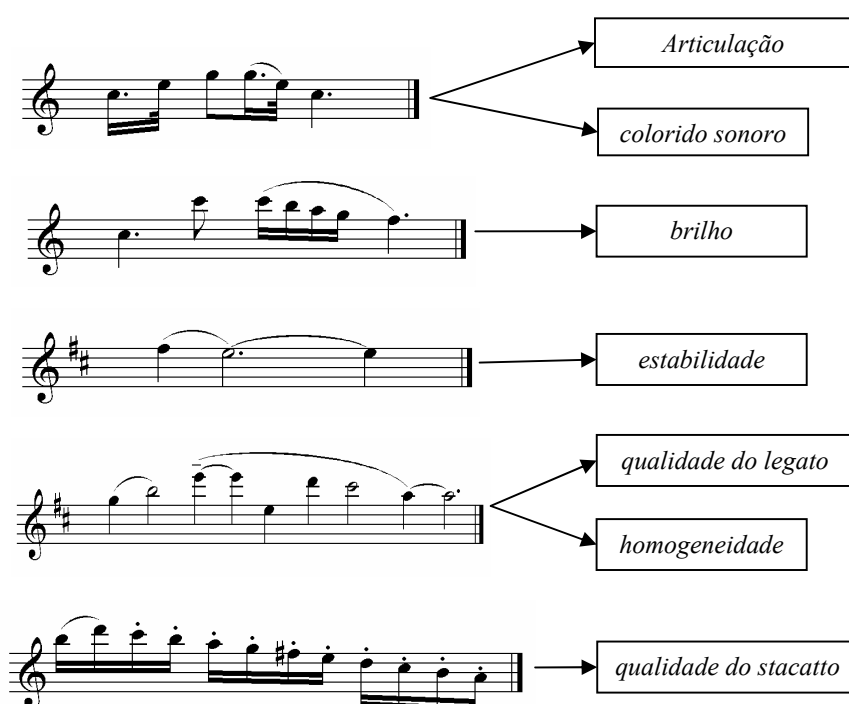


FIGURA 32 – Os fragmentos musicais: Seqüências utilizadas no Teste auditivo: (1) qualidade do Stacatto, qualidade do Legato, precisão do ataque Homogeneidade sonora; (2) a outra para avaliar os parâmetros relacionados à sonoridade - colorido sonoro, brilho e estabilidade sonora em notas longas.

Os trechos foram devidamente concatenados com fade-in e fade-out de diferentes durações, dependendo se o fragmento tenha sido extraído do início, meio ou fim dos trechos das FIGURAS 30 e 31. A TABELA 1 mostra a duração de cada trecho e as durações de fade-in e fade-out.

TABELA 1:

Valores de Fade

Valores das durações dos fragmentos (medidos em segundos) ligados aos parâmetros e seus respectivos valores de fade-in e fade-out (medidos em milisegundos).

Parâmetro	Duração(s)	Fade-in (ms)	Fade-out (ms)
<i>Articulação Colorido sonoro</i>	2.6	55	12
<i>Brilho</i>	2.6	15	10
<i>Estabilidade sonora</i>	5	10	15
<i>Legato Homogeneidade sonora</i>	9,3	230	14
<i>Stacatto</i>	2.3	12	50

O julgamento foi feito através de tríades de 4 estímulos (um para cada barrilhete), apresentadas os participantes, o qual deveria escolher qual o par mais similar e o mais dissimilar dentre o conjunto de combinações possíveis de 3 pares, como mostrado na FIGURA 42. Após ouvir cada 3 amostras os sujeitos escolheriam o par mais similar seguido da escolha do par mais dissimilar disposta pelo software MEDS, descrito abaixo.

Antes do início do teste cada participante foi treinado através de um teste piloto onde ele poderia elucidar possíveis dúvidas em relação às perguntas e à dinâmica do teste. O teste foi apresentado em diferentes janelas, que continham instruções para o participante, descritas a seguir:

3.4.1.1 Janela explicativa

Continha o texto explicativo que informaria ao participante dos objetivos principais daquele teste e como deveria ser procedimento para obtenção das respostas. Essa janela só apareceria no início de cada teste.

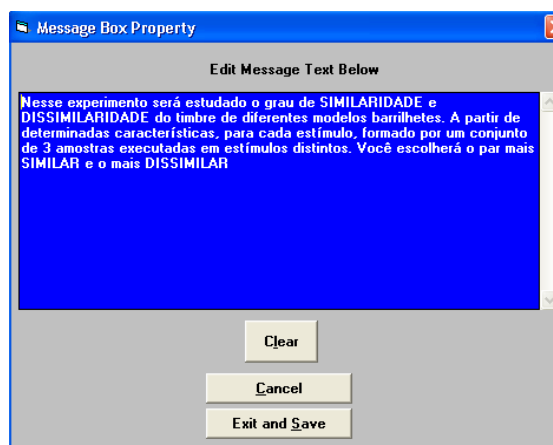


FIGURA 33 – Janela do MEDS: Texto da janela inicial explicativa: “Nesse experimento será estudado o grau de SIMILARIDADE E DISSIMILARIDADE do timbre de diferentes modelos barrilhetes. A partir de determinadas características, para cada estímulo, formado por um conjunto de 3 amostras executadas em estímulos distintos. Você escolherá o par mais SIMILAR e o mais DISSIMILAR.”

3.4.1.2 Janela específica de cada parâmetro

Continha o texto explicativo que informava que parâmetro específico seria avaliado em seguida. Essa janela ocorria em todas as 28 apresentações de estímulos, correspondente às 7 apresentações dos 2 trechos para cada um dos 4 barrilhetes. Após o fechamento das janelas o participante teria acesso à audição da amostra, sendo um trecho designado para avaliação de 4 parâmetros e outro para 3 parâmetros, como explicado na FIGURA 32. Abaixo, os textos das janelas referentes a cada parâmetro um dos 7 parâmetros:

a) ARTICULAÇÃO

No trecho a seguir, a ARTICULAÇÃO será analisada em relação à PRECISÃO DO ATAQUE você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES. (idem para “mais DISSIMILAR”).

b) QUALIDADE DO STACATTO

No trecho a seguir, a QUALIDADE DO STACATTO será analisada. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para “mais DISSIMILAR”).

c) QUALIDADE DO LEGATO

No trecho a seguir, a QUALIDADE DO LEGATO será analisada. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para mais “DISSIMILAR”).

d) UNIFORMIDADE (HOMOGENEIDADE) SONORA

No trecho a seguir, a UNIFORMIDADE (HOMOGENEIDADE) SONORA será analisada. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para mais “DISSIMILAR”).

e) QUALIDADE SONORA (BRILHO)

No trecho a seguir, a QUALIDADE SONORA EM RELAÇÃO AO BRILHO será analisada. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para mais “DISSIMILAR”).

f) COLORIDO SONORO (CLARO/ESCURO)

No trecho a seguir, o COLORIDO SONORO (CLARO/ESCURO) será analisado. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para mais “DISSIMILAR”).

g) ESTABILIDADE EM NOTAS LONGAS

No trecho a seguir, a ESTABILIDADE EM NOTAS LONGAS será analisada. Você deverá escolher dentre os 3 sons apresentados os 2 sons que você percebe como os mais SIMILARES (idem para mais “DISSIMILAR”).

3.4.1.3 Janela de escolha do par similar

Continha uma lista com os 3 pares de estímulos gerados das combinações possíveis da tríade analisada onde o participante deveria selecionar o par que acreditava ser o mais similar. Essa janela ocorria em todas as 28 perguntas do teste. Texto da janela:

Qual é o par mais SIMILAR?

3.4.1.4 Janela de escolha do par dissimilar

Continha uma lista com os 3 pares de estímulos gerados das combinações possíveis da tríade analisada onde o participante deveria selecionar o par que acreditava ser o mais dissimilar. Essa janela ocorria em todas as 28 perguntas do teste. Texto da janela:

Qual é o par mais DISSIMILAR?

3.4.1.5 Janela de repetição ou prosseguimento

Apresentava a possibilidade de repetir a amostra em caso de dúvida na resposta ou de prosseguir para a próxima pergunta caso tivesse satisfeito com a resposta. Essa janela ocorria em todas as 28 perguntas do teste.

3.4.1.6 Janela de término

Informava ao participante o final do teste. Essa janela era apresentada apenas uma vez no final do teste.

3.4.2 MEDS

Este teste utilizou a plataforma MEDS – Music Experiment Development System na montagem dos experimentos. Esta ferramenta aumentou consideravelmente as possibilidades de realização de experimentos, devido à agilidade oferecida pelo sistema. O software MEDS⁵⁷ – Music Experiment Development System (KENDALL, 2001) – desenvolvido por Roger A. Kendall, objetiva o planejamento e execução de experimentos flexíveis e interativos controlados por computador, nas áreas de psicoacústico, cognição e percepção musical e psicologia da música. Além do ambiente de modelagem experimental, o sistema integra ferramentas para síntese, análise e resíntese de sinais tais como análise RMS. A interface com o usuário mostrada na FIGURA 34 é bastante acessível, facilitando a manipulação dos estímulos.

As amostras apresentadas para os sujeitos foram organizadas em vários tipos de combinações e cruzamentos em ordem aleatória, mantendo, no entanto o controle do registro dos resultados foi preservada pelo mecanismo de registro de resultados do

⁵⁷ O programa é gratuito para fins educacionais e toda a documentação necessária pode ser transferida via Internet no endereço: <<http://www.ethnomusic.ucla.edu/systematic>>.

software MEDS. Os dados obtidos neste teste foram utilizados para calcular a matriz de dissimilaridade, que será utilizada na análise final, descrita adiante.

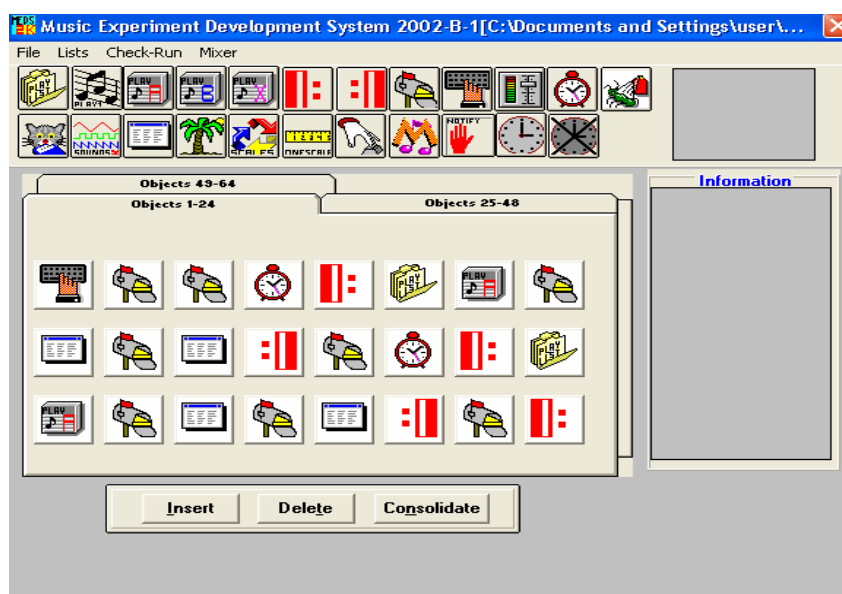


FIGURA 34 - Interface de planejamento dos experimentos.

3.4.3 TESTE 2 – ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE

Este teste difere do anterior por estimar a similaridade/dissimilaridade a partir de atribuição de valores numéricos a cada um dos 7 parâmetros subjetivos para cada estímulo individualmente. O cálculo das dissimilaridade é feito a partir dos valores atribuídos aos parâmetros subjetivos, calculando-se a distância Euclidiana no espaço de dimensões igual ao número de parâmetros, descrito na seção 4.3.

Neste teste foram avaliados 12 estímulos, constituídos pela concatenação dos trechos integrais da Figuras 30 e 31, executados 4 vezes por cada um dos 3 clarinetistas,

utilizando cada um dos 4 barrilhetes descritos anteriormente em cada execução. Os 2 trechos foram adequadamente concatenados, com um fade-in e fade-out de conexão de 10/50, 10/20 e 20/20 respectivamente para os clarinetistas W, J e F com um intervalo de 200ms entre eles, em um único estímulo de aproximadamente 45 segundos de duração.

Em seguida, cada participante recebeu 12 formulários cada um referente a um estímulo apresentado, para os quais cada a avaliação de cada um dos 7 parâmetros era solicitada. A reprodução das amostras foi feita utilizando o Media Player série 9 do Windows.

Para cada parâmetro foi solicitado que o participante atribuísse um valor em uma escala de de 1 à 5 referente ao parâmetro subjetivo avaliado para cada estímulo, assinalando com caneta o valor numa régua desenhada no formulário. A avaliação foi auxiliada pela utilização de adjetivos opostos, dispostos nas extremidades desta régua de maneira que os valores 1 e 5 seriam atribuídos aos adjetivos dispostos nos extremos da régua e os valores de 2 a 4 seriam atribuídos a gradações intermediárias destes adjetivos (FIGURA 35). Para uma maior confiabilidade dos resultados foi permitida que os participantes repetissem cada amostra quantas vezes julgassem necessário para melhor escolha destes valores. O tempo médio de cada teste foi de 35 minutos.

ARTICULAÇÃO

1	2	3	4	5
<i>preciso</i>	<i>menos preciso</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos impreciso</i>	<i>impreciso</i>

QUALIDADE DO STACATTO

1	2	3	4	5
<i>suave</i>	<i>menos suave</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos agressivo</i>	<i>agressivo</i>

QUALIDADE DO LEGATO

1	2	3	4	5
<i>legato</i>	<i>menos legato</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos não legato</i>	<i>não legato</i>

HOMOGENEIDADE

1	2	3	4	5
<i>regular</i>	<i>menos regular</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos irregular</i>	<i>irregular</i>

QUALIDADE DO SONORA

1	2	3	4	5
<i>brilhante</i>	<i>menos brilhante</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos opaco</i>	<i>opaco</i>

COLORIDO SONORO

1	2	3	4	5
<i>claro</i>	<i>menos claro</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos escuro</i>	<i>escuro</i>

ESTABILIDADE EM NOTAS LONGAS

1	2	3	4	5
<i>estável</i>	<i>menos estável</i>	<i>equilibrado</i>	<i>menos instável</i>	<i>instável</i>

FIGURA 35 - Escalas do teste 2: Escalas de gradação e pontuação do formulário referentes a cada parâmetro: colorido sonoro, estabilidade em notas longas, qualidade do legato, precisão de ataque, qualidade do stacatto, qualidade sonora, homogeneidade METODOLOGIA DE ANÁLISE.

4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

4.1 MDS

Os resultados dos testes auditivos foram analisados utilizando Escalonamento Multidimensional MDS (Multidimensional Scaling), uma técnicas de Análise Estatística de Multivariados largamente utilizada em pesquisa experimental de timbre musical. MDS tem suas origens em fisicometria, onde foi proposto para organizar e analisar julgamentos subjetivos baseados em semelhanças entre objetos. Torgeson (*apud* CLOOG; GOLDSTEIN 1984) aplicou o primeiro método de MDS e seu trabalho foi evoluído por Richardson (*apud* ANDERSON; GOLDSTEIN 1984). MDS se tornou uma técnica de análise de dados geral usada em uma variedade larga de campos da ciência e vida cotidiana como por exemplo cita o livro em teoria de aplicações de MDS por Hammer. Nele Hammer (*apud* ANDERSON; GOLDSTEIN 1984) apresenta aplicações de MDS a diversos campos como sociologia, físicas, ciência política', e biologia.

Escalamento Multidimensional ou MDS é uma ferramenta matemática que nos capacita a representar proximidades entre objetos em espaços Euclidianos de 2 ou 3 dimensões, nos quais as distâncias entre os objetos serão representadas por coordenadas obtidas de medidas de similaridades e dissimilaridades entre esses objetos. As localizações espaciais desses objetos poderão assim ser analisadas a partir do posicionamento geométrico destes objetos no espaço construído pelo MDS. Na metodologia MDS, devem ser construídas a medidas de dissimilaridade, dispostas em matrizes

quadráticas e simétricas de ordem igual ao número de objetos analisados. Quanto mais próximos os pontos que representam dois objetos neste espaço, maior o grau de similaridade entre eles.

Segundo Shepard (*apud* DILLON; GOLDSTEIN 1984), um dos fundadores do Escalonamento Multidimensional, esta técnica possui dois propósitos: (a) obter conhecimento de qualquer padrão ou estrutura contida em uma matriz de dados empíricos e (b) representar esta estrutura em uma forma mais acessível ao olho humano, como por exemplo um modelo geométrico ou uma figura.

Um bom exemplo de aplicação do modelo clássico é dado por Shepard (*apud* DILLON; GOLDSTEIN 1984), no qual a matriz de dissimilaridade relaciona as distâncias em milhas entre 10 cidades americanas (TABELA 2). MDS aplicado a estes dados gerou um mapa que mostra a localização de cada uma das 10 cidades num espaço que conseguiu reproduzir com uma precisão bem razoável o mapa real dos EUA (FIGURA 36).

TABELA 2:

Tabela de distâncias

Matriz de distâncias geográficas entre as 10 cidades americanas. Figura obtida em <http://forrest.psych.unc.edu/teaching/p208a/mds/mds.html>

Atlanta	Chicago	Denver	Houston	Los Angeles	Miami	New York	San Francisco	Seattle	Washington DC	
0	584	1212	701	1936	604	748	2139	2182	534	Atlanta
587	0	920	940	1745	1188	713	1858	1737	597	Chicago
1212	920	0	879	831	1726	1631	949	1021	1494	Denver
701	940	879	0	1374	968	1420	1645	1861	1220	Houston
1936	1745	831	1374	0	2339	2451	347	959	2300	Los Angeles
604	1188	1726	968	2339	0	1092	2594	2734	923	Miami
748	713	1631	1420	2451	1092	0	2571	2408	205	New York
2139	1858	949	1645	347	2594	2571	0	678	2442	San Francisco
2182	1737	1021	1891	959	2734	2408	678	0	2329	Seattle
543	597	1494	1220	2300	923	205	2442	2329	0	Washington DC

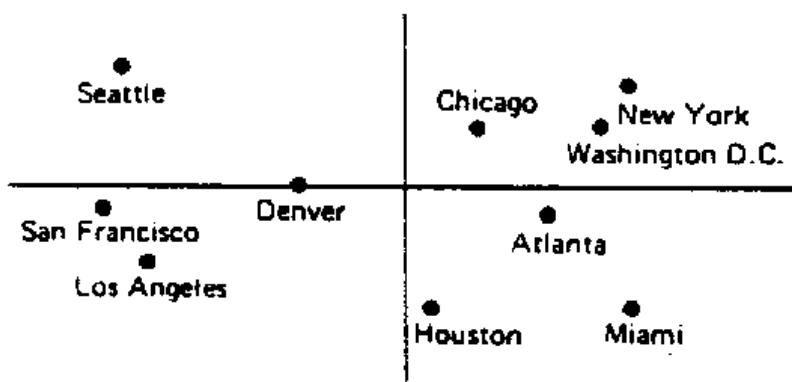


FIGURA 36: Derivação das distâncias em gráfico multidimensional. Note que os agrupamentos mostram as similaridades em função das suas quilômetros.

Fonte: Disponível em: <<http://forrest.psych.unc.edu/teaching/p208a/mds/mds.html>>.

Uma propriedade fundamental desta metodologia é possibilitar a investigação de uma estrutura complexa de características perceptivas a partir de dados relativamente simples, tais como resposta de julgamento de similaridade/dissimilaridade entre pares distintos de estímulos como estimado no teste de Comparação Triádica de Similaridade (teste 1), descrito na seção 3.4.1, ou a partir de características individuais que distinguem um estímulo do outro como estimado no teste de Estimação Composta de Similaridade (teste 2), como descrito na seção 3.4.2. MDS torna-se assim uma ferramenta poderosa para análise de dados que permite extrair uma estrutura das relações perceptivas entre diferentes estímulos, sem demandar do pesquisador qualquer suposição a priori sobre a natureza desta estrutura.

A aplicação do MDS a julgamentos de percepção auditiva envolve duas etapas:

- a) Obter uma matriz de dissimilaridade entre os estímulos, na qual cada entrada representa as similaridades ou dissimilaridades entre todos os pares possíveis de estímulos analisados, o que foi feito nos testes auditivos 1 e 2 descritos na seções 3.4.1 e 3.4.2. A aquisição das matrizes de dissimilaridade está descrita abaixo (seção 4.2);
- b) computar o espaço perceptivo onde a distância entre os pontos representam o grau de dissimilaridade entre os estímulos representados por estes pontos neste espaço, descrito na seção 6.1 e 6.2.

4.2 A AQUISIÇÃO DAS MATRIZES DE SIMILARIDADE

O número N de todos os pares possíveis de um conjunto de n estímulos é dado pela equação:

$$N = \frac{1}{2} \cdot n(n - 1) \quad (1)$$

substituindo n por 4, o número de estímulos (barrilhetes) utilizados em cada um dos testes aditivos, teremos o número de pares possíveis igual a 6, que será a dimensão das matrizes de similaridade a serem calculadas para todos os testes. Representando os 4 estímulos pelas letras A, B, C, e D, todos os pares possíveis formados por eles seriam AB, AC, AD, BC, BD e CD.

4.2.1 TESTE 1 - COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE

Neste teste, como mencionado acima, os 4 barrilhetes foram apresentados em pares extraídos de todas as tríades possíveis formadas por eles, como mostra a FIGURA 37, na qual os 4 estímulos estão representados pelas letras A, B, C e D.

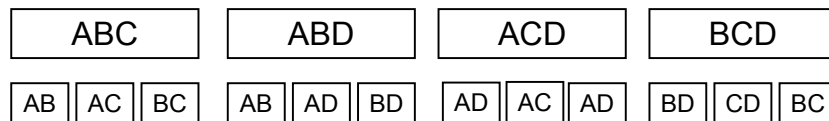


FIGURA 37 - Tríades e pares do teste.

Cada elemento d_{ij} da matriz de similaridade representa a dissimilaridade (distância) entre os estímulos i e j e é calculado a partir das respostas referentes a todas as

ocorrências deste par $i-j$ em todas as tríades da seguinte forma: adiciona-se o valor 2 ao elemento d_{ij} se este par for o mais dissimilar da tríade, não adiciona-se nenhum valor se este par for o mais similar da tríade e adiciona-se o valor 1 ao elemento correspondente ao par restante. A FIGURA 38 ilustra um cálculo hipotético da matriz de similaridade/dissimilaridade de 4 estímulos A, B, C e D avaliados por 3 indivíduos.

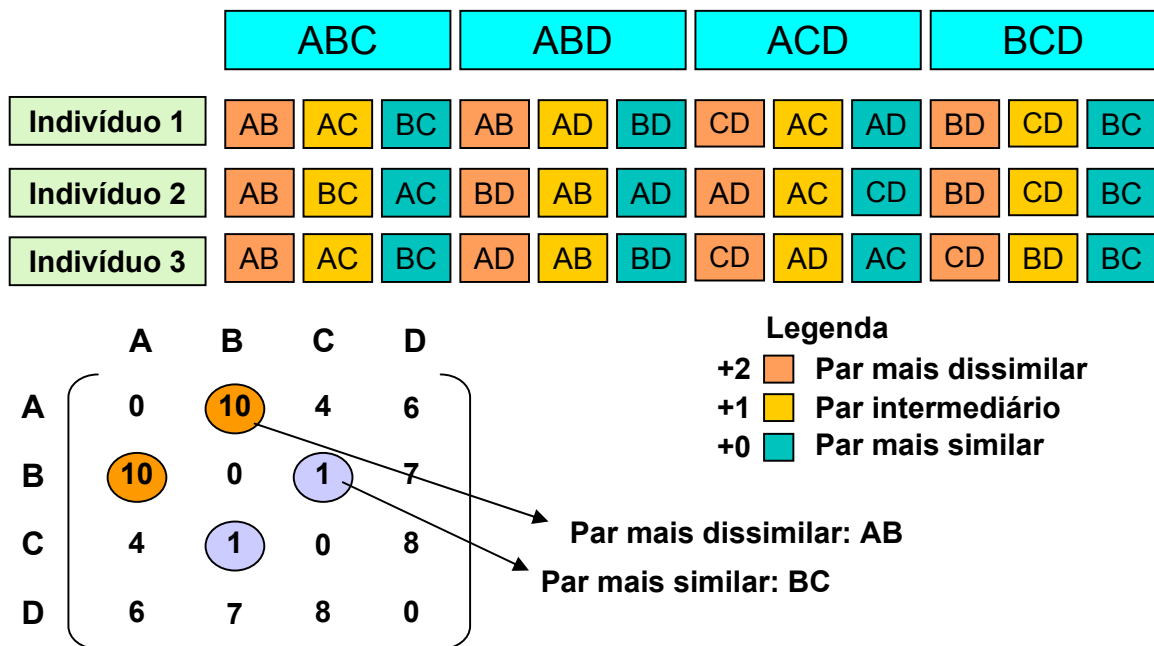


FIGURA 38 - Exemplo de cálculo da matriz de similaridade. O par AB é o mais dissimilar dos 6 e o par BC é o mais similar.

4.2.2 TESTE 2 - ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE

Neste teste a similaridade/dissimilaridade entre dois estímulos é avaliada a partir de atribuição de valores numéricos a cada um dos 7 parâmetros subjetivos para cada estímulo individualmente. Neste caso cada elemento d_{ij} da matriz de similaridade, que

representa a distância entre os estímulos i e j é estimado calculando-se a distância entre cada par no espaço cujas dimensões são os valores atribuídos a cada parâmetro subjetivo. A métrica utilizada para a representação da similaridade pode variar de acordo com as suposições formuladas para os dados. Usamos neste estudo a distância Euclidiana, modelo largamente utilizado em pesquisa experimental em percepção auditiva e que é calculada pela equação abaixo:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^7 (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2)$$

onde d_{ij} é a distância Euclidiana entre os estímulos i e j , e x_{ik} e x_{jk} representam a resposta ao adjetivo descritivo $k = 1, 2, \dots, 7$.

5 RESULTADOS

5.1 TESTE 1 - COMPARAÇÃO TRIÁDICA DE SIMILARIDADE

Os resultados do teste 1 foram gerados pelo software MEDS e inseridos em uma planilha Excel (APÊNDICE B). As matrizes de dissimilaridade calculadas para cada sujeito também foram incluídas. A Tabela 6 mostra a matriz de dissimilaridade final, obtida pela soma das matrizes do anexo. Por serem uma matriz de dissimilaridade, ela é quadrática e simétrica e por isso estão representados apenas os dados abaixo da diagonal não havendo necessidade de repetição dos dados na outra diagonal.

Estudos relacionados á confiabilidade do teste foram realizados não detectando dados relevantes que pudessem alterar os resultados obtidos. Apenas no sujeito 7 foi identificado uma leve alteração da média geral das pontuações dos demais sujeitos.

TABELA 3

Matriz total de dissimilaridade do teste 1
(A = **Bf**; B = **Cl**; C = **Cn** e D = **Cv**)

		Bf	Cl	Cn	Cv
Articulação	Bf	0			
	Cl	34	0		
	Cn	20	21	0	
	Cv	20	30	19	0
Stacatto	Bf	0			
	Cl	33	0		
	Cn	29	17	0	
	Cv	34	21	10	0
Legatto	A	0			
	Cl	22	0		
	Cn	31	21	0	
	Cv	29	22	19	0
Homogeneidade	A	0			
	Cl	27	0		
	Cn	25	18	0	
	Cv	23	29	19	0
Brilho	A	0			
	Cl	17	0		
	Cn	23	16	0	
	Cv	32	30	26	0
Colorido Sonoro	Bf	0			
	Cl	38	0		
	Cn	25	30	0	
	Cv	17	23	11	0
Estabilidade	Bf	0			
	Cl	26	0		
	Cn	26	18	0	
	Cv	28	22	25	0

5.2 TESTE 2 - ESTIMAÇÃO COMPOSTA DE SIMILARIDADE

Cada matriz 12x7 refere-se a cada sujeito e lista os valores atribuídos para cada parâmetro (colunas), para cada estímulo (linhas), que se encontram no APÊNDICE B. A

TABELA 4 mostra as matrizes de dissimilaridade entre os barrilhetes, calculadas por cada clarinetista e pela média entre eles.

TABELA 4

Matriz dos clarinetistas

Matrizes de dissimilaridade entre os barrilhetes, calculadas por cada clarinetista e pela média entre eles.

Clarinetista F

	Bf	Cl	Cn	Cv
Bf	0			
Cl	0,8	0		
Cn	1,6	1,6	0	
Cv	1,5	1,0	2,0	0

Clarinetista J

	Bf	Cl	Cn	Cv
Bf	0			
Cl	1,2	0		
Cn	1,5	1,1	0	
Cv	1,4	1,5	1,8	0

Clarinetista W

	Bf	Cl	Cn	Cv
A	0			
Cl	1,1	0		
Cn	1,5	0,9	0	
Cv	1,5	1,3	1,7	0

Média entre os 3 Clarinetistas

	Bf	Cl	Cn	Cv
Bf	0			
Cl	0,5	0		
Cn	0,7	0,5	0	
Cv	1,0	1,0	1,5	0

6 ANALISE DOS RESULTADOS

6.1 TESTE 1

Abaixo um análise da cada um dos parâmetros avaliados no teste 1.

6.1.1 ARTICULAÇÃO

Em relação à articulação o gráfico da FIGURA 39 nos mostra maior dissimilaridade entre os barrilhetes **Bf** e **Cl**. Os barrilhetes **Bf** e **Cv**, mostram uma maior similaridade em relação à dimensão do eixo horizontal. Como já havia sido observado pelos clarinetistas que participaram das gravações das amostras, esses dois barrilhetes mostraram uma tendência semelhante de maior imprecisão de articulação enquanto que os outros dois barrilhetes (**Cl** e **Cn**) tendiam a uma articulação mais precisa. Este fato nos sugere que a dimensão do eixo horizontal da FIGURA 39 tenha correlação com a precisão de articulação: maiores valores nesta dimensão representam maior precisão de articulação.

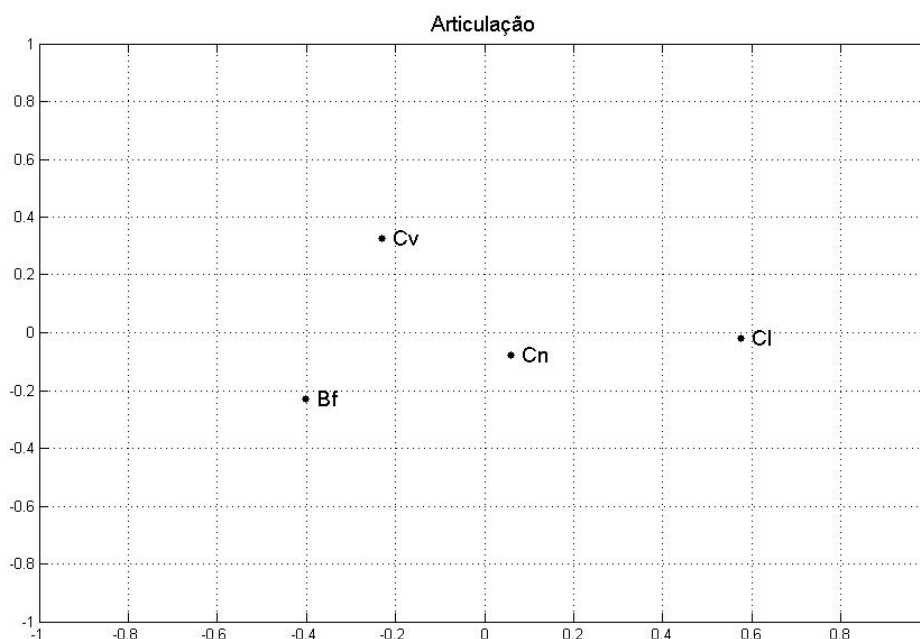


FIGURA 39 - Artulação: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos barrilhetes referente ao parâmetro artulação.

6.1.2 STACATTO

A FIGURA 40 mostra que as características do stacatto do barrilhete **Bf** destaca-se pela grande dissimilaridade em relação aos demais barrilhetes. **Cl**, **Cn** e **Cv** tendem a se alinhar na dimensão vertical a uma distância considerável de **Bf** em relação à dimensão horizontal. **Cn** e **Cv** apresentaram maior similaridade. A característica de emissão de staccato nos barrilhetes **Cl**, **Cn** e **Cv** foi definida pelos clarinetistas que participaram da pesquisa, como mais suave ou leve, enquanto que no barrilhete **Bf** foi definido como “mais estourado”, “duro”, ou “abrupto”, o que sugere que a dimensão do eixo horizontal, no qual valores positivos representariam a “suavidade” do stacatto.

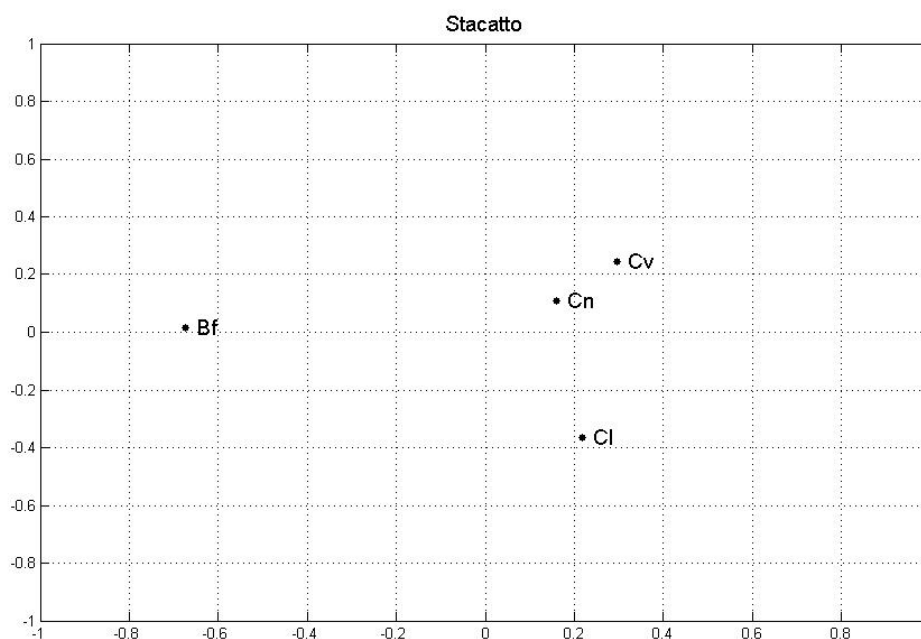


FIGURA 40 - Stacatto: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro stacatto.

6.1.3 LEGATO

A FIGURA 41 mostra que, em relação à qualidade do legato, a dissimilaridade de **Bf** se mantém em relação aos barrilhetes **Cv** e **Cn**, mas **Cl** se aproxima mais de **Bf**, mostrando uma tendência de maior homogeneidade dos 4 barrilhetes em relação a este parâmetro. Foi observado pelos clarinetistas durante a performance que o barrilhete **Cv** proporcionava maior facilidade de legato, no entanto a distância vertical de **Cv** em relação aos demais barrilhetes, não é suficiente para sugerir uma correlação desta dimensão com a qualidade de legato. Em relação a esta qualidade, **Bf** não apresentou diferenças consideráveis comparado aos outros 3 barrilhetes, enquanto que **Cn** e **Cv** mostraram-se os mais similares.

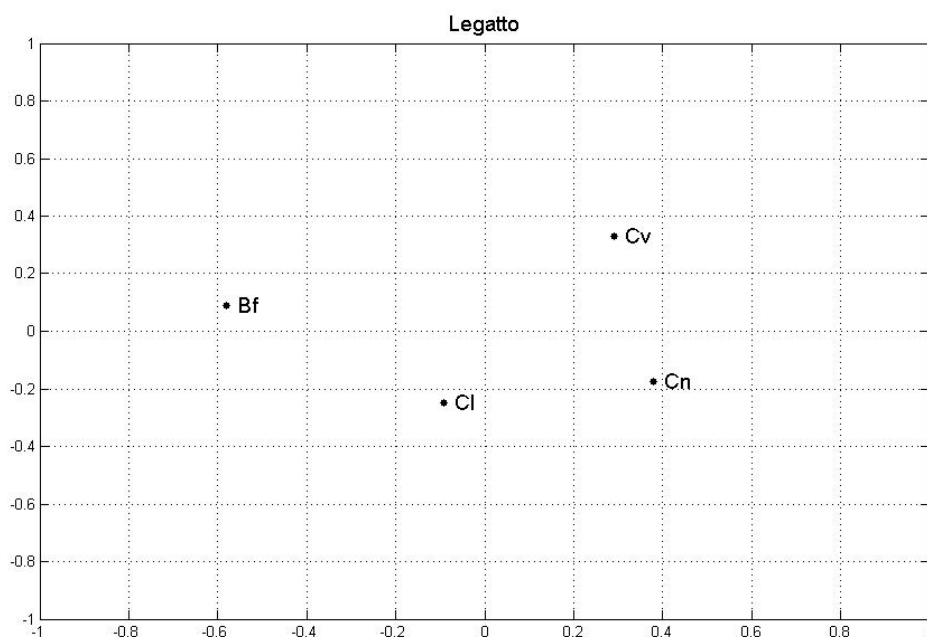


FIGURA 41 - Legatto: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro legatto.

6.1.4 PARÂMETROS ARTICULAÇÃO, STACCATO E LEGATO (MÉDIA).

A FIGURA 42 mostra o MDS obtido da média das distâncias entre os 3 parâmetros, qualidade de articulação, staccato e legatto. A semelhança deste gráfico com o da FIGURA 45 sugere a predominância da variância da qualidade de staccato, em relação aos outros parâmetros representativos das características de articulação. O gráfico parece corroborar a sugestão de que a dimensão horizontal representa uma qualidade de articulação, seja em relação à precisão quanto em relação à qualidade (suavidade) do staccato.

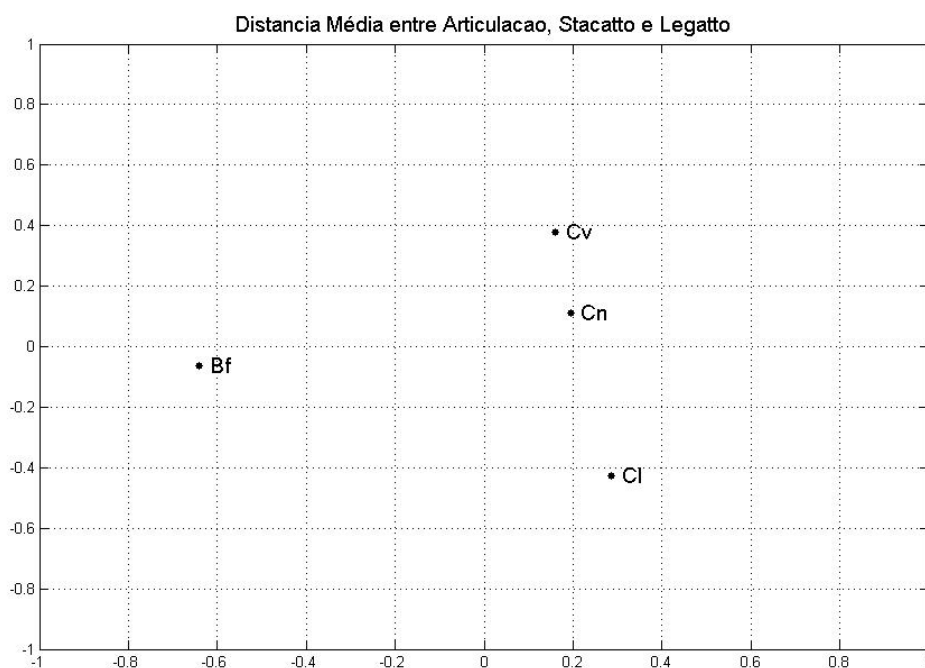


FIGURA 42: Média/Articulação: Gráficos representando as similaridades dos barrilhetes nos 7 tomando a média das distâncias dos grupo de parâmetros referentes à Articulação.

6.1.5 HOMOGENEIDADE

Em relação à Homogeneidade a FIGURA 43 nos mostra uma certa eqüidistância entre os 4 barrilhetes, onde **Bf** mostra uma pequena tendência de se afastar dos outros 3 barrilhetes. Os clarinetistas relataram uma percepção relativamente clara de uma maior homogeneidade de timbre entre diferentes registros da clarineta quando utilizado o barrilhete **Cl** e uma menor homogeneidade foi percebida no barrilhete **Cv**, sugerindo uma correlação da dimensão horizontal com a homogeneidade, crescendo da direita para a esquerda.

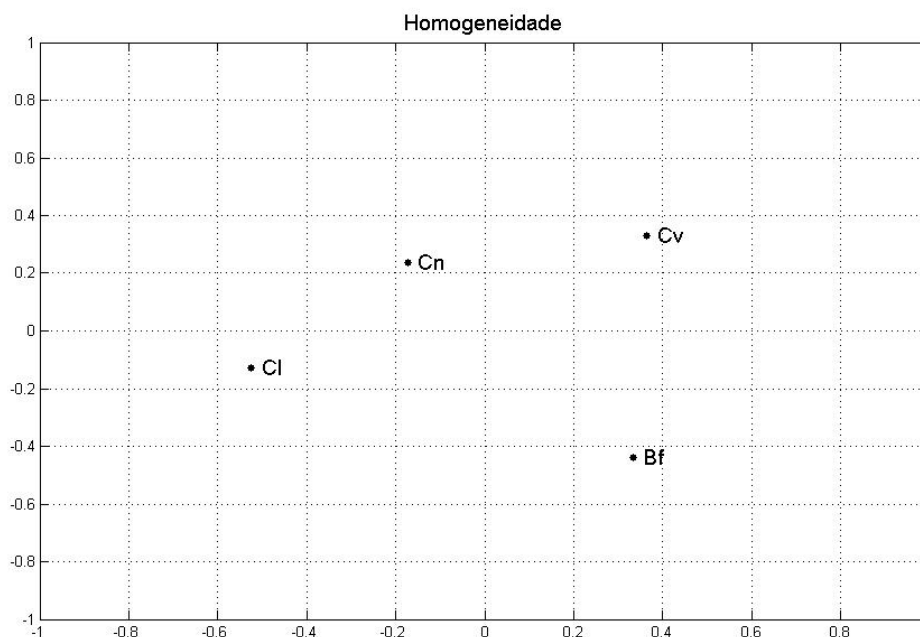


FIGURA 43 - Homogeneidade: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro homogeneidade.

6.1.6 BRILHO

A FIGURA 44 mostra uma grande dissimilaridade em Brilho do barrilhete **Cv** em relação aos demais. A percepção de uma evidente ausência de brilho no timbre produzido com a câmara côncava foi comprovada nesta análise e sugere uma correlação do brilho com a dimensão do eixo horizontal, crescendo da direita para a esquerda.

6.1.7 COR

Em relação ao Colorido sonoro a FIGURA 45 mostra uma maior dissimilaridade entre os barrilhetes **Bf** e **Cl** ao longo da dimensão do eixo horizontal. No entanto, de acordo com o que foi relatado unanimemente pelos clarinetistas, o barrilhete **Cn** foi o que

apresentou um colorido mais diferenciado, para o escuro, enquanto que o timbre do barrilhete **Bf** foi considerado o mais claro de todos, o que nos sugere que a dimensão do eixo vertical esteja correlacionada com o colorido sonoro, caracterizando um polarização entre claro e escuro de cima para baixo.

6.1.8 ESTABILIDADE

A FIGURA 46 mostra uma dissimilaridade bem diferenciada do barrilhete **Bf** em relação aos demais. No entanto, foi observado pelos clarinetistas uma maior diferenciação na estabilidade sonora entre os barrilhetes **Cn** e **Cv**, sendo o **Cn** aquele que proporcionou uma maior estabilidade no som. Portanto, parece haver uma correlação entre a dimensão do eixo vertical com a estabilidade sonora, que cresce de cima para baixo.

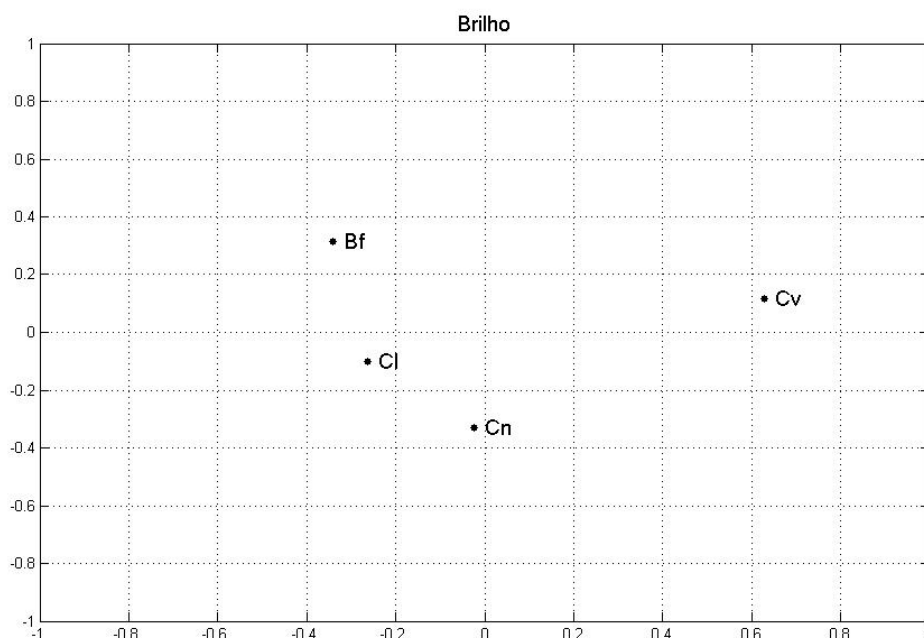


FIGURA 44 - Brilho: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro brilho.

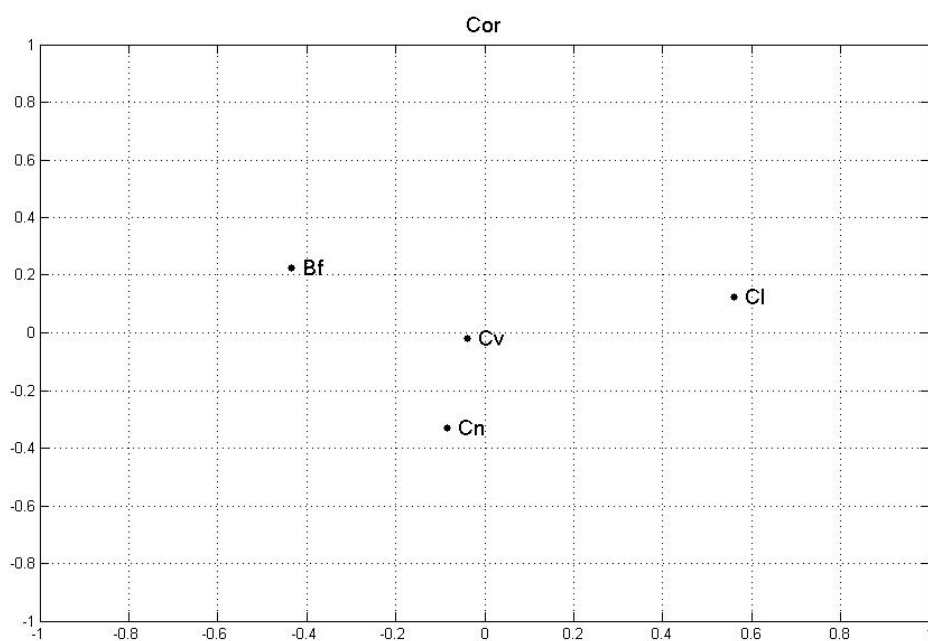


FIGURA 45 - Cor: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro colorido sonoro.

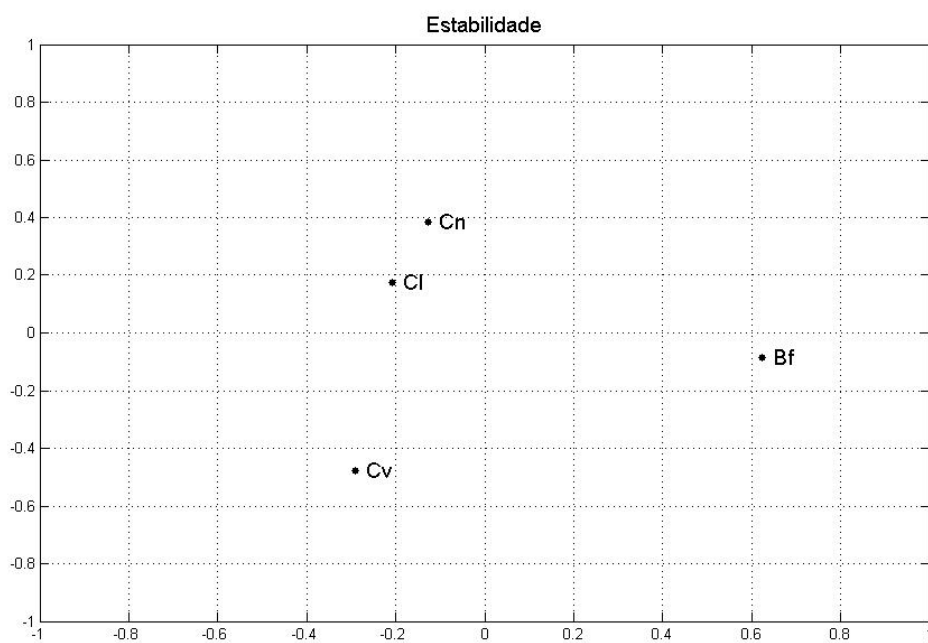


FIGURA 46 - Estabilidade: Gráficos representando a similaridades dos 4 modelos de barrilhetes referente ao parâmetro estabilidade.

6.1.9 PARÂMETROS BRILHO, ESTABILIDADE, COR E HOMOGENEIDADE (MÉDIA).

O gráfico do MDS gerado a partir da média dos 4 parâmetros relativos à qualidade sonora (Homogeneidade, Brilho, Cor e Estabilidade), mostrado na FIGURA 47, confirma o grau de dissimilaridade do barrilhete **Bf** em relação aos demais barrilhetes, que se encontram dispostos em posição oposta do gráfico, o que de uma maneira geral foi observado nas comparações entre os diferentes aspectos de qualidade sonora. De maneira unânime, o barrilhete **Cn** foi considerado o melhor dos 4 em relação à qualidade sonora. No gráfico notamos que ele se encontra mais distante de **Bf** do que de **Cv** e **Cn**, se colocando no meio entre eles.

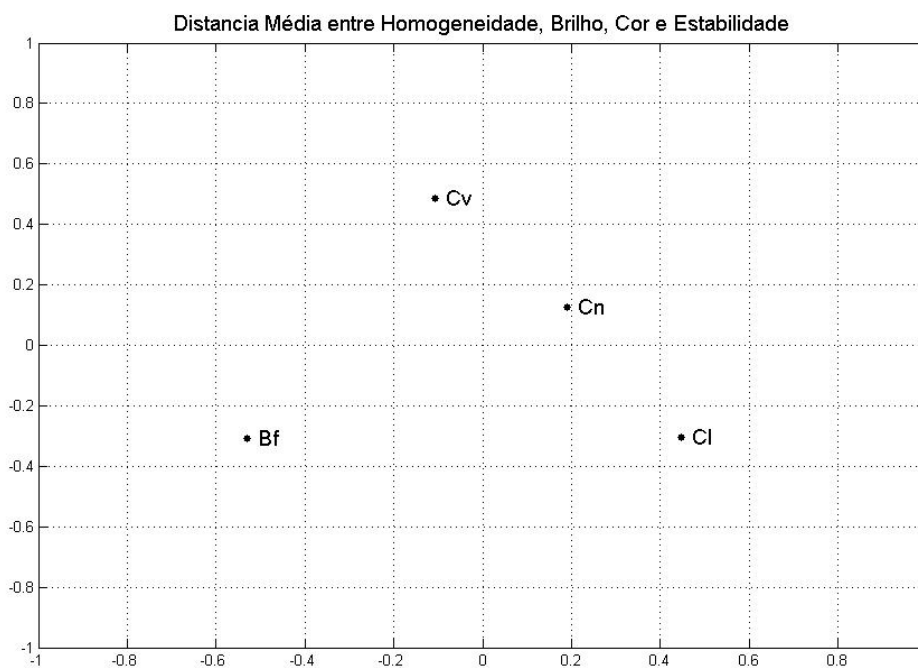


FIGURA 47 - Média/Sonoridade: Gráficos representando as similaridades dos barrilhetes nos 7tomando a média das distâncias dos grupo de parâmetros referentes à Qualidade sonora.

A FIGURA 48 mostra todos os 7 gráficos referentes a cada um dos parâmetros.

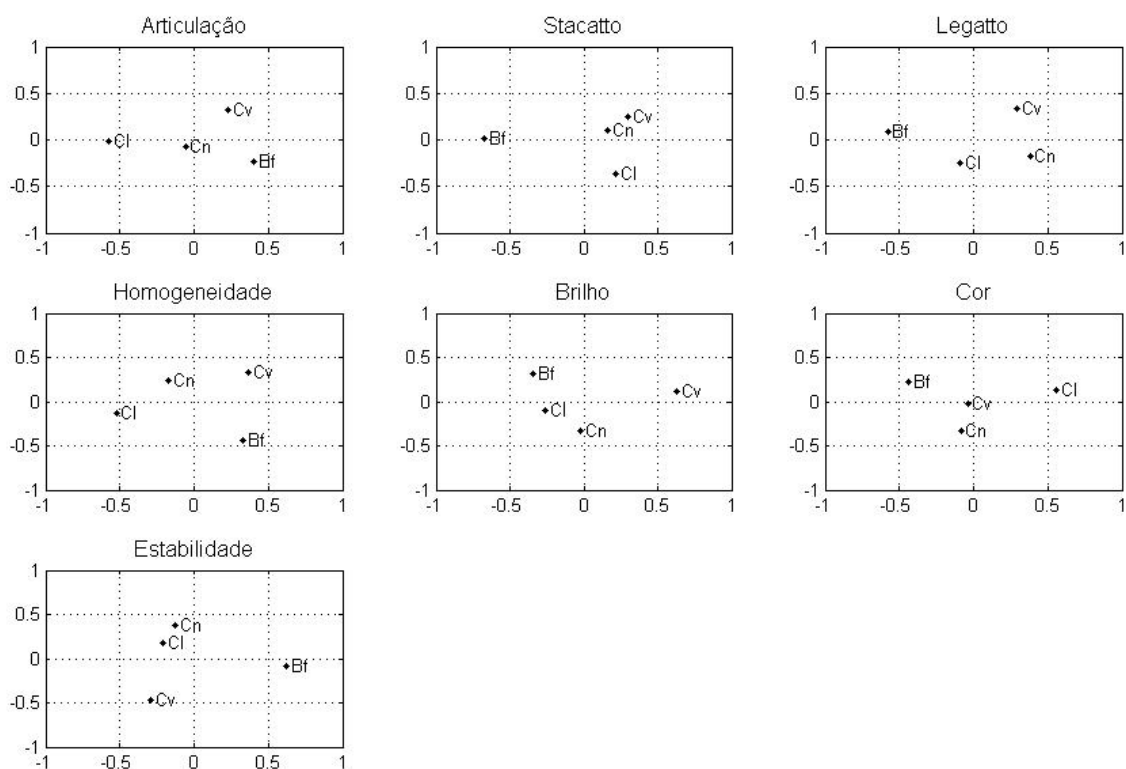


FIGURA 48 – Sete Parâmetros: Gráficos representando as similaridades dos barrilhetes nos 7 diferentes parâmetros analisados.

6.1.10 DISTÂNCIA TOTAL (MÉDIA)

A FIGURA 49 apresenta o gráfico gerado pelo MDS da média das distâncias de todos os parâmetros, o qual exibe uma grande semelhança com os gráficos relativo ao parâmetro Staccato e Estabilidade confirmando a predominância da variância destes parâmetros no comportamento global dos parâmetros medidos. Notamos o distanciamento do barrilhete **Bf** em relação aos demais, assim como um certo

alinhamento entre os barrilhetes **Cl**, **Cn** e **Cv**, como já observado em análises individuais. Esse alinhamento pode sugerir um diferenciamento substancial de características sonoras em relação ao barrilhete **Bf**. Como todos as peças apresentam configurações geométrica distintas, pode-se especular que esta diferenças entre estes dois grupos, tenha como origem a composição do material (tipo da madeira) com que são construídos. Ressalta-se a semelhança entre o gráfico da MDS da média total e da MDS da média dos parâmetros relacionados com a qualidade sonora (Homogeneidade, Brilho, Cor e Estabilidade). Mais ainda, essa semelhança é observada também em relação ao MDS do parâmetro stacatto.

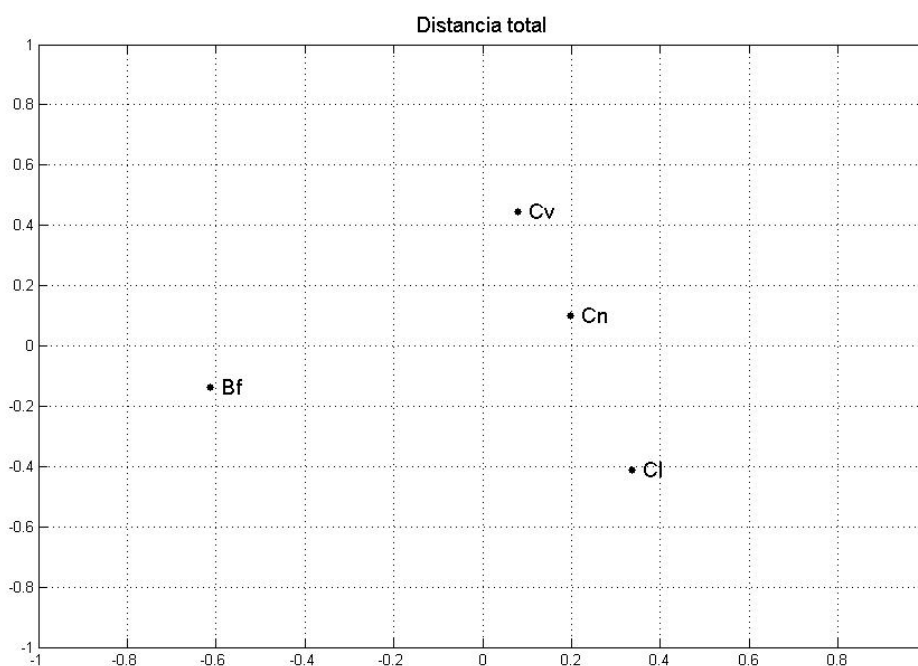


FIGURA 49 – Distância total: Gráficos representando as similaridades dos barrilhetes na média total dos 7 parâmetros analisados

6.2 TESTE COMPOSTO

6.2.1 A ANÁLISE DOS SUJEITOS

Como já detalhado no capítulo 4, o teste composto difere do teste triádico em dois aspectos: (a) a análise não foi baseada em julgamento de similaridade e sim pelo julgamento individual de cada parâmetro, sendo a similaridade calculada como a distância calculada neste espaço de dimensão igual ao número dos parâmetros; (b) utilizou dados de julgamento de estímulos que envolviam 3 clarinetistas distintos, escolhido a partir de critérios de maior variedade de perfil de sonoridade possível, como explicado na seção 3.4.1. Esse fator imprimiu maior confiabilidade aos resultados, já que os sujeitos participantes dos testes auditivos tiveram assim uma amostra mais variada de características timbrísticas distintas, evitando assim que os estímulos pudessem representar uma determinada escolha de gosto timbrístico. Para testar esta confiabilidade, este teste poderia ser eventualmente confrontado com uma análise que envolvesse 3 clarinetistas com timbres semelhantes, mas não foi possível de ser conduzido neste estudo.

A FIGURA 50 mostra os gráficos do MDS obtidos a partir das distâncias entre os clarinetistas, para cada barrilhete. Notamos uma consistência de dissimilaridade entre os clarinetistas J e W, o que é confirmado unanimemente por um grande número de profissionais e estudantes: o clarinetista W tem uma tendência de sonoridade mais clara e penetrante enquanto que J, possui um padrão de timbre mais escuro, ficando o clarinetista F numa posição mediana entre os dois. No entanto, percebemos no gráfico

referente ao barrilhete **Cn**, uma similaridade entre os clarinetistas J e W que contradiz esta tendência, o que poderia ser interpretado que este barrilhete, poderia exibir uma característica de padronização de timbre que tende a amenizar as diferenças de sonoridades entre diferentes instrumentistas, o que pode estar relacionado com o fato de ter sido este barrilhete aquele que apresentou um colorido sonoro mais escuro, ou seja, menores valores de centróide espectral (menor presença de harmônicos superiores), característica que, sem duvida, tende a homogeneizar o timbre.

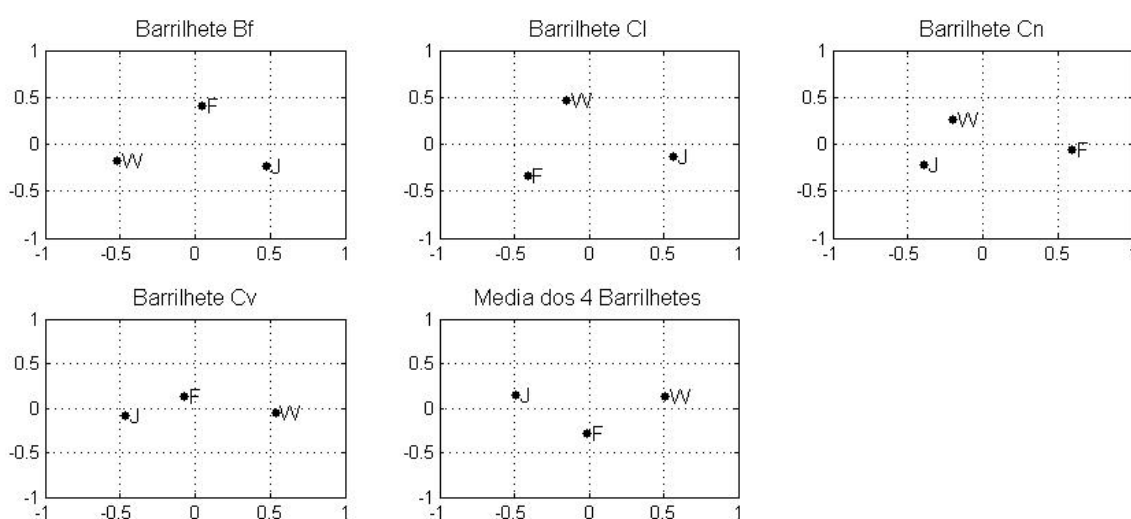


FIGURA 50 – Distância/Barrilhetes: Gráficos representando as similaridades dos barrilhetes nos 7 diferentes parâmetros analisados.

7 CONCLUSÃO

Após o término das diferentes análises de percepção de timbre realizadas com os modelos de barrilhetes vistos nessa pesquisa podemos constatar tendências e características bem definidas no processo de qualificação mesmo reconhecendo que tal procedimento estruturou-se em impressões de cunho subjetivo e pessoal.

A principal conclusão dessa pesquisa refere-se que o grupo formado pelos barrilhetes Cl, Cn e Cv formaram na grande maioria dos 7 parâmetros uma oposição de qualidades timbrísticas às identificadas no barrilhete Bf.

Agora ao fechamento dessa pesquisa também podemos concluir que os maiores problemas relacionados com a metodologia foram o controle de variantes no processamento dos testes tais como a preocupação que cada ouvinte desassociasse o timbre característico de cada clarinetista das mudanças ocorridas dentro do seu próprio conjunto de amostras. Outra importante variante que poderia gerar imprecisões nos resultados seria a fadiga auditiva fruto da longa duração dos testes auditivos e sua característica repetitiva.

A escolha da metodologia para a execução dos testes foi uma das maiores dificuldades encontradas durante toda essa pesquisa. Felizmente o resultados dos testes apresentaram grande coerência no universo de cada ouvinte e dentre eles eliminando assim grandes possibilidades de falsos resultados.

Apesar dessas dificuldades apresentadas na metodologia de testes e análises (Meds e MDS) elas representaram a forma mais atualizada, rápida e confiável para um nível de testes de tamanha complexidade.

Na etapa de construção muitos êxitos foram alcançados. As novas dimensões da espessura das paredes do barrilhete foi fator decisivo na construção do timbre enquanto que seu desenho sem os anéis de metais tradicionais tornaram o instrumento mais leve e como a maioria das mudanças também teve papel importante na no timbre desses barrilhetes.

Um problema hoje melhor entendido em relação a essa etapa foi que a espessura mais larga das câmaras internas de barrilhetes contruídos após o término dessa pesquisa demonstra que o aumento da câmara deve vir acompanhada da redução do comprimento do barrilhete para que não haja excessiva baixa na afinação em notas do registro médio e excessiva alta na afinação do segundo registro. Esse problema pode ter acontecido no barrilhete Cv, dotado de uma câmara na regular (côncava), pois em alguns parâmetros ele se mostrou bastante distinto não só de Bf como dos demias.

Essas constatações só aumentam a crença que na composição do timbre as mais diferentes variantes podem ser fator decisivo em qualquer alteração deste.

Na análise final dos resultados representada nos gráficos podemos constatar que uma das grandes constatações foi que os barrilhetes excetuando o Bf representaram qualidades de timbre bastante distintas em relação a este último. Essa quase oposição de qualidades sonoras vieram a realizar um dos objetivos principais que busco quando iniciei essa pesquisa que foi a de construir barrilhetes que criassem uma opção nova de sonoridade dentro dos parâmetros de medida e afinação do desenho de uma clarineta moderna.

Fico muito satisfeito em saber que esse objetivo tenha sido alcançado embora muitas melhorias ainda possam ser feitas no campo do equilíbrio de afinação entre os registros

e na concepção de outros modelos de câmaras em uma pesquisa continuada a partir dessas conclusões.

Sinceramente creio que essa pesquisa tenha antes de tudo sido uma contribuição relevante no campo do desenvolvimento de uma área de estudo tão recente e principalmente funcione como a abertura de novas opções na busca de uma variedade timbrística para os instrumentistas em questão, no caso nós clarinetistas.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, Brian: The clarinet depot. *The History of Early Clarinet*. 1997. Disponível em: <<http://www.clarinetdepot.com/articles/ackerman1.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2005.

BAINES, Anthony. *Woodwind instruments and their history*. New York: W. W. Norton, 1957.

BARRET, Conrad. *As cartas de Mozart*. Trad. Ruth Medeiros. São Paulo: Nova Fronteira, 1982.

BATE, Philip. *The woodwinds: na outline of its history, development and construction*. 3 ed. New York: W.W. Norton, 1975.

BENADE, Arthur. H. Thermal perturbations in woodwind bores, *J. Acoust. Soc. Am.* 35(11):1901(1963). [abstr.]

_____. Sound production in wind instruments (with D. J. Gans), invited paper for the conference Sound Production in Man, New York Academy of Sciences, *Ann. New York Acad. Sci.* 155:247-263 (20 November 1968). [17 pp.]

_____. Oscillations in clarinet-like systems (with W.E. Worman), Status Report, Case Western Reserve University (April 1969). [15 pp.]

BLUME, F. (Hg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart, Bärenreiter, Kassel*. 7 Aufl. Artikel: Klarinette, 1976.

BRYMER, Jack. *Clarinet*. Ed. rev, da original de 1976. Londres: MacDonal and Jane's, 1979.

DE MENEZES, João Alberto. *O clarinete: sistemas de chaves França/ Alemanha*. Seminário Paris- Viena- Munique. Universidade de Lisboa, 2004. Disponível em: <http://www.bandasfilarmonicas.com/clarinete_sistemas.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2004.

DILLON R. Willian, GOLDSTEIN, Matthew. *Multivariate analysis*. New York: Jonh Wiley Sons, 1984.

GREY, Robert. *Fundamental of psicoacoustic analysis*. University of Indiana Published, 1991.

GIBSON, Oskar Lee. Characterization of Woodwinds instruments bores. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 31, p. 137-46, Feb. 1959.

_____. Claranalysis. *Journal Of the Acoustical Society of America*, v. 92, p 102-119, Dec. 1992.

_____. *Clarinet acoustics*. Bloomington: Indiana Univ. Press, 1998.

_____. The Physics of new clarinet design. *Journal Of the Acoustical Society of America*, v. 63, p 63-82, Jun. 1978.

HESS, Hans H. R. Michael. A flauta de Theobald Boehm e sua metodologia. *Revista em Pauta*, Porto Alegre, v. 4, n. 5, 1992.

KENNEDY, Michael. *Dicionário Oxford de Musica*. 3ed. Lisboa: Círculo de Leitores, 1994.

KROLL, Oskar. Das Chalumeau: *Zeitschrift fur Musikwissenschaft*. Taplinger Pub., Maio 1933.

_____. *Die Klarinette*. Bärenreiter Verlag, 1965.

LAWSON, Colin; *The early clarinet: a practical guide*. [Great Britain]: Cambridge University Fair, 2000.

MAZZEO, Rosário. *The clarinet excellence and artistry*. Sherman Oaks: Alfred, 1981.

PAGE, Janet; K.; GOURLAK. K. A; SCHACKLETON, Nicholas Calrinet. *Müller System: Grover online*. Ed L. Macy, 2003. Disponível em: <<http://www.grove.com>>. Acesso em: 9 set. 2004.

REEVES, Deborah C. Albert and the Alebert clarinet system. *Journal on line The Clarinet*, v. 27, 1999. Disponível em: <<http://www.clarinet.org/home.asp>>. Acesso em: 13 out. 2004.

REHFELDT, Phillip. *New directions for clarinet*. Berkley: University of California Press, 1977.

RENDALL, F. Geoffrey. *The Clarinet*. 3. ed. New York: W. W. Norton, 1971.

ROSSING, Thomas D. Characterization of woodwinds instruments bores. *Journal of the Acoustical Society of America*, n. 31, Feb. 1959, p. 137-46.

_____. *Dicionário Grove de música*. Tradução Eduardo Francisco. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1994.

_____. *The Science of Sound: reading*. 2nd. ed. Massachusetts, EUA: Addison-Wesley Pub., 1990.

SCHACKLETON, Nicholas. *Öhler System*, Grover online. Ed L. Macy, 1987. Disponível em: <<http://www.grove.com>>. Acesso em: 28 dez. 2004.

_____. *The physics of new clarinet design*. Unpublished paper, Western Reserve University, Cleveland, 1980.

_____. *Wurlitzer clarinet*, Grover online. Ed L. Macy, 1987. Disponível em: <<http://www.grove.com>>. Acesso em: 10 dez. 2004.

SPRINGER, Lee. *Woodwind anthology. A Compendium of Woodwind Articles from the Instrumentalist*; Illinois, v. 1, 1992.

STUBBINS, William H. *The art of Clarinetistry: The Acoustical Mechanism of the Clarinet as a Basis for the Art of Music Performance*. 2nd ed. Ann Arbor, Mich.: Ann Arbor Pub., 1965.

TRANCHEFORT, François René. *Los Instrumentos musicales en el mundo*. 2. ed. Madrid: Ed Alianza Editorial, 1996.

WESTON, Pámela. Baermann: Clarinet fingers chats, 1976. Disponível em: <<http://www.wfg.woodwind.org/clarinet/index.html>>. Acesso em: 5 de ago. 2004.

SITES CONSULTADOS

<<http://jerselmer.free.fr/clarib/claribole.html>>

<<http://lexikon.freenet.de/Bild:VierteltonMMM.jpg>>

<<http://www.answers.com/main/ntquery;jsessionid>>

<<http://www.ashmol.ox.ac.uk/bat/cl2.html>>

<http://www.berk.bei.t-online.de/Seite_7x.html>

<<http://www.cherryvalleymusic.com/charles/wurlitzer.htm>>

<<http://www.clarinet.org/home.asp>>

<<http://www.die-klarinetten.de/k-ins.html>>

<<http://www.eatonclarinets.freemove.co.uk/>>

<<http://www.ehhs.cmich.edu/~mmoors/>>

<<http://www.klarinette24.de/grifftabelle.html>>

<http://www.rossiclarinet.cl/index_espanol.htm>

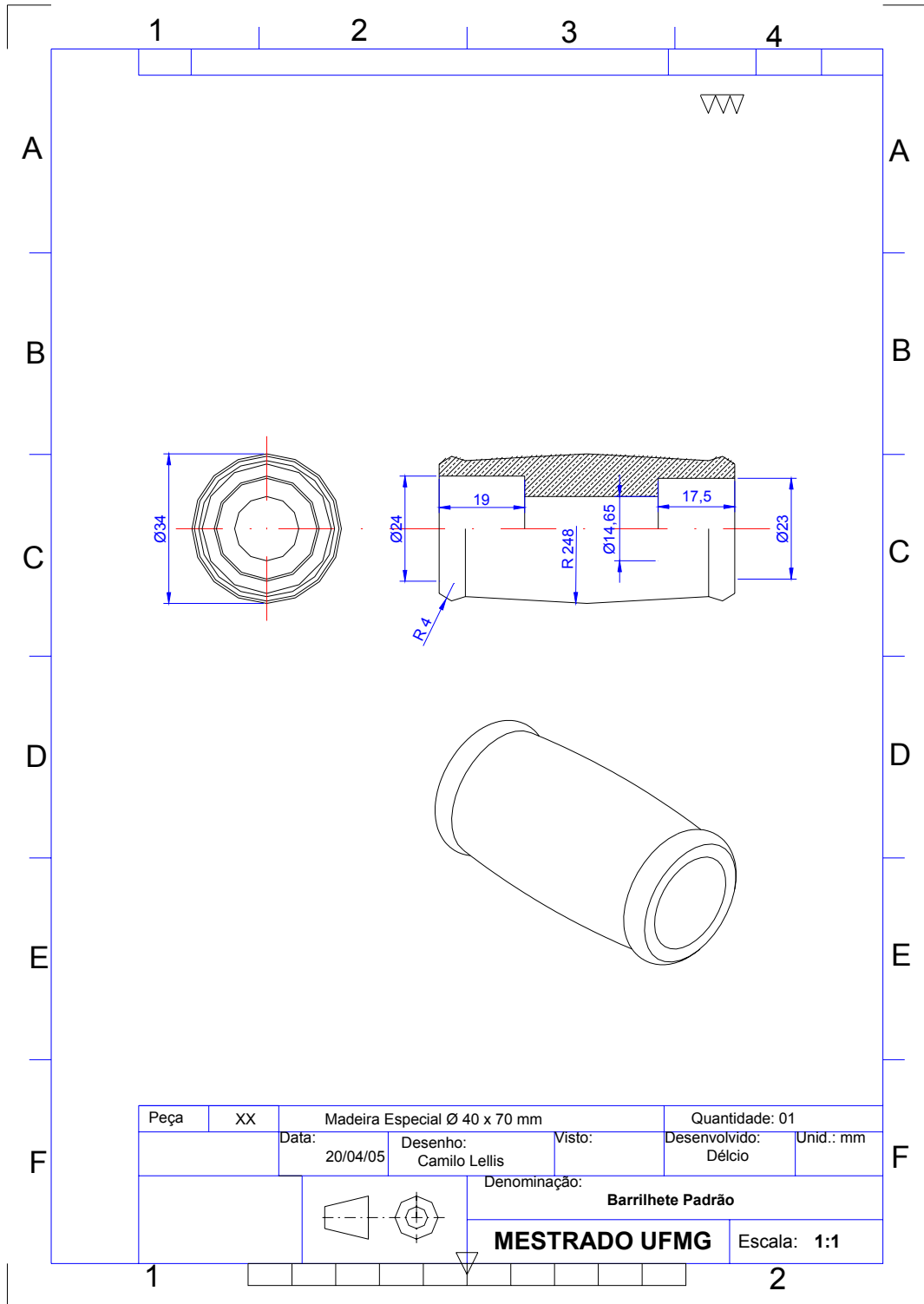
<http://www.sfoxclarinets.com/basycl_art.htm>

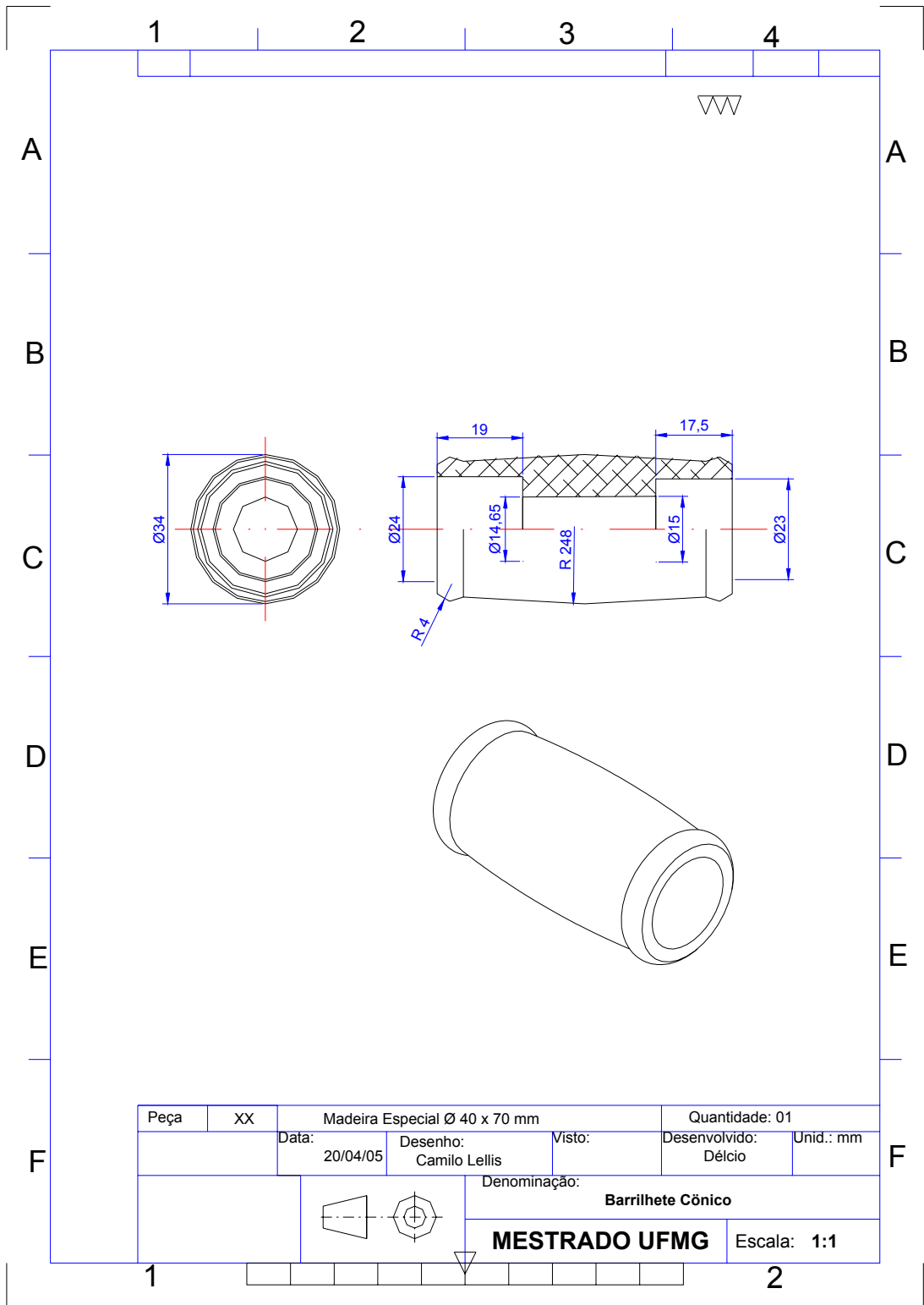
<<http://www.wfg.woodwind.org/clarinet/index.html>>

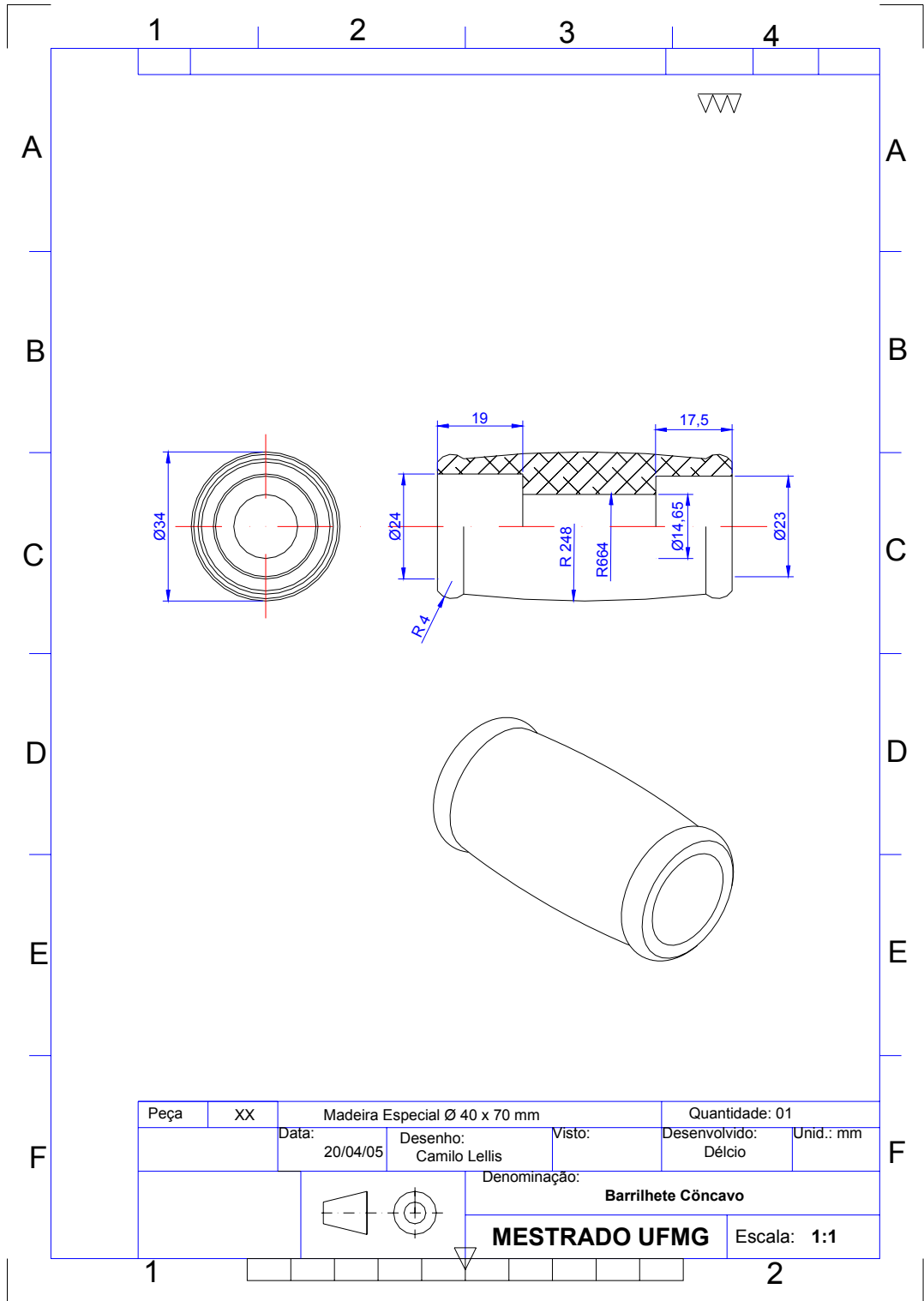
<<http://www.wurlitzerklarinetten.de/flash/home.html>>

APÊNDICE A

DESENHO DO PROJETO DOS BARRILHETES







APÊNDICE B

TABELAS DE DADOS DOS TESTES AUDITIVOS

(A = Bf; B = Cl; C = Cn e D = Cv)

		Sujeito1				Sujeito2				Sujeito3				Sujeito4			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Articulação	A	0				0				0				0			
	B	2	0			2	0			4	0			2	0		
	C	0	1	0		2	2	0		3	0	0		1	2	0	
	D	3	3	3	0	0	4	2	0	2	2	1	0	2	2	3	0
Stacatto	A	0				0				0				0			
	B	0	0			4	0			4	0			4	0		
	C	3	1	0		2	1	0		2	3	0		3	1	0	
	D	4	3	1	0	2	3	0	0	0	1	2	0	2	2	0	0
Legatto	A	0				0				0				0			
	B	2	0			0	0			2	0			3	0		
	C	3	0	0		3	3	0		2	4	0		2	1	0	
	D	2	2	3	0	4	1	1	0	2	1	1	0	2	2	2	0
Homogeneidade	A	0				0				0				0			
	B	3	0			2	0			1	0			3	0		
	C	1	3	0		4	1	0		0	2	0		1	2	0	
	D	2	1	2	0	1	3	1	0	4	2	0	0	0	4	2	0
Brilho	A	0				0				0				0			
	B	0	0			1	0			1	0			3	0		
	C	3	2	0		2	2	0		2	1	0		1	1	0	
	D	4	3	0	0	4	1	2	0	4	1	3	0	3	2	2	0
Colorido Sonoro	A	0				0				0				0			
	B	2	0			4	0			4	0			4	0		
	C	1	2	0		2	2	0		2	3	0		0	2	0	
	D	1	2	4	0	0	3	1	0	1	2	0	0	3	2	1	0
Estabilidade	A	0				0				0				0			
	B	1	0			4	0			4	0			4	0		
	C	1	2	0		2	0	0		2	3	0		1	2	0	
	D	2	3	3	0	1	2	3	0	1	1	1	0	1	3	2	0

		Sujeito5				Sujeito6				Sujeito7				Sujeito8			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Articulação	A	0				0				0				0			
	B	1	0			3	0			0	0			4	0		
	C	4	0	0		0	2	0		2	4	0		2	3	0	
	D	1	3	3	0	2	3	2	0	3	3	0	0	0	2	1	0
Stacatto	A	0				0				0				0			
	B	2	0			1	0			3	0			3	0		
	C	2	2	0		4	1	0		3	1	0		3	2	0	
	D	2	3	1	0	3	3	0	0	3	0	2	0	3	0	1	0
Legatto	A	0				0				0				0			
	B	4	0			1	0			4	0			0	0		
	C	1	2	0		4	3	0		2	2	0		3	3	0	
	D	0	3	2	0	0	3	1	0	1	2	1	0	4	2	0	0
Homogeneidade	A	0				0				0				0			
	B	3	0			4	0			3	0			1	0		
	C	2	1	0		3	0	0		2	1	0		4	2	0	
	D	0	4	2	0	2	2	1	0	2	3	1	0	2	0	3	0
Brilho	A	0				0				0				0			
	B	1	0			1	0			1	0			1	0		
	C	2	0	0		1	2	0		2	0	0		3	2	0	
	D	3	3	3	0	1	3	4	0	4	3	2	0	0	2	4	0
Colorido Sonoro	A	0				0				0				0			
	B	3	0			4	0			1	0			4	0		
	C	4	1	0		2	2	0		4	3	0		2	3	0	
	D	0	3	1	0	1	1	2	0	0	2	2	0	2	1	0	0
Estabilidade	A	0				0				0				0			
	B	2	0			2	0			3	0			1	0		
	C	2	2	0		4	2	0		3	1	0		2	1	0	
	D	4	1	1	0	3	1	0	0	0	4	1	0	4	1	3	0

		Sujeito9				Sujeito10				Sujeito11				Sujeito12			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Articulação	A	0				0				0				0			
	B	4	0			4	0			4	0			4	0		
	C	0	2	0		2	1	0		2	2	0		2	2	0	
	D	2	3	1	0	2	1	2	0	1	3	0	0	2	1	1	0
Stacatto	A	0				0				0				0			
	B	3	0			3	0			3	0			3	0		
	C	2	2	0		1	2	0		2	0	0		2	1	0	
	D	4	1	0	0	4	1	1	0	4	2	1	0	3	2	1	0
Legatto	A	0				0				0				0			
	B	2	0			2	0			0	0			2	0		
	C	3	0	0		3	2	0		3	1	0		2	0	0	
	D	4	2	1	0	3	0	2	0	4	2	2	0	3	2	3	0
Homogeneidade	A	0				0				0				0			
	B	1	0			3	0			2	0			1	0		
	C	3	0	0		2	2	0		3	1	0		0	3	0	
	D	4	2	2	0	0	3	2	0	2	2	2	0	4	3	1	0
Brilho	A	0				0				0				0			
	B	3	0			2	0			2	0			1	0		
	C	3	2	0		2	1	0		1	1	0		1	2	0	
	D	0	3	1	0	1	3	3	0	4	3	1	0	4	3	1	0
Colorido Sonoro	A	0				0				0				0			
	B	3	0			2	0			4	0			3	0		
	C	1	3	0		2	3	0		3	2	0		2	4	0	
	D	3	2	0	0	2	3	0	0	2	1	0	0	2	1	0	0
Estabilidade	A	0				0				0				0			
	B	3	0			0	0			0	0			2	0		
	C	2	1	0		2	2	0		4	2	0		1	0	0	
	D	2	1	3	0	3	1	4	0	3	1	2	0	4	3	2	0

Sujeito 1	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	1	5	4	1	2	3
	4	4	1	2	3	3	4
	4	3	4	5	3	4	2
	1	2	4	4	2	3	1
	3	3	2	2	5	4	3
	4	3	5	4	3	5	1
	1	3	5	4	2	1	1
	2	1	4	3	2	3	3
	2	2	3	4	1	2	2
	1	2	5	3	2	2	1
	3	4	3	4	3	2	4
	3	4	3	5	3	2	3

Sujeito 2	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	1	4	3	2	4	2	2
	5	5	4	4	4	2	2
	5	1	4	5	5	3	4
	5	5	1	4	5	1	4
	1	1	4	4	4	4	1
	5	4	2	3	4	4	2
	1	2	1	4	4	4	3
	1	1	3	2	1	2	3
	5	1	1	2	4	1	5
	2	2	3	1	1	1	5
	3	1	2	1	2	1	4
	4	1	2	1	4	1	5

Sujeito 3	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	3	4	4	2	3	3
	4	3	4	2	3	3	4
	4	3	5	5	3	4	1
	3	2	5	3	3	2	3
	2	1	5	5	4	4	2
	4	3	2	4	3	4	4
	3	2	4	5	3	4	4
	1	4	3	3	2	4	3
	2	3	3	4	2	3	1
	3	2	5	4	3	2	3
	3	4	1	1	3	2	3
	4	4	5	4	4	4	3

Sujeito 4	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	3	3	2	1	2	1
	1	1	4	4	1	1	2
	2	4	3	4	1	3	3
	4	2	5	4	2	5	3
	2	1	5	4	1	3	3
	3	2	4	2	1	2	2
	3	3	3	2	2	2	3
	4	3	3	2	1	2	2
	2	2	3	3	1	3	3
	4	3	3	2	2	3	5
	2	3	3	2	2	3	3
	2	3	2	3	2	3	5

Sujeito 5	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	4	3	2	1	2	1
	1	1	4	4	1	1	2
	2	4	3	3	1	3	4
	4	2	5	4	2	5	3
	2	1	5	4	1	4	2
	4	2	4	3	1	1	2
	3	2	4	2	2	2	4
	4	2	4	3	1	1	2
	2	2	3	2	1	3	5
	4	3	2	2	2	3	5
	2	3	3	3	2	2	3
	2	2	2	2	2	2	5

Sujeito 6	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	3	2	4	5	2	3	2
	2	4	1	3	3	4	4
	3	4	2	2	3	2	4
	3	2	2	4	1	5	3
	3	3	5	5	2	1	1
	2	5	3	3	3	5	4
	3	4	2	2	1	1	3
	3	2	4	5	2	1	1
	2	3	4	4	2	1	2
	4	4	3	2	4	3	4
	4	4	1	2	5	4	2
	4	3	1	3	4	3	4

Sujeito 7	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	3	4	5	1		2
	2	2	4	4	2	3	2
	4	2	3	3	3	4	1
	3	4	5	3	2	1	1
	3	1	3	2	4	5	3
	3	2	4	3	2	3	3
	3	4	2	2	3	4	2
	1	3	5	4	2	3	3
	1	2	4	3	3	4	2
	1	1	5	4	3	3	3
	3	2	3	2	3	2	3
	2	3	4	2	3	2	4

Sujeito 8	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	2	1	4	3	2	1	3
	4	3	1	1	4	3	4
	4	3	5	5	4	3	2
	1	1	5	4	1	1	2
	3	4	1	2	3	4	3
	4	4	4	4	2	3	1
	1	2	4	4	1	2	1
	2	3	4	4	2	1	3
	2	3	4	3	2	2	3
	1	2	5	5	3	2	1
	4	3	1	2	4	3	5
	3	4	4	3	4	5	3

Sujeito 9	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	3	2	4	2	1	3	3
	2	1	4	2	3	2	3
	4	3	2	3	3	2	4
	4	3	2	3	4	3	2
	2	2	5	3	1	2	3
	2	2	5	4	1	2	3
	3	2	1	2	4	4	4
	2	4	4	3	3	4	3
	4	5	1	2	4	3	3
	4	3	2	3	2	4	4
	2	4	1	1	4	3	5
	3	4	2	2	4	3	2

Sujeito 10	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	1	3	3	2	4	2	2
	5	5	4	4	4	2	2
	5	1	4	5	5	3	3
	5	5	1	3	5	2	4
	1	2	4	5	4	4	1
	5	4	2	3	4	4	2
	1	2	1	4	4	4	2
	1	1	3	3	1	3	3
	5	2	1	3	4	2	5
	2	3	3	1	1	2	5
	3	1	2	2	2	2	4
	4	1	2	2	4	1	5

Sujeito 11	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	1	4	3	4	1	2	2
	2	5	3	3	1	1	2
	1	2	5	4	1	1	1
	1	5	3	2	3	2	1
	1	4	3	3	1	2	3
	1	2	3	4	1	4	2
	1	2	3	1	1	2	1
	2	3	3	2	2	4	3
	1	5	2	3	2	2	5
	2	3	2	4	1	3	3
	2	3	4	3	2	1	2
	3	5	1	5	1	3	5

Sujeito 12	EST	HOM	CLA	BRI	LEG	STAC	ART
	1	4	4	4	1	1	2
	2	5	3	4	1	1	2
	1	1	5	4	1	1	1
	1	5	3	3	3	1	1
	1	4	4	3	1	1	3
	1	1	4	4	1	4	1
	1	1	3	1	1	1	1
	2	3	3	3	1	4	2
	1	5	1	3	1	3	5
	2	4	2	3	1	2	4
	1	3	4	3	2	1	1
	3	5	1	5	1	4	5