



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
ESCOLA DE MÚSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA

ROSA BARROS TOSSINI

A CONSTRUÇÃO DE UM CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM
IMPRESSÃO 3D:
NOVAS POSSIBILIDADES PARA A INICIAÇÃO INSTRUMENTAL

Salvador

2021

ROSA BARROS TOSSINI

**A CONSTRUÇÃO DE UM CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM
IMPRESSÃO 3D:
NOVAS POSSIBILIDADES PARA A INICIAÇÃO INSTRUMENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Música, como requisito parcial para obtenção do título de
Doutora em Educação Musical.

Orientador: Prof. Dr. Joel Luis Barbosa
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Dourado Freire

Salvador
2021

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca da Escola de Música - UFBA

T715 Tossini, Rosa Barros
A construção de um chalumeau soprano infantil em impressão
3d : novas possibilidades para a iniciação instrumental . / Rosa
Barros Tossini .- Salvador, 2021.
220 f.
Orientador: Prof. Dr. Joel Luís Barbosa.
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Dourado Freire.
– Universidade Federal da Bahia. Escola de Música, 2021.
1. Música – instrução e estudo . 2. Instrumentos de sopro . 3.
Clarinetas – instrução e estudo . I. Barbosa, Joel Luís. Freire, Ricardo
Dourado. III. Universidade Federal da Bahia

CDD: 788.6

ROSA BARROS TOSSINI

**A CONSTRUÇÃO DE UM CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM
IMPRESSÃO 3D:
NOVAS POSSIBILIDADES PARA A INICIAÇÃO INSTRUMENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Música - área de concentração: Educação Musical.

Salvador, 25 de fevereiro de 2021

Banca examinadora:

Joel Luís da Silva Barbosa – Orientador _____
Doutor em Música pela University of Washington
Universidade Federal da Bahia

Ricardo Dourado Freire – Coorientador _____
Doutor em Música pela Michigan State University
Universidade de Brasília

Amanda Muller de Castro _____
Doutora em Música pela Universidade Federal da Bahia
NEOJIBA

Ana Cristina Gama dos Santos Tourinho _____
Doutora em Música pela Universidade Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia

Pedro Robatto _____
Doutor em Música pela Universidade Federal da Bahia
Universidade Federal da Bahia

À Belinha, que esteve tão pouco tempo aqui, mas foi tão importante na vida da minha família.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Bahia (UFBA) e ao Curso de Pós-Graduação em Música, pela oportunidade. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela bolsa concedida. Ao professor Joel Luis Barbosa, pela orientação. Aos demais professores do PPG-MUS — UFBA, pelos ensinamentos ministrados ao longo das disciplinas do curso. Ao Instituto Federal de Goiás (IFG) Câmpus Formosa, pelo afastamento concedido. Aos professores da banca examinadora, pelas contribuições.



Às crianças e familiares envolvidos na pesquisa. Ao fundado projeto “Música para Crianças” — da UnB —, ao Espaço das 7 Notas e ao Centro de Desenvolvimento Musical para a Infância “Mi Fa Sol La”. Aos profissionais, colegas de profissão e áreas afins pelo apoio.



Aos amigos, pelo companheirismo. Ao meu esposo Rodrigo, por todo o apoio, pelo ombro e pelas palavras de incentivo nos dias difíceis. À minha mãe. E, os meus mais sinceros agradecimentos a todos que, de alguma maneira, contribuíram para que eu completasse mais essa etapa da vida acadêmica.

“O universal é inexistente, há sempre uma modificação, adequação ou customização que o usuário pode fazer para se apropriar de um artefato tecnológico [...]”

(CALEGARIO, 2013, p. 68)

TOSSINI, Rosa Barros. **A construção de um chalumeau soprano infantil em impressão 3D:** novas possibilidades para a iniciação instrumental. Orientador: Joel Luis Barbosa. Coorientador: Ricardo Dourado Freire. 2021. 220 f. Tese (Doutorado em Música) – Escola de Música, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

RESUMO

O presente trabalho trata de uma pesquisa no âmbito da Educação Musical, com um recorte específico na iniciação infantil da clarineta com crianças de 4 anos de idade. O objetivo foi propor parâmetros e critérios que auxiliassem no desenvolvimento de um *chalumeau* soprano, específico para a faixa etária escolhida, confeccionado por meio de manufatura aditiva. A pesquisa se justificou pela importância da música na formação educacional de crianças, assim como, nas contribuições que os instrumentos de sopros podem trazer para o desenvolvimento da motricidade orofacial infantil. O fato também, de já existirem *chalumeaux* voltados para a iniciação, porém nenhum deles, se tratar de um *chalumeau* soprano, também compôs a justificativa desta tese. A revisão de literatura se ateve principalmente a aspectos históricos do *chalumeau*, em que se encontrou fontes e autores significativos tais como Hoeprich (2008), Galpin (1937), Rice (1977), Baines (1960) e Karp (1986), que consideram que os primeiros *chalumeaux* datam de milhares de anos no Oriente Médio, estando presente na Grécia, Egito e Império Romano. O instrumento se consolida na Europa durante o período barroco e, atualmente, as técnicas de luteria permitem sua produção para serem utilizados nos mais variados contextos como, performances históricas, agrupamentos modernos, amadores ou na educação musical. Posteriormente, buscou-se conhecer mais sobre a utilização do *chalumeau* em contextos de iniciação infantil. Por sua vez, a fundamentação teórica deste trabalho está calcada na conjugação das teorias do Design Centrado no Usuário (DCU) da acústica musical, da ergonomia e da manufatura aditiva. A metodologia adotada nesta pesquisa foi de âmbito qualitativo, dividida em quatro etapas seguindo as premissas do DCU. As referidas etapas consistiram em: 1) especificação do contexto de uso, 2) especificação dos requisitos do produto, 3) produção de possíveis soluções por meio de modelos testáveis e 4) avaliação de viabilidade. Partindo dessas etapas foi possível avaliar as experiências vividas ao longo do processo e observar considerações em cada uma das fases. Como resultados, apresentam-se parâmetros e critérios que possibilitam a confecção de um *chalumeau* soprano infantil impresso em 3D. A elaboração e produção do instrumento por manufatura aditiva, ao serem incorporadas ao processo de aprendizagem, pode gerar experiências, que, além de serem acusticamente corretas, são também ergonomicamente e cognitivamente funcionais, assim como são engajadoras e atrativas. Sendo assim, a principal consideração desta pesquisa foi que, por meio do DCU e da manufatura aditiva, alunos e professores não estão mais passivos no desenvolvimento de instrumentos musicais infantis e poderão, com a adoção destas técnicas, fazer parte de todas as etapas de construção e da modificação destes instrumentos. Além disso, mostram-se possíveis, caminhos para o desenvolvimento de uma aprendizagem autoral por parte de alunos, cujo processo de construção do instrumento pode ser incluído como recurso de aprendizagem.

Palavras-chave: *Chalumeaux*, *Chalumeau* soprano infantil. Iniciação à clarineta. Iniciação instrumental infantil.

TOSSINI, Rosa Barros. **The construction of a children's soprano chalumeau in 3D preinting: new possibilities for instrumental initiation.** Thesis advisor: Joel Luis Barbosa. Thesis co-advisor: Ricardo Dourado Freire. 2021. 220 f. Thesis (Doctorate in Music) – Escola de Música, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

ABSTRACT

The present work looks after a research in the scope of Music Education, with a specific perspective on the infantile initiation of the clarinet with four-year-old children. The objective was to propose parameters and criteria that would assist in the development of a soprano chalumeau, specific to the chosen age group, made using additive manufacturing techniques. The research was justified by the importance of music in children's educational training, as well as in the contributions that wind instruments can bring to the development of children's orofacial motor skills. The fact that there are already chalumeaux aimed at initiation, but none of them, being a soprano chalumeau, also made up the justification for this thesis. The literature review focused mainly on historical aspects of the chalumeau, in which significant sources and authors were found, such as Hoeprich (2008), Galpin (1937), Rice (1977), Baines (1960) and Karp (1986), who consider that the first chalumeaux date back thousands of years in the Middle East, being present in Greece, Egypt and the Roman Empire. The instrument was consolidated in Europe during the Baroque period and, currently, the techniques of luteria allow its production to be used in the most varied contexts such as: historical performances, modern groupings, amateurs or in music education. Subsequently, we sought to learn more about the use of the chalumeau in contexts of infant initiation. In turn, the theoretical foundation of this work is based on the combination of User Centered Design (DCU), theories of musical acoustics, ergonomics and additive manufacturing. The methodology adopted in this research was qualitative, divided into four stages following the premises of DCU. These steps consisted of: 1) specification of use context, 2) specification of product requirements, 3) production of possible solutions through testable models, and 4) feasibility assessment. Based on these steps, it was possible to evaluate the experiences lived throughout the process and observe considerations in each of the phases. As results, parameters and criteria that make it possible to make a children's soprano chalumeau printed in 3D are presented. The elaboration and production of the instrument by additive manufacture, when incorporated into the learning process, can generate experiences, which, besides being acoustically correct, are also ergonomically and cognitively functional, as well as being engaging and attractive. Thus, the main consideration of this research was that, through DCU and additive manufacturing, students and teachers are no longer passive in the development of children's musical instruments and may, with the adoption of these techniques, be part of all stages of construction and the modification of these instruments. In addition, ways to develop authorial learning by students are shown to be possible, in which the process of building the instrument can be included as a learning resource.

Keywords: Chalumeaux, Children's soprano chalumeau. Initiation to clarinet. Children's instrumental initiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Clarineo	28	Figura 2	Saxonette, Venova e Dood	
	33	Figura 3	<i>Chalmeaux</i> das marcas Tapian, Olive Wood e Hanson		
			33	Figura 4	Drone da <i>musette</i>
	40	Figura 5	<i>Chalumeaux</i> e palheta para <i>cornemuse</i> , de <i>Harmonie Universelle</i> , M. Mersenn (1636)		
	42	Figura 6	<i>Gran chaluemeau</i> e <i>petit chalumeau</i> da <i>musette</i> francesa		
			43	Figura 7	Zampogne
			44	Figura 8	Modelo de <i>Wildurf</i>
	45	Figura 9	Apito que imita som de marreco com sistema de palheta simples		
			46	Figura 10	<i>Ciufolo del Villano</i>
	47	Figura 11	<i>Chalumeau</i> com mesa da boquilha alinhada à parte frontal do instrumento		
	50	Figura 12	Trecho do concerto para <i>chalumeau</i> de J. F. Fasch		
			52	Figura 13	<i>Xaphoonn</i>
			56	Figura 14	<i>Miniclarret</i>
			57	Figura 15	<i>Woodi Chalumeau WCL 71</i>
			58	Figura 16	<i>Saxonette</i>
	59	Figura 17	<i>Schule for Kinderklarinetten, Chalumeau und Saxonett e Voggy's SaxonettSchule</i>		
			60	Figura 18	<i>Dood</i>
			61	Figura 19	Ebook – <i>Dood</i>
			62	Figura 20	<i>Vedova</i>
			63	Figura 21	Método do Venova
			63	Figura 22	Hanson <i>Chalumeau</i>
			64	Figura 23	<i>Chalumeau Tupian</i>
			65	Figura 24	Métodos para os <i>chalumeaux</i> da Tupian
	65	Figura 25	Etapas do DCU aplicado ao design centrado na criança		
			69	Figura 26	Comprimento da Onda
			73	Figura 27	Amplitude e comprimento de onda
			73	Figura 28	Sistema de barra sonora batente flexível
			75	Figura 29	Onda estacionária
			79	Figura 30	Pontos ventrais e pontos nodais
	80	Figura 31	Configuração de onda estacionária em um tubo aberto e respectivas		

equações	81	Figura 32	Configuração de onda estacionária em um tubo fechado e respectivas
equações	82	Figura 33	Funções do sistema esquelético – sustentação, proteção e auxílio ao
movimento	85	Figura 34	Funções do sistema muscular – produzir movimentos, estabilizar posições, armazenar e mover substâncias e produzir
calor	87	Figura 35	Proporções corporais conforme faixa etária
	88	Figura 36	Vista anterior dos ossos da face
	92	Figura 37	Representação anterior dos músculos da face
	93	Figura 38	Pontos antropométricos da face
	95	Figura 39	Representação óssea da mão humana
	97	Figura 40	Representação muscular das mãos
	98	Figura 41	Largura da palma da mão
	100	Figura 42	Largura dos dedos
	100	Figura 43	Medida do comprimento dos dedos
101	Figura 44		Parâmetros para medidas das mãos de crianças entre 2 e 6 anos
	102	Figura 45	Figura em STL
	106	Figura 46	A 5 fases da Etapa 1
	111	Figura 47	Contextualização do objeto
	114	Figura 48	Contextualização dos participantes
116	Figura 49		Modelo de diagrama para identificação de requisitos e
restrições	119	Figura 50	As duas fases da Etapa 2
	119	Figura 51	As três fases da Etapa 3
	123	Figura 52	As quatro fases da Etapa 4
	126	Figura 53	Numeração dos furos do <i>chalumeau</i>
	136	Figura 54	<i>Chalumeau</i> com as chaves retiradas
	138	Figura 55	Crianças tocando <i>Dood</i> e <i>Chalumeau</i>
141	Figura 56		Crianças participando das atividades de “brincadeiras de soprar”
142	Figura 57		Formato do tubo e furos do <i>chalumeau</i> soprano Devon & Burgani
148	Figura 58		Furos diametralmente opostos acionados por chaves
	148	Figura 59	Medidas dos furos da parte frontal
	149	Figura 60	Medida dos furos da parte posterior
150	Figura 61		<i>Chalumeau</i> com tipos diferentes de abraçadeira para pesagem
	152	Figura 62	Medidas externas das boquilhas

154	Figura 63	Crianças tocando chalumeau soprano com boquilha de <i>dood</i>
156	Figura 64	Imagem do aplicativo Oscope da captação das ondas sonoras utilizando abraçadeira de tecido e abraçadeira de borracha
157	Figura 65	Posicionamento da mão direita no <i>chalumeau</i> soprano Devon & Burgani
158	Figura 66	Inclusão de apoio de polegar no chalumeau soprano Devon & Burgani
159	Figura 67	Digitação do <i>chalumeau</i> soprano na primeira oitava
163	Figura 68	Digitação do <i>chalumeau</i> soprano na primeira oitava 2
164	Figura 69	Digitação do <i>chalumeau</i> soprano na primeira oitava
165	Figura 70	<i>Chalumeau</i> soprano com furos duplos
166	Figura 71	Protótipo de <i>chalumeau</i> soprano infantil
167	Figura 72	Participante colocando a abraçadeira
169	Figura 73	Crianças experimentando posição de mãos variadas no <i>chalumeau</i>
170	Figura 74	Melodias elaboradas para as sessões experimentais com o grupo 2
171	Figura 75	Melodias elaboradas para as sessões experimentais com o grupo 2
171	Figura 76	Primeiro modelo virtual do <i>chalumeau</i> soprano infantil
180	Figura 77	Segundo modelo virtual do <i>chalumeau</i> soprano infantil com anel de suporte para as chaves
180	Figura 78	Primeira versão impressa do <i>chalumeau</i> soprano infantil
181	Figura 79	Processo de impressão do segundo <i>chalumeau</i> soprano infantil
182	Figura 80	Segundo <i>chalumeau</i> soprano infantil impresso com chave
183	Figura 81	<i>Chalumeau</i> impresso com furos superiores fechados com parafina
185	Figura 82	Resultados de projeção sonora das notas si4, do#5 e mib5 do <i>chalumeau</i> protótipo
186	Figura 83	Resultados de projeção sonora das notas si4, do#5 e mib5 do <i>chalumeau</i> impresso
187	Figura 84	Furos diametralmente opostos
189	Figura 85	Medidas dos furos da parte frontal dos <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso
190	Figura 86	Medida dos furos da parte posterior dos <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso
190		

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Média das medidas antropométricas orofaciais do estudo da pesquisa de Bossle <i>et al.</i> (2015)	95
Tabela 2	Medidas antropométricas orofaciais segundo a faixa etária (média + desvio padrão)	96
Tabela 3	Resultados de estudo antropométrico de crianças	103
Tabela 4	Ondas estacionárias com furos abertos	137
Tabela 5	Ondas estacionárias com os furos fechados	138
Tabela 6	Diâmetro do chalumeau soprano comparado ao diâmetro da posição de círculo das mãos das crianças	144
Tabela 7	Medidas antropométricas da face em relação às medidas da boquilha do <i>chalumeau</i> soprano	145
Tabela 8	Medidas do tubo do <i>chalumeau</i>	146
Tabela 9	Peso dos <i>chalumeaux</i> sem boquilha	150
Tabela 10	Peso do <i>chalumeau</i> referência com boquilha	150
Tabela 11	Peso do <i>chalumeau</i> referência com boquilha e abraçadeira	151
Tabela 12	Medidas externas da boquilha	153
Tabela 13	Medidas externas das boquilhas de <i>chalumeau</i> e <i>dood</i>	154
Tabela 14	Medidas das abraçadeiras	155
Tabela 15	Distância entre o pé e o apoio do polegar inserido no <i>chalumeau</i> soprano	158
Tabela 16	Medidas do tubo dos <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso	188
Tabela 17	Peso dos <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso sem boquilha	190
Tabela 18	Peso do <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso com boquilha	190
Tabela 19	Peso do <i>chalumeaux</i> protótipo e impresso com boquilha e abraçadeira	191

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Modelo de relatório de prototipação	121
Quadro 2	Modelo relatório de caso para teste de usabilidade	124
Quadro 3	9 dimensões de análise autoetnográfica	130
Quadro 4	7 requisitos para discriminação das características organológicas do <i>chalumeau</i> soprano Devon & Burgani	146
Quadro 5	Resultados dos relatórios de prototipação	172
Quadro 6	Resultados dos relatórios de prototipação	172
Quadro 7	8 aspectos relacionados ao relatório de usabilidade	174
Quadro 8	5 tópicos remanescentes para análise da autoetnografia II	183

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Frequência fundamental (f_1)	76
Equação 2	Tubos abertos	77
Equação 3	Tubos fechados	78
Equação 4	Frequência dos harmônicos	82
Equação 5	Frequência elementar dos tubos	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva de crescimento de diferentes partes e tecidos do corpo

89

LISTA DE ABREVIATURAS

UnB	Universidade de Brasília
CDMI	Centro de Desenvolvimento Musical para Infância Mi Fa Sol La
DCU	Design Centrado no Usuário
STL	Standard Triangle Language

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	22
1. INTRODUÇÃO	24
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	26
1.2 JUSTIFICATIVA	30
1.3 OBJETIVOS	34
1.4 ESTRUTURA DA TESE	35
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	36
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	36
2.1.1 Organologia	37
2.1.2 Chalumeau – aspectos históricos	39
2.1.3 Utilização do <i>chalumeau</i> na iniciação infantil	53
2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	66
2.2.1 Design Centrado no Usuário	67
2.2.2 Acústica musical	71
2.2.2.1 <i>O som e a sensação sonora</i>	71
2.2.2.2 <i>Corpos e fontes sonoras</i>	74
2.2.2.2.1 Barras sonoras	74
2.2.2.2.2 Tubos sonoros	76
2.2.2.2.3 Tubos cilíndricos	78
2.2.2.3 <i>Ondas estacionárias e harmônicos</i>	79
2.3.1 Ergonomia	83
2.3.2 Ergonomia física	85
2.3.2.1 <i>Sistema esquelético</i>	85
2.3.2.2 <i>Músculos</i>	86
2.3.2.3 <i>Biomecânica</i>	87
2.3.2.3.1 Antropometria	90
2.3.2.3.2 Antropometria da face	91
2.3.2.3.3 Antropometria das mãos	96
2.4 MANUFATURA ADITIVA – IMPRESSÃO 3D	104
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	107
3.1 DESENHO DA PESQUISA	108
3.1.1 Etapas e procedimentos de coleta de informações	110

3.1.1.1	<i>Etapa 1 – especificação do contexto de uso</i>	111
3.1.1.1.1	Revisão Bibliográfica	112
3.1.1.1.2	Estudo Etnográfico – Autoetnografia 1	112
3.1.1.1.3	Contextualização do objeto	113
3.1.1.1.4	Contextualização dos participantes	114
3.1.1.1.5	Normas e procedimentos éticos envolvidos na condução da pesquisa	116
3.1.1.1.6	Sessões experimentais I - alunos de Dood	117
3.1.1.2	<i>Etapa 2 - especificação dos requisitos do produto</i>	118
3.1.1.3	<i>Etapa 3 – criação de modelos testáveis – prototipação</i>	120
3.1.1.3.1	Sessões experimentais II – testes com protótipos – 2 grupos	122
3.1.1.2	<i>Etapa 4 - avaliação de viabilidade</i>	123
3.1.1.2.1	Estudo etnográfico – Autoetnografia II	125
3.1.2	Equipamentos e ferramentas utilizados na coleta de informações	125
3.2	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISES, INTERPRETAÇÃO E TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES COLETADAS	127
3.2.1	Análise de tarefa	127
3.2.2	Análise contextual	127
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	129
4.1	ETAPA 1 - ESPECIFICAÇÃO DO CONTEXTO DE USO	130
4.1.1	Fase 1 - Revisão Bibliográfica	129
4.1.2	Fase 2 – Autoetnografia I	129
4.1.2.1	<i>Funcionamento técnico-mecânico</i>	131
4.1.2.2	<i>Testes com diferentes palhetas e abraçadeiras</i>	131
4.1.2.3	<i>Digitação</i>	132
4.1.2.4	<i>Afinação</i>	132
4.1.2.5	<i>Sonoridade</i>	133
4.1.2.6	<i>Articulação</i>	133
4.1.2.7	<i>Expressividade</i>	133
4.1.2.8	<i>Repertório</i>	134
4.1.2.9	<i>Possibilidades criativas</i>	134
4.1.3	Fase 3 – Contextualização do objeto	134
4.1.3.1.	<i>Descrição física-acústica</i>	135
4.1.3.2	<i>Preponderância de harmônicos ímpares</i>	136
4.1.3.2.1	Verificação da extensão do instrumento	137

4.1.3.2.2	Semelhança com o funcionamento da clarineta	139
4.1.4	Fase 4 - Reconhecimento ergonômico	139
4.1.5	Fase 5 - Sessões experimentais I - alunos de Dood	139
4.2	Etapa 2 - especificação dos requisitos do produto	144
4.2.1	Fase 1 - Triangulação entre os resultados do reconhecimento acústico e ergonômico	143
4.2.1.1	<i>Comparação entre o diâmetro do tubo do chalumeau e o diâmetro das mãos das crianças</i>	144
4.2.1.1.1	Medidas antropométricas da face em relação às medidas da boquilha	145
4.2.2	Fase 2 - Discriminação de características organológicas do chalumeau soprano Devon & Burgani	145
4.2.2.1	<i>Tamanho</i>	147
4.2.2.2	<i>Peso</i>	150
4.2.2.3	<i>Pressão de ar</i>	153
4.2.2.4	<i>Abraçadeiras</i>	156
4.2.2.5	<i>Apoio do polegar</i>	157
4.2.2.6	<i>Força e material da palheta</i>	160
4.2.2.7	<i>Digitação</i>	162
4.3	ETAPA 3 – CRIAÇÃO DE MODELOS TESTÁVEIS	167
4.3.1	Fase 1 - Elaboração de protótipo	166
4.3.2	FASE 2 - Testes com usuários	167
4.3.2.1	<i>Grupo 1</i>	168
4.3.2.2	<i>Grupo 2</i>	169
4.3.3	Fase 3 - Relatório de prototipação	171
4.4	ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE	174
4.4.1	Fase 1 - Avaliação dos protótipos – teste usabilidade	173
4.4.1.1	<i>Tocar com três apoios</i>	175
4.4.1.2	<i>Emissão de som</i>	176
4.4.1.3	<i>Digitação da mão esquerda</i>	176
4.4.1.4	<i>Digitação da mão direita</i>	176
4.4.1.5	<i>Execução de pequenas melodias</i>	177
4.4.1.6	<i>Articulação</i>	177
4.4.1.7	<i>Utilização das chaves</i>	178
4.4.2	Fase 2 - modelagem e impressão 3D	178

4.4.2.1	<i>Autoetnografia II</i>	184
4.4.2.1.1	Funcionamento técnico-mecânico	185
4.4.2.1.2	Digitação	185
4.4.2.1.3	Afinação	186
4.4.2.1.4	Sonoridade	186
4.4.2.1.5	Possibilidades criativas	187
4.4.3	Fase 3 - Descrição física-acústica II	186
4.4.3.1	<i>Discriminação de características organológicas do chalumeau infantil impresso</i>	188
4.4.3.1.1	Tamanho	189
4.4.3.1.2	Peso	191
4.4	DISCUSSÃO	193
5.	CONCLUSÃO	195
	REFERÊNCIAS	202

APRESENTAÇÃO

Os interesses e motivações pela presente pesquisa surgiram há muitos anos. Minha formação aconteceu na Universidade Estadual Paulista — UNESP, sob orientação do professor Sérgio Burgani, no curso de bacharelado em clarineta, que é reconhecidamente voltado para o aperfeiçoamento da performance. Contudo, sempre houve, de minha parte, um interesse genuíno pelas aulas de clarineta, especialmente no âmbito da iniciação. Por essa razão, minha carreira profissional, desde o início, trilhou caminhos na direção da educação musical, mas sem nunca perder o foco na execução da clarineta. Adoro tocar e não compreendo os professores de música que se distanciam do fazer musical.

Dessa forma, com o passar dos anos, ao perceber minha afinidade e interesse em trabalhar com a iniciação da clarineta e a existência de uma possível lacuna frente a outros instrumentos — em se tratando da iniciação infantil — interessei-me em trabalhar com esse tema. A dificuldade com o tamanho da clarineta, geralmente enfrentada pelo público infantil sempre me frustrava. Não me conformava em ver que, em relação outros instrumentos havia um interesse em desenvolver materiais didáticos e adaptações específicas para crianças, enquanto, na clarineta, isso não acontecia. Anos depois, quando tive contato com um Clarineo, fiquei feliz e triste ao mesmo tempo. Muito feliz por saber que havia um instrumento acessível para o público infantil e triste por ter consciência de que este instrumento, em razão do alto custo, não estaria disponível para a grande maioria das crianças brasileiras.

Assim, após muitos anos de trabalho em São Paulo, decidi realizar o curso de mestrado na Universidade de Brasília - UnB, sob orientação do professor Ricardo Dourado Freire. Durante esse período, compreendi que não se tratava apenas de tentar desenvolver caminhos pedagógicos para que crianças aprendessem clarineta, ou de tentar viabilizar acesso aos instrumentos infantis. Tratava-se de aproveitar as características e particularidades relacionadas à forma como acontece a iniciação nesse instrumento. Pude constatar com os profissionais com quem tive contato ao longo da minha trajetória, que a capacidade de improviso que professores e alunos vivenciam todos os dias nos seus cotidianos musicais é uma das características presentes na iniciação de instrumentos de sopro, sendo possivelmente essa uma característica do ensino de clarinete no país. Resolver eventuais problemas de instrumentos sem manutenção, escrever partes facilitadas para incluir alunos mais iniciantes, dar um jeitinho aqui e ali, ou seja, a criatividade estava presente o tempo todo e acabava tornando-se um diferencial. Assim

motivada por essas observações, realizei no mestrado, pesquisa sobre o papel da improvisação na aprendizagem infantil da clarineta.

Foi muito gratificante perceber que aquela qualidade de buscar soluções, tão presente no dia a dia de bandas e projetos sociais, também aparecia de forma concreta na aprendizagem das crianças. Foi lindo ver que, ao utilizar a imaginação em improvisações, o processo de aprendizado da clarineta acontecia de forma integral e divertida. Assim, não poderia ser de outro modo nessa nova empreitada acadêmica — a criatividade aparece de novo, mas de uma forma totalmente diferente: na possibilidade de projetar e confeccionar um *chalumeau* soprano infantil com a participação direta das crianças. Tudo junto: projeto, testes, elaboração do instrumento e aprendizagem musical fazendo parte do mesmo processo. Foi muito desafiador, mas foi uma delícia!

1. INTRODUÇÃO

A presente tese trata de uma pesquisa no âmbito da Educação Musical, relacionada à pedagogia da clarineta, a partir um recorte específico na iniciação infantil com crianças de quatro anos de idade. O tema da tese vincula-se ao uso do *chalumeau* soprano — instrumento de palheta simples do período Barroco — como facilitador no processo de iniciação à clarineta e está voltado para a possibilidade de produzir este instrumento por meio da manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D.

O trabalho pretende mostrar como a produção do *chalumeau* (*chalumeau* – singular, *chalumeaux* – plural) pode contribuir como um recurso pedagógico na iniciação infantil, com perspectivas à ampliação das possibilidades da aprendizagem infantil da clarineta.

A proposta do trabalho surgiu a partir de pesquisas anteriores realizadas por Joel Barbosa, professor da Escola de Música da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Um dos objetivos de suas pesquisas foi conceber premissas teóricas para uma possível reconstrução de instrumentos históricos, com adaptações que permitissem serem tocados em formações musicais modernas. Partindo dessas premissas, foi pesquisada a confecção de *chalumeaux* adaptados para as necessidades atuais, considerando aspectos dos conjuntos instrumentais modernos e das salas de concertos (informação verbal¹).

Os principais ajustes realizados na confecção desses instrumentos foram a afinação e a projeção sonora. No que se refere à afinação, foi alterado o padrão de 415hz para o La3, utilizada nas réplicas dos instrumentos históricos do período Barroco, para os padrões atuais, que empregam 440/442hz para a mesma nota. Em relação à projeção sonora (volume de som), foram realizadas alterações no tubo e na posição dos furos, buscando, contudo, perder o mínimo das características tímbricas e organológicas próprias do instrumento. O processo de confecção dos *chalumeaux* se deu na fábrica brasileira de clarinetas Devon & Burgani, sendo realizado pelo luthier Odivan Santana e pelos clarinetistas Daniel Oliveira, Sérgio Burgani e Joel Barbosa (informação verbal²).

O resultado do trabalho das pesquisas do professor Joel Barbosa apresenta achados significativos, pois foram confeccionadas *chalumeaux* modernos a partir de modelos históricos, que podem ser tocados com agrupações musicais variadas de instrumentos. Foram construídos *chalumeaux* soprano, contralto e tenor. Dentre as principais transformações efetuadas em

¹ Informações fornecidas pelo professor Joel Luis Barbosa em março de 2017.

² Informações fornecidas pelo professor Joel Luis Barbosa em março de 2017.

relação aos instrumentos históricos, estão o uso de boquilhas de resina independentes do corpo do instrumento para aumentar a projeção e ajustes nas câmaras dos instrumentos, e, por consequência, obter a afinação do Lá³ igual à 440/442hz. Nos instrumentos históricos, a boquilha e a parte superior do instrumento, contendo as duas únicas chaves, formam um corpo só (KNIGHT, 2015).

Desde 2019, os *chalumeaux* modernos têm sido usados em recitais, concertos e óperas em um movimento artístico que realiza um renascimento do repertório composto para estes instrumentos no Brasil. Entre as performances realizadas, destacam-se as execuções, incluindo suas *premières* nacionais com *chalumeaux*, do Concerto em Ré menor para dois *chalumeaux*, de Georg P. Telemann (1681-1767), e do Concerto em Si bemol para *chalumeau* soprano, de Johann F. Fasch (1688-1758), com as orquestras sinfônicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Municipal de Americana, além da ópera *Juditha Triumphans* (1716), de Antonio Vivaldi (1678–1741), com a Orquestra do Teatro São Pedro, na cidade de São Paulo (informação verbal³).

Dessa forma, almejou-se ampliar a divulgação e o acesso aos *chalumeaux*, tanto para clarinetistas profissionais como para estudantes que não são, necessariamente, especialistas. O intuito foi possibilitar que esses instrumentos servissem para o estudo da performance e do repertório originalmente escrito, permitindo, assim, uma maior compreensão não só da evolução organológica da clarineta, mas também dos processos históricos pelos quais passaram seu repertório, a interpretação e a técnica para tocá-la.

Sendo assim, com a possibilidade de usar os *chalumeaux* em grupos modernos, a presente pesquisa tenta ampliar ainda mais as opções e modalidades de utilização daqueles, em especial, do *chalumeau* soprano, investigando a possibilidade de sua utilização em processos de educação musical infantil por meio da confecção de um instrumento através da manufatura aditiva.

Segundo Anderson (2012), a manufatura aditiva, conhecida também como impressão 3D, pode confeccionar objetos sólidos em três dimensões a partir de um desenho no computador. O objeto é construído com a adição de material fundido, camada por camada. Trata-se de uma espécie de “microfábrica” que pode permitir a criação de produtos personalizados por um menor custo, menor desperdício de matéria-prima e pouca mão de obra. Além disso na manufatura aditiva não há limites para a elaboração de formas, diferentemente

³ Informações fornecidas pelo professor Joel Luis Barbosa em setembro de 2019.

dos processos de usinagem tradicionais, cujas dimensões ficam limitadas ao funcionamento, tamanho e formato das máquinas e ferramentas utilizadas no processo de produção.

Nessa perspectiva, tendo em vista que o *chaluveau* tem como uma de suas possíveis origens a flauta de bisel (flauta doce) que é amplamente utilizada como instrumento em classes de musicalização infantil, podendo, inclusive, ser confeccionada em plástico, supõe-se que um instrumento de palheta simples também possa ser experimentado com essa finalidade.

Logo, o que esta pesquisa pondera é saber quais resultados podem ser obtidos no emprego de um *chaluveau* soprano confeccionado por meio de manufatura aditiva como um instrumento de iniciação para crianças de 4 anos de idade.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A tentativa de descobrir novas concepções ou paradigmas nos processos de aprendizagem inicial da clarineta são os fatores preponderantes que conduzem à realização dessa pesquisa. O início dessa aprendizagem se dá, geralmente, a partir dos 9 ou 10 anos de idade, dependendo do desenvolvimento corporal de cada criança. A clarineta soprano Bb levanta alguns problemas na sua utilização com crianças da primeira infância, em idade pré-escolar. Vale ressaltar que se entende o período de vida que vai da gestação até os 6 anos de idade como primeira infância, sendo dividida em duas fases: do zero aos 3 anos e dos 4 aos 6 anos, este último entendido como idade pré-escolar (BRASIL, 2016).

Na maior parte das vezes, essas crianças, em idade pré-escolar, ainda não estão fisicamente desenvolvidas para enfrentar as dificuldades impostas por este instrumento, que é pouco ou nada compatível às características anatômicas infantis. Os furos largos, o peso — com cerca de 800 gramas — e a necessidade de grande pressão na coluna de ar para emissão de som dificultam muito a iniciação do instrumento nessa idade (MACHADO, 2017).

Segundo Machado (2017), um considerável número de alunos em faixa etária inferior a nove anos, ao tentar principiar a aprendizagem da clarineta, não reúne as características físicas mínimas necessárias para suportar o peso e o tamanho do instrumento. Nessa mesma linha de raciocínio, Pinto (2014) relata que:

À imagem do que acontece com outros instrumentos, também no que respeita ao clarinete já existem estratégias a utilizar com crianças em nível de iniciação (dos 6 aos 9 anos de idade) que principiam a aprendizagem instrumental, mas que ainda não reúnem as características físicas mínimas e necessárias para suportar o peso do instrumento standard1 (PINTO, 2014, p. 8).

Nesse contexto, Capitão (2017) observa:

Há vários fatores que condicionam a iniciação ao instrumento, nomeadamente: condicionantes físicas e condicionantes cognitivas. As condicionantes físicas estão relacionadas com o tamanho, o peso, a disposição das chaves, a disposição e diâmetro dos orifícios e da difícil emissão de som do clarinete, na aprendizagem do instrumento por crianças pequenas. As condicionantes cognitivas estão relacionadas com a aptidão musical e a motivação de cada aluno (CAPITÃO, 2017, p. 1).

Todavia, a preocupação com os cuidados na iniciação à clarineta, na primeira infância, não se trata de um fato novo. Segundo Alamoto Talavera (2012), no sistema de educação musical do Equador, as crianças entram no curso de clarineta a partir dos 6 anos de idade, porém, nos três primeiros semestres frequentam apenas aulas de teoria. Aos 7 anos e meio, as crianças podem frequentar aulas de instrumento. No entanto, não faz há menção sobre como lidar com o tamanho e peso do instrumento, tampouco sobre o uso de instrumentos de tamanhos reduzidos ou adaptados. Ainda segundo Alamoto Talavera (2012), os alunos de clarineta se sentem desmotivados apenas por não terem contato com repertório equatoriano, desconsiderando o desconforto físico como um fator condicionante para o desestímulo.

Diferentemente de Alamoto Talavera (2012), os pesquisadores portugueses Martins (2012), Pinto (2014) e Capitão (2017) dedicaram-se aos aspectos físicos da iniciação da clarineta. Martins (2012) pesquisou instrumentos de dimensões reduzidas e Pinto (2014) investigou a utilização do Clarineo com crianças a partir dos 6 anos.

No trabalho de Martins (2012), o enfoque esteve no uso da flauta de bisel (flauta doce), clarineta Eb (requinta) e clarineta em C. Sobre o uso da flauta doce, o autor relata que a maioria dos professores que participaram de sua pesquisa não demonstraram familiaridade com o instrumento e também relatou uma dificuldade na transição da flauta para a clarineta. Já no que se refere ao uso da requinta, os resultados do trabalho de Martins (2012) mostraram que, apesar do tamanho reduzido, a pressão de ar tão excessiva quanto necessária para a emissão de som inviabiliza o uso desse instrumento como um recurso de iniciação infantil. Por fim, a clarineta em C foi o instrumento que demonstrou resultados melhores na iniciação infantil, pois seu tamanho reduzido e o fato de não ser um instrumento transpositor como a clarineta Bb facilitaram o processo de iniciação.

Tendo em vista que a clarineta em C poderia ser uma boa alternativa para a iniciação infantil da clarineta, o trabalho de Pinto (2013) utilizando o Clarineo – espécie de clarineta feita de plástico em C, confeccionada especificamente para crianças – traz considerações relevantes. Para Pinto (2014):

O Clarinéio surge como outro instrumento com a mesma finalidade de oferecer novas possibilidades para a iniciação do clarinete em idades precoces. Este instrumento foi desenvolvido por Graham Lyons, reconhecido clarinetista e pedagogo inglês nascido em 1936. Dedicou grande parte da sua vida ao ensino do clarinete a principiantes muito jovens, deparando-se com as dificuldades referidas anteriormente, colocadas pelo clarinete à maioria das crianças que o praticam. Assim, Lyons em conjunto com uma equipa de engenheiros e de alguns músicos desenharam e patentearam o clarinéio, de forma a combater estas complexidades encontradas por professores e alunos no ensino e na aprendizagem do clarinete. É um instrumento mais pequeno que o clarinete standard, construído em plástico, incluindo as chaves que no clarinete convencional são fabricadas em metal, tornando-o, assim, muito mais leve, com um peso de 250 gramas (menos 600 gramas que o clarinete soprano em Sib) e tecnicamente mais fácil de executar (PINTO, 2014, p.16).

Além do peso e do tamanho, Pinto (2014) considera que:

A iniciação não precisa de ser adiada por não ser possível segurar o instrumento, usando somente o apoio da mão direita. Os dedos podem fechar todos os orifícios, assim como os dedos mínimos podem alcançar as respectivas chaves com facilidade. Em segundo lugar, o clarinéio “é praticamente à prova de criança”. O corpo do instrumento é fabricado com materiais resistentes, (ABS e Delrin) de alta durabilidade, podendo aguentar temperaturas extremas. As sapatilhas são em borracha e à prova de água (PINTO, 2014, p.16).

Figura 1 — Clarineo



Fonte: Pinterest (2020).

Nessa perspectiva, percebeu-se que é fundamental que as crianças estejam motivadas com o instrumento que estão aprendendo. Dessa forma, os trabalhos de Martins (2012), Pinto

(2014) e Capitão (2017) tem notória importância para a presente tese, posto que, estes autores obtiveram êxito nos resultados de suas investigações sobre a utilização de instrumentos adaptados especificamente para crianças.

Ao aprofundar estudos concernentes à iniciação da clarineta, surgiu também o interesse em saber como acontecia o processo de aprendizagem infantil em outros instrumentos. Foi observado que alguns instrumentos possuem parâmetros para a iniciação infantil mais consolidados, como, por exemplo, piano, violão, violino, violoncelo e flauta transversal. Nesses últimos, há metodologias fundamentadas, disponibilidade de materiais didáticos, e, nos casos da flauta, do violão, do violoncelo e do violino, estão disponíveis instrumentos de dimensões reduzidas e adaptados para a iniciação infantil (SUZUKI, 1994).

Paradoxalmente, alguns dos instrumentistas virtuosos com maior reconhecimento no âmbito mundial são aqueles que iniciaram seus estudos ainda crianças. Ao acessar as biografias disponíveis de alguns desses músicos em suas respectivas páginas oficiais na internet, percebe-se que estes músicos iniciaram seus estudos antes dos 10 anos de idade, como é o caso do pianista brasileiro Pablo Rossi⁴, que ganhou seu primeiro concurso de piano aos 7 anos; o violinista americano Yehudi Menuhin⁵ realizou sua primeira apresentação pública também aos sete anos, e o flautista suíço Emmanuel Pahud⁶ teve seus primeiros contatos com a flauta ainda mais cedo — aos 4 anos.

No caso da clarineta, um instrumentista bastante conhecido é o suíço Martin Frost⁷, que começou seus estudos aos cinco anos no violino e, aos oito, passou para clarineta. Outro caso é o clarinetista britânico Julian Bliss⁸, que iniciou na clarineta mais cedo que o usual, aos quatro anos. Na época, tocava com o instrumento *Lyons C Clarinet*, clarinete desenhado para crianças, conhecido atualmente como Clarineo da empresa britânica Nuvo Instrumental — conforme já citado anteriormente.

Obviamente, há um conjunto de fatores a serem pesquisados, como aspectos sociais, culturais e econômicos, que, provavelmente combinados, favoreceram o desenvolvimento desses instrumentistas virtuosos. Contudo, chama a atenção o fato de que todos eles iniciaram seus estudos musicais em tenra idade.

⁴ Página oficial de Pablo Rossi. Disponível em: <<http://pablorossi.com.br/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

⁵ Página oficial de Yehudi Menuhin. Disponível em: <<https://www.menuhin.org/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

⁶ Página oficial de Emmanuel Pahud. Disponível em: <<http://www.emmanuelpahud.net/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

⁷ Página oficial de Martin Frost. Disponível em: <<https://www.martinfrost.se/biography/>>. Acesso em: 14 out. 2019.

⁸ Página oficial de Julian Bliss. Disponível em: <<https://www.julianbliss.com/about>>. Acesso em: 14 out. 2019.

Na perspectiva de compreender como se dá a iniciação infantil em outros instrumentos, observou-se ainda que, em alguns casos, é possível iniciar os estudos aos três anos de idade, como é o caso do violino, violoncelo, da flauta transversal e do piano, por exemplo, quando estes fazem uso de instrumentos menores, ou adaptados, e de metodologias específicas para crianças como, por exemplo, a desenvolvida por Shinichi Suzuki (1994).

Assim, a partir da percepção de uma lacuna frente a outros instrumentos, quando se trata da iniciação infantil na clarineta, é que se pôde conceber a possibilidade de aprofundar as pesquisas nesse campo de estudo para, assim, trazer contribuições que, neste momento, em hipótese, seriam relevantes para a área. Partindo destas constatações, a presente pesquisa pretende investigar a qualidade, a adequação e a viabilidade da utilização de um *chaluveau* soprano infantil, confeccionado em plástico, produzido por meio da manufatura aditiva (impressão 3D), na iniciação à clarineta com crianças de quatro anos de idade.

Ademais, apesar do enfoque desta pesquisa ser a iniciação da clarineta por meio do *chaluveau*, presume-se, também, que a possível utilização do instrumento em classes infantis pode ampliar a gama de oferta de instrumentos de sopros em contextos gerais de musicalização infantil.

1.2 JUSTIFICATIVA

A área da educação musical, assim como as áreas da Pedagogia, da Psicologia, da Educação e da Neurociência, publica todos os anos estudos relacionados à importância do papel da música na formação educacional de crianças. Segundo Mendonça (2019), a aprendizagem musical contribui para o desenvolvimento psicomotor, sócio afetivo, cognitivo e linguístico, além de ser facilitadora em outros processos de aprendizagem. Para o autor:

A musicalização é um processo de construção do conhecimento, favorecendo o desenvolvimento da sensibilidade, criatividade, senso rítmico, do prazer de ouvir música, da imaginação, memória, concentração, atenção, do respeito ao próximo, da socialização e afetividade, também contribuindo para uma efetiva consciência corporal e de movimentação (MENDONÇA, 2019).

Nesse contexto, deve-se ressaltar a importância adicional dos instrumentos de sopro no desenvolvimento infantil. Para a área da fonoaudiologia e ortodontia, soprar está entre as principais habilidades no desenvolvimento da motricidade orofacial de crianças na primeira infância. Segundo Maximus (2019), soprar requer uma musculatura forte das bochechas, mandíbulas, lábios e língua. O exercício de ritmar a respiração, voluntariamente, induz ao equilíbrio físico-emocional e aumenta a capacidade de percepção sensorial e mental. Nesse

sentido, entre outros benefícios de atividades que envolvem o soprar está o treinamento do sistema muscular que envolve a fala, pois a aprendizagem do manejo do controle de ar, ao falar, melhora a pronúncia dos fonemas e favorece o desenvolvimento da linguagem (TEIXEIRA, 2015).

Partindo destas observações, percebeu-se o potencial de contribuições para o desenvolvimento da motricidade orofacial de crianças na primeira infância que estudos sobre a aprendizagem de instrumentos de sopro podem resultar. Desse modo, a presente pesquisa verifica a adequação e a viabilidade da utilização do *chalumeau* soprano com crianças de quatro anos, de forma a contribuir também para o desenvolvimento dessa motricidade.

A escolha dessa faixa etária se deu após os estudos de Machado (2017), Pinto (2013) e Tossini (2014), que diminuiram a faixa etária na iniciação da clarineta, passando de nove para seis anos de idade. Nesse sentido, consta-se também que ainda não existe uma linha consensual por parte dos docentes que atuam neste segmento quanto à utilização de instrumentos reduzidos ou adaptados para crianças na iniciação da clarineta.

É importante ressaltar ainda que as pesquisas de Machado (2017), Pinto (2013) e Tossini (2014) tratam de investigações qualitativas que tiveram por objetivo comparar crianças que utilizaram instrumentos adaptados com outras que não os utilizaram. Contaram também com entrevistas com alunos e professores para saber suas impressões sobre os processos aos quais estiveram inseridos. Embora não apresentem dados quantitativos que possam ser utilizados como parâmetros de referência, seus resultados mostraram a efetividade da utilização de instrumentos adaptados na iniciação da clarineta.

Por essa razão, a proposta deste trabalho é estabelecer um conjunto de evidências que correlacionam, de forma objetiva, alguns aspectos inerentes às características ergonômicas de crianças de quatro anos com as características organológicas no *chalumeau* soprano Devon & Burgani, que será tomado como ponto de partida para a formulação de um projeto de *chalumeau* soprano infantil de plástico. Essa proposição, que pretende orientar a pesquisa, se assenta na hipótese de que os aspectos fisiológicos dessas crianças, em especial aqueles relacionados com a operacionalização e manuseio da clarineta, têm forte influência sobre a capacidade desses alunos de se adaptarem às características organológicas específicas daquele instrumento. Dessa forma, espera-se que, a partir do conjunto de evidências angariadas ao longo da pesquisa, seja possível obter elementos concretos para possíveis contribuições no campo da iniciação infantil da clarineta.

Nesse sentido, a utilização do *chalumeau* soprano justifica-se pelo seu tamanho (cerca de 26 centímetros de comprimento) e pelo seu peso (cerca de 110 gramas). Com o acesso ao

chalupeau soprano Devon & Burgani — de afinação moderna e com estudos mais aprofundados do instrumento —, percebeu-se que ele pode emitir som com pouca pressão de ar e seu tamanho reduzido permite seu uso por crianças.

Tendo em vista que o *chalupeau* dialoga em sua origem com a flauta doce e influencia o surgimento da clarineta, pressupõe-se que o uso deste instrumento na iniciação infantil pode funcionar como uma intermediação entre aqueles. Por um lado, a criança não precisaria passar pela flauta doce, já que a embocadura desta é muito diferente da clarineta e, por outro, não teria que iniciar com um instrumento de peso e tamanho inapropriados. Outro ponto a ser destacado no que se refere ao uso *chalupeau* soprano na iniciação é que, diferentemente da flauta doce soprano, sua digitação é similar à digitação do registro grave da clarineta Bb, chamado, inclusive, de *chalupeau*. Na primeira oitava, é possível tocar uma escala de Fá Maior na tessitura de uma 11^a — Fa4 ao Sib5 — nas mesmas posições da clarineta Bb, o que facilitaria a transição para a clarineta.

Por último, diferentemente da flauta doce e semelhante à clarineta, o *chalupeau* possui boquilha, abraçadeira, palheta simples e duas chaves, sendo estas últimas dispostas com similaridades às suas relativas na clarineta e utilizadas de maneiras equivalentes. Estas semelhanças requerem e possibilitam ao aprendiz de *chalupeau* o desenvolvimento de habilidades e técnicas parecidas com as da clarineta, tais como: o cuidado da palheta; o ato de colocar e posicioná-la na boquilha; a formação e uso da embocadura; e as movimentações motoras mãos e dedos.

Nessa mesma perspectiva, pôde-se verificar que, em relação à relevância e originalidade da presente pesquisa, constatou-se, mais uma vez, não se tratar de um fato novo. Empresas americanas, japonesas, chinesas e europeias possuem disponíveis no mercado instrumentos específicos para crianças muito parecidos com os *chalumeaux*, como é o caso do Saxonette, da marca Jupiter, o Venova, da Yamaha, e o Dood, da marca Nuvo.

Figura 2 — Saxonette, Venova e Dood



Fonte: Jupiter, Yamaha e Nuvo Instrumental (2019).

Além desses, há também os *chalumeaux* da marca Tupian, Olive Wood e Hanson. Esses instrumentos podem ser encontrados em vários materiais, tamanhos e afinações, e, nas suas respectivas páginas virtuais, a descrição é de instrumentos voltados para a iniciação ou para o uso casual. No entanto, somente o Dood, da marca Nuvo Instrumental, possui uma boquilha em tamanho menor e é voltado especificamente para crianças. As demais versões utilizam boquilhas de clarineta Bb ou boquilhas de saxofone alto.

Figura 3 — *Chalmeaux* das marcas Tupian, Olive Wood e Hanson



Fonte: Amazon (2019).

Partindo das considerações apontadas acima, a presente pesquisa assenta-se na justificativa de que já existem *chalumeaux* fabricados com a finalidade de serem usados em contextos de iniciação musical. Todavia, não foram encontrados estudos ou oferta de *chalumeaux* sopranos para esse desígnio, mesmo este possuindo tamanho menor, incluindo o tamanho da boquilha e, por essa razão, sendo, presumivelmente, mais apropriado para o uso infantil.

1.3 OBJETIVOS

O *chalumeau*, no contexto desta pesquisa, abrange toda a tese, desde a questão inicial, passando pela linha teórica e estendendo-o como um amplo e complexo campo de estudo, seguindo para os procedimentos metodológicos, análise, discussão dos resultados e conclusão. É neste sentido que se buscou definir o seguinte objetivo geral:

- Propor parâmetros e critérios que auxiliem no desenvolvimento de um *chalumeau* soprano confeccionado por meio de manufatura aditiva, específico para crianças de 4 anos.

Este objetivo relaciona-se à necessidade de construir categorias relacionadas que auxiliem a identificar a construção de um *chalumeau* soprano no contexto da iniciação da clarineta. Portanto, deste objetivo geral, derivam-se os seguintes objetivos específicos:

- Verificar os aspectos organológicos do instrumento, se estes são facilitadores ou complicadores para iniciação infantil;
- Averiguar se as características fisiológicas das crianças são compatíveis com as necessidades da emissão de som do instrumento, bem como com as demandas psicomotoras para a digitação do instrumento;
- Buscar quais seriam as possíveis adaptações no *chalumeau* para que este possa ser usado também em contexto de iniciação infantil;
- Averiguar a viabilidade no uso do *chalumeau* soprano Devon & Burgani na iniciação infantil da clarineta, comparando os aspectos organológicos do instrumento com os aspectos fisiológicos das crianças participantes da pesquisa;
- Identificar quais aspectos do aprendizado do *chalumeau* pelas crianças podem possivelmente contribuir na iniciação da clarineta.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

A tese é constituída por uma introdução, três sessões de desenvolvimento e conclusão. A introdução apresenta o trabalho trazendo, a problemática, a justificativa, os interesses e os objetivos da pesquisa. Já a sessão dois apresenta o enquadramento teórico a respeito do assunto pesquisado, destacando os autores que fundamentam a compreensão dos processos vivenciados ao longo da pesquisa. Este capítulo está dividido em dois subcapítulos: o primeiro trata da revisão de literatura propondo, neste trabalho, que o *chalumeau* seja compreendido por duas perspectivas teóricas: instrumento histórico e instrumento de iniciação infantil. Dessa forma, será apresentada a contextualização histórica sobre o instrumento e o uso do *chalumeau* na iniciação musical. Por sua vez, no segundo subcapítulo da sessão dois disserta-se sobre referencial teórico utilizado, destacando-se os autores e os conceitos que fundamentaram a compreensão dos processos vivenciados ao longo da pesquisa relacionados aos principais marcos teóricos do Design Centrado no Usuário (DCU), da organologia e da ergonomia. Foi adotado um recorte voltado para o *chalumeau* que se concentrou na organologia e na acústica deste instrumento e, adicionalmente, nos aspectos ergonômicos da face e das mãos de crianças de quatro anos. Ao final do capítulo, é traçada uma breve descrição dos processos de manufatura aditiva.

A sessão três trata da abordagem metodológica da pesquisa e está dividido em três subcapítulos, nos quais são apresentados o desenvolvimento do trabalho; o desenho da pesquisa; e o processo de análise, interpretação e tratamento dos dados.

A sessão quatro traz os resultados obtidos após análise dos dados, por meio dos procedimentos metodológicos indicados na sessão três, oferecendo subsídios para reflexões, discussões e conclusões posteriores. Este capítulo está dividido em dois subcapítulos: o primeiro trata dos resultados confrontados com o referencial teórico, evidenciando as divergências e convergências às premissas teóricas que balizam esta pesquisa, e o segundo discute esses resultados, ressaltando os principais aspectos e contribuições do trabalho, possibilitando a correspondência entre os conhecimentos anteriormente levantados e os resultados apresentados.

Por fim, a conclusão explicita os achados desta investigação, evidenciando de que maneira são relevantes para compreensão e ampliação do conhecimento no que se refere à utilização do *chalumeau* soprano para a iniciação à clarineta com crianças de quatro anos. São apresentadas as principais contribuições desta pesquisa, articulando-as aos resultados, ciente de que tais contribuições estão circunscritas aos limites do desenvolvimento do presente trabalho.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta o delineamento teórico desta tese e está dividido em dois subcapítulos. O primeiro subcapítulo é dedicado à revisão de bibliográfica, pois esta é sempre recomendada para o levantamento da produção científica disponível. Alicerçado na construção e reconstrução de redes de pensamentos e conceitos, articulação de saberes de diversas fontes, é possível auferir a síntese do estado da arte, apontando lacunas e dando suporte para o desenvolvimento de novas pesquisas (MENDES, 2008).

A partir da revisão bibliográfica, o segundo subcapítulo delimita o referencial teórico, destacando os autores e os conceitos que fundamentaram a compreensão dos principais marcos teóricos, propondo que o *chalumeau* soprano seja observado sob a perspectiva da organologia e da ergonomia.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O intuito dessa sessão é possibilitar a síntese do estado da arte da utilização da clarineta na iniciação infantil, com um recorte específico para a utilização do *chalumeau*. Para tal, a presente revisão operacionalizou-se em três etapas.

A primeira etapa consiste na constituição da amostra de publicações mediante a definição dos critérios de seleção que compõe o *corpus* da análise. Como critérios prévios para a inclusão de publicações na amostra, foram levados em consideração, em caso de periódicos, apenas aqueles com política de revisão por pares. Foram consideradas também monografias, dissertações e teses, bem como livros e tratados que tratam especificamente dos temas organologia, acústica musical e clarineta. A busca se deu por publicações em língua inglesa, espanhola e portuguesa.

Na segunda etapa, as publicações selecionadas foram analisadas e sistematizadas, por meio da separação em dois temas principais: um primeiro relacionado aos aspectos históricos e um segundo relacionado à utilização do *chalumeau* na iniciação infantil. Após a separação das publicações nesses dois temas, foram identificadas as principais bases conceituais relacionadas a cada um desses temas. Por fim, a terceira etapa relaciona as lacunas teóricas existentes na literatura, de forma que permita a proposição de uma agenda de pesquisa direcionada para a iniciação infantil da clarineta, tendo o *chalumeau* soprano como principal norteador.

Assim, são elencados primeiramente os fundamentos da organologia, compreendendo como os instrumentos são classificados e de que maneira o *chalumeau* se encaixa nesse

processo. Posteriormente, serão apresentados os principais marcos históricos no que se refere ao desenvolvimento do *chalumeau* e, por fim, serão abordadas a utilização do *chalumeau* em outros contextos para além dos relacionados às práticas musicais historicamente fundamentadas, mais especificamente na iniciação infantil.

2.1.1 Organologia

O termo organologia foi definido, segundo Knight (2015), como o estudo científico de instrumentos musicais. O termo foi cunhado pelo compositor Michael Praetorius que, escreveu um tratado em 1618, intitulado *Syntagma Musicum*, um compêndio de conhecimento musical europeu de seu tempo. Um ano depois, ele publicou um segundo volume, intitulado *De Organographia*, dedicado a instrumentos musicais, cujo termo foi extraído do grego antigo *organon*, isto é, um implemento ou ferramenta, neste caso, as ferramentas de fazer música. Por seus esforços, Praetorius (1618) é reconhecido como o pai da organologia. Em seu *Syntagma musicum II*, forneceu uma seção importante sobre instrumentos, incluindo alguns tipos não ocidentais, com ilustrações realistas desenhadas em escala. Outras discussões técnicas aparecem nas obras enciclopédicas de Mersenne (1636) e Kircher (1650).

Contudo, anterior a Praetorius (1618), Mersenne (1636) e Kircher (1650), os chineses foram os primeiros inventar um sistema de classificação. Foi chamado *pa yin*, ou oito sons; apesar da denominação, não se tratava exatamente de sons, mas, sim, de materiais: bambu, bronze, argila, cabaça, seda, pele, pedra e madeira. As oito sonoridades faziam parte de um quadro cosmológico e estavam associadas às direções cardeais, às estações do ano e à música cerimonial da corte. Um tratado teórico indiano sobre música e dramaturgia, de Bharata Muni, chamado *Natyashastra*, divide os instrumentos em quatro grupos principais de classificação: 1) instrumentos cujo som é produzido por cordas vibrantes (*tata vadya*); 2) instrumentos em que o som é produzido por colunas vibratórias de ar (*susira vadya* ou instrumentos ocos); 3) instrumentos de percussão feitos de madeira ou metal (*Ghana vadya*) e; 4) instrumentos de percussão com cabeças de pele ou bateria (*avanaddha vadya*) (KINGHT, 2015).

Organólogos modernos e reprodutores de instrumentos históricos se beneficiaram das observações desses primeiros pesquisadores, particularmente nos casos em que instrumentos originais bem preservados são raros ou inexistentes. Além de fornecer informações práticas e úteis para artistas e fabricantes de instrumentos, os organologistas buscam elucidar as complexas relações em constante mudança entre os costumes musicais e a evolução dos instrumentos no mundo todo. Este estudo envolve autenticar e datar instrumentos antigos por meios científicos, discernir os métodos pelos quais instrumentos de diferentes culturas foram

projetados e produzidos e investigar as influências extramusicais — como avanços na tecnologia e mudanças nas condições econômicas — que levam à inovação ou obsolescência. O simbolismo e o folclore de instrumentos são assuntos que a organologia compartilha com a iconografia musical e a etnomusicologia (LIBEN, 2001).

Todavia, a organologia, como uma disciplina acadêmica, surgiu somente no século XIX, após o desenvolvimento de grandes e permanentes coleções de instrumentos na Europa e nos EUA. Victor-Charles Mahillon, mais tarde, adotou um sistema muito semelhante ao indiano. Mahillon (1888) foi o curador da coleção de instrumentos musicais do conservatório de Bruxelas e, para o catálogo de 1888 da coleção, dividiu os instrumentos em quatro grupos: cordas, ventos, bateria e outras percussões. Esse esquema foi posteriormente adotado por Erich von Hornbostel e Curt Sachs, que publicaram um extenso esquema de classificação no *Zeitschrift für Ethnologie*, em 1914. Seu esquema é amplamente utilizado até os dias atuais e é mais conhecido como sistema Hornbostel-Sachs (KNIGHT, 2015).

O sistema original Sachs-Hornbostel classificou os instrumentos em quatro grupos principais: 1) idiofones que produzem som com a vibração do próprio corpo do instrumento; 2) membranofones que produzem som por meio de uma membrana vibratória; 3) cordofones cuja produção sonora se dá através de cordas vibrantes; e 4) aerofones que produzem som a partir da vibração de uma coluna de ar. Mais tarde, Sachs adicionou uma quinta categoria: os eletrofones que produzem som por meios eletrônicos. Há muitos subgrupos dentro de cada categoria. O sistema foi criticado e revisado ao longo dos anos, mas continua sendo amplamente utilizado por etnomusicologistas e organologistas (KNIGHT, 2015).

Atualmente, há vários sistemas de classificação de instrumentos que levam em conta uma série de fatores como construção, material utilizado, princípio de vibração sonora e até mesmo questões culturais. Autores como Galpin (1937), Hans-Heins Dräger (1948), Anthony Baines e Kalus P. Wachesman (1961), Margaret Kartomi (1990) e Jeremy Montagu (2007) trazem várias considerações, críticas e revisões sobre o sistema Hornbostel-Sachs. Vale ressaltar ainda que o *Musical Instruments Museums Online Consortium* – MIMO (Consórcio de Museus Online de Instrumentos Musicais) publicou em 2011 uma edição da classificação Hornbostel-Sachs considerada como a oficial.

Tendo em vista que a organologia classifica os instrumentos em cinco grupos principais, esta sessão, ao se concentrar no *chalumeau*, está enquadrada no grupo dos aerofones, ou seja, nos instrumentos que produzem som a partir da vibração de uma coluna de ar, mais especificamente àqueles que possuem tubos cilíndricos e utilizam uma palheta batente simples como fonte geradora de som.

2.1.2 *Chalumeau* – aspectos históricos

Sob a perspectiva de que o *chalumeau* é um aerofone cilíndrico de palheta simples, Rice (1977) expõe que, no início do século XVIII, o surgimento do *chalumeau* e da clarineta no cenário musical europeu provou ser historicamente importante para o desenvolvimento da orquestração moderna. Entretanto, uma revisão das evidências acadêmicas sobre o uso de instrumentos de palheta simples, anterior a 1704, se faz necessária para uma melhor compreensão sobre como aconteceu o surgimento desses instrumentos. Nesse sentido, Hoeplich (2008) considera que os primeiros instrumentos de palheta simples tiveram sua origem em qualquer tipo de tubo cilíndrico com uma palheta única. Tais instrumentos estão subdivididos basicamente em duas categorias: idioglotes e heteroglotes. Entende-se por instrumentos idioglotes aqueles cujas palhetas fazem parte do tubo, ou seja, trata-se de um instrumento de corpo único, em que é entalhado uma espécie de língua vibratória, chamada de palheta, que emite som ao ser colocada em contato com uma determinada coluna de ar. Já os heteroglotes são aqueles que emitem som por meio da vibração de uma palheta batente, porém, esta é removível e, portanto, não faz parte do corpo do instrumento (KARP, 1986).

Para Hoeplich (2008), os primeiros idioglotes documentados foram no Egito antigo há milhares de anos, assim como no Oriente Médio, Grécia e Império Romano. Sua construção era relativamente simples, consistindo em um pedaço de cana com um entalhe cortado longitudinalmente perto do topo. Além do sistema de palheta simples entalhada no próprio tubo, esses instrumentos possuíam um número de orifícios variável. Os tubos podiam ser duplos, sendo, em alguns casos, unidos em paralelo ou em forma de V, e podiam tocar ao mesmo tempo com uma espécie de dispositivo equalizador chamado de drone. De acordo com Ueo (2000), drone é o dispositivo onde são encaixadas as palhetas das *musettes* e gaitas de fole. Na maior parte das vezes, esse drone é feito de ébano e os cantos, em marfim. Está equipado com 4 ou 5 palhetas duplas ou simples, podendo, assim, produzir 4 ou 5 sons diferentes ao mesmo tempo. Este aparato é afixado em uma bolsa de couro de forma que os juncos fiquem visíveis e manipuláveis. É formado por vários túneis cilíndricos de aproximadamente 3 mm a 5 mm de diâmetro cada, que são perfurados através de um bloco de madeira, conforme pode ser visto na figura 4.

Figura 4 — Drone da *musette*



Fonte: Bailey (2010).

Imagens de instrumentos idioglotes foram datadas de 2700 a.C. em Ur, Mesopotâmia, até a terceira dinastia do antigo reino do Egito, sendo esses instrumentos variados e, na maior parte das vezes, constituídos de tubos duplos. Também havia no Egito o *arghul* e o *zummarra*, que também possuíam dois tubos paralelos presos um ao outro. O *aulo*, instrumento semelhante encontrado na Grécia, é tocado até hoje (HOEPRICH 2008).

No mesmo sentido de Hoeplich (2008), ao sugerir uma possível influência entre os instrumentos da Antiguidade com os da Europa Medieval, Carneiro (2005), em pesquisa sobre clarinetas indígenas brasileiras, se refere ao *Arundo donax*, conhecida no Brasil como “cana do reino”. Trata-se de tipo de cana utilizada até os dias atuais para confecção de palhetas com fins musicais, como possível material utilizado na confecção de instrumentos idioglotes desde a Antiguidade:

Da família das Poaceae, Gênero *Arundo L.*, é uma gramínea que pode crescer até mais de quatro metros de altura. Trata-se do *Arundo Donax*, conhecido pelas suas múltiplas qualidades. Teve muita importância em várias culturas do ocidente pelo seu papel no desenvolvimento da música sendo usado para feitura de palhetas e instrumentos de sopro primitivos que podem ser encontrados em diversos países em todos os continentes. Difundiu-se pelo mundo, há pelo menos 5 mil anos, vindo da Índia, China e Oriente Médio, espalhando-se mais tarde pela Europa e Américas (CARNEIRO, 2005, p.75).

Carneiro (2005) também considera a possibilidade de clarinetas indígenas brasileiras terem sua origem anterior à colonização europeia, sugerindo que esses instrumentos também possam ser anteriores aos medievais.

Segundo Hoeplich (2008), é discutível se esses instrumentos da Antiguidade influenciaram ou não os primeiros fabricantes de *chaluveau* na Europa. Todavia, o contato entre essas civilizações e os comerciantes/exploradores europeus certamente ocorreu séculos antes do *chaluveau* e da clarineta fazerem sua primeira aparição. Esta conexão não pode ser descartada,

embora, careça de estudos mais aprofundados. Paralelamente à clarineta e ao *chalumeaux* de hoje, outros instrumentos idioglotes ainda são tocados em muitos países europeus, ao longo do Báltico, bem como na Ásia, África e América do Sul.

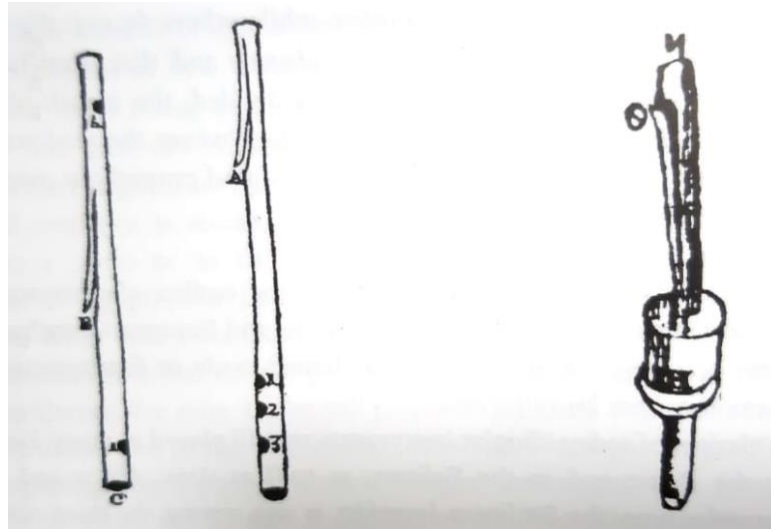
Não obstante Hoeprich (2008) ressalta ainda, que é fato que os primeiros instrumentos europeus idioglotes da Idade Média possuem muitas similaridades com aqueles da Antiguidade. Embora não haja evidências claras de que esses instrumentos tenham influenciado o design dos idioglotes medievais europeus, as rotas comerciais de alto tráfego, que ligavam essas sociedades, também indicam uma grande possibilidade dessa conexão.

Como visto, há poucos registros das possíveis influências da Antiguidade nos instrumentos da Idade Média. Nesse contexto, Rice (1977) descreve que, durante esse período, termos usados para tubos de cana foram registrados pela primeira vez na literatura francesa do século XII de várias formas e em vários idiomas. Foram usadas para esse fim, por exemplo; *chalemie*, *chalemel*, *calemel*, *chalumeau*, *kalemele*, *schalmey*, *scalmeye* e *shawm*. Uma derivação comum parece ser do latim *calamus* ou do grego *kalamos*, ambos significando junco, espécie herbácea flexível. Esses termos poderiam ter sido usados para designar instrumentos de palheta, ou tubos de palhetas, além dos variados tubos melódicos utilizados nas *musettes* e nas gaitas de foles.

Galpin (1937) relata que, ao longo da Idade Média, instrumentos musicais de palheta batente simples estiveram presentes na música popular camponesa, sendo comumente encontrados nas gaitas de foles das Ilhas Gregas. Na Itália, aparecem como trombetas populares em feiras florentinas e, na França, era presente nas *musettes*. Como eram instrumentos muito populares, podem ter sido confundidos com o *Chalemie*, um tubo cônico de palheta dupla. Para Rice (1977), assim como para Hoeprich (2008), o desenho desses instrumentos era simples e bastante variado, e há pouca dúvida de que eles eram extremamente populares. No entanto, Hoeprich (2008) salienta que devido à fragilidade e pelo fato de serem confeccionados de material perecível (madeira e bambu), nenhum instrumento foi preservado. Contudo, as evidências iconográficas são abundantes. Tais evidências são fundamentais para avaliar e compreender as formas desses idioglotes antigos.

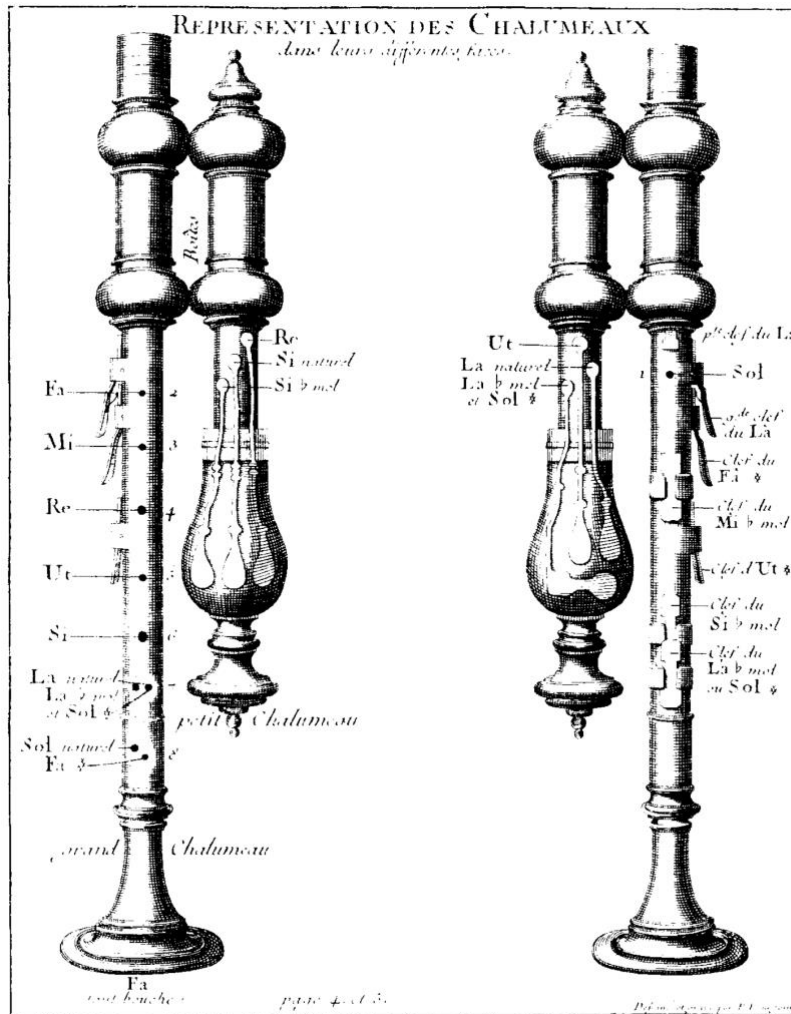
Dentre as evidências iconográficas de *chalumeaux* de palhetas simples, considerando a perspectiva de que *chalumeau* era um termo usado de forma generalizada para indicar uma variedade de instrumentos, as primeiras datam do século XVI.

Figura 5 — *Chalumeaux* e palheta para *cornemuse*, de *Harmonie Universelle*, M. Mersenn (1636)



Fonte: Hoeprich, (2008, p.14).

Figura 6 — *Gran chalumeau e petit chalumeau da musette francesa*



Fonte: Mersenne (1636).

Alguns tratados europeus também trazem referências ao *chalumeau*, como, por exemplo, *Harmonie Universelle*, de Marin Mersenne (1636), que cita um idioglotte simples, chamando-o de *chaluemau*. Ao descrever a *musette da cour*, o mesmo autor denomina os dois tubos melódicos que a compõem como *gran chalumeau* e *petit chalumeau*. Na mesma época, Pierre Trichet (1658) denomina de *chalumeau* em seu Tratado de Instrumentos Musicais como um instrumento feito de talo de trigo entalhado na extremidade superior e também se refere às *musettes* e gaitas de foles como instrumentos compostos por drone, fole e *chalumeaux*. Nesse sentido, o “Gabinetto armonico”, de Bonanni (1723), traz uma ilustração de um instrumento chamado de *zampogna*, bastante parecido com a descrição feita por Trichet (1958) de acordo com figura 7:

Figura 7 — Zampogne



Fonte: Bonanni (1723, p. 21).

Por sua vez, as gaitas de fole e as *musettes*, estão associadas à música camponesa e, além dos autores já citados anteriormente, outros historiadores como Ueo (2000) e Giadinelli (2018) também utilizam o termo *chalumeaux* para definir os tubos melódicos integrantes desse instrumento. No entanto, esses autores ressaltam que tais *chalumeaux* poderiam ser extraídos da gaita de fole e tocados de forma independente. Outro ponto a ser mencionado é que, segundo Praetorius (1958), os drones são equipados com palhetas duplas ou o que, possivelmente, seriam um sistema de palhetas simples heteroglóticas.

O organologista Anthony Baines (1960) descreve que, nas gaitas de foles da Europa Oriental, os drones eram equipados com palhetas individuais amarradas a pequenos pedaços de madeira, muito parecidos com pequenas boquilhas de clarinete. Corroborando a afirmação de

Baines (1960), Hoeplich (2008), observa-se que as habilidades necessárias para confeccionar os sistemas de palhetas dos drones das *musettes* e gaitas e fole podem corresponder intimamente às habilidades necessárias aos primeiros fabricantes de clarinete.

Nessa perspectiva, outra imagem turva sobre a história do *chalumeau* é o momento em que os idioglotes passaram a ser heteroglotes. Além dos indícios de que os drones das *musettes* e gaitas de foles eram compostos por sistemas heteroglotes, a literatura estudada nesta tese indica que uma possível hipótese dessa transição aparece em instrumentos chamados *wildruf*.

Wildruf são instrumentos que imitam animais de caça, incluindo uma considerável variedade de presas. Um desses dispositivos, usados pelos caçadores para imitar patos, produz seu som por meio de uma única palheta presa a uma boquilha e envolvido por uma cápsula que possui um orifício para se soprar, de maneira que, os lábios do executante não entrem em contato com a palheta. Outros exemplos de *wildruf*, do século XVIII, que sobreviveram também apresentam, em sua parte interna, uma palheta única presa a um tubo de madeira com um lado plano e uma abertura com fenda se assemelhando a uma boquilha de clarinete. Chama a atenção o fato de que, entre os fabricantes de *wildruf* mais conhecidos na Europa, está a família Denner. Além de ser descrito como fabricante de instrumentos, Johann Christoph Denner (1655-1707) era oficialmente um fabricante de *wildruf*. Pode não ser coincidência que os primeiros fabricantes de *chalumeau* e clarinete também foram fabricantes de *wildruf* (HOEPRICH, 2008).

Figura 8 — Modelo de *Wildruf*



Fonte: Faulk's (2019).

Aparentemente, o funcionamento dos *wildrufs* são parecidos com o funcionamento dos apitos de pássaro confeccionados em madeira no Brasil, como, por exemplo, aqueles da empresa Pios. O apito que imita um marreco possui um sistema de palheta simples envolto por um corpo de madeira, como pode ser visto na figura abaixo:

Figura 9 — Apito que imita som de marreco com sistema de palheta simples



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Na Alemanha, o *chalumeau* heteroglotte surge das mãos de fabricantes de *wildruf*, como o caso da família Denner; na mesma época, surge na França um instrumento também chamado de *chalumeau*. Este instrumento constitui-se por um tubo de cana aberto na extremidade inferior, sendo a parte superior do tubo fechada pela junção natural daquele caule. O tubo era coberto de couro vermelho e a palheta uma pequena língua destacada do tubo e raspada na espessura necessária. É digno de nota que, neste instrumento, a palheta é colocada sobre o lado superior, diferente da disposição das clarinetas dos dias atuais e, portanto, os lábios poderiam ter exercido pouco controle sobre as vibrações daquelas. Possuía seis orifícios para os dedos no lado superior, com um sétimo ou orifício para o polegar (HOEPRICH, 2008).

Além do *wildruf*, do *chalumeau* francês e dos idioglotes já presentes na Europa, o *mock trumpet* também aparece como um instrumento que têm muito em comum com o sistema de palheta batente simples e que pode ajudar a explicar a origem do *chalumeau*, tal qual o conhecemos. Apesar de poucas descrições sobre o *mock trumpet*, para Hoeplich (2008), trata-se de um instrumento que despertou curiosidade na época. Ele era relativamente fácil de tocar e em nada se aproximava de um trompete real, mas, sim, um instrumento de palheta simples com uma certa semelhança com a flauta doce. É provável que parte de seu apelo tenha sido uma suposta conexão com a trombeta real, instrumento próprio da elite e de um grupo exclusivo de

músicos. É o primeiro instrumento de palheta tratado de maneira semelhante aos demais instrumentos de sopro com livretos e partituras dedicados a ele.

Nesse sentido, Bonanni (1723), em seu “Gabinetto Armonico”, descreve uma *trombetta de canna*, instrumento parecido com uma trombeta de sonoridade aguda e composta por uma cana dividida e coberta por uma membrana sutil. Um instrumento similar foi descrito por Bonanni como *ciufolo de Villano*, que apresenta uma certa similaridade com a descrição do *mock trumpet* feita por Hoepfich (2008), conforme registro iconográfico abaixo:

Figura 10 — *Ciufolo del Villano*



Fonte: Bonanni (1723, p. 85).

A partir das considerações acima, é possível dispor de uma compreensão mais ampliada sobre surgimento do *chalupeau*. Primeiramente, instrumentos idioglotes provavelmente advindos dos instrumentos da Antiguidade, amplamente difundidos pela Europa e, posteriormente, um sistema composto por uma palheta batente simples, removível, ou seja, um sistema heteroglote utilizado em gaitas de foles, *widrufts*, *musettes* e *mock trumpets*. Ainda que haja incertezas sobre tais influências e conexões, é razoável conjecturar que construtores de instrumentos, principalmente aqueles que faziam apitos — e mais uma vez, como era o caso da família Denner

— tenham experimentado substituir o bocal da flauta doce por uma boquilha com palheta a fim de tentar aumentar a projeção do instrumento.

Essas conjecturas sobre uma possível tentativa de melhorar a projeção da flauta doce, bem como a inferência de que o *chalumeau* seja um dissidente direto deste instrumento são apoiadas nos trabalhos de Lawson (1979) e Karp (1986). Ambos os autores afirmam que, apesar das incertezas quanto às origens de *chalumeau*, as evidências disponíveis indicam que o *chalumeau* usado pelos compositores do século XVIII evoluiu na tentativa de aumentar o volume do som produzido pela flauta doce a partir de uma mudança no bocal, em que este foi substituído por uma boquilha com palheta.

Outra evidência sobre a semelhança entre a flauta doce e o *chalumeau* está em Lawson (1979). Ele descreve que dos quatro tamanhos de *chalumeau* listados por J. F. B. C. Majer (1732) — em seu *Museum Musicum* — dois correspondem em comprimento ao soprano, descendente agudo e tenor das flautas doce, porém, soando uma oitava mais baixa devido às propriedades acústicas do tubo cilíndrico.

Assim, pelo fato do *chalumeau* soar uma oitava abaixo, a classificação da família desse instrumento se dá de forma distinta a da família da flauta doce. Tendo em vista as diferentes classificações museológicas, esta tese segue as proposições de Hoepflich (2008) que classifica a família dos *chaluemeaux* em soprano, contralto, tenor e baixo (HOEPRICH, 2008, p. 45).

Apesar das evidências de que um tipo de *chalumeau* tenha sido inventado por Denner na tentativa de dar mais projeção à flauta doce, autores como Karp (1986) e Pearson (1998) apontam que tais registros devem ser considerados de forma criteriosa. Segundo Pearson (1998), o papel de Johann Christoph Denner no desenvolvimento do *chalumeau* foi documentado pela primeira vez por J. G. Doppelmayr em seu relato de 1730 sobre o estado da matemática e da arte em Nuremberg. Para Pearson (1998), a referência de Doppelmayr (1730) aos *chalumeaux*, na forma plural, indica que eles podem ser considerados um grupo de instrumentos de tamanhos diferentes, no entanto, talvez anteriores às melhorias de Denner. Nesse contexto, Karp (1986) expõe que, nos escritos de Doppelmayr (1730), não há a alegação de que as melhorias de Denner envolveram quaisquer modificações estruturais básicas e seus *chalumeaux* podem ter sido notáveis talvez apenas por sua superioridade qualitativa.

Karp (1986) também pondera que uma análise mais minuciosa do instrumento de duas chaves, confeccionado por J. C. Denner, não apoia a perspectiva de que suas melhorias para os *chalumeaux* consistiam em encaixar partes emparelhadas e bocais heteroglotos, pois estas características também podem ser encontradas em outros instrumentos que não foram citados pelo autor. Até que outras pesquisas mais aprofundadas sejam realizadas, não é possível indicar

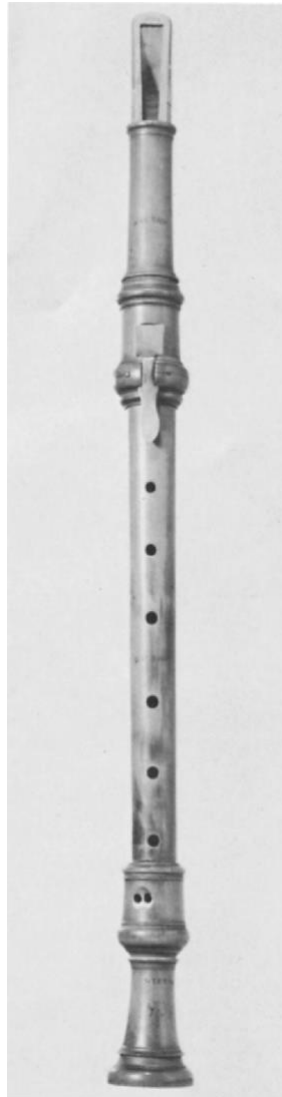
quem, de fato, seria o criador do primeiro *chalumeau* heteroglótico. No entanto, é razoável supor que o inventor do clarinete — J. C. Denner — teria incorporado em seus *chalumeaux* algumas das técnicas inovadoras que, posteriormente, desenvolveu na clarineta.

Para Lawson (1979), dentre as inovações importantes a serem destacadas, está a adição de duas chaves diametralmente opostas. Tal acréscimo tornou possível executar as notas fundamentais e os harmônicos de décima segunda, cujas proporções de boquilha e palheta foram, mais tarde, projetadas, principalmente, para produzir uma ou duas notas, conforme eram exigidas pelos compositores.

A distinção entre o *chalumeau* e a clarineta acontece quando, o orifício da chave superior posterior da clarineta é movido para cima. Tendo isso em vista, apesar das semelhanças no sistema de palheta simples e nas chaves superiores, percebe-se que se trata de instrumentos diferentes, pois, além da mudança no posicionamento da chave superior, outras alterações — como a substituição do pé do *chalumeau* por uma campana — tornam esses dois instrumentos muito distintos.

Outro elemento importante a ser considerado é o fato de que os primeiros praticantes de *chalumeau* provavelmente tocavam com a palheta sob o lábio superior. Esta informação pode ser confirmada pelas evidências fornecidas pelos quatro de um total de oito instrumentos existentes com boquilhas originais. A pesquisa organológica, realizada por Braun (2016), sugeriu que o *chalumeau* de J. C. Denner, atualmente instalado em Munique, é, de fato, o mais antigo por causa do desenho da boquilha, na qual é possível observar que a mesa da boquilha, onde se sobrepõe a palheta, está alinhada com a parte posterior do instrumento.

Figura 11 — *Chalumeau* com mesa da boquilha alinhada à parte frontal do instrumento.



Fonte: Karp (1986).

Segundo Braun (2016), com o passar do tempo, os *chalumeaux* começaram a ficar um pouco mais padronizados do que as versões anteriores, embora ainda houvesse variações de acordo com o local. Estes *chalumeaux* padronizados apareceram pela primeira vez, simultaneamente, na Alemanha e na França por volta de 1700; foram construídos por alguns dos mais famosos fabricantes de instrumentos da Europa e utilizados em obras de muitos compositores notáveis. Assim, outro ponto a ser observado é que o *chalumeau* não foi imediatamente substituído pela clarineta, mas, sim, cumpriu uma série de funções para as quais a clarineta estava menos equipada

naquela época. A identidade separada dos dois instrumentos foi mantida até o esvanecimento do *chalumeau*, no último quarto do século XVIII.

Segundo Pearson (1998), compositores como Oberländer e Kelmer, durante o final do século XVII e início do século XVIII, foram motivados a compor para *chalumeau* pelo reconhecimento da incapacidade da flauta doce em lidar dinamicamente com o meio orquestral em desenvolvimento. Com a fixação de uma palheta no lugar do bocal da flauta, o *chalumeau* logo daria uma contribuição distinta ao repertório da época. Para o autor, houve um certo fascínio dos compositores do início do século XVIII pela novidade sonora do *chalumeau* em comparação à flauta doce.

De acordo com Karp (1986), a pesquisa de Colin Lawson sobre o *chalumeau* do século XVIII descobriu uma quantidade substancial de peças que foram compostas para o instrumento. Considerando sua curta vida útil como instrumento predominante no século XVIII, o *chalumeau* inspirou um repertório substancial que inclui gêneros vocais e instrumentais escritos por distintos compositores, incluindo Caldara, Fux, Telemann, Graupner e Vivaldi.

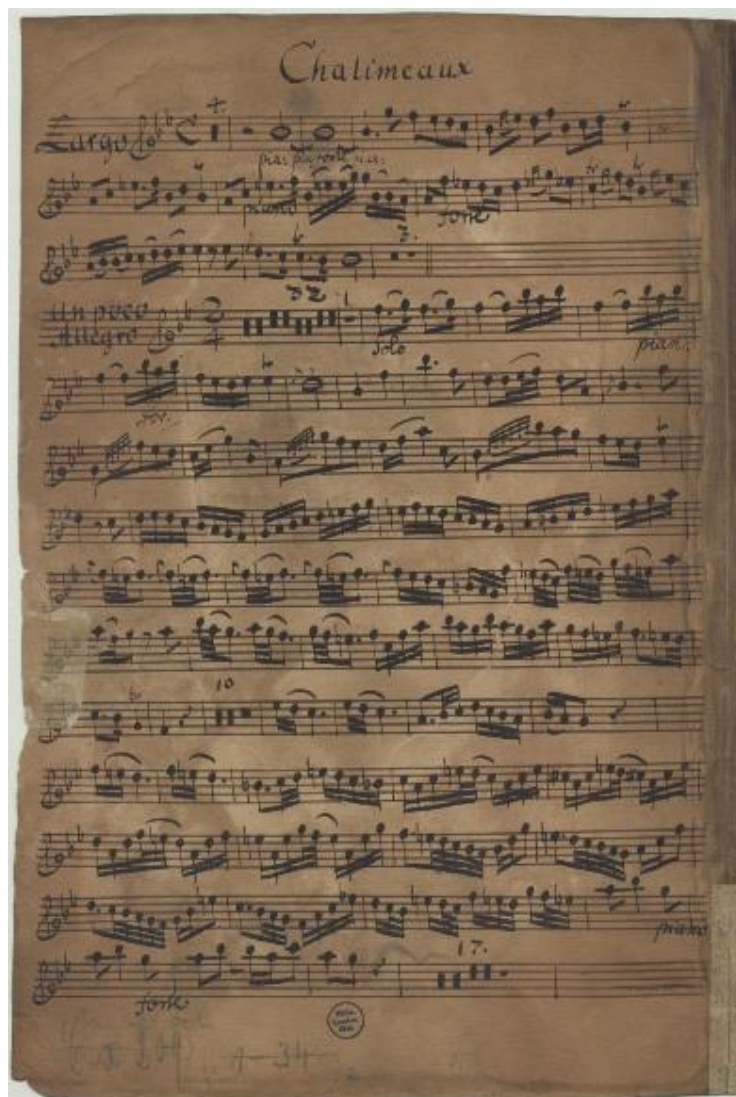
A predileção pelo *chalumeau* é confirmada pelo papel de destaque que desempenhou no repertório ao longo do século XVIII. Os compositores, que trabalhavam em Viena, estavam entre os mais inovadores da época, escrevendo, para o *chalumeau*, óperas, música de câmara, literatura orquestral e solos. A obra vienense mais antiga do século XVIII — que inclui uma parte de *chalumeau* — é a ópera “Endimione”, de Giovanni Bononcini, composta em 1706. No mesmo período, Joseph I escreveu uma ária com um *chalumeau obbligato* para inclusão na ópera de Ziani Chilonida, de 1709. Esta peça mostra a preocupação vienense com o *chalumeau* soprano em contextos que retratavam cenas amorosas ou pastorais. A escrita particularmente ornamentada, no exemplo apresentado, também é uma característica do *obbligati*, de Guiseppe Porsile e Guiseppe Bonno, que também trabalharam em Viena na primeira metade do século XVIII (PEARSON, 1998).

Outros compositores que escreveram para o *chalumeau*, no primeiro terço do século XVIII, foram: Caldara, Conti, Camilla di Rossi e Ariosti. Os *chalumeaux obbligati* mais prolíficos e poéticos foram compostos por Johann Joseph Fux — mais conhecido pelo uso do *chalumeau* em suas óperas. Fux foi o mais inovador usando o instrumento pela primeira vez em “Julio Ascanio”, de 1708, o único trabalho em que empregou vários *chalumeaux* (PEARSON, 1998). Telemann continuou a usar uma variedade de *chalumeaux* até o final de sua carreira, dedicando obras para o instrumento como solista. Dentro das suítes e concertos de orquestra, o *chalumeau* está particularmente associado a uma sonoridade de característica mais delicada, como flauta e *viola d'amore*. Segundo Schut (2013), grande parte da música escrita para *chalumeau* é em

conjunto, havendo, também, uma quantidade significativa de peças para grupos de *chalumeaux*. Há, da mesma forma, peças para *chalumeau* solo, como, por exemplo, o concerto para *Schalamaux*, do amigo e editor pessoal de Mozart, o compositor Franz Hoffmeister (1754-1812), que data do ano de 1770.

De significado semelhante, cita-se o concerto de Johann Friedrich Fasch para *chalumeau* soprano — talvez o concerto mais conhecido para o instrumento. Nesse sentido, a figura 12, abaixo, demonstra que o compositor se utilizava da escrita em som real (não transpositora) para o *chalumeau* soprano. Esta maneira de escrever se mantém nas edições modernas não somente deste concerto, especificamente, mas também dos demais concertos e obras para o *chalumeau* soprano do século XVIII

Figura 12 — Trecho do concerto para *chalumeau* de J. F. Fasch



Fonte: Fasch (1996).

Para Braun (2016), um elo importante entre o próprio Mozart e o *chalumeau* é a música da câmara 1768, de Joseph Starzer, pois as partes de sopros são para *chalumeau* e flauta. A existência de um manuscrito na mão de Leopold Mozart, que inclui o Starzer e também arranjos de três peças — possivelmente de Gluck — levou Ludwig von Köchel a incluir o trabalho em seu catálogo, de 1862, como W.A. K. 187, de Mozart. Starzer foi reconhecido como o verdadeiro compositor da obra somente em 1937. Todavia, a crescente popularidade da música de clarinete escritas por Molter, Handel e Vivaldi eclipsaram sua contribuição para o repertório de *chalumeau*.

Em toda a Europa, a clarineta ameaçou a sobrevivência do *chalumeau*, porém, apenas quando seu próprio potencial se tornou organologicamente possível é que o *chalumeau* caiu em desuso. Todavia, sua existência perdurou até pelo menos 1772, principalmente em Viena (BRAUN, 2016).

Enfim, não cabe aqui prolongar-se sobre as teorias e pesquisas acerca da origem e desenvolvimento do *chalumeau*, mas, sim, usá-las como reforço ao argumento de que uma visão mais ampla da história se faz pertinente quando se aspira a possibilidade de ser utilizado para além de um instrumento histórico, podendo adquirir outras funções nos mais variados contextos.

2.1.3 Utilização do *chalumeau* na iniciação infantil

Esta sessão tem por objetivo explorar a bibliografia produzida sobre a utilização do *chalumeau* sob a perspectiva de um instrumento direcionado à iniciação infantil, mapeando os principais referenciais teóricos relacionados ao assunto. A proposta é fazer um levantamento dos trabalhos acadêmicos referentes à utilização do *chalumeau* em contextos de iniciação infantil, bem como, apresentar um compêndio dos instrumentos e materiais didáticos disponíveis no mercado atualmente.

Assim, foram excluídos dessa análise bibliográfica aqueles trabalhos que, a despeito de versarem sobre o *chalumeau*, apresentam como enfoque de investigação outros problemas de pesquisa, como, por exemplo, instrumentos cuja finalidade é a performance historicamente fundamentada.

Seguindo os critérios de revisão bibliográfica adotados, foram encontradas 12 publicações que tratam da iniciação infantil da clarineta. Os principais marcos conceituais relacionados ao tema

presente nessas publicações reportam às condições físicas e cognitivas das crianças, assim como a dificuldade com fatores ergonômicos como o demasiado peso e as dificuldades com o diâmetro dos orifícios da clarineta. Outro aspecto abordado pelos autores perpassa por conceitos teóricos relacionados à organologia, especialmente quando se referem à quantidade de ar necessária para que a criança consiga produzir som na clarineta.

Deste modo, dentre os 12 trabalhos analisados, a publicação mais antiga encontrada data de 1976. Trata-se do livro “*The Clarinetist's Companion*”, de Pamela Weston. Já a publicação mais recente é a dissertação de mestrado de David Gomes Joel, de 2018, porém somente uma delas trata especificamente da utilização do *chalumeau* em contextos de iniciação. O trabalho encontrado é o do clarinetista português David Machado (2017) que realizou uma pesquisa assentada na problemática de encontrar um instrumento mais adequado à iniciação da clarineta com crianças a partir de nove anos e teve por objetivo utilizar o Saxonette como instrumento alternativo (MACHADO, 2017).

Em relação a essa escassez de trabalhos acadêmicos sobre a utilização do *chalumeau* em contextos de iniciação infantil, a presente tese lida com a hipótese de que esta carência se dá pelo fato da produção de instrumentos com características modernas e voltados para iniciação ser recente. Instrumentos de palheta única, direcionados à iniciantes, estão disponíveis no mercado há cerca de dez anos, sendo que, somente nos últimos cinco anos, houve aumento significativo dessa oferta (PINTO, 2014).

Nessa perspectiva, considerou-se importante apresentar um compêndio dos instrumentos disponíveis no mercado atualmente, descrevendo suas características principais. Como parâmetro basilar, tomou-se a descrição de Pinto (2014) que relata que há disponíveis no mercado, instrumentos que consistem numa espécie de flauta doce com sistema de boquilhas e palhetas simples, semelhantes ao *chalumeau* e que são fabricados com o objetivo de oferecer possibilidades de iniciação à clarineta a crianças em idade pré-escolar. Isto posto, os instrumentos analisados foram escolhidos dentre aqueles que são denominados ou possuem semelhança direta com o *chalumeau*, adotando como critério se tratar de um instrumento de palheta simples com poucas ou nenhuma chave, cujo corpo possui alguma semelhança com a flauta doce.

Apoiada ainda nas afirmações de Machado (2017), Pinto (2014) e Martins (2012) sobre a dificuldade que o tamanho e o peso ocasionam na iniciação infantil da clarineta, três outros critérios foram adicionados para composição do compêndio: 1) tamanho do instrumento, 2) tamanho dos furos, 3) se os instrumentos são cromáticos e 4) resistência na emissão de som.

De acordo como Martins (2012):

A execução do clarinete envolve alguns procedimentos técnicos e físicos, comuns a todos os instrumentos de sopro, no entanto, são os aspectos ligados às propriedades mecânicas que levantam maiores cuidados aos executantes e professores, uma vez que são a forma, peso, comprimento e diâmetro do tubo, conjuntamente com o sistema de chaves e orifícios, que determinam a carga física necessária para a execução. Este aspecto pode condicionar a vivência diária do músico, já que as reacções à elevada carga física, nomeadamente a fadiga do braço, antebraço, pulso, polegar direito e a aspectos posturais estáticos adoptadas durante a performance, desencadeiam um elevado esforço na embocadura, obrigando ao uso de protecções nos dentes, em função da dor labial decorrente do esforço (SILVEIRA, 2006, p. 52 *apud* MARTINS, 2012, p. 18).

Martins (2012) também relata que é a partir do final do século XIX que se inicia o uso de madeiras mais pesadas na construção dos instrumentos levando ao surgimento dos primeiros relatos de sobrecarga física nos clarinetistas. Sendo assim, a questão do peso não seria apenas uma questão lateral ou secundária quando se trata da saúde de um clarinetista, especialmente, na fase inicial de aprendizagem. Nesse sentido, o autor discorre:

Nas crianças, a questão do peso deve merecer especial atenção já que as queixas mais comuns (para além das referidas sobre o lábio) incluem as dores no polegar direito, devido à dificuldade física de sustentar o instrumento. Se levarmos em conta as implicações futuras decorrentes da execução de um instrumento de sopro, percebe-se facilmente que determinados problemas de tensão muscular podem por exemplo, condicionar a coluna de ar do instrumentista levando à deformação de partes do corpo como a área da garganta, ou causar distonias físicas e posturais variadas que lhes podem afectar o desempenho e a carreira, pelo que a escolha e adequação dos materiais deve ser rigorosamente avaliada (MARTINS, 2012, p.19).

Partindo dos critérios mencionados, foram seleccionados oito instrumentos: Xaphoons LittleSax, MiniClarinet, Wood Chalumeau WCL 7, Saxonette, Dood, Tupian Chalumeau, Hanson Chalumeau e Venova. Esses são os nomes dados pelos fabricantes para instrumentos semelhantes aos *chalumeaux* e que possuem um direccionamento voltado para a iniciação musical ou para o uso casual. Alguns são confeccionados em plásticos e outros em madeira, conforme o detalhamento a seguir.

Faz-se importante ressaltar que as informações descritas abaixo são, em sua maioria, extraídas das páginas virtuais das empresas que comercializam esses instrumentos. Portanto, não há análises críticas ou estudos científicos que demonstrem, de maneira metodologicamente validada, êxito ou fracasso na sua utilização. Ainda assim, sob o pretexto de mapear os instrumentos disponíveis, segue suas descrições a partir das informações encontradas.

Além das informações extraídas das páginas virtuais dos fabricantes, algumas observações da autora são também apresentadas nesta sessão. Tais observações são o resultado da experimentação *in loco* dos instrumentos Miniclarinet, Dood e Venova. Esses três

instrumentos foram adquiridos para a realização da presente pesquisa. Devido a dificuldades nos trâmites de importação, não puderam ser adquiridos o Xaphoon, o Saxonete, o Wood Chalumeau, o Tupian Chalumeau e o Hanson Chalumeau.

Apesar da compreensão do deslocamento metodológico realizado aqui, por se tratar de procedimentos autoetnográficos, optou-se por apresentar os resultados dessas experimentações nesta sessão, por entender que esta deliberação pode ajudar a complementar, descartar ou validar as informações recolhidas nas páginas virtuais demonstrando, de forma efetiva, o estado da arte da utilização do *chalumeau* na iniciação infantil. Assim, são descritas a seguir as informações dos oito instrumentos escolhidos para esta análise.

O Xaphoons LittleSax foi inventado no Havaí, em meados de 1970, por um saxofonista norte-americano chamado Brian Wittman. Os primeiros *xaphoons* foram confeccionados, em bambu, para crianças (XAPHOON, 2019). É semelhante a um *chalumeau*, mas não é possível distinguir, pelas imagens apresentadas na página virtual de seu fabricante, tratar-se de um idioglote ou de um heteroglote, conforme pode ser observado na figura 13. No entanto, em contato via correio eletrônico, a empresa informou esclareceu tratar-se de um instrumento heteroglote, que pode ser adquirido em madeira ou acrílico. O sistema de digitação diferencia-se do sistema Boehm e é bem diferente da flauta doce. Segundo a página da empresa, o instrumento é em C e possibilita tocar duas oitavas cromáticas completas. A boquilha é semelhante à de um sax tenor e acompanha palheta, abraçadeira, cobre boquilha e capa (XAPHOON, 2019).

Figura 13 — *Xaphoonn*



Fonte: Xaphoon (2019).

O Miniclarinet, da marca Lace, assim como várias outras marcas chinesas que fabricam o mesmo instrumento, possui uma boquilha de clarineta Bb e é feito de resina plástica. Ele vem acompanhado de capa, cobre boquilha, abraçadeira e dez palhetas e o preço é muito atrativo — cerca de 20 dólares [aproximadamente 105 reais] (MERCADO LIVRE, 2019). Para esta pesquisa, foi adquirido um exemplar. Emite som de maneira fácil, mas o dedilhado é bastante particular, não se assemelhando nem com a clarineta, nem com a flauta doce. Também chama a atenção o fato de que, nas lojas virtuais — já que não há uma página oficial do instrumento na internet —, a descrição ser de um instrumento em Bb, à despeito do folheto que acompanha o instrumento sugerir que ele esteja em C. Ao experimentar o *MiniClarinet*, constatou que ele soa em B (si natural). A autora deste trabalho também teve acesso a outros *MiniClarinet*s que também soaram em B (si natural).

Figura 14 — *Miniclarinet*



Fonte: Piccolo Clarinet (2019).

Woodi Chalumeau WCL 71 é um *chalumeau* artesanal em C, feito de madeira maciça de pêra, e, é descrito pelo fabricante como uma mistura de clarineta e flauta. O fabricante informa ainda, em sua página virtual, que o instrumento toca duas oitavas cromáticas e é indicado tanto para iniciantes, como para músicos mais experientes. Sua sonoridade se assemelharia ao som da clarineta e possuiria aproximadamente 31,11 centímetros (cm) de

comprimento e inclui boquilha de clarineta Bb, abraçadeira, capa e palhetas (AWESOME INSTRUMENTS, 2019).

Figura 15 — *Woodi Chalumeau WCL 71*



Fonte: Coolest 17 Wooden Recorders Instrument (2019).

O Saxonette, espécie de *chalumeau* da marca Jupiter, empresa do grupo KHS, é o único instrumento para o qual foi encontrado um estudo acadêmico de autoria de David Machado (2017). O autor relata que o instrumento começou a ser produzido por volta de 1910, com o nome de “clarinete francês”, pela empresa Buescher Band. Posteriormente, foram denominados de “clarifones” e eram produzidos em sua maioria em C, embora houvesse alguns exemplares em A e Bb. Sua digitação tentava seguir o sistema Boehm (MACHADO, 2017). Em seguida, a empresa J. W. Pepper começou a produzir instrumentos similares baseados nos mesmos sistemas, mas sob o nome “claribel”. Das experiências do “clarifone” e do “claribel” surgiu o *saxonette*. A criação pertenceu à empresa Gretsch Musical, em 1923, e não se sabe em que momento a patente passa a pertencer à Jupiter. Segundo Machado (2018):

Apesar da ausência de informação mais aprofundada em relação ao contexto histórico do saxonette, parece ser dado adquirido que este instrumento terá sido desenhado por saxofonistas norte-americanos, de Nova Orleães que tinham o clarinete como segundo instrumento, tal como podemos encontrar Blech (2011), cujo autor é professor titular

da disciplina de clarinete no departamento de música da Facultad de filosofía, Humanidades y Artes Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Esta “ausência” reflete-se, de igual modo, na inexistência de um repertório próprio para este instrumento. Esta ausência do saxonette dos livros de História da Música prolonga-se na sua implementação anterior a esta investigação-ação (MACHADO, 2018, p.39).

Sobre os resultados de sua pesquisa, Machado (2018) relata:

O peso, a facilidade de transporte e montagem, a embocadura, o corpo do instrumento mais pequeno (menor pressão de ar exigida) que facilita a respiração e a digitação simples, transformaram para melhor a autonomia dos alunos em questão, bem como a sua motivação para o estudo do instrumento. Estes dados, a que se atribui tanta importância puderam ser verificados no “terreno” (entrevistas, aulas e audições) e o que a prática acabou por demonstrar, alunos mais motivados e tecnicamente preparados para adotarem, de ora em diante, o clarinete em Sib (standard) MACHADO (2018, p.63).

Segundo a página virtual da Jupiter, o Saxonette é a combinação de uma flauta doce com um saxofone ou uma clarineta. Possui boquilha de clarineta Bb, corpo em madeira e sua digitação é semelhante ao sistema alemão da flauta doce (JUPITER, 2019).

Figura 16 — *Saxonette*



Fonte: Saxonette Jupiter JRS700 (2019).

Machado (2017) também destaca os materiais didáticos disponíveis para o instrumento. Neste domínio, o autor cita o Método de *saxonette* para principiantes, de autoria do ítalo-brasileiro Paolo Troni. A este método junta-se o manual *Schule for Kinderklarinetten*,

Chalumeau und Saxonett, de Birgit Hermann (2009). Igualmente relevante, um outro método editado pelo fabricante alemão de saxonettes, Jupiter, em conjunto com a editora Voggenreiter Verlag intitulado *Voggy's SaxonettSchule*, de Klaus Dapper (2005).

Figura 17 — *Schule for Kinderklarinetten, Chalumeau und Saxonett e Voggy's SaxonettSchule*

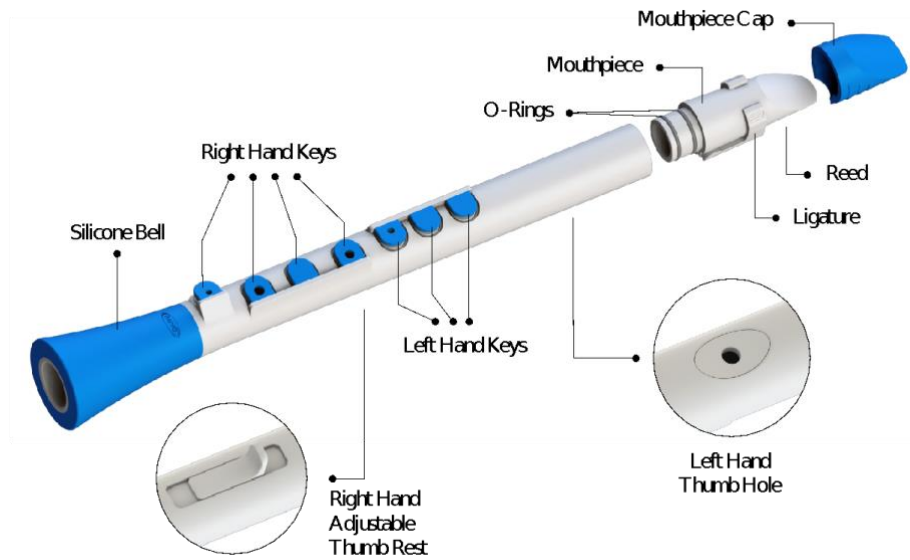


Fonte: Hermann (2019).

O Dood – instrumento de palheta única da marca Nuvo Instrumental. Dos instrumentos listados, é o único que foi desenvolvido especificamente para crianças. Assim como os demais instrumentos referidos acima, é similar a uma flauta doce, porém, com uma boquilha parecida com a de clarineta Eb (requinta). É todo de plástico e possui os seguintes diferenciais: apoio ajustável para o polegar e chaves abertas de silicone nos furos, que facilitam a emissão e afinação das notas com posições de meios furos. Outro ponto digno de nota é que a abraçadeira é um sistema de encaixe em que a criança coloca a palheta sem risco de ficar torta, abaixo ou acima da posição correta. Toca uma oitava cromática e algumas notas extras no segundo registro. Acompanha capa, boquilha e palhetas em resina plástica. Pode ser lavado com água morna e sabão (NUVO INSTRUMENTAL, 2019).

Foram adquiridos dois exemplares para a realização dessa pesquisa. Os dois exemplares apresentaram uma boa sonoridade, com um timbre mais próximo da clarineta do que da flauta doce e sua afinação é estável.

Figura 18 — *Dood*



Fonte: Nuvo Instrumental (2019a).

Além dos instrumentos, a empresa também possui uma série de livros didáticos chamada *Play It Today*. Tem como objetivo introduzir técnica básica para que seja possível tocar músicas simples solo ou em grupo. Este material pode ser utilizado em aulas particulares ou coletivas e é permitido baixar o livro, faixas de acompanhamento e vídeos instrutivos gratuitamente na página virtual.

Figura 19 — Ebook – Dood

Fonte: Nuvo Instrumental (2019b).

O Venova, da marca Yamaha, segundo a página da empresa, é um instrumento de sopro projetado para que qualquer pessoa aprenda a tocar com facilidade. Assim como os demais instrumentos citados, trata-se de um instrumento que possui a digitação da flauta doce com boquilha de saxofone alto. Há duas versões: o Venova YVS-100, de tamanho menor, e sonoridade mais brilhante, e o Venova YVS – 120, que a empresa intitula de Venova contralto. É resistente à água, compacto e leve (YAMAHA, 2019).

Figura 20 — Vedova



Fonte: Yamaha (2019).

A pesquisadora teve acesso a um Venova contralto. Ele possui projeção sonora satisfatória, emite som de forma fácil e a afinação é estável. É possível encontrar um livro didático para o instrumento somente na versão japonesa.

Figura 21 — Método do Venova



Fonte: Ebay (2019).

O Hanson Chalumeau produzido pela organização Hanson Music é um *chalumeau* voltado promover a criação de música em um estágio inicial e tem como objetivo promover uma possível transição à clarineta. A empresa informa, mediante sítio na internet, que se trata de um instrumento fácil de tocar, acessível e resistente. O instrumento é feito de plástico, em C

e com boquilha de clarineta Bb. Segundo a empresa, o *chalumeau* combina-se facilmente com outros instrumentos em classes para iniciantes e uma das principais vantagens é não haver molas quebradas, chaves dobradas, polegares doloridos ou complicações de transposição. A página da empresa ressalta que também pode ser atraente para músicos com deficiência, incapazes de lidar com o peso ou a complexidade do clarinete moderno (HANSON MUSIC, 2019).

Figura 22 — Hanson Chalumeau



Fonte: Hanson Music (2019).

O Tupian Chalumeau é produzido pela empresa alemã Tupian. Tupian é o nome da marca para a produção do casal Petra & Res Neuenschwander. É um *chalumeau* com boquilha de clarineta. O sistema de furação é um pouco diferente dos demais instrumentos aqui relacionados, pois possui furos duplos no meio do corpo do instrumento e o furo inferior, tradicionalmente duplo em flautas doces e *chalumeaux*, nesse instrumento é simples.

A página virtual da empresa informa que os instrumentos são artesanais e que podem ser tocados por crianças partir dos 7 anos. Como os acessórios estão inclusos boquilha de clarineta Bb, abraçadeira, palhetas, pano de limpeza, lubrificante de cortiça, bolsa, tabela de dedilhados e instruções de cuidados.

Figura 23 — Chalumeau Tupian



Fonte: Tupian (2019a).

Há também dois livros didáticos disponíveis para a compra.

Figura 24 — Métodos para os chalumeaux da Tupian



Fonte: Tupian (2019b).

Existem outros instrumentos direcionados para crianças como o *clarineo*, *kinderclari* e *Hanson clarinet*, contudo, esses instrumentos em nada se assemelham ao *chalumeau* e, por essa razão,

não foram incluídos nesta revisão. Para um maior aprofundamento desses instrumentos, é possível consultar os trabalhos de Pereira (2008), sobre a história do *chalumeau*, e os trabalhos de Martins (2012), Pinto (2014) e Capitão (2017), sobre a utilização de clarinetas de dimensões reduzidas.

Por fim, esta sessão teve como objetivo apresentar um contexto histórico um pouco mais ampliado do *chalumeau*, mostrando suas características organológicas, suas origens, seu desenvolvimento e listando algumas obras importantes do repertório. Posteriormente, foram elencados os instrumentos disponíveis que têm relação direta com o *chalumeau* e que são confeccionados com o intuito de atender um público iniciante; em alguns casos, especificamente crianças.

2.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta sessão apresenta as bases teórica dos temas abordados nesta tese, que darão suporte à análise desenvolvida na apresentação dos resultados da pesquisa. São elencados os principais conceitos e elementos que subsidiam esse estudo.

Nesse sentido, vale ressaltar que, para compreender as razões desses frequentes desconfortos físicos causados pelos usos de instrumentos musicais, é importante compreender a complexa relação entre conforto físico e boa qualidade sonora. Somados a esses dois fatores, deve ser incluída a alta durabilidade dos materiais utilizados, visto que serão utilizados por horas a fio, durante vários anos. Sendo assim, muitos são os cuidados e os fatores a serem ponderados para a produção de um instrumento musical considerado de boa qualidade. Quando se trata de instrumentos direcionados ao público infantil, esses cuidados necessitam ser ainda maiores, pois problemas acústicos podem levar a um prejuízo no desenvolvimento da percepção auditiva e problemas ergonômicos podem causar sérias lesões fisiológicas.

Desta forma, esta sessão busca estabelecer os principais fundamentos teóricos que envolvem o objetivo da pesquisa que em compreende em verificar os fundamentos e as implicações para projetar um *chalumeau* infantil direcionado a crianças de 4 anos. É importante salientar que não foi encontrado um escopo teórico ou um conjunto de teorias que fossem voltados especificamente ao desenvolvimento de instrumentos infantis. Foram realizadas buscas na área da Música, considerando as subáreas da luteria, da musicologia, da performance e da educação musical. Por essa razão, optou-se por adotar as bases teóricas da área do Design, que apresenta uma série de procedimentos já consolidados relativos ao desenvolvimento de produtos infantis, incluindo produtos para fins educacionais e abarcando também, em alguns casos, a produção de instrumentos musicais (FERREIRA *et al.*, 2011).

Entende-se por design a idealização, criação, desenvolvimento e elaboração de produtos que demandam padronização dos componentes e desenho normalizado para possível produção em série (MONAT, 2008). Dado que esta área é, por natureza, interdisciplinar, fazendo uso, essencialmente, da engenharia e da ergonomia, serão abordados nesta sessão os conceitos básicos dessas duas áreas de conhecimento. Ao final do capítulo, também será apresentada uma breve descrição do processo de manufatura aditiva – impressão 3D.

No que concerne à engenharia, esta é referida sob o recorte da engenharia física, primordialmente a física acústica, ramo da ciência associado ao estudo físico do som. Já a ergonomia é compreendida como ciência que estuda a eficiência da interação entre objetos e pessoas e será abordada sob o recorte da antropometria e da biomecânica. Assim, a presente fundamentação está apresentada em quatro partes. A primeira trata dos conceitos teóricos do Design, com vistas à abordagem no design centrado no usuário (DCU), mais especificamente no design para crianças em idade pré-escolar. A segunda aborda os conceitos de acústica, com um recorte direcionado aos aerofones de tubos cilíndricos, com palheta batente simples. A terceira trata dos fundamentos teóricos da ergonomia, com um delineamento voltado para a ergonomia física, tratando especificamente dos aspectos da biomecânica relacionados à antropometria da face e das mãos. Por fim, a quarta parte descreve os fundamentos básicos da manufatura aditiva.

2.2.1 Design Centrado no Usuário

O termo design tem origem no latim *designare*, que significa desígnio, desenho ou configuração, sendo posteriormente incorporado pelo idioma inglês. Somente a partir da Revolução Industrial é que o termo passou a expressar o sentido atual relacionado à atividade de conceber, projetar um artefato ou sistema (BONFIM, 2002). Segundo Bonsiepe (1997), o design é o domínio no qual se estrutura a interação entre um usuário e um produto para facilitar ações efetivas. Para Norman (1988, capa) “a missão do design é a de colaborar na criação de produtos cada vez mais úteis, bons, bonitos, baratos e eficazes”.

Nesse sentido, se faz necessário não só definir o que se entende por design, mas também compreender suas possíveis abordagens. Por conseguinte, ressalta-se que a área do design é bastante ampla e abarca um número significativo de possibilidades de aplicação. Por essa razão, optou-se por tomar como premissa a bases conceituais do design centrado no usuário, particularmente no que se refere ao design centrado na criança. Essa escolha se deu pelo fato de que o design centrado no usuário (DCU), do inglês, *User-Centered Design*, termo firmado

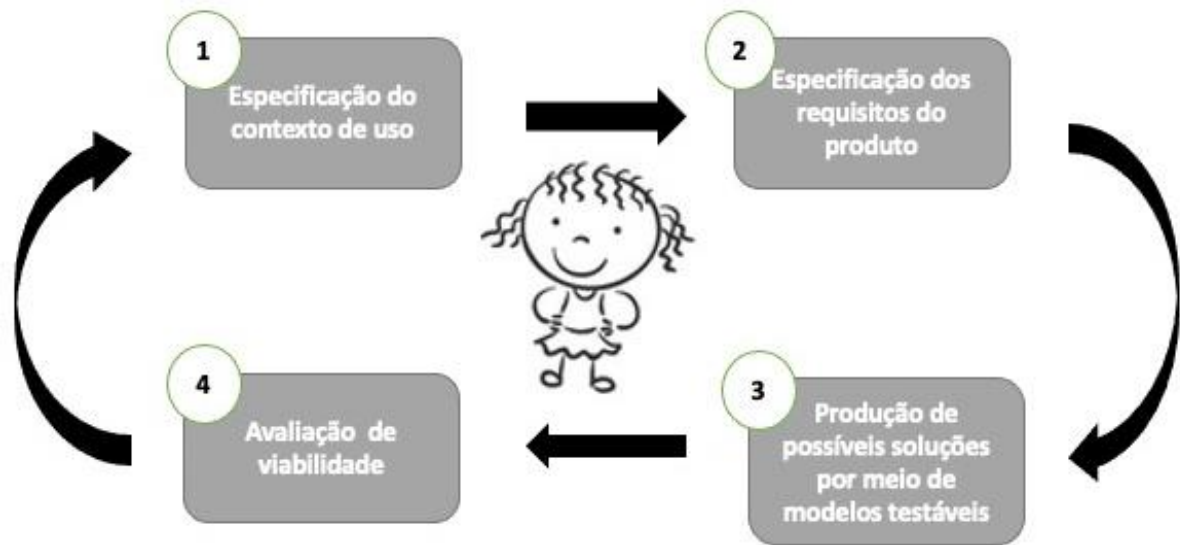
por Norman e Draper (1986), tem como preceito que o usuário de um produto é o foco principal de um determinado projeto. Segundo Avellar e Duarte (2020):

O design centrado no usuário parte do princípio que o usuário é o principal foco da realização de um produto, e prioriza suas necessidades, desejos, expectativas, condicionamentos. Em cada etapa do projeto, designers e demais projetistas consultam pessoas representativas dos usuários finais, aliando técnica, dados e sensibilidade para obter resultados que criem funcionalidades, empatia e identidade. [...]. Em projetos centrados nos usuários e realizados em condições ideais, pessoas representativas do público-alvo estão presentes e são ouvidas em todas as etapas, desde as pesquisas iniciais até os testes de usabilidade de protótipos e versões de pré-lançamento (AVELLAR; DUARTE, 2020).

Lowdermilk (2019) descreve que o design centrado no usuário tem como cerne a experiência do indivíduo, por isso, considera o contexto de uso de um determinado dispositivo, analisa o que aquela precisa e, assim, leva em conta o próprio comportamento humano. Nesse tipo de abordagem, quando a criança é o enfoque, a participação direta dela em todas as etapas do processo permite clarificar o que faz sentido a ela e o que a interessa. Dessa forma, faz-se possível criar produtos que respeitem suas características, sejam elas físicas, sejam motoras ou cognitivas, proporcionando, assim, uma construção compartilhada de significados (BISSOLOTTI *et al.*, 2015).

Para Duarte (2020), no DCU, “os dados produzidos a partir de entrevistas, pesquisas e testes, sua estruturação em requisitos e análises, ajudam os projetistas a tomar decisões e a delinear os produtos” (DUARTE, 2020, p.1). O autor considera também que métodos de investigação para a definição de pressupostos de DCU podem incluir estudos etnográficos, análises contextuais, estudos de protótipo, testes de usabilidade, configuração de personas, *card sorting* e análise de produtos similares pré-existent. Todavia, o mesmo autor ressalta que estes procedimentos devem estar agrupados em quatro etapas: 1) especificação do contexto de uso; 2) especificação dos requisitos do produto; 3) produção de possíveis soluções por meio de modelos testáveis; e 4) avaliação de viabilidade com usuários (NORMAN; DRAPER, 1986).

Figura 25 — Etapas do DCU aplicado ao design centrado na criança



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A especificação do contexto de uso significa essencialmente identificar os requisitos do provável produto. Nesta etapa, a proposta é compreender o contexto daquele levantar suas necessidades e entender os pontos de conflitos entre o produto e seus usuários por meio de pesquisas, observações e entrevistas. Especificar os requisitos refere-se ao levantamento de hipóteses, isto é, a criação de possíveis soluções alternativas por meio de uma fase de ideação. São levantados possíveis caminhos para atender às necessidades encontradas, buscando-se chegar a um conceito. Após serem levantadas as hipóteses, faz-se necessário criar e produzir modelos testáveis (protótipos), do que poderá vir a ser o produto final. Por fim, uma última etapa trata de avaliar o produto com os usuários, levando os protótipos para testes e reunindo os *feedbacks* sobre o que funcionou e o que ainda precisará ser melhorado (NORMAN; DRAPER, 1986).

Nesta perspectiva, Portugal (2013) considera que o DCU pode ser compreendido como uma área que contribui efetivamente para a criação de artefatos, incluindo dispositivos educacionais e invenções culturais. A autora defende “que existe no campo do Design um grande potencial para trabalhos conjuntos com a área da Educação, com vistas a atender a novas exigências da sociedade contemporânea” (PORTUGAL, 2013, p. 3).

De acordo com Souza e Silva (2015), é possível aproximar a educação e o design discutindo questões projetuais e de solução de problemas, contemplando as especificidades das situações de aprendizagem nos seus diferentes contextos. Para Portugal (2013), o desafio do

designer diante de uma realidade educacional, observada por diferentes perspectivas, é integrar as necessidades de professores, alunos, informações e conhecimentos (PORTUGAL, 2013).

Segundo Silva e Souza (2015), desenvolvedores de soluções educacionais vêm empregando o DCU em seus projetos, cujos resultados indicam benefícios no uso dessa abordagem. Questões colocadas pela pedagogia podem ser integradas no desenvolvimento de projetos de design para a educação, de maneira que os sujeitos envolvidos no processo estejam atentos e munidos de metodologias facilitadoras (SILVA; SOUZA, 2015).

Corroborando às proposições de Silva e Souza (2015), Alves e Battaiola (2014) ponderam sobre a necessidade de se considerar o contexto e as relações sociais como requisitos para um projeto de DCU com objetivos educacionais. Por esse ângulo, os autores ressaltam as relações encontradas entre as bases teóricas do DCU com as teorias pedagógicas construtivistas:

O Design Centrado no Usuário possui um histórico comum às linhas construtivistas, influenciado pelas teorias soviéticas de Vygotsky e pela Teoria da Atividade de Leontiev com inserção do contexto e das relações sociais como requisitos de projeto (ALVES; BATTAIOLA, 2014, p. 26).

Assim, para atender à complexa gama de necessidades que envolvem um projeto de design educacional — calcado no arcabouço teórico do DCU —, diferentes disciplinas precisam ser envolvidas. Nesses casos, a interdisciplinaridade funciona como uma ponte que une design e educação de modo amplo, compreendendo as necessidades dos usuários/estudantes sob variados olhares e matizes (PORTUGAL, 2013).

Além disso, o DCU, conforme já citado anteriormente, considera o uso constante de conhecimentos de áreas como a ergonomia e a engenharia. Entre as finalidades desse tipo de procedimento está o de produzir sistemas altamente utilizáveis e acessíveis com vistas a evitar quaisquer possíveis efeitos negativos sobre a saúde, a segurança e o desempenho dos futuros usuários (GUIMARÃES, 2017).

Desta forma, tendo a interdisciplinaridade como uma premissa do DCU, a presente pesquisa se atém, para fase de confecção do instrumento, aos princípios teóricos da engenharia física, especialmente no que tange à física acústica e aos princípios da ergonomia — em particular à ergonomia física. Tais princípios teóricos são articulados com as informações levantadas na sessão de revisão de literatura para posterior correlação com dados constituídos por meio dos procedimentos metodológicos, apresentados em capítulo a seguir. No entanto, vale ressaltar que as considerações teóricas descritas a seguir atentam-se também para o caráter músico-pedagógico desta pesquisa.

2.2.2 Acústica musical

Segundo Arcela (2017), acústica é um ramo da ciência que compreende acústica física, acústica biológica e engenharia acústica. Cada uma dessas áreas é subdividida em tópicos específicos estando a acústica musical vinculada à área da acústica biológica. Esta classificação se dá pelo fato de a acústica musical combinar Física, processos psicológicos, Música e Biologia. Nesse sentido Arcela (2017) descreve que a:

[...] acústica musical é a disciplina que, valendo-se de princípios da acústica geral -- com o seu substrato matemático -- e de tópicos pertencentes à psicoacústica, trata formalmente dos sons musicais e de sua correspondência no domínio das sensações auditivas. O que leva o estudo do som musical a ser conduzido por uma combinação de disciplinas de diferentes áreas -- tais como a musicologia, as ciências biológicas e as exatas -- é o fato de as grandezas físicas envolvidas terem, necessariamente, uma contrapartida psicoacústica. Desta maneira, tudo o que venha a ocorrer fisicamente tem que ser, ao mesmo tempo, percebido pela audição e, supostamente, compreendido como algo que faz parte do universo da música. Caso contrário, talvez se trate de um fenômeno estranho à música e, portanto, à acústica musical (ARCELA, 2017).

Assim, Arcela (2017) pondera que o estudo do chamado som musical se estende desde o fenômeno físico correlato até as sensações que ele causa nos seres dotados de audição, incluindo a física e a lógica funcional do instrumento que o produz.

2.2.2.1 O som e a sensação sonora

Para Everest e Pohlmann (2001), o som pode ser entendido como um movimento de onda capaz de propagar-se no ar ou em outro meio elástico, a partir da vibração de suas moléculas. Nesse caso, seria um estímulo. A emissão sonora também pode ser compreendida como a excitação do mecanismo da audição que resulta na percepção do som. Isto posto, seria uma sensação. Se o interesse está na perturbação do ar criada pela vibração de um instrumento, esta é uma questão a ser tratada pela física, mais especificamente pela acústica. Se o interesse está em como esse distúrbio soa para uma pessoa próxima à origem da projeção do som, métodos de psicoacústica devem ser empregados.

Segundo Vasconcelos (2002), para que um fenômeno sonoro aconteça, são necessários três fatores interdependentes: uma fonte sonora; um meio elástico para que o efeito se propague; e um aparelho receptor, no caso, o ouvido humano. Para Everest e Pohlmann (2001), as condições para a existência de um som é a presença de um meio elástico que transmita as vibrações de um corpo sonoro ao sujeito receptor.

As vibrações, ao se propagarem pelo meio elástico, formam ondas qualificadas como sonoras. Nesse sentido, Cavalcante, Rodrigues e Pontes (2013) considera:

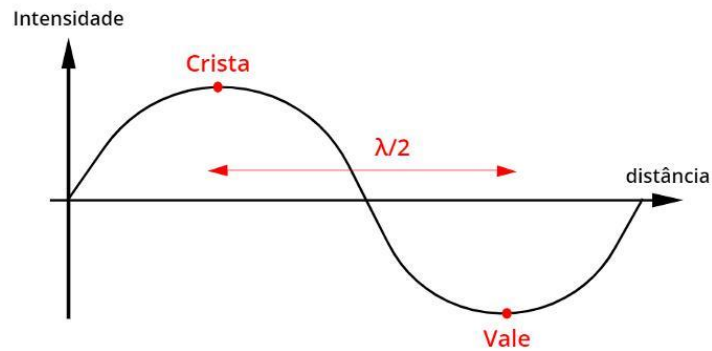
Uma onda sonora trata-se de uma onda mecânica, atuante no nível molecular, cujo fenômeno perceptível associado é o som. Diferentemente das ondas em uma corda, são invisíveis. O som se propaga num determinado meio, sempre que se produz uma variação de pressão no mesmo. Uma onda sonora se propaga numa sucessão de compressões e rarefações, e em cada material esses movimentos têm uma característica peculiar (CAVALCANTE; RODRIGUES; PONTES, 2013, p.583).

Segundo Herlerbrok (2019),

O som é uma onda longitudinal, uma vez que ele propaga-se na mesma direção da vibração responsável por produzi-lo. Além disso, o som é uma onda mecânica, pois só é capaz de propagar-se em meios físicos como ar, água, metal etc. Sendo uma onda, o som apresenta propriedades, como velocidade de propagação, comprimento de onda, frequência e amplitude (HELERBROCK, 2019).

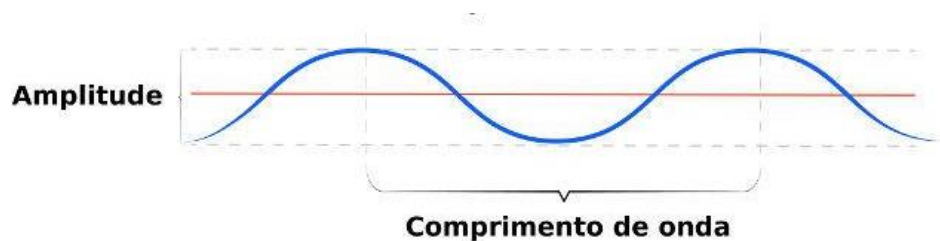
Ao evidenciar o som como uma onda mecânica que se propaga em um meio elástico, faz-se necessário também considerar as seguintes propriedades acústicas do som: velocidade, comprimento, amplitude e frequência. Velocidade (v) do som, segundo Olasábal (1954), é a desenvoltura com que a onda se propaga, e isso depende do meio no qual ela é propagada. Ainda segundo Olasábal (1954), quanto maior a elasticidade do meio transmissor, maior será a velocidade da onda devido à proximidade entre suas moléculas. Por essa razão, fatores como mudanças de temperatura e pressão afetam diretamente a velocidade do som.

Além da velocidade do som, o comprimento de onda (λ) é outro fator a ser considerado, dado que é determinado pela distância necessária para que a onda sonora produza uma oscilação completa. Também pode ser entendida como a distância que a onda percorre para completar um ciclo. Um comprimento de onda pode ser medido entre picos sucessivos ou entre dois pontos correspondentes no ciclo. Os pontos correspondentes de cada ciclo de ondas sonoras podem ser definidos por crista e vale (SILVA, 2020). Sendo assim, o comprimento da onda pode ser definido também como a distância entre duas cristas ou dois vales conforme figura abaixo:

Figura 26 — Comprimento da Onda

Fonte: Helerbrock (2019).

A terceira característica física do som, a amplitude, pode ser determinada como a quantidade de energia que uma onda carrega consigo, isto é, a sua intensidade. Uma representação gráfica sobre a amplitude da onda sonora pode ser observada na figura abaixo:

Figura 27 — Amplitude e comprimento de onda

Fonte: Helerbrock (2019).

Por fim, frequência (f) especifica o número de ciclos por segundo, sendo medida em hertz (Hz). Por meio da frequência, é possível definir a altura do som, ou seja, quanto maior a frequência, mais agudo ou mais alto é o som. Assim, os sons com frequências mais baixas são chamados de sons graves e aqueles com frequência mais alta, chamadas de sons agudos. Os seres humanos são capazes de perceber sons com frequência entre, aproximadamente, 20 Hz e 20.000 Hz (EVEREST; POHLMANN, 2001).

A partir das considerações acima, cabe notar que o conceito de som, quando abordado pela acústica, é caracterizado por fenômenos precisamente mensuráveis que incluem frequência, amplitude e natureza de fonte sonora. No entanto, quando abordado pela música,

esses mesmos conceitos são denominados de altura, intensidade e timbre. Apesar de congêneres, para Everest e Pohlmann (2001) esses conceitos não são análogos.

No caso da frequência, esta é uma propriedade objetiva do som, pois especifica o número de repetições de formas de onda por unidade de tempo. A frequência pode ser facilmente medida em um osciloscópio ou um contador de frequência. Por outro lado, a altura é uma propriedade subjetiva do som. O ouvido humano percebe alturas diferentes para sons graves e agudos no espectro entre 20Hz e 20.000Hz, porém, a depender da cultura, tal percepção pode acontecer por semitons ou por quartos de tons, e, ainda assim, a percepção de afinação acontece de forma particular em cada indivíduo. Não é incomum encontrar grupos musicais utilizando medidores de frequência sonora (afinadores) para afinarem seus instrumentos, uma vez que somente a percepção auditiva pode ser imprecisa e subjetiva (EVEREST; POHLMANN, 2001).

2.2.2.2 *Corpos e fontes sonoras*

São chamados de corpos sonoros os que, mediante uma estimulação adequada, vibram de maneira tal que produzem sons. Quando moléculas que formam o fenômeno sonoro são desalojadas de sua posição de equilíbrio, devido às suas forças elásticas; movimentos compensatórios tendem a devolvê-los à sua posição original, produzindo, assim, várias vibrações. Os corpos sonoros utilizados na música são descritos por seus estados físicos como os sólidos, os gases e aqueles que necessitam de eletricidade. O ar é um corpo sonoro de enorme importância, intervindo, de maneiras diversas, em quase todos os fenômenos sonoros (OLASÁBAL, 1954).

2.2.2.2.1 Barras sonoras

Arcela (2017) considera que há uma importante classe de instrumentos musicais constituídos por barras, que são as peças vibratórias que geram o som primitivo do instrumento. Podem ser presas e flexíveis ou soltas e rígidas. Quando presas por uma das extremidades, podem tornar-se fonte sonora em diversos instrumentos de sopro (madeiras) como a clarineta, o saxofone, o oboé e o fagote. Nesses casos, a barra é leve, delgada e possui certa elasticidade, sendo, então, denominada de palhetas. Quando soltas, rígidas e apoiadas sobre uma estrutura ressonante, dão origem a fontes sonoras como o xilofone e o vibrafone.

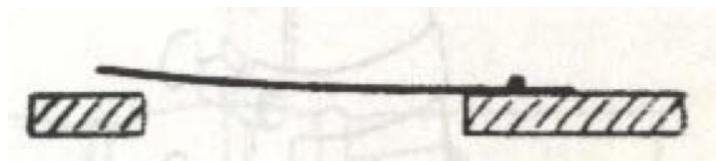
Para Arcela (2017):

A outra maneira de fazer o tubo "falar" faz uso de palhetas -- seja uma única palheta, ou um par delas, sejam as labiais -- acopladas acusticamente a uma das extremidades do tubo (v. ref. [3]) por meio de um bocal apropriado. Neste caso, os instrumentos de sopro a palheta, como o oboé, o clarinete, os saxofones, entre outros, são ditos de embocadura de palheta (ARCELA, 2017).

No tratado de organologia de Hornbostel-Sachs (2011), assim como na linguagem comum, as palhetas são divididas em dois grupos: palheta única ou simples (como aquelas utilizadas na clarineta) e palhetas duplas (como aquelas utilizadas no oboé e no fagote). Para esta pesquisa, o enfoque está no grupo de instrumentos de palheta única ou simples.

O termo palheta simples, ou palheta única ou, ainda, palheta única batente, se refere ao tipo de instrumento cuja origem do som está na vibração de uma única palheta. Essa, por sua vez, é montada contra uma superfície mais resistente, a boquilha, de forma que possa bater contra essa quando excitada por uma coluna de ar. Na realidade, quando a palheta vibra ou bate, ela não fecha completamente o orifício da boquilha. A terminologia flexível ou maleável talvez retrate com mais precisão o funcionamento desse mecanismo (KNIGHT, 2015).

Figura 28 — Sistema de barra sonora batente flexível



Fonte: Olasábal (1954, p. 115).

Segundo Arcela (2017), para emitir uma nota a partir do movimento vibratório de uma barra, são necessários diversos movimentos periódicos superpostos. Cada um desses movimentos é constituído pelo encadeamento de uma sequência de movimentos harmônicos simples (MHS's), os quais, em conjunto, correspondem a um determinado componente do espectro sonoro dessa barra. Assim, as barras/palhetas possuem as seguintes leis acústicas:

1. A frequência é inversamente proporcional ao quadrado do comprimento da barra;
2. A frequência é proporcional à raiz quadrada do módulo de Young (depende do material);
3. A frequência é proporcional ao raio de giro (depende da forma e dimensões);
4. A frequência é inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade da barra (ARCELA, 2017).

Partindo das quatro leis citadas acima, a frequência fundamental (f_1) de uma barra presa é dada pela seguinte equação:

Equação 1 — Frequência fundamental (f_1)

$$f_1 = \frac{0,5596}{L^2} \sqrt{QK^2/p}$$

No entanto, Knighth (2015) ressalta que soprar em uma palheta gera ondas de ar no tubo e a taxa de ondas vibratórias é determinada principalmente pelo comprimento do tubo e pelo formato da coluna de ar, e não somente pela natureza da palheta. Para o autor, é a forma do tubo — cônico ou cilíndrico — que tem maior influência sobre timbre e sobre a técnica que o executante precisará empreender. O formato do tubo influi diretamente nos dedilhados demandados por esses instrumentos para gerar sons de alturas diferentes, assim como na pressão de ar necessária para a emissão do som.

Nesse sentido, Knighth (2015) cita alguns instrumentos de tubo cilíndrico com sistema de palheta única batente: a clarineta, o *arghul* (Egito), o *launcheddas* (Sardenha/Itália), a maioria dos drones de gaita de foles, os *chalumeaux* e o *pungi* (o instrumento encantador de serpentes — Índia).

2.2.2.2.2 Tubos sonoros

São chamados de tubos sonoros aqueles que contém uma coluna de ar capaz de produzir som ao ser excitada. Cabe notar que o corpo sonoro é a coluna de ar e não o tubo que a contém, porém, o tubo tem a importante função de definir a forma da coluna de ar. Os tubos sonoros podem ser classificados de várias maneiras: segundo o número de aberturas que possui; segundo sua forma; e segundo o modo de excitação da coluna de ar (OLASÁBAL, 1954).

Em acústica, são chamados de tubos fechados aqueles que possuem somente uma abertura e tubos abertos aqueles que possuem duas aberturas ou mais. Para classificar os tubos sonoros segundo sua forma, é necessário que seja observado se podem ser dobrados sem que isso afete o comportamento da coluna de ar. Feita essa observação, pode-se considerá-los tubos sonoros. Os tubos prismáticos se utilizam somente em certos registros de órgãos e alguns instrumentos primitivos; os demais instrumentos possuem tubos cônicos, cilíndricos ou intermediários (OLASÁBAL, 1954).

Para Vasconcelos (2002), com exceção do órgão, os tubos sonoros dos instrumentos musicais de sopro são todos tubos abertos e podem conter formato cônico ou cilíndrico. O tubo tem a finalidade de amplificar o som emitido pela fonte sonora. O timbre desses instrumentos

é determinado pelo modo de excitação da coluna de ar, do material e do formato como é construído.

Nos tubos abertos, é possível se obter colunas de ar de comprimentos diferentes, gerando frequências (alturas) diferentes por meio de um sistema de válvulas ou furos na parede externa do tubo. Como não há restrições nos tubos abertos, eles podem gerar harmônicos de todas as frequências. Segundo Olasábal (1954), como os tubos fechados possuem somente uma abertura, há a formação de uma interferência construtiva junto à extremidade aberta do tubo e uma interferência destrutiva junto à extremidade fechada. Desse modo, um tubo fechado necessita da metade do comprimento de um tubo aberto para produzir o mesmo som. No entanto, tais características causam restrições na geração de harmônicos de frequências pares.

Em vista disso, é possível encontrar relações matemáticas contando-se o número de meios ou quartos de comprimentos de ondas formados nos tubos em cada frequência de ressonância. Nesse sentido, Silva (2020) descreve:

Os harmônicos nos tubos abertos são representados pelos meios comprimentos de onda. Nos tubos fechados, harmônico é o número de quartos de comprimentos de onda. Enquanto nos tubos abertos os harmônicos correspondem ao conjunto dos números naturais - exceto o zero -, nos tubos fechados, apenas os números ímpares constituem o conjunto de harmônicos formados possíveis (SILVA, 2020).

Dessa forma, segundo Silva (2020), ao contar metades ou quartos de comprimentos de onda, é possível calcular os harmônicos gerados em determinados tubos por meio das seguintes equações

- tubos abertos

Equação 2 — Tubos abertos

$$f_{\text{aberto}} = n \cdot (V/2L), \text{ onde } n = 1, 2, 3...$$

Logo, cabe ressaltar que o cálculo da frequência dos tubos fechados sendo calculados por quartos de onda, seguem a seguinte equação:

- tubos fechados

Equação 3 — Tubos fechados

$$f_{\text{fechado}} = i \cdot (v/4L), \text{ onde } i=1,2,3\dots$$

Além do fato dos tubos serem abertos e fechados, Vasconcelos (2001) descreve que é possível se obter colunas de ar de tamanhos diferentes no mesmo tubo, gerando, assim, sons de frequências (alturas) diferentes. Tais frequências podem ser alcançadas de duas formas: por meio da variação do comprimento do tubo ou por meio de uma série de furos na parede externa do tubo. Neste último caso, cabe destacar que o diâmetro desses furos altera a frequência do som produzido e este é um recurso frequentemente usado na construção dos instrumentos musicais para corrigir a afinação ou facilitar a digitação (VASCONCELOS, 2001).

2.2.2.2.3 Tubos cilíndricos

Um cilindro pode ser definido como um objeto tridimensional delimitado por uma superfície de translação completa e segmentos de retas paralelas que se apoiam em uma circunferência (NOVAES, 2020). Sendo assim, um corpo oco de formato cilíndrico — usado para transportar ou conter líquidos ou gases — pode ser denominado como tubo cilíndrico (OLASÁBAL, 1954).

De acordo com Arcela (2017):

As vibrações do ar que se encerra no interior de um tubo cilíndrico são longitudinais, isto é, suas ondas estacionárias oscilam ao longo do corpo do tubo — diferentemente da corda, onde as vibrações são transversais, isto é, perpendiculares à linha de repouso”.

Um som fundamental no tubo cilíndrico soa uma oitava abaixo que o som fundamental de um tubo cônico de mesmo comprimento. Na prática, isso não é sempre o caso, mas em alguns casos, o tubo cilíndrico gera sons fundamentais de oitava mais baixa que o tubo cônico. O primeiro harmônico gerado por este tubo é a terceira parcial da série harmônica — uma décima segunda acima do som fundamental — ao invés da segunda parcial (a oitava), como acontece nos tubos cônicos (KNIGHT, 2015).

Nesse sentido, Vasconcelos (2001) ressalta que este fenômeno ocorre quando a coluna de ar é posta em vibração por meio da excitação de uma palheta simples. Isto é, nesses casos, os tubos cilíndricos se comportam da mesma maneira que os tubos fechados. As frequências naturais geradas dos harmônicos são múltiplos ímpares. Nessa perspectiva, Knight (2015)

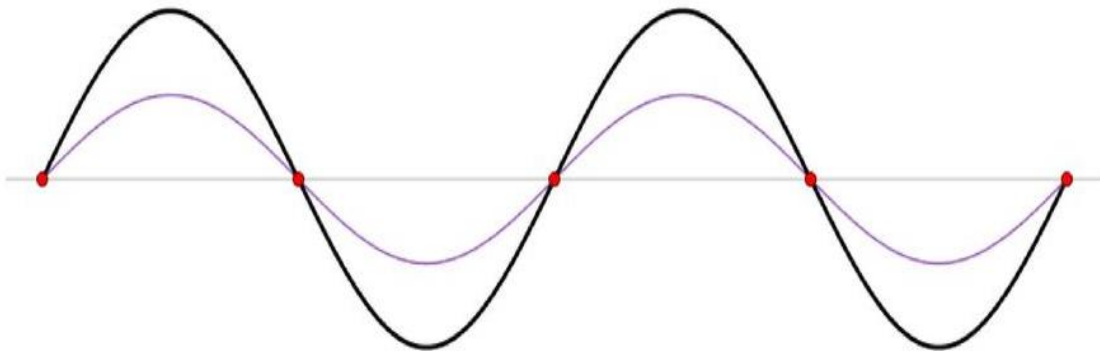
corroborar às afirmações de Vasconcelos (2001) quando descreve que o tubo cilíndrico funciona como um tubo fechado gerando apenas as parciais de números ímpares dos harmônicos.

2.2.2.3 Ondas estacionárias e harmônicos

Para se compreender o fenômeno sonoro produzido por instrumentos musicais, deve-se levar em consideração, não apenas frequência, amplitude, comprimento e velocidade, mas também a forma da onda e à qualidade do som percebida pela ouvinte (timbre).

Segundo Silva (2020, p. 1), as “ondas estacionárias são ondas que permanecem em uma posição constante em um intervalo de tempo arbitrário. Quando essas ondas se superpõem, há a formação de interferência”. Assim, quando em um meio elástico se propagam duas ondas de igual frequência e amplitude, na mesma direção, porém em sentido contrário, se produzem certas ondas chamadas de ondas estacionárias (OLASÁBAL, 1954). O fenômeno pode ser observado, a partir da representação gráfica na figura 29.

Figura 29 — Onda estacionária

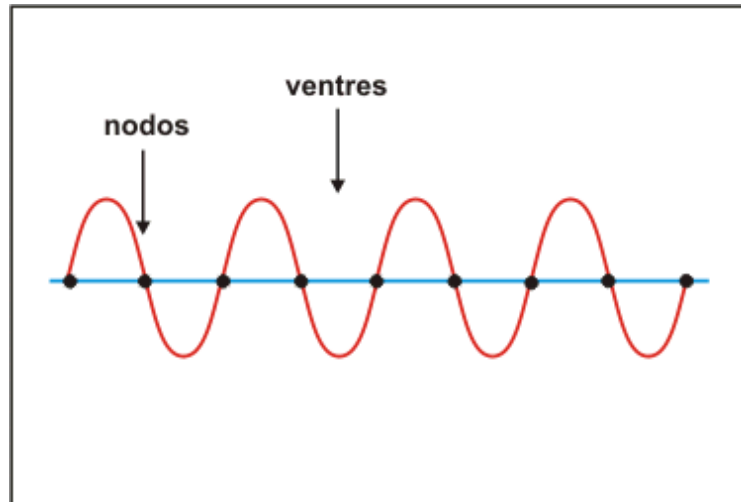


Fonte: Arins (2020).

Para Silva (2020), não se trata exatamente de uma onda, na acepção normal do termo, mas sim de um particular padrão de interferência. O autor descreve que:

Nos pontos de interferência construtiva, (**V**), denominados *ventres* ou *pontos ventrais*, a amplitude de oscilação é máxima, correspondendo ao dobro da amplitude de cada onda constituinte. Aos pontos de interferência totalmente destrutiva (**N**) damos o nome de *nós* ou *pontos nodais*, que não oscilam, permanecendo, portanto, em equilíbrio (SILVA, 2020).

Figura 30 — Pontos ventrais e pontos nodais



Fonte: Alfa Connection (2020).

De acordo com Fornari (2019), uma corda vibrando ou uma coluna de ar dentro de um tubo podem entrar em diferentes modos de vibração estacionária que geram variações regulares de pressão acústica. Desse modo, verifica-se que a coluna de ar pode vibrar em diferentes modos dentro de um tubo e gerar frequências que são múltiplos inteiros da sua frequência fundamental. As frequências desses modos de vibração geradas pelas ondas estacionárias são chamadas de harmônicos. Um determinado som e, em especial, um som musical, é formado por vários harmônicos que, por um processo psicoacústico conhecido como “fusão tonal”, são percebidos pela audição humana como um único som.

De acordo com Arcela (2017), “o som dos instrumentos musicais é constituído por uma mistura de sons puros — denominados componentes espectrais — cada qual tendo uma frequência própria”. Um som puro ou som elementar pode ser chamado também de harmônico. Assim, Arcela (2017) ao definir o som puro — harmônico — especifica:

Trata-se de um som cuja forma de onda é estritamente senoidal e que, portanto, contém uma única altura musical. O som elementar corresponde à ação de uma partícula material que executa um movimento harmônico simples. Quando o som não for *elementar*, isto é, quando não for estritamente senoidal, como é o caso da quase totalidade dos sons emitidos pelos instrumentos musicais acústicos, será porque se trata de um *som composto* -- também denominado *som complexo*, que nada mais é do que um agrupamento de vários sons puros, cada qual com a sua própria frequência. (ARCELA, 2017).

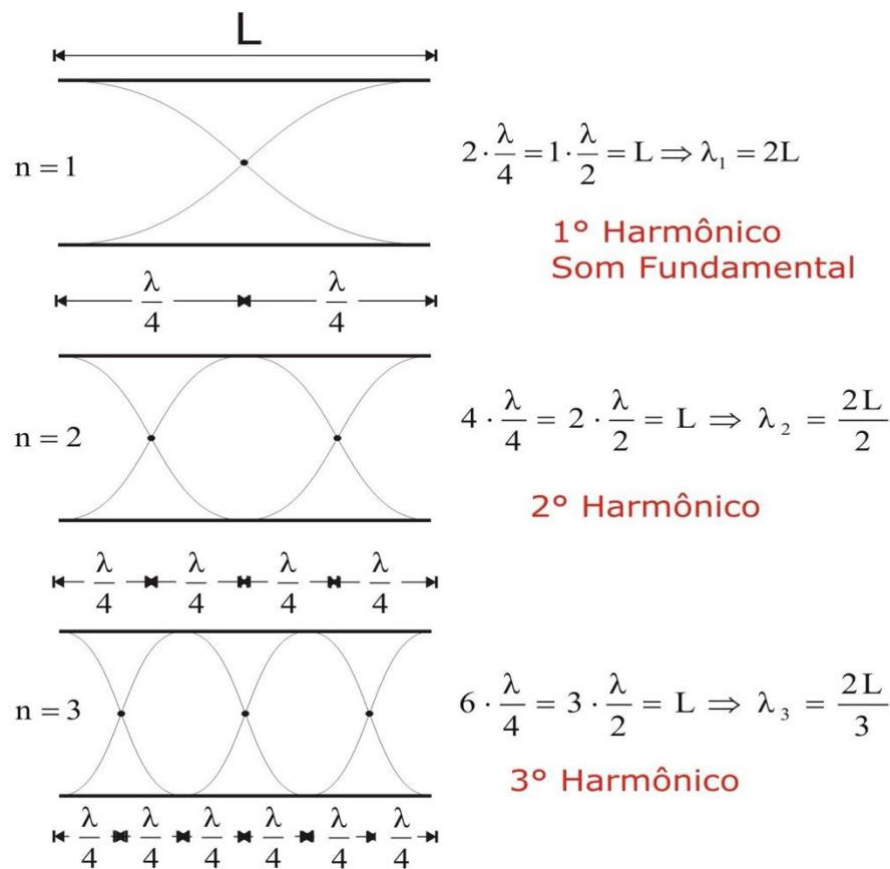
No que se refere aos harmônicos, Arcela (2017) considera também que os sons elementares têm frequências cujos valores são múltiplos inteiros da frequência mais grave, que

pode ser chamado componente fundamental, harmônico fundamental ou primeiro harmônico. Deste harmônico fundamental, desdobram-se outros harmônicos que formam uns com os outros intervalos musicais justos em decorrência de serem proporções entre as frequências elementares. Essa sequência de harmônicos que formam um determinado som musical é chamada de série harmônica (OLASÁBAL, 1954).

Os harmônicos ou ondas estacionárias, assim como toda a série harmônica produzida pelos instrumentos musicais, podem ser calculados. Tais cálculos podem trazer informações relevantes no que se refere à compreensão da construção de cada instrumento e podem mostrar caminhos oportunos para que possíveis melhorias possam ser realizadas sem que haja prejuízo de afinação, projeção, conforto físico ou qualidade sonora.

Assim, em um tubo aberto, as frequências elementares de vibração são representadas por meio da figura 31 em que é possível observar a representação gráfica da formação do primeiro, segundo e terceiro harmônico:

Figura 31 — Configuração de onda estacionária em um tubo aberto e respectivas equações



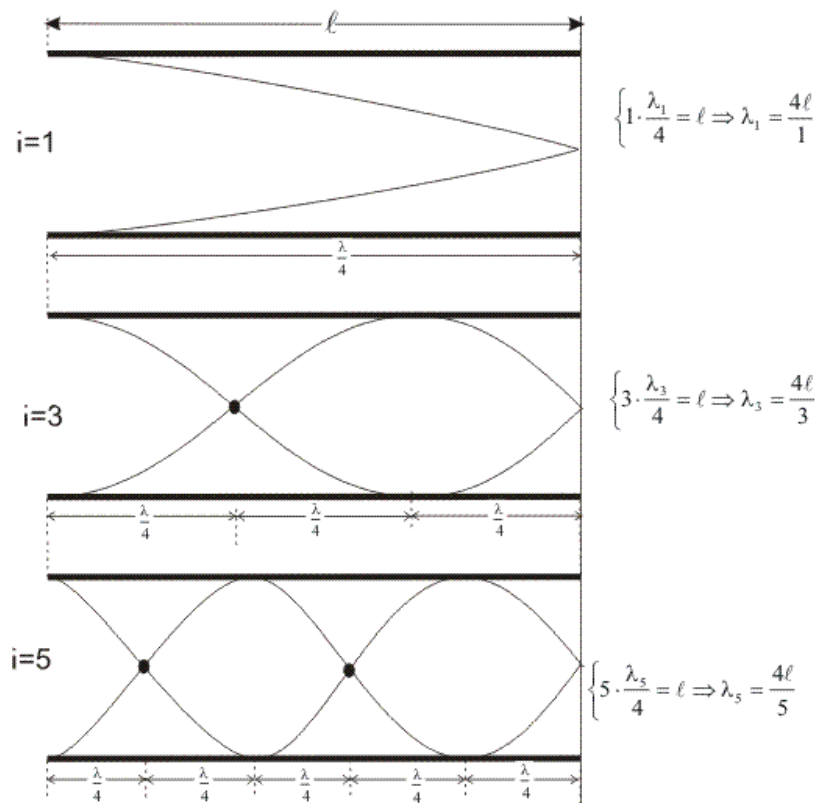
As frequências dos harmônicos podem ser calculadas a partir da seguinte equação:

Equação 4 — Frequência dos harmônicos

$$f = N \cdot \frac{v}{2L}$$

Já em um tubo fechado, as frequências elementares de vibração podem ser observadas na figura 32 por meio da seguinte representação gráfica:

Figura 32 — Configuração de onda estacionária em um tubo fechado e respectivas equações



Fonte: Só Física (2020b).

No caso dos tubos fechados, a distância entre um ventre e um nó consecutivo equivale a um quarto do comprimento de onda. Dessa forma, as frequências elementares desses tubos podem ser calculadas por meio da seguinte equação:

Equação 5 — Frequência elementar dos tubos

$$f = i \cdot \frac{v}{4L}$$

Apesar da possibilidade de calcular as frequências elementares de instrumentos musicais, e os inúmeros esclarecimentos sobre seu funcionamento fornecido por esses cálculos, há também uma relação de subjetividade a ser considerada. A relação entre a forma de onda e a qualidade percebida, ou seja, o timbre é um aspecto subjetivo do som. A percepção do timbre deriva da combinação entre a natureza da fonte sonora somada à relação já descrita anteriormente entre frequência-afinação, bem como os fatores relacionados ao mecanismo auditivo (EVEREST; POHLMANN, 2001).

Assim, a acústica permite compreender o fenômeno sonoro em seus vários aspectos, possibilitando compreender, de forma precisa, o funcionamento dos instrumentos musicais e possibilitando a construção de novos projetos.

2.3.1 Ergonomia

Para que um instrumento musical consiga atingir os seus objetivos tanto da perspectiva da qualidade musical, quanto da perspectiva da sua usabilidade, além das questões acústicas, também é necessário recorrer a outras áreas de conhecimento. Uma delas é a ergonomia, cujo objetivo é estudar os parâmetros das interações entre humanos e seus artefatos. A ergonomia se conceitua como uma disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema. Aplicam-se teorias, princípios, dados e métodos a projetos que visam otimizar o bem-estar humano e a performance global dos sistemas (BUST, 2009). Zamberlan *et al.* (2013) compreendem ergonomia como a interface entre pessoas e objetos ou artefatos que a cercam em um determinado contexto. Segundo Franceschi (2013, p. 9), “a ergonomia tem por propósito, conforme determinados procedimentos, referentes a sua utilização, a possibilidade de melhorar a qualidade de vida das pessoas nos mais diferentes ambientes, essencialmente em residências e locais de trabalho”.

Esta disciplina pode ajudar luthiers, construtores, músicos, designers e fabricantes a criarem instrumentos cada vez mais funcionais e inovadores. Sendo as crianças o público-alvo desta pesquisa, faz-se necessário considerar que, por estarem em desenvolvimento, têm necessidades específicas para o seu bem-estar geral. Por essa razão, é oportuno salientar que o corpo humano infantil se desenvolve de forma complexa e gradual, com variações de proporções em relação ao peso, à estatura e aos membros. Além disso, nas crianças da primeira

infância pode haver grandes diferenças de dimensões entre as várias idades (SURREADOR, 2010).

Deste modo, o desenvolvimento da criança não é constante ao longo da sua infância e a ergonomia considera essas diferenças de desenvolvimento, ponderando aspectos como características, habilidades e limitações (SURREADOR, 2010). Segundo Oliveira (2013):

Se para o adulto a ergonomia está principalmente ligada ao seu rendimento no trabalho, para a criança a ergonomia está ligada ao brincar e o estudar. A infância é um período de grande desenvolvimento físico, marcado pelo gradual crescimento da altura e do peso da criança. E é nessa fase que os primeiros problemas relacionados à ergonomia começam a aparecer. Alguns pesquisadores sugerem que as crianças estão sujeitas aos mesmos riscos (ou talvez maiores) do que os adultos, uma vez que estão expostas aos mesmos perigos. Por exemplo, se o trabalho com um computador pode provocar lesões por esforços repetitivos e problemas de visão nos adultos o que fará a uma criança que está em fase de crescimento? (OLIVEIRA, 2013, p.32)

Assim, considerando as características do desenvolvimento corporal infantil, pressupõe-se que a ergonomia pode contribuir sobremaneira para o desenvolvimento de diversos artefatos específicos para crianças, incluindo os instrumentos musicais.

Para Surrador (2010), a qualidade das interfaces entre pessoas e objetos depende da adequação existente entre o homem e as exigências das tarefas que ele terá ao utilizar um produto em um determinado sistema. Para a autora, durante algum tempo, a ergonomia tinha como principal campo de aplicação as situações de trabalho, mas, atualmente, se aplica a todas as áreas da vida, quer sejam atividades domésticas, quer sejam laborais, de lazer, educacionais ou sociais.

Vidal (2000) considera que a ergonomia, ao estudar “as capacidades e limitações e demais características humanas necessárias para o projeto de boas interfaces [...]” (VIDAL, p.06) se situa de forma interdisciplinar em áreas como a Fisiologia, a Psicologia, a Sociologia, a Linguística e práticas profissionais como a medicina do trabalho, o Design, a sociotécnica e as tecnologias de estratégia e organização.

De acordo com a Institute Ergonomics Association — IEA (2013), a ergonomia se constitui em três campos de atuação: a) ergonomia física; b) ergonomia cognitiva; e c) ergonomia organizacional. A ergonomia física se ocupa de analisar as características relacionadas à anatomia humana, a ergonomia cognitiva dedica-se às análises dos processos mentais e, por fim, a ergonomia organizacional trata da otimização de sistemas sociais e técnicos adotados nas organizações (BOLETTI; CORRÊA, 2015). Isto posto, faz-se importante ressaltar que, considerando os objetivos desta pesquisa, serão abordados aqui apenas os conceitos da ergonomia física.

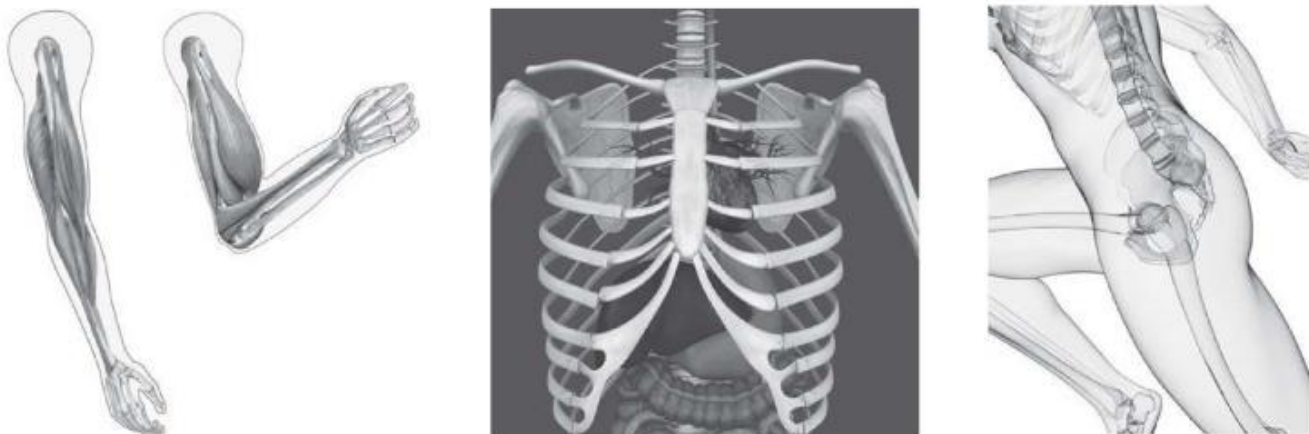
2.3.2 Ergonomia física

Essa área ocupa-se das características da anatomia e fisiologia humana. Por anatomia, compreende-se o estudo das estruturas humanas e relações entre elas e, por fisiologia, o estudo das funções corporais (BOLETTI; CORRÊA, 2015). Os tópicos abordados na ergonomia física incluem também posturas, manuseio de artefatos, movimentos repetitivos e ações musculoesqueléticas fazendo-se necessário, portanto, compreender o funcionamento do sistema esquelético, muscular e biomecânico (IIDA, 2005).

2.3.2.1 Sistema esquelético

Segundo Boletti e Corrêa (2015), o sistema esquelético é constituído por ossos, cartilagens, ligamentos e tendões. Tem como função básica a sustentação, a proteção e o auxílio dos movimentos. O esqueleto forma uma estrutura no corpo capaz de sustentar tecidos moles e proporcionar pontos de fixação para os tendões. No que diz respeito à proteção, o esqueleto protege órgãos internos como os ossos do crânio, que protegem o cérebro, as vertebrae preservam a medula espinal e a caixa torácica salvaguarda o coração e os pulmões. Por fim, sobre o auxílio aos movimentos, trata-se de ossos e músculos que, em conjunto, produzem o movimento. Tendo em vista que alguns músculos — chamados de músculos esqueléticos — estão fixados aos ossos por meio de ligamentos e tendões; quando se contraem, eles alavancam os ossos, gerando, assim, o movimento.

Figura 33 — Funções do sistema esquelético – sustentação, proteção e auxílio ao movimento



Fonte: Boletti e Corrêa (2015, p. 25).

2.3.2.2 Músculos

Os músculos são os tecidos responsáveis pelos movimentos. Tais movimentos podem ser voluntários, como pegar um objeto por exemplo, ou involuntário, como no caso de órgãos como coração e intestino. São responsáveis por todos os movimentos do corpo, transformando a energia química armazenada no corpo em contrações por meio da oxidação de gorduras e hidratos de carbono (IIDA, 2005), segundo o autor:

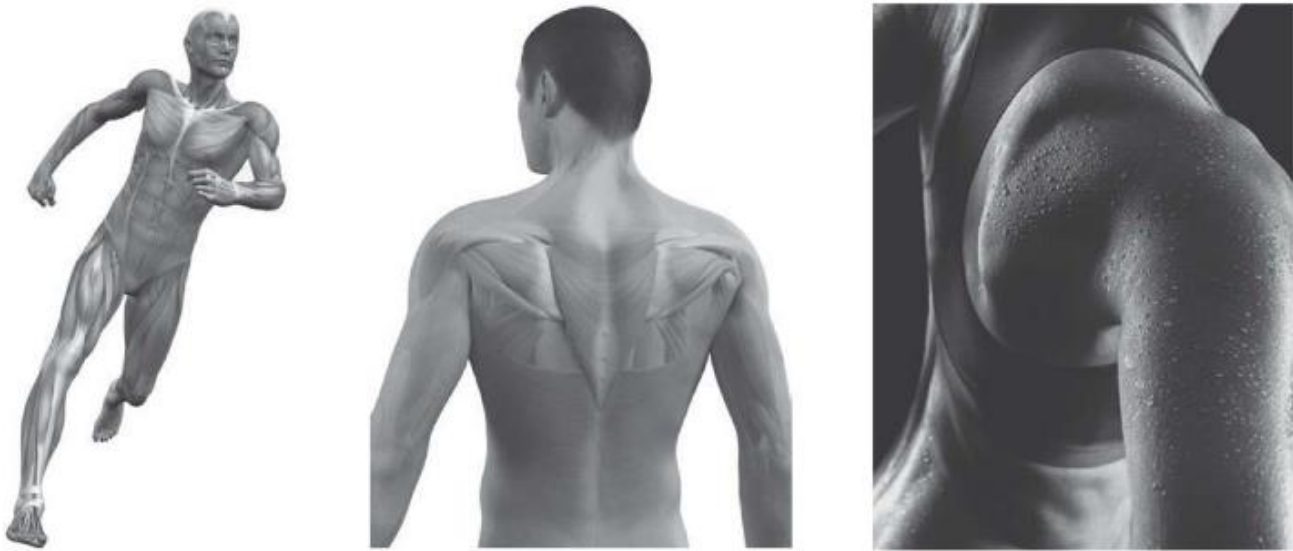
Os músculos do corpo humano podem ser classificados em três categorias: músculos lisos, músculos do coração e músculos estriados ou esqueléticos. Músculos lisos encontram-se nas paredes dos intestinos, nos vasos sanguíneos, na bexiga, no aparelho respiratório e em outras vísceras. Os músculos do coração são diferentes de todos os outros. Os músculos lisos e do coração não podem ser comandados voluntariamente. Os músculos estriados estão sob o controle consciente e é através deles que o organismo realiza trabalhos externos. Portanto, apenas o estudo destes é importante para a ergonomia (IIDA, 2005, p. 70).

Para Iida (2005) cerca de 40% dos músculos do corpo são da categoria estriados, o que corresponde a um total de 434 músculos. No entanto, apenas 75 pares desses músculos estão envolvidos na postura e movimentos globais do corpo. Os demais são responsáveis por movimentos menores como os dos globos oculares, por exemplo (IIDA, 2005).

Segundo Boletti e Corrêa (2015):

Por meio de contração sustentada ou alternando contração e relaxamento, o tecido muscular tem quatro funções-chave: produzir movimentos do corpo, estabilizar posições corporais, armazenar e mover substâncias dentro do corpo e produzir calor. Dentre elas, as de interesse para o estudo da ergonomia são: produzir movimentos do corpo. Os movimentos corporais como caminhar, correr, escrever ou balançar a cabeça dependem do funcionamento integrado de músculos esqueléticos, ossos e articulações. Estabilizar posições do corpo. As contrações do músculo esquelético estabilizam articulações e ajudam a manter as posições do corpo, como ficar em pé ou sentado. Os músculos posturais se contraem continuamente quando uma pessoa está acordada; por exemplo, as contrações sustentadas dos seus músculos do pescoço mantêm sua cabeça ereta (BOLETTI; CORRÊA, 2015, p. 26).

Figura 34 — Funções do sistema muscular – produzir movimentos, estabilizar posições, armazenar e mover substâncias e produzir calor



Fonte: Boletti e Corrêa (2015, p. 26).

Como forma de analisar posturas e movimentos para os manuseios e ações a fim de projetar artefatos mais adequados ao manejo humano, é necessário entender os princípios da biomecânica, que consiste na disciplina que se ocupa da aplicação de princípios mecânicos para a análise de organismos vivos (IIDA, 2005).

2.3.2.3 Biomecânica

Segundo Knudson (2007), biomecânica pode ser definida como o estudo dos movimentos de seres vivos usando a ciência da mecânica. Dessa maneira, a biomecânica fornece informações conceituais e ferramentas matemáticas necessárias para a compreensão de como os seres vivos se movem e como os profissionais de várias áreas podem contribuir para tornar os movimentos humanos mais seguros.

Seguindo esses princípios, para se realizar um determinado movimento são necessárias diversas combinações de contrações e estiramentos musculares. Cada uma delas possui diferentes características de velocidade e precisão. Conforme a combinação de músculos que participam de um determinado movimento, este pode resultar em características e custos energéticos diferentes. Assim, o corpo é constituído de alavancas que se movem em torno das articulações (BOLETTI; CORRÊA, 2015).

Boletti e Corrêa (2015) consideram que, entre os princípios mais relevantes da biomecânica estão: a) a conservação das articulações em posições neutras; b) a manutenção dos pesos próximos ao corpo; c) a prevenção para evitar torções de tronco e movimentos ríspidos que causam picos de tensão e, d) a alternância de posturas e de movimentos. A partir destas considerações, pressupõe-se ser essencial respeitar as medidas do corpo em suas respectivas faixas etárias de crescimento para que não sejam projetados artefatos de forma equivocada.

Segundo Iida (2005), há alterações de tamanho das proporções corporais, forma e peso, conforme a idade. Em algumas fases, como durante a infância e adolescência, essas mudanças se aceleram. Na fase de crescimento, as proporções entre os diversos segmentos do corpo também se alteram e não são proporcionais, conforme pode ser verificado na Figura 35.

Figura 35 — Proporções corporais conforme faixa etária

As proporções corporais vão se modificando com a idade

Idade	Estatatura/cabeça	Tronco/braço
Recém-nascido	3,8	1,00
2 anos	4,8	1,14
7 anos	6,0	1,25
Adulto	7,5	1,50

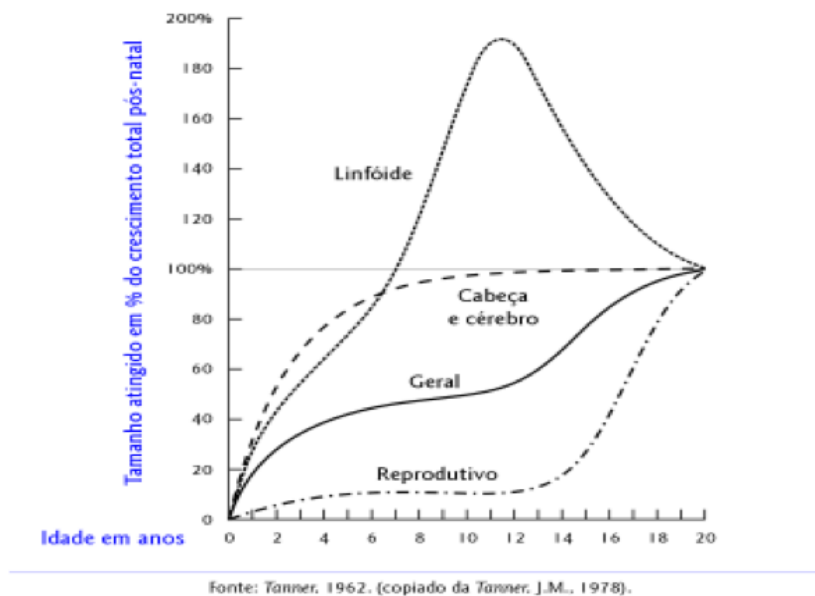
Fonte: Iida (2005, p. 100).

Nesse sentido, cabe ressaltar as diferenças entre crescimento e desenvolvimento da criança. Por crescimento, entende-se o aumento do tamanho do corpo causado pela multiplicação ou aumento de células. Desenvolvimento refere-se às alterações no âmbito do funcionamento de um indivíduo ao longo do tempo e às adaptações em direção à aquisição de um conjunto de habilidades e competências peculiares a cada estágio. Fatores intrínsecos como genéticos, endócrinos, metabólicos, congênitos e malformações, assim como fatores extrínsecos como condições ambientais, econômicas, sociais, culturais e afetivas influenciam tanto no crescimento, como no desenvolvimento da criança (SILVA, 2012).

Segundo Silva (2012), os padrões de crescimento e desenvolvimento ocorrem em direções ou gradientes regulares e conexos, refletindo o crescimento físico e a maturidade das funções neuromusculares. Existem períodos de aceleração e de desaceleração: o crescimento

rápido antes e após nascimento gradualmente se nivela ao longo da infância e volta a acelerar na adolescência. Em regra, o crescimento obedece às seguintes tendências: 1) céfalo-caudal – controle estrutural da cabeça antes do tronco e extremidades; 2) próximo-distal – controle do ombro precede o domínio das mãos e mãos antes dos dedos; e 3) diferenciação – operações simples para complexas; padrões amplos e globais para específicos e refinados. Assim sendo, podem ser constatadas assimetrias no crescimento de tecidos e órgãos conforme pode ser visto na figura a seguir:

Gráfico 1 — Curva de crescimento de diferentes partes e tecidos do corpo



Fonte: Silva (2012).

Cabe notar ainda que, no caso das mãos, a lateralidade é um fator importante a ser considerado. Segundo Saltini *et al.* (2010):

[...]a propensão que o ser humano possui de utilizar preferencialmente mais um lado do corpo que o outro. Isto significa que existe um predomínio motor, ou melhor, uma dominância de um dos lados. Desta maneira o lado dominante se caracteriza por possuir maior força muscular, uma melhor precisão e também maior velocidade nos movimentos destes membros dominantes (SALTINI, 2010, p. 57).

Sendo assim, o desenvolvimento infantil, no que concerne às habilidades motoras, caracteriza-se pelo progressivo domínio corporal e tais habilidades são constantemente

solicitadas para atender às demandas das atividades diárias (FREITAS, 2014). Dessa maneira, padrões de crescimento e desenvolvimento infantis podem ser adotados para fornecer parâmetros às mais diversas áreas que podem fazer usos desses dados. Tais parâmetros são realizados pelo ramo da ergonomia que tem por objetivo o estudo dos caracteres da morfologia humana mensurando tamanho, massa e proporção, e é chamado de antropometria (BOLETTI; CORRÊA, 2015).

2.3.2.3.1 Antropometria

Segundo Boletti e Corrêa (2015, p. 41):

Conhecimentos sobre biomecânica são muito utilizados para a obtenção de medições antropométricas, pois é a disciplina que se ocupa do emprego de princípios mecânicos para a análise de organismos vivos, contribuindo, entre outras finalidades, para verificar as propriedades da massa corporal humana. No contexto da biomecânica, a antropometria atua com modelos de representação do corpo humano, viabilizando avaliar a massa, o centro de gravidade e o período de inércia.

Dessa forma, para promover objetos adequados ao corpo humano, alguns fatores devem ser considerados, como a definição das dimensões antropométricas exigidas em cada situação. A antropometria é o ramo das Ciências Sociais que lida com as medidas do corpo, particularmente com medidas relacionadas ao tamanho e à forma. A partir da década de 1940, a antropometria foi incorporada também à ergonomia, quando esta passou a ter uma maior importância a partir do desenvolvimento industrial (IIDA, 2005). Para Boletti e Corrêa (2015):

As medidas antropométricas compreendem as dimensões, constituições e características da massa corpórea de diversas partes do corpo humano, bem como as articulações, suas junções e mobilidade, a movimentação corporal e ações, como o uso de forças e torções e a intensidade de atitudes de controle e equilíbrio, além do uso de utensílios de trabalho da antropometria (BOLETTI; CORRÊA, 2015, p34).

A antropometria pode ser dividida em três categorias: a) antropometria estática, que mede as dimensões físicas do corpo em repouso; b) a antropometria dinâmica, que analisa a limitação dos movimentos e das partes do corpo de forma individual; e, c) antropometria funcional, que são as medidas antropométricas relacionadas à execução de tarefas específicas (BOLETTI; CORRÊA, 2015).

Para Iida (2005), sempre que possível, medições antropométricas devem ser realizadas tomando-se uma amostra significativa de sujeitos que serão os usuários do objeto a ser projetado. As medidas antropométricas podem variar de acordo com a etnia, clima, gênero,

idade, classe social e características interindividuais. À vista disso, a primeira deliberação acerca das medidas é definir onde e para que serão destinadas para posteriormente definir os métodos a serem utilizados (IIDA, 2005).

Os métodos de medições antropométricas se classificam em dois tipos: diretos e indiretos. Os métodos diretos são aqueles que se utilizam de instrumentos que entram em contato físico com o corpo humano. Réguas, fitas, paquímetros, balanças são os instrumentos mais utilizados para este tipo de medição. Nesse método, as medidas tomadas são de peso, força, angulares ou lineares. As medidas indiretas são aquelas que se utilizam de outras fontes como imagens, fotos e radiografias. Este tipo de método é indicado quando se deseja detalhes específicos de certas partes do corpo (IIDA, 2005).

Podem ser utilizados métodos antropométricos específicos como: a) somatometria, que consiste nas dimensões corporais do indivíduo; b) antropometria da face, que tem como objetivo estudar as medidas craniofaciais; c) osteometria, que tem como finalidade o estudo dos ossos cranianos; d) pelvimetria, que se ocupa das medidas pélvicas; e, e) cefalometria, que estuda as dimensões dos dentes e das áreas dentárias em relação a outras medidas craniofaciais (SANTOS; FUJÃO, 2003).

Cada medição deve especificar a localização corporal, a direção e a postura. A localização corporal indica o ponto em que é medido a partir de outra referência (pisso, cadeira ou mesmo outra parte do corpo). A direção indica a posição em que determinada parte do corpo é medida (horizontal ou vertical). A postura se refere à colocação do corpo em uma determinada posição, como, por exemplo, em pé ou sentado (IIDA, 2005).

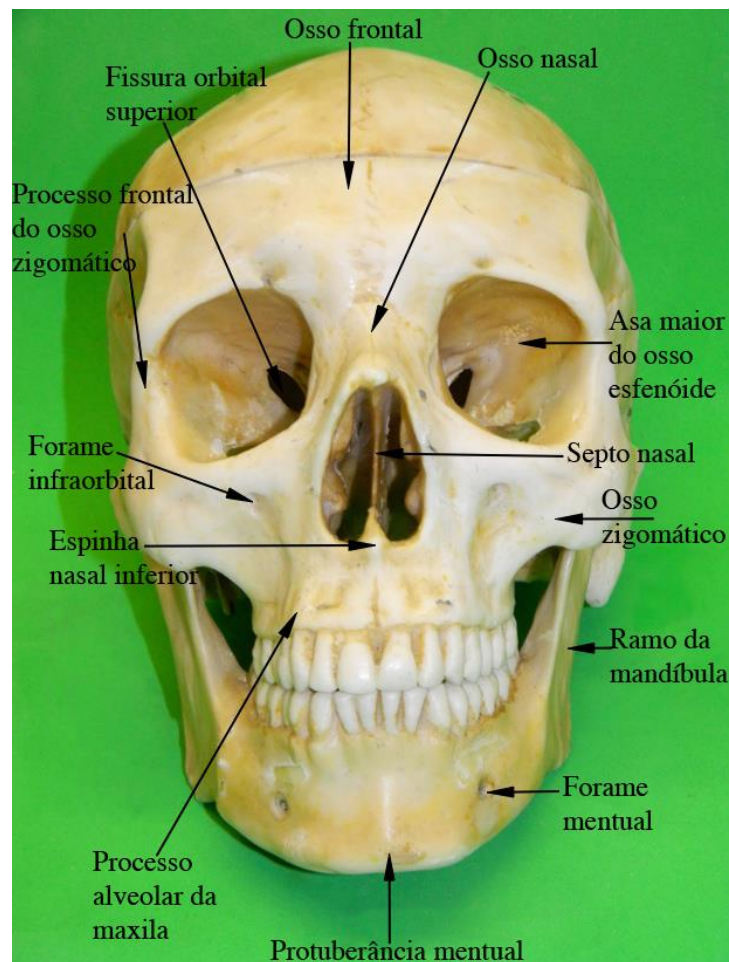
Sendo a antropometria definida como a ciência que estuda as medidas de tamanho, peso e proporções do corpo humano, ela pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento como a saúde, ergonomia, desporto, engenharia e design, como é o caso da presente pesquisa (BOLETTI; CORRÊA, 2015).

2.3.2.3.2 Antropometria da face

A face humana apresenta características próprias e peculiares em suas estruturas ósseas e musculares. Tais características podem ter relação com a variação do formato e da composição craniofacial, tanto no sentido vertical como no horizontal. Cada indivíduo apresenta características próprias de acordo com a oclusão dentária, musculatura, além do formato e configuração das estruturas craniofaciais. Esses aspectos podem influenciar diretamente as funções de mastigação, deglutição, voz, respiração e fala (SILVA; RAMIRES, 2008).

O esqueleto cefálico corresponde ao esqueleto da cabeça (ou crânio). Com exceção da mandíbula, os demais ossos do crânio são articulados entre si por meio de articulações formadas pela presença de tecido conjuntivo fibroso entre os ossos. Os ossos que formam o esqueleto da face são: a) nasais; b) palatinos; c) lacrimais; d) zigomáticos; e) conchas nasais inferiores; f) maxilares; g) etmoide; h) vômer; e i) mandíbula. Tanto nos ossos maxilares, como na mandíbula se encontram os alvéolos dentários, com o objetivo de fornecer a base e ossos para a sustentação dos dentes das arcadas dentárias superiores e inferiores.

Figura 36 — Vista anterior dos ossos da face

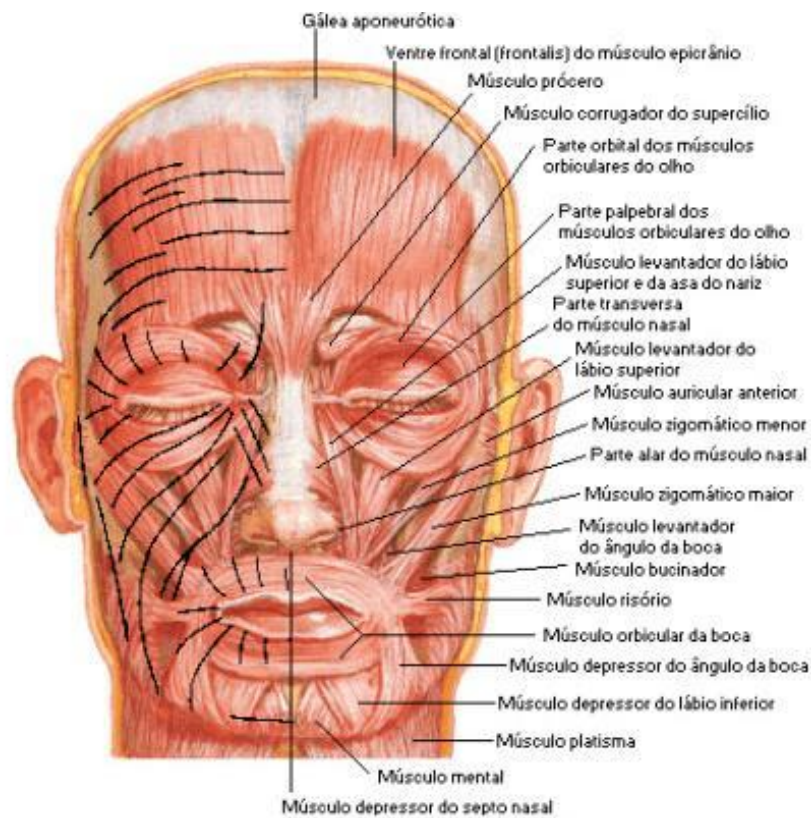


Fonte: Remes (2009, p.7).

Os ossos craniofaciais são envoltos por músculos e nervos. Os músculos da face são músculos esqueléticos que integram o conjunto de músculos da cabeça. Estão divididos em músculos da deglutição, da mastigação e da mímica, ou seja, os músculos da expressão facial.

A cabeça possui uma série de músculos que fazem parte do sistema sensorial, tais como, músculos da faringe, dos oculares e a língua. Entretanto, para os fins desta pesquisa, serão abordados apenas a língua e os músculos da expressão facial. Apesar desta denominação, entre as funções mais importantes dos músculos da expressão facial estão a alimentação, a mastigação, a fonação e o piscar de olhos (REMES, 2009).

Figura 37 — Representação anterior dos músculos da face



Fonte: Astrociência (2016).

Tendo em vista o sistema esquelético e muscular da face, a avaliação antropométrica orofacial pode ser feita de forma direta ou indireta, a depender do caso. As medidas de forma direta podem ser tomadas por meio da localização de pontos específicos da face de um indivíduo e execução de medições de forma não invasiva. Essa é uma técnica de baixo custo e que não oferece riscos à saúde e, por resultar em dados objetivos, podem ser comparados, uma vez estabelecido o padrão de normalidade de medidas antropométricas orofaciais para uma determinada população. Os procedimentos da antropometria facial podem também ser

realizados de forma indireta, utilizando imagens. Além de complementar exames clínicos, fornece informações sobre a caracterização da face com dados reproduzíveis (BOSSLE *et al.*, 2015).

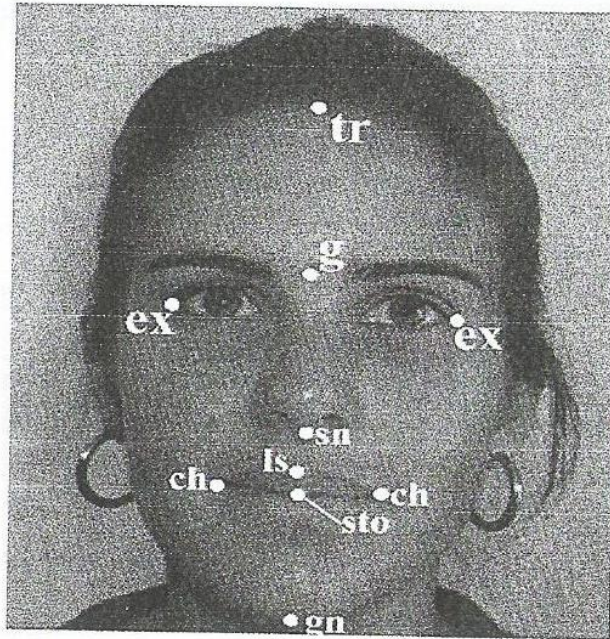
Segundo Bossle *et al.* (2015):

Referências da normalidade de medidas antropométricas orofaciais são encontradas na literatura, porém, a maioria refere-se a crianças em idade escolar, adolescentes e adultos. Dados sobre medidas da face de crianças abaixo de seis anos de idade são encontrados somente na literatura internacional (BOSSLE *et al.*, 2015, p. 900).

Além dos parâmetros adotados para estabelecer padrões de normalidade, para que a análise aconteça de forma precisa, as medidas devem ser tomadas de forma criteriosa. No caso da antropometria facial direta, Farkas (1994) sugere 47 pontos antropométricos e 132 medidas da face, sendo 103 lineares e 29 angulares. Somados a estes, o autor apresenta 150 índices de proporções faciais. Todavia, na literatura consultada, pôde-se perceber que, a depender do tipo de estudo, determinados pontos de medição são escolhidos em detrimento de outros para a análise.

A seguir serão descritos os 8 pontos antropométricos propostos por Farkas (1994) que serão utilizados nesta tese. Tais pontos foram escolhidos a partir das análises antropométricas realizadas pela área da fonoaudiologia, área que, segundo Silvério *et al.* (2010), tem relações diretas com a saúde orofacial dos músicos de sopros. Assim, para Tessitore *et al.* (2016), os oito pontos principais da fonoaudiologia consistem nestes da figura 37.

Figura 38 — Pontos antropométricos da face



Fonte: Tessitore *et al.* (2016, p. 18).

Além das medidas faciais tomadas a partir dos pontos antropométricos propostos por Farkas (1994), outra possibilidade de se obter medidas cranianas é a cefalometria. Esta consiste em medidas que são realizadas de forma indireta por meio de imagens e procura estabelecer relações entre os dentes e as demais estruturas craniofaciais.

Para os fins desta pesquisa, será considerado o estudo realizado por Bossle *et al.* (2015). Trata-se de uma pesquisa sobre dados antropométricos com crianças brasileiras com idades entre 3 e 5 anos, que teve por objetivo obter medidas antropométricas orofaciais correlacionando esses dados com idade cronológica, gênero, raça e hábitos orais. O estudo foi realizado com 93 crianças selecionadas por meio de amostra de conveniência consecutiva, sendo que, 30 delas, crianças entre 4 anos e 4 anos e 11 meses.

A avaliação antropométrica orofacial realizada no estudo de Bossle *et al.* foi baseada na localização dos pontos específicos da face do sujeito e execução de medições de forma não invasiva, conforme proposto por Tessitore *et al.* (2016). As medidas foram tomadas utilizando um paquímetro digital e, posteriormente, foram cruzadas e analisadas segundo hábitos orais, idade, gênero e etnia. Todavia, para este trabalho, serão utilizados somente dos dados referentes à idade, visto que esses dados são extremamente relevantes para esta pesquisa. Foram tomadas como referência duas tabelas: uma com a média das medidas antropométricas e outra utilizando a faixa etária como recorte. Esses dados foram utilizados para comparar as medidas faciais das

crianças com as medidas do *chaluemau* soprano Devon & Burgani.

Tabela 1 — Média das medidas antropométricas orofaciais do estudo da pesquisa de Bossle *et al.* (2015)

Tabela 1 - Descrição das medidas antropométricas orofaciais

Medidas	Média ± DP	Mínimo	Máximo	IC _{95%}
Altura da face (<i>g-gn</i>)	99,4±5,6	90,1	118,1	98,2-100,5
Terço médio da face (<i>g-sn</i>)	45,2±3,5	36,5	56,7	44,5-45,9
Terço inferior da face (<i>sn-gn</i>)	54,2±3,6	48,4	62,0	53,4-54,9
Canto externo do olho até a comissura labial direita (<i>ex-ch</i>)	58,3±3,2	51,8	66,9	57,6-58,9
Canto externo do olho até a comissura labial esquerda (<i>ex-ch</i>)	57,9±3,2	51,2	67,1	57,3-58,6
Lábio superior (<i>sn-sto</i>)	17,9±1,8	13,4	22,3	17,6-18,4
Lábio inferior (<i>sto-gn</i>)	35,9±2,9	27,3	42,9	35,4-36,5

Legenda: DP = desvio padrão; IC = intervalo de confiança; *g* = glabella; *gn* = gnatio; *sn* = sub-nasal; *ex* = canto externo do olho; *ch* = *cheilion*; *sto* = estômio

Fonte: Bossle *et al.* (2015, p. 901).

Tabela 2 — Medidas antropométricas orofaciais segundo a faixa etária (média +- desvio padrão)

Medidas	Idade			Valor p*
	3:0 – 3:11 anos (n=29)	4:0 – 4:11 anos (n=30)	5:0 – 5:11 anos (n=34)	
Altura da face (<i>g-gn</i>)	96±4 ^a	100,5±6,1 ^b	101,2±5,2 ^b	<0,001
Terço médio da face (<i>g-sn</i>)	43±2,8 ^a	46,2±3,5 ^b	46,1±3,7 ^b	<0,001
Terço inferior da face (<i>sn-gn</i>)	52,9±2,9	54,2±3,8	55,1±3,7	0,070
Canto externo do olho até a comissura labial direita (<i>ex-ch</i>)	56,5±2,6 ^a	58,3±3,0 ^b	59,8±3,0 ^b	<0,001
Canto externo do olho até a comissura labial esquerda (<i>ex-ch</i>)	56,3±2,7 ^a	57,9±3,2 ^{ab}	59,4±2,9 ^b	<0,001
Lábio superior (<i>sn-sto</i>)	17,9±1,9	18,1±1,5	18±1,9	0,885
Lábio inferior (<i>sto-gn</i>)	34,7±2,6 ^a	36,1±2,9 ^{ab}	36,8±2,8 ^b	0,015

Legenda: * p<0,05 pelo ANOVA; a,b – letras iguais não diferem pelo teste de Tukey; *g* = glabella; *gn* = gnatio; *sn* = sub-nasal; *ex* = canto externo do olho; *ch* = *cheilion*; *sto* = estômio

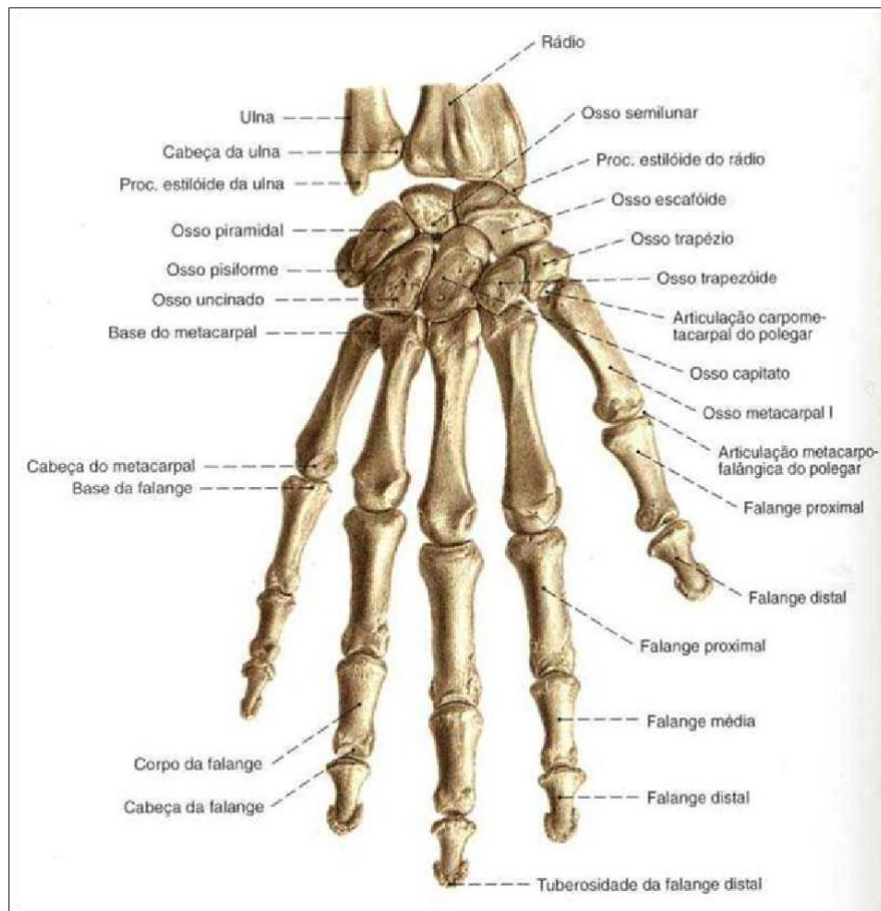
Fonte: Bossle *et al.* (2015, p. 902).

2.3.2.3.3 Antropometria das mãos

As mãos possuem um sistema interligado de segmentos de ossos, dispostos em uma série de arcos transversais e longitudinais, e contêm 27 ossos agrupados no carpo, metacarpo e falanges. O carpo, ou pulso, é constituído por oito ossos dispostos em duas linhas transversas, com quatro ossos cada. O metacarpo contém cinco ossos, contando cada um desses com uma

base proximal, um corpo e uma cabeça distal. Além do carpo e metacarpo, as mãos possuem 14 falanges que se constituem nos ossos dos dedos. Devido ao elevado número de ossos nas mãos, existe um grande número de ligações e tipos de movimentos possíveis, conforme figura 38:

Figura 39 — Representação óssea da mão humana



Fonte: Gaspar (2010, p. 13).

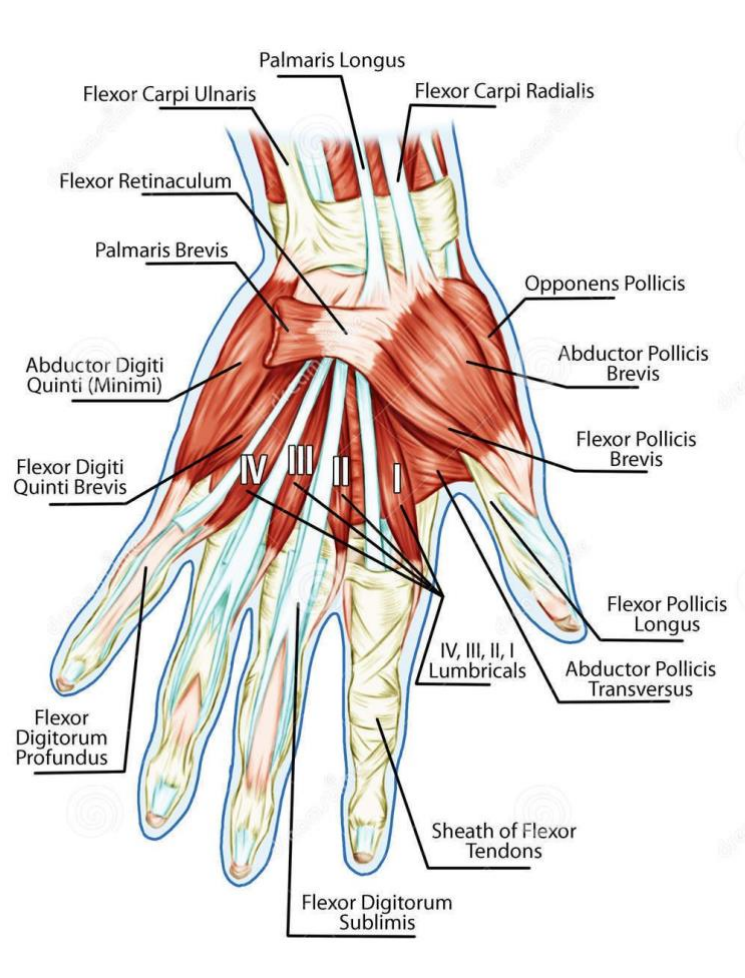
A morfologia das mãos conta, em regra, com três articulações: a) articulação do pulso; b) metacarpo e; c) falangeal e interfalangeal. Além dos ossos, as mãos são compostas por músculos que produzem o movimento dos dedos e encontram-se divididos em dois grupos — os extrínsecos e os intrínsecos. Para Gaspar (2010):

Os músculos extrínsecos originam-se maioritariamente no antebraço, são maiores e proporcionam força. Estes dividem-se em flexores e em extensores. A maioria dos flexores tem origem na extremidade distal e medial do úmero, em oposição aos extensores que têm origem na extremidade distal e lateral do úmero. Ambos têm

inserção nos ossos do carpo, metacarpo ou falanges. Os músculos intrínsecos têm como origem maioritária a mão, são pequenos e propiciam coordenação precisa aos dedos. Estes são divididos em três grupos de músculos: grupo tenar (actua no polegar), grupo hipotenar (actua no V dedo) e o grupo intermediário (este age em todas as falanges, excepto no polegar). Localizados principalmente no lado palmar, estes músculos permitem a flexão/extensão e abdução/adução de cada falange, dando origem a movimentos precisos dos dedos (GASPAR, 2010, p. 13).

A complexidade do emaranhado de músculos e que constituem a morfologia pode ser observada na figura 39.

Figura 40 — Representação muscular das mãos



Fonte: Dreamstime (2012).

Os músculos das mãos são enervados, permitindo, assim, os movimentos por meio de comandos cerebrais. Todavia, a arquitetura neuromuscular das mãos também parece limitar um certo grau de controle de independência dos dedos (GASPAR, 2010).

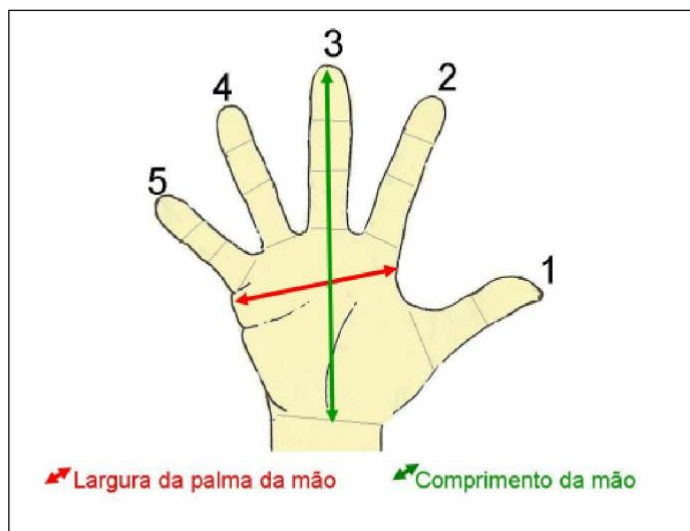
Segundo Lida (2005) as mãos são capazes de realizar uma infinidade de movimentos sendo que os de maior precisão são realizados com as pontas dos dedos. Ao incluir movimentos de punho, cotovelo e ombro, aumenta-se a força, porém há um prejuízo da precisão. Para o autor:

Isso pode ser observado em operações manuais altamente repetitivas. Quando os dedos fatigam-se, há uma tendência de substituí-los, sucessivamente, pelos movimentos do punho, cotovelos e ombros, com progressiva perda da precisão. [...] Os movimentos devem ser suaves, curvos e rítmicos. Acelerações ou desacelerações bruscas, ou rápidas mudanças de direção são fatigantes, porque exigem maiores contrações musculares. Os movimentos que exigem posicionamentos precisos, com acompanhamento visual, são difíceis e demorados. Sempre que possível esses movimentos devem ser terminados com um posicionamento mecânico, como no caso da mão batendo contra um anteparo, ou controles que tenham posicionamentos discretos, como as alavancas de câmbio (IIDA, 2005, p.162).

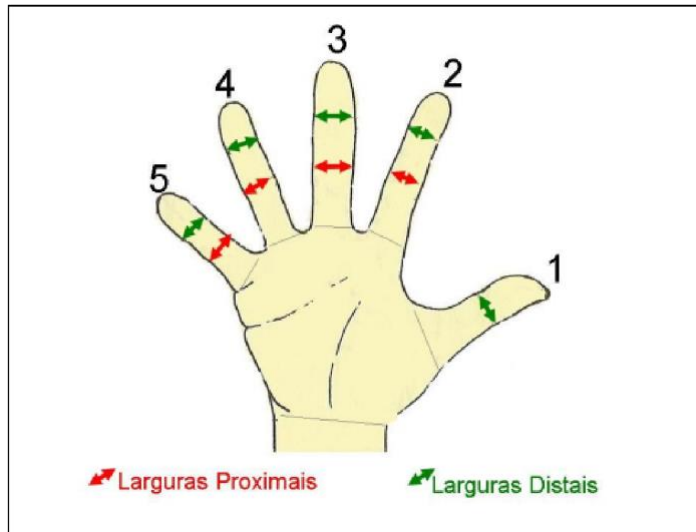
A manipulação de instrumentos mal dimensionados pode ocasionar uma série de constrangimentos aos seus usuários — desde um pequeno desconforto, até mesmo patologias graves. Os problemas encontrados nesses instrumentos podem estar relacionados à forma, ao dimensionamento, ao peso, à textura e à estabilidade. Instrumentos projetados e produzidos sem considerar as variabilidades antropométricas da mão humana podem resultar em sérios problemas futuros. (PASCHORELLI *et al.*, 2007).

Segundo Klein (2009), as medições da mão podem ser realizadas a partir das seguintes referências:

- 1) Largura da palma da mão: deve ser mensurada das extremidades da palma da mão no sentido transversal ao eixo da mão, tendo como referência as extremidades das cabeças do 2º e 5º osso metacarpo, considerando suas faces externas;
- 2) Comprimento total do eixo da mão: medido desde a prega do punho até a extremidade distal do 3º dedo;
- 3) Largura dos dedos: mensurada na linha das articulações interfalangeanas;
- 4) Comprimento dos dedos: sendo medido o comprimento de cada falange e medida total do dedo, conforme apresentadas nas figuras 40, 41 e 42.

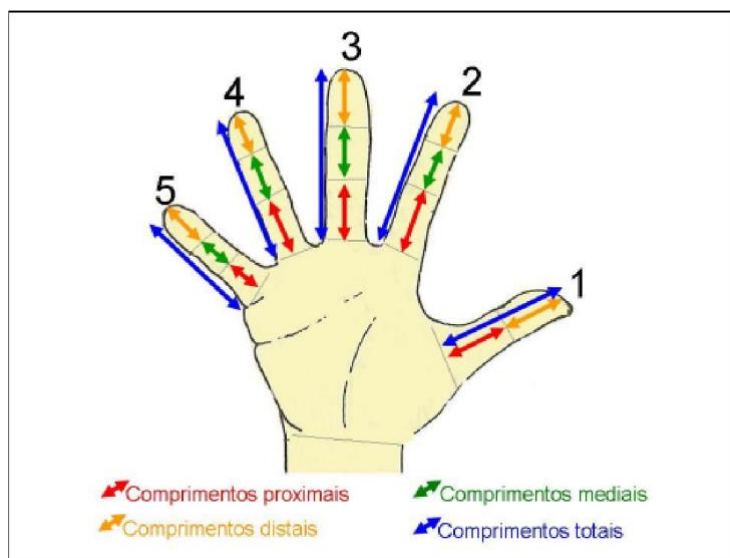
Figura 41 — Largura da palma da mão

Fonte: Klein (2009, p. 32).

Figura 42 — Largura dos dedos

Fonte: Klein (2009, p. 33).

Figura 43 — Medida do comprimento dos dedos

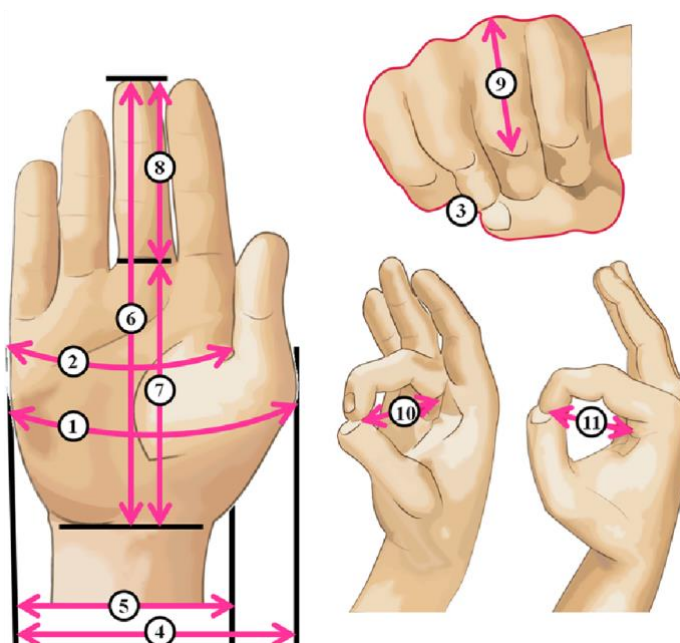


Fonte: Klein (2008, p. 33).

Apesar de Klein (2008) descrever parâmetros bastante específicos da antropometria das mãos, não foram encontrados, durante esta pesquisa, estudos brasileiros que trouxessem as médias de tamanhos de mãos de crianças em idade pré-escolar. Embora tenham sido encontrados estudos americanos e europeus, foram observados poucos detalhamentos sobre as medidas das mãos. O estudo mais relevante identificado para o presente trabalho foi o de Cheng *et al.* (2018), que traz medidas antropométricas das mãos de crianças pré-escolares tailandesas. O diferencial deste estudo é que há um recorte específico para cada idade na apresentação dos dados, de maneira que foi possível verificar os critérios utilizados para as tomadas de medidas, bem como os resultados específicos das medidas antropométricas das mãos de crianças de 4 anos de idade.

No estudo de Cheng *et al.* (2018), várias dimensões físicas das mãos de crianças pré-escolares foram estabelecidas. Em primeiro lugar, a mão do participante foi mantida em posição neutra e apoiada com dedos aduzidos, representando a distância entre as falanges distais dos dedos indicador e médio até o metacarpo. Posteriormente, a ponta e a base do dedo médio foram localizados. Com o punho fechado, foram tiradas as medidas da base até a cabeça da terceira falange proximal do dedo médio. Além disso, cada participante foi convidado em um primeiro momento a fazer uma forma de círculo, opondo-se a ponta do polegar para a ponta do indicador e, em um segundo momento, opondo-se a ponta do dedo do meio para calcular o diâmetro dos respectivos círculos, conforme figura 43:

Figura 44 — Parâmetros para medidas das mãos de crianças entre 2 e 6 anos



Fonte: Cheng *et al.* (2018).

Os resultados do estudo de Cheng *et al.* (2018), serviram de parâmetros para o desenvolvimento de um *chaluveau* soprano infantil, de acordo com a tabela 4:

Tabela 3 — Resultados de estudo antropométrico de crianças

Table 3 — Upper extremity: the structural dimensions of children in Taiwan (N is for sample size; unit: cm)

Age	1-Year-old					3-Year-old					4-Year-old				
	Mean	SD	Percentile			Mean	SD	Percentile			Mean	SD	Percentile		
			5th	50th	95th			5th	50th	95th			5th	50th	95th
Boys	N=62					N=46					N=62				
Bilateral breadth	24.65	2.91	21.69	24.29	28.65	26.24	2.77	23.86	26.28	29.54	27.47	2.04	24.45	27.24	31.07
Elbow-to-elbow breadth	24.45	2.46	20.42	24.57	29.58	26.80	2.95	22.22	26.67	31.44	24.34	2.29	23.17	28.20	33.90
Forearm length	14.67	0.94	11.0	13.55	16.17	13.95	0.97	12.14	13.96	15.68	14.06	0.39	12.83	14.54	15.5
Upper arm length	15.97	1.75	13.42	15.33	18.37	17.20	1.90	14.18	15.27	20.15	17.21	1.84	14.72	17.67	20.79
Arm length	28.25	2.21	24.54	28.25	31.93	27.72	2.45	26.44	31.02	34.72	32.47	2.44	28.39	32.45	36.45
Hand circumference including thumb	15.07	0.74	13.50	14.90	16.79	15.58	0.95	14.20	15.50	17.10	16.11	1.05	14.52	16.00	17.60
Hand circumference	14.69	0.76	11.4	14.0	16.3	13.12	0.76	11.22	12.0	14.40	13.55	0.89	12.3	13.50	15.00
Palmar circumference	15.79	1.22	14.00	15.90	17.72	16.43	1.15	14.85	16.60	18.60	17.38	1.25	15.30	17.30	19.50
Hand breadth across thumb	6.16	0.55	5.68	6.16	6.75	6.48	0.42	5.83	6.48	7.17	6.73	0.49	6.00	6.72	7.60
Hand breadth	5.06	0.34	4.50	5.04	5.64	5.31	0.37	4.72	5.20	5.94	5.54	0.47	4.91	5.51	6.21
Hand length	11.02	0.64	10.10	11.0	12.01	11.43	0.69	10.15	11.02	12.2	12.21	0.59	10.77	12.17	13.55
Palm length	6.45	0.45	5.82	6.47	7.13	6.35	0.44	6.17	6.80	7.59	7.19	0.59	6.55	7.15	8.19
Middle finger length	4.42	0.53	4.12	4.42	5.12	4.77	0.54	4.32	4.88	5.47	5.09	0.59	4.50	5.14	5.77
Proximal phalanx length of middle finger	3.55	0.51	2.92	3.58	4.05	3.77	0.55	3.11	3.71	4.25	3.73	0.56	3.21	3.79	4.37
Grip diameter, inside, index finger	2.77	0.44	2.25	2.72	3.47	2.97	0.45	2.78	3.22	3.72	3.21	0.50	2.89	3.31	4.04
Grip diameter, inside, middle finger	3.16	0.39	2.65	3.13	3.73	3.29	0.47	2.52	3.28	4.0	3.40	0.55	2.43	3.42	4.22
Girls	N=68					N=326					N=793				
Bilateral breadth	24.48	2.51	22.82	24.22	27.17	25.92	1.77	23.28	25.45	29.25	27.30	1.85	24.55	27.25	30.50
Elbow-to-elbow breadth	24.25	2.61	20.25	24.58	28.80	26.21	2.04	21.57	25.85	29.67	27.26	2.40	22.24	27.24	32.82
Forearm length	12.22	0.89	10.58	12.25	13.91	13.51	1.15	11.81	13.40	15.50	14.67	1.30	12.59	14.65	16.84
Upper arm length	15.26	1.84	12.48	15.62	17.24	16.33	1.87	13.79	15.21	18.65	17.21	1.74	14.66	17.26	20.25
Arm length	27.48	1.97	24.21	27.52	30.39	30.18	2.27	26.37	30.15	32.92	31.96	2.25	28.09	32.11	35.48
Hand circumference including thumb	14.22	0.79	13.24	14.20	15.50	14.77	0.76	13.58	14.60	16.50	15.51	0.81	14.00	15.58	17.00
Hand circumference	12.12	0.65	11.24	12.00	13.00	12.72	0.74	11.50	12.70	14.00	13.16	0.82	12.00	13.12	14.50
Palmar circumference	15.02	0.94	13.28	14.50	16.60	16.03	1.06	14.20	16.20	17.79	16.33	1.14	15.00	16.50	18.40
Hand breadth across thumb	5.89	0.35	5.40	5.88	6.31	6.22	0.42	5.60	6.19	7.02	6.53	0.44	5.83	6.52	7.24
Hand breadth	4.86	0.27	4.20	4.90	5.35	5.15	0.36	4.64	5.13	5.79	5.41	0.33	4.80	5.25	6.02
Hand length	10.69	0.52	9.99	10.67	11.36	11.43	0.66	10.35	11.44	12.47	12.28	0.74	10.88	12.02	13.35
Palm length	6.18	0.36	5.77	6.14	6.63	6.44	0.44	5.95	6.64	7.41	7.15	0.55	6.26	7.02	7.99
Middle finger length	4.55	0.37	4.14	4.52	5.04	4.85	0.38	4.28	4.84	5.45	5.13	0.39	4.43	5.07	5.67
Proximal phalanx length of middle finger	3.44	0.31	2.95	3.44	3.70	3.64	0.34	2.82	3.64	4.21	3.72	0.35	3.17	3.74	4.28
Grip diameter, inside, index finger	2.80	0.37	2.28	2.77	3.40	2.91	0.44	2.11	2.82	3.61	3.12	0.48	2.53	3.17	3.81
Grip diameter, inside, middle finger	2.58	0.37	2.20	2.60	3.23	2.71	0.34	2.43	3.24	3.94	3.31	0.55	2.41	3.15	4.17

Fonte: Cheng *et al.* (2018).

Ainda que o estudo trate de crianças de Taiwan, as mensurações escolhidas vão ao encontro das necessidades para tocar o *chalumeau*, especialmente em relação aos diâmetros das posições em formato de círculos, pois são justamente estas posições que são utilizadas para fazer soar aquele instrumento.

2.4 MANUFATURA ADITIVA – IMPRESSÃO 3D

A tecnologia das impressoras 3D é estabelecida pela produção por meio de adição de material plástico, metálico ou cerâmico, e definida como manufatura aditiva (RODRIGUES *et al.*, 2017). Segundo Rodrigues *et al.* (2017):

A manufatura aditiva se caracteriza pelo emprego de equipamentos capazes de fabricar objetos por meio da adição de material, camada por camada, a partir de um modelo digital tridimensional (3D), usualmente obtido por meio do emprego de um sistema CAD (Computer Aided Design). Assim, tem-se o conceito de produção por adição de material em contraste à produção por métodos convencionais, em que a peça é obtida pela retirada de material, como na usinagem (RODRIGUES *et al.*, 2017, p.49).

Dentre as características fundamentais da manufatura aditiva, estão a redução do número de etapas e dos processos de fabricação, a economia de material, e a possibilidade de combinações geométricas inéditas em uma mesma peça (RODRIGUES *et al.*, 2017). Nesse sentido, Zapparoli (2019) descreve que uma outra importante característica da manufatura aditiva é a viabilização da produção em baixa escala, uma vez que o custo unitário é praticamente o mesmo para se produzir uma peça ou milhares delas.

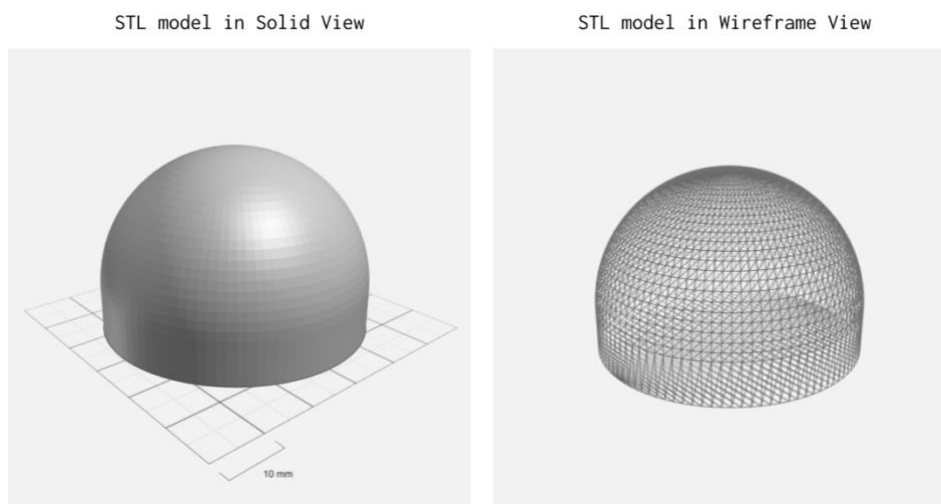
Para Sampaio e Martins (2013), a manufatura aditiva pode ser feita de diversas formas, entre as quais está a estereolitografia, que utiliza um laser ultravioleta para endurecer um polímero fotossensível, a sinterização seletiva a laser, que consiste na fundição seletiva de um pó metálico ou polímero com uso de laser. Há ainda a fabricação por filamento fundido (FFF), que consiste em um filamento termoplástico que é primeiramente fundido, e, posteriormente, depositado em uma base, camada por camada, até que seja formado um objeto. Uma vez que o objetivo da presente pesquisa constitui-se em definir parâmetros para a fabricação de um *chalumeau* soprano infantil em plástico, esta terceira técnica (FFF) foi a adotada. Nesse sentido, para a fabricação de um produto físico por FFF, alguns procedimentos devem ser seguidos, consistindo em três etapas: 1) modelagem; 2) tratamento para software de impressão; e 3) deposição de material fundido (CRUZEIRO, 2019).

A modelagem é a etapa mais complexa do processo de manufatura de um objeto e abrange os processos de elaboração e desenvolvimento do modelo digital de um determinado objeto. Sampaio e Martins (2013) consideram que:

A modelagem digital 3d é uma tecnologia de representação matemática de formas, objetos, personagens e cenários que busca simular a realidade, por meio de um espaço virtual tridimensional, baseado em três eixos, x, y e z. As técnicas mais comuns de modelagem são a técnica por polígonos, por vértices e por bordas, e todas implicam em se criar uma malha, que define a forma do objeto modelado. Há também a técnica NURBS (non uniform rational basis spline), para modelagem de superfícies complexas por meio de curvas complexas, e que hoje é utilizada de forma maciça pela indústria, tanto em produtos manufaturados quanto para entretenimento (SAMPAIO; MARTINS, 2013, p. 9).

Para isso, são utilizados softwares de CAD — sigla em inglês para design assistido por computador — como SolidWorks, Art of Illusion, Blender, CB Model Pro e AutoCAD, por exemplo (CRUZEIRO, 2019). Para este trabalho, utilizou-se o software SolidWorks, versão EDU 2019-2020 Dassalt Sistemes.

Após a modelagem, a etapa seguinte consiste em tratar a imagem em um software específico para um equipamento de manufatura aditiva. Esse software converte a imagem modelada em uma série de camadas finas e produz um arquivo em código que contém instruções de navegação que são, posteriormente, enviadas para o bocal de extrusão. Esse arquivo é chamado de Standard Triangle Language (STL). No formato STL, o arquivo armazena as informações criando uma espécie de malha triangular. Uma vez gerado o arquivo STL, o equipamento de manufatura aditiva lê os objetos camada por camada e os envia para impressão (3DLAB, 2020).

Figura 45 — Figura em STL

Fonte: 3D Fast (2020).

Segundo Cruzeiro (2019), um cuidado que deve ser tomado na etapa de geração do arquivo STL é levar os parâmetros da impressora 3D em consideração. Para isso, os fatiadores apresentam ferramentas de configuração, temperatura e velocidade que podem ser ajustados de acordo com as necessidades do projeto. Feita a modelagem e a conversão para o arquivo STL, na terceira etapa do processo, os dados são enviados para o equipamento de manufatura aditiva que, então, inicia a deposição do filamento termoplástico, camada por camada, formando, assim, o objeto projetado.

Por fim, esse subcapítulo apresentou as bases teóricas desta pesquisa que abrangeu conceitos básicos da acústica, especificamente no que se refere aos tubos sonoros cilíndricos, cuja fonte sonora é uma palheta batente simples. Posteriormente, foram abordados os conceitos de design e ergonomia nos aspectos que se referem ao design centrado no usuário e no design centrado na criança. Finalmente, houve uma breve descrição do funcionamento dos processos de manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D. O intuito foi estabelecer os principais fundamentos dessas áreas para o possível desenvolvimento de *chalumeau* soprano infantil, objetivo geral da presente pesquisa

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para projetar corretamente um instrumento destinado a um grupo específico de crianças, faz-se necessário observar quais necessidades elas possuem de modo a garantir os requisitos básicos para produzi-lo. Desta forma, com o intuito de se obter informações suficientes para provar ou desconsiderar a hipótese de que as demandas ergonômicas e cognitivas de crianças de 4 anos associadas às características acústicas do *chalumeau* soprano podem resultar na produção de um *chalumeau* infantil, uma quantidade significativa de informações precisou ser obtida e analisada, utilizando-se de ferramentas e procedimentos diversos. Assim, este capítulo aborda os aspectos que envolvem a metodologia de pesquisa, incluindo o desenvolvimento do trabalho, o desenho da pesquisa e o processo de análise, interpretação e tratamento dos dados.

Segundo Pezzini (2017), a pesquisa científica demanda a definição de uma metodologia com critérios rigorosos de abordagem, objetivo, filosofia, método, natureza, área e procedimento. Tais critérios podem ser flexíveis e, em alguns casos, permitem a composição de metodologias híbridas, com o intuito de elevar o rigor e a validade dos resultados, como é o caso do presente trabalho. Desta forma, a delimitação desta pesquisa buscou certificar a viabilidade dos seus objetivos, o rigor dos seus métodos e, assim, assegurar a relevância dos seus resultados.

Optou-se por utilizar uma abordagem qualitativa, seguindo as orientações de Teixeira (2003, p. 186), que a considera como “um conceito “guarda-chuva” abarcando uma gama de técnicas e procedimentos interpretativos, que procuram essencialmente descrever, decodificar e traduzir o sentido e não a frequência de eventos ou fenômenos do mundo social”. Essa abordagem também foi escolhida por não haver *chalumeaux* e participantes em quantidade suficiente para gerar dados quantitativos.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema e dos objetivos, trata-se de uma pesquisa explicativa que, segundo Gil (1996), são pesquisas que verificam hipóteses causais, cuja preocupação central é identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de fenômenos. A pesquisa explicativa, também conhecida como pesquisa causal, tem como finalidade identificar a natureza e a extensão de causa e efeito, concentrando-se na análise de uma situação ou de um problema específico para explicar padrões de relacionamento entre variáveis. Para Gil (1996), este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade e também o mais complexo, uma vez que explica a razão e o porquê dos fatos.

Assim, para esta tese, foram seguidas as quatro etapas descritas no UCD, considerando as particularidades acústicas do *chalumeau* soprano somados ao contexto de usabilidade de crianças com 4 anos de idade, conforme descrito a seguir no desenho da pesquisa.

3.1 DESENHO DA PESQUISA

Este tópico apresenta, em detalhes, o desenho da pesquisa, considerando seus três elementos básicos: a) o paradigma balizador, b) o referencial teórico que sustenta os achados da pesquisa e, c) as técnicas empregadas no desenvolvimento de investigação (TEIXEIRA, 2003). Nesta seção, apresenta-se, também, a definição das etapas e a descrição dos procedimentos de coleta das informações.

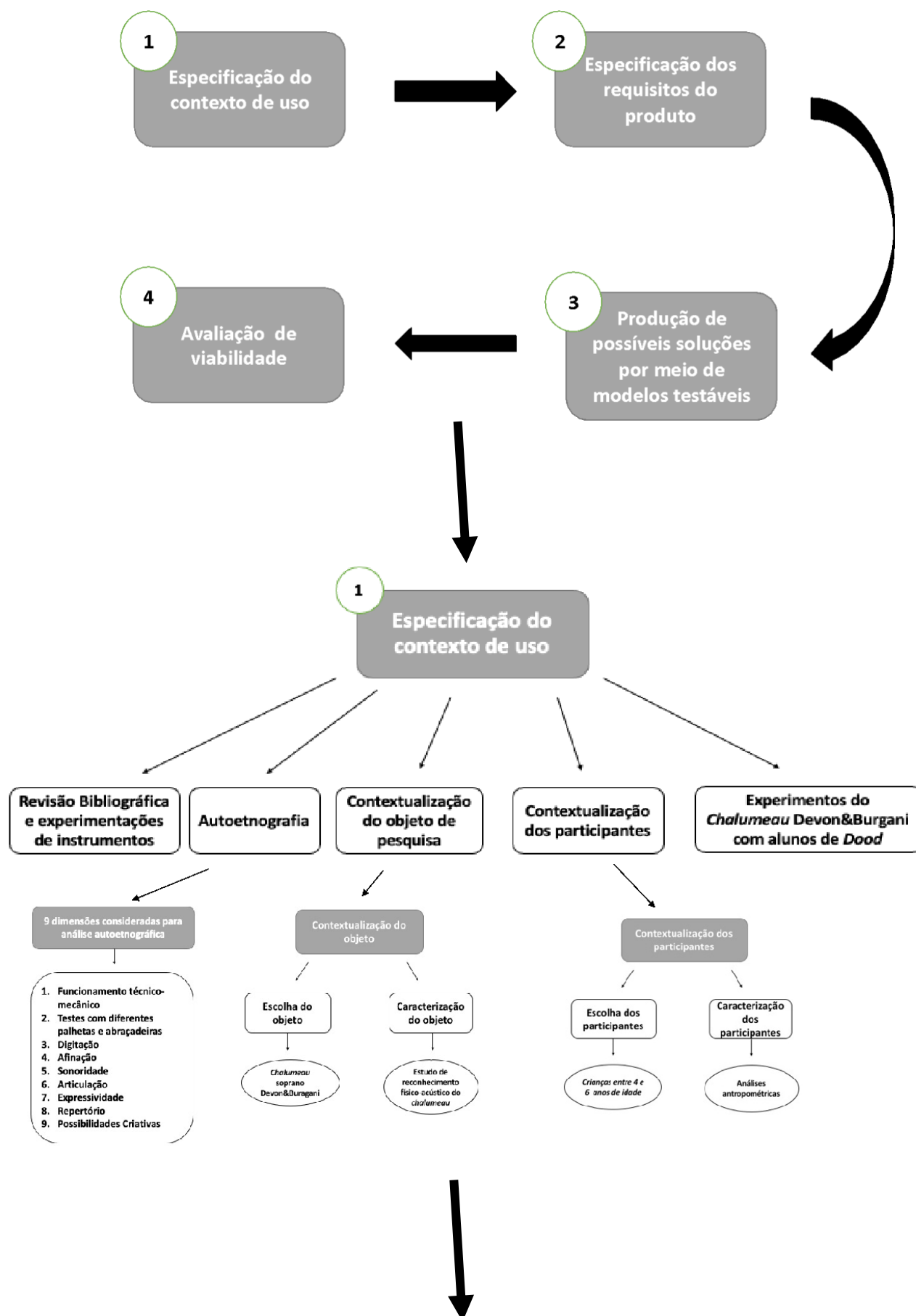
No que tange ao paradigma balizador, trata-se de uma pesquisa interpretativa ou fenomenológica, na qual o conhecimento é obtido a partir da perspectiva da apreciação de “diferentes construções e significados que as pessoas possam, a partir de suas culturas, atribuir como sua experiência” (TEIXEIRA, 2003, p.183).

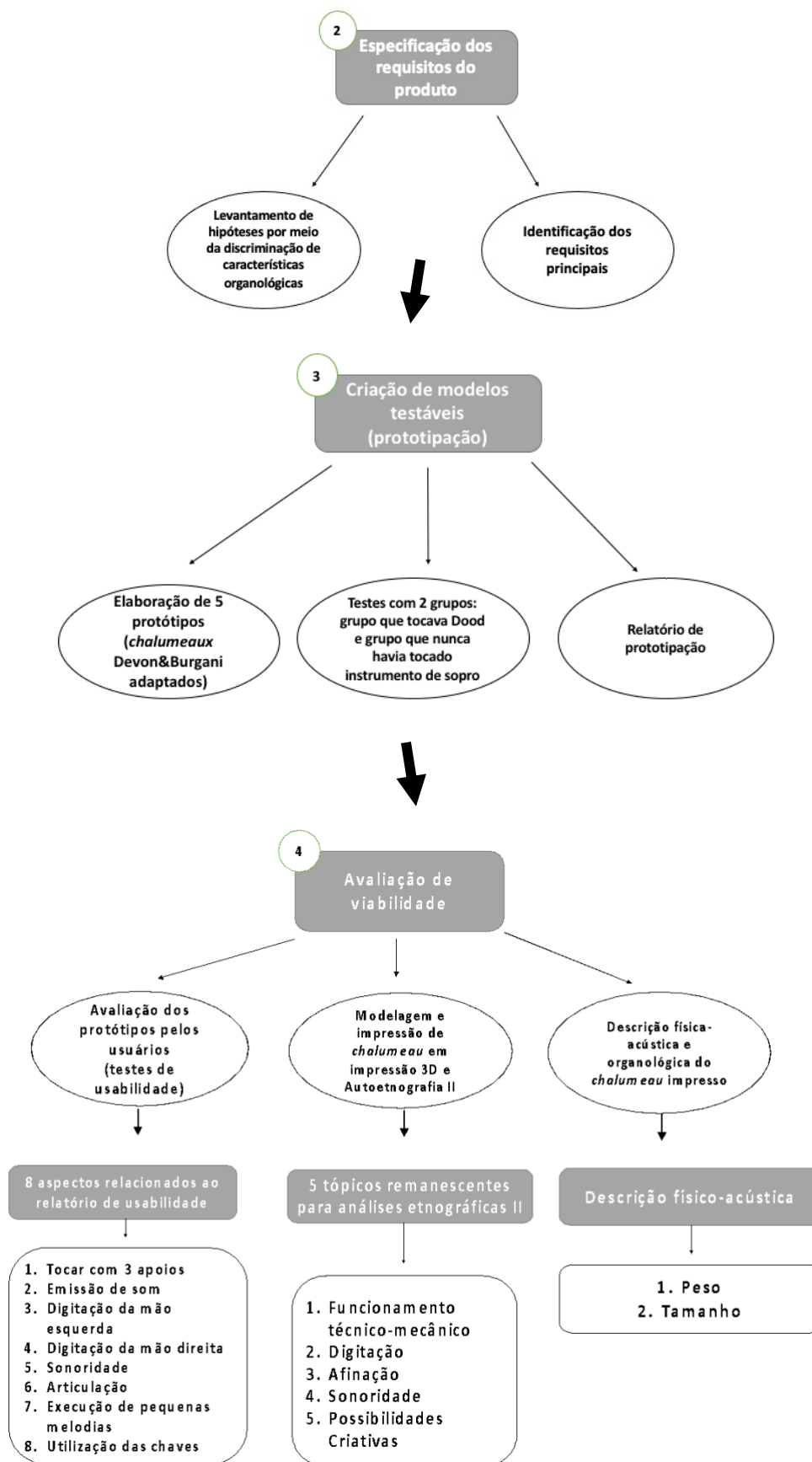
Com relação ao referencial teórico, esta tese está fundamentada nas bases conceituais do DCU, abrangendo as subáreas da acústica e da ergonomia, assim como na manufatura aditiva. A primeira se refere especificamente aos tubos cilíndricos, cuja fonte sonora é uma palheta batente simples. Por sua vez, a segunda está relacionada às características antropométricas da face e das mãos. Por fim, a manufatura aditiva abrange as questões relacionadas à FFF.

Sob o ângulo dos procedimentos técnicos, optou-se por adotar as ferramentas metodológicas da área do Design, mais especificamente no que concerne ao design centrado no usuário, aplicado a contextos infantis, conforme preconizados no capítulo de fundamentação teórica. Dessa forma, a definição das etapas e os procedimentos de coleta e análise das informações, foram realizadas seguindo as quatro etapas preconizadas nas bases metodológicas do DCU.

Essas etapas constituíram-se de várias fases entrelaçadas e, como forma de sumariá-las e permitir uma perspectiva abrangente de todo o percurso metodológico adotado pela presente pesquisa, a figura 45 apresenta uma estrutura analítica da tese, por meio da qual é possível observar todas essas etapas e fases de maneira integrada.

Figura 45 — Estrutura analítica da pesquisa





3.1.1 Etapas e procedimentos de coleta de informações

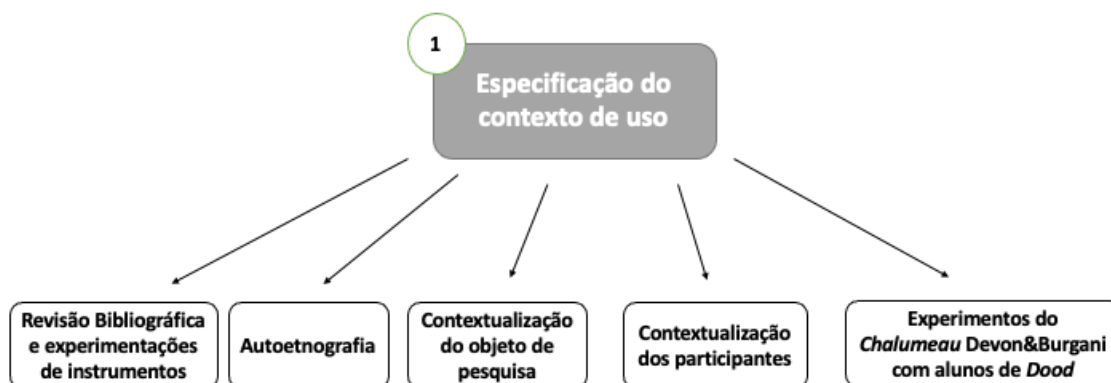
São descritas, a seguir, as etapas da pesquisa, bem como os procedimentos adotados para a coleta de informações. Tendo como arcabouço metodológico as premissas do DCU, a coleta de informações sucedeu-se nas seguintes etapas:

3.1.1.1 Etapa 1 – especificação do contexto de uso

Estabelecer o contexto de todas as possíveis especificações de uso do *chalumeau* soprano foi essencial para realização deste trabalho e foi composta por cinco fases.

A primeira fase tratou da revisão bibliográfica, incluindo os aspectos históricos e organológicos do *chalumeau*, bem como um breve panorama sobre sua utilização em classes de iniciação infantil. Houve ainda nesta fase, experimentações com alguns dos instrumentos elencados na revisão. O intuito desse procedimento foi complementar, as escassas informações obtidas nas páginas virtuais dos respectivos fabricantes. A segunda fase contou com uma autoetnografia, em que foram realizados estudos técnicos e de repertório do *chalumeau* soprano pela pesquisadora. A terceira fase estabeleceu o contexto do objeto de pesquisa por meio da sua descrição físico-acústica. A quarta fase determinou a escolha e analisou as características antropométricas dos participantes estabelecendo, assim, a contextualização dos sujeitos. Por fim, a quinta e última fase desta primeira etapa contou com sessões de experimentação do *chalumeau* soprano Devon & Burgani com um grupo de crianças. Esse grupo já havia tido contato com um outro tipo de *chalumeau*, o *Dood*, da marca Nuvo Instrumental, produzido especificamente para o uso infantil.

Figura 46 — A 5 fases da Etapa 1



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A seguir são detalhados cada um desses elementos.

3.1.1.1.1 Revisão Bibliográfica

Esta fase contou com a exposição detalhada dos aspectos históricos e organológicos do *chalumeau*, assim como a realização de um breve panorama sobre a utilização do *chalumeau* na iniciação infantil. Também contou com uma análise de produtos similares pré-existent, sendo elencados 8 instrumentos cujo critério fosse que se tratasse de um tubo cilíndrico de palheta simples: Xaphoons LittleSax, MiniClarinet, Wood Chalumeau WCL 7, Saxonette, Dood, Tupian Chalumeau, Hanson Chalumeau e Venova. Destes oito, três foram testados pela pesquisadora a fim de compreender seu funcionamento. Foram eles: Venova, Dood e Miniclarinet. A escolha se deu pelo acesso e viabilidade de importação e desses instrumentos, visto que nenhum deles é fabricado no Brasil.

3.1.1.1.2 Estudo Etnográfico – Autoetnografia 1

Cabe observar que, por autoetnografia, compreende-se o procedimento metodológico relacionado à categoria autobiográfica de escrita, que busca descrever e analisar, de forma sistemática, uma determinada experiência pessoal no sentido de compreendê-la culturalmente. No caso específico desta pesquisa, a autoetnografia é considerada como uma forma reflexiva de etnografia, com ênfase na interação entre pesquisador e objeto de estudo, tendo como contexto, neste caso, a performance como pesquisadora da sua própria prática musical (BENETTI, 2017). Nesse sentido, segundo Paiva (2018) a autoetnografia pode ser inserida em um paradigma interpretativista de ciência. Para Paiva (2018):

Neste tipo de investigação o conhecimento é construído subjetivamente e socialmente, sendo que os fenômenos observados serão sempre percebidos de maneira particular, pois dentro desta perspectiva não existe realidade que seja independente da percepção, ao contrário das pesquisas de paradigma positivista que pressupõem que a realidade é objetiva e independente do pesquisador (PAIVA, 2018, p.82).

Foram realizados estudos de repertório, métodos e tratados utilizando o *chalumeau* soprano Devon & Burgani, com boquilha da marca Barkley, modelo B entre julho de 2017 e agosto de 2020. As sessões de prática do instrumento aconteciam de 3 a 4 vezes por semana com duração média de 2 horas. A cada sessão era realizado um aquecimento com práticas de notas longas e exercícios de articulação, estudos de escalas e arpejos e por fim, estudo de repertório.

3.1.1.1.3 Contextualização do objeto

O *chalumeau* soprano foi escolhido como objeto da presente pesquisa tendo em vista sua possível utilização em contextos de iniciação infantil, pois, apesar de ser possível encontrar uma certa variedade de marcas e modelos disponíveis de *chalumeau* soprano no mercado, em geral, eles têm como objetivo sua utilização em performances históricas. Ou seja, são instrumentos profissionais, cujo projeto acústico é concebido de forma a resultar em afinações próprias do seu período histórico de origem (barroco). Nesse caso, para a afinação $A = 415\text{hz}$. Por essa razão, optou-se pelo uso do *chalumeau* soprano da marca Devon & Burgani como ponto de partida, pois seu projeto foi idealizado para sua utilização em grupos musicais modernos e, por consequência, são afinados para funcionar no padrão $A = 440/442\text{hz}$. A esse motivo, soma-se também o fato desse instrumento ser produzido no Brasil e, portanto, estar mais acessível para aquisição e, conseqüentemente, para manutenção.

Outro fator relevante para a escolha do *chalumeau* soprano é que as dimensões reduzidas deste instrumento aventam a hipótese de um maior conforto ergonômico, possibilitando, assim, seu uso por crianças pequenas, no caso desta pesquisa, crianças de 4 anos de idade. Por último, o *chalumeau* soprano possui algumas similaridades com funcionamento físico-acústico da clarineta, ou seja, um tubo cilíndrico com uma palheta batente simples como fonte geradora de som. Assim, essa similaridade sugere, ainda, a possibilidade da utilização do *chalumeau* em contextos de iniciação infantil desse instrumento.

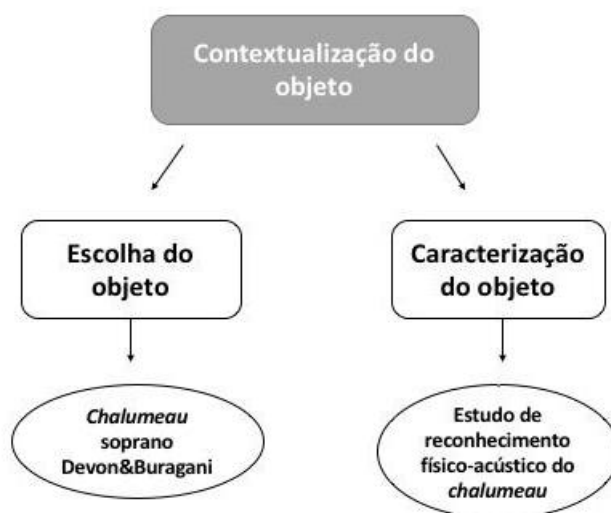
Estabelecida a escolha do objeto de pesquisa, houve a necessidade de caracterizar este objeto. O intuito desse procedimento foi auferir critérios precisos sobre o desempenho acústico do *chalumeau* soprano de forma pormenorizada, antes do seu uso pelos participantes. A intenção, nesse caso, foi a de evitar equívocos nas análises.

Conforme visto no referencial teórico, a construção acústica de um instrumento musical interfere diretamente nas suas facilidades e limitações em relação à sua usabilidade. No caso dos tubos sonoros, como é o caso do *chalumeau* soprano, a emissão de som, bem como a projeção sonora, a facilidade ou dificuldade na articulação, as passagens e as mudanças de registro estão diretamente relacionadas ao formato do tubo e à fonte geradora de som. Do mesmo modo, o tamanho e posicionamento dos furos, o tipo de boquilha, da palheta e quantidade de ar necessária para fazer o tubo vibrar também influem no funcionamento acústico do instrumento.

Assim, foi realizado um estudo de reconhecimento acústico do *chalumeau* soprano utilizando-se dos seguintes critérios: a) pesagem; b) delimitação do formato; c) medição do tubo; d) medição dos furos; e) cálculo de suas ondas estacionárias (harmônicos); f) medição da

abertura e câmara interna da boquilha e; g) especificação do material e espessura da palheta. Logo, do reconhecimento desses aspectos físico-acústicos emergiram as facilidades e limitações intrínsecas ao funcionamento acústico do *chalupeau*, sendo possível, assim, excluí-las como fatores de análise nos testes com os usuários participantes da pesquisa.

Figura 47 — Contextualização do objeto



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.1.1.1.4 Contextualização dos participantes

Esta investigação contou com a participação de 16 crianças. Os participantes tinham entre 4 e 6 anos de idade e estavam vinculados a três instituições: 1) curso de extensão universitária “Música para Crianças”, da Universidade de Brasília (UnB); 2) escola de música “Espaço das 7 Notas”; escola dissidente do projeto “Música para crianças” — da UnB, que foi encerrado em dezembro de 2018 e 3) Centro de Desenvolvimento Musical para Infância (CDMI) “Mi Fa Sol La”, estando todas situadas na cidade de Brasília-DF. Para desconsiderar possíveis dificuldades relacionadas a conteúdos musicais, utilizou-se como critério de seleção dos participantes que todos tivessem passado por processos de musicalização infantil por pelo menos dois anos.

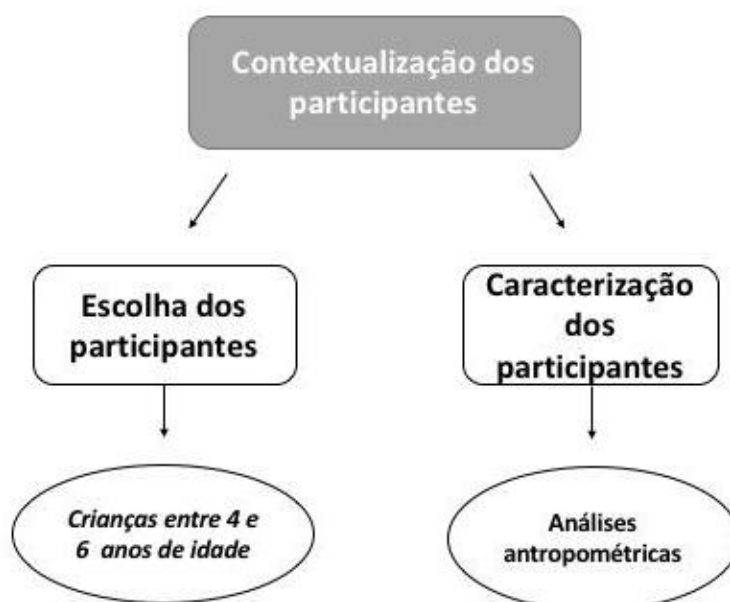
Os participantes vindos do projeto “Música para Crianças” — UnB e do “Espaço das 7 Notas” tinham entre 5 e 6 anos e estavam matriculados no curso de clarineta. Devido à idade,

utilizavam nas aulas os instrumentos específicos Dood, uma espécie de *chalumeau* de plástico, produzido pela marca Nuvo Instrumental. Esses alunos participaram das sessões experimentais I que consistiu em aulas coletivas de *chaluemau* durante dois semestres com aulas semanais. Já as crianças do CDMI tinham 4 anos de idade e estavam matriculadas em um curso de musicalização infantil, não tendo, até aquele momento, qualquer contato com a clarineta ou outro instrumento de sopro. Por essa razão, as aulas ministradas para essas crianças, foram chamadas de sessões experimentais II. Deste modo, o que diferenciou metodologicamente as sessões experimentais I e II foi o fato de que o público participante da primeira foi composto por alunos que já tinham alguma familiaridade com a clarineta, enquanto, o público da segunda apenas musicalização.

Todos os participantes só tiveram contato com o *chalumeau* soprano durante as sessões experimentais. Nenhum participante pôde levar o instrumento para casa ou ter acesso ao instrumento em outro momento que não fosse a aula.

Assim como ocorreu na escolha do objeto de pesquisa, no caso dos participantes, considerou-se necessário, também, caracterizá-los sob o prisma da ergonomia. Com o intuito de eliminar possíveis equívocos nas análises dos testes de prototipação e usabilidade do instrumento desenvolvido ao longo desta pesquisa, esta sessão abordou os parâmetros antropométricos da face e das mãos dos participantes. Os resultados forneceram informações importantes sobre características intrínsecas à fisiologia das crianças proporcionando, assim, um maior rigor nos desdobramentos posteriores da pesquisa.

Figura 48 — Contextualização dos participantes



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.1.1.1.5 Normas e procedimentos éticos envolvidos na condução da pesquisa

Segundo Campos (2020, p. 2):

As diretrizes que regulam a ética na pesquisa com seres humanos no Brasil são tratadas pela Resolução nº 466, de 12/12/2012, do Conselho Nacional de Saúde, e pela Resolução nº 510, de 7/04/2016, que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em ciências humanas e sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes, ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana, na forma definida na Resolução.

Nesse sentido, Campos (2020) ressalta que a normatização de procedimentos garante a dignidade e integridade aos participantes de uma determinada pesquisa científica. Para a autora:

[...] o sistema da ética na pesquisa vigente no Brasil determina que os sujeitos da pesquisa sejam denominados participantes, na medida em que oferecem aos pesquisadores dados que tornam a pesquisa objetivamente viável, participando assim ativamente da investigação. Muitas vezes, também, em situações de pesquisa, os participantes colaboram na avaliação dos fenômenos que estão sendo estudados, pois também eles produzem, junto com o pesquisador, reflexões e *insights* sobre as situações em exame que auxiliam na discussão das hipóteses e descobertas da investigação (BRASIL, 2012, 2016 *apud* CAMPOS, 2020, p. 4).

Cabe ressaltar, conforme preconiza Campos (2020), que as técnicas de coleta de dados em pesquisas de ciências humanas e, em particular, esta pesquisa, envolvem o contato direto dos participantes com a pesquisadora, por meio de sessões experimentais, pormenorizadas anteriormente, bem como respostas a questionários para preenchimento de relatórios. Além disso, também abarcam observações de comportamento em situações reais e interação de grupos, do mesmo modo que acessa as informações coletadas através de dispositivos audiovisuais a serem utilizados na descrição dos resultados da pesquisa fazendo o devido uso de imagens.

Por essa razão, Campos (2020, p. 14) considera que:

Tendo em vista a necessidade desse contatos, tanto a Resolução 466/2012 quanto a Resolução 510/2016 estabelecem a necessidade de esclarecimento aos participantes sobre os objetivos da pesquisa e sobre seus direitos relativos a retirar-se da pesquisa em qualquer fase de sua realização sem sofrer penalidades, ao sigilo das informações prestadas, à privacidade no ambiente de coleta de dados, ao ressarcimento de eventuais despesas decorrentes da participação na pesquisa, aos danos que a pesquisa poderá lhes causar e como o pesquisador agirá para minimizá-los. Esses esclarecimentos devem ser fornecidos nos documentos a serem entregues aos participantes antes da obtenção de sua anuência em relação à participação na pesquisa, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no caso de adultos com autonomia de julgamento, e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), previsto no caso dos participantes serem menores de idade ou com dificuldades cognitivas. Nesses casos, o TCLE também deve ser assinado pelos responsáveis adultos (CAMPOS, 2020, p.14).

Assim, como forma de obter consentimento dos participantes, foi formalizada consulta com as famílias responsáveis pelas crianças que participaram da pesquisa. Foi informado às famílias, de forma clara e direta, os objetivos aos quais a pesquisa se propunha e quais procedimentos se desejava utilizar. Após a manifestação positiva por parte das famílias em relação à participação de suas crianças na pesquisa, foi enviado o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e somente após recebimento do documento preenchido e assinado pelos responsáveis é que foram iniciados os procedimentos de coleta de dados.

Por fim, vale ressaltar que as imagens de crianças utilizadas neste trabalho foram todas tratadas digitalmente, de forma que os rostos das crianças aparecessem quadriculados, preservando, assim, a privacidade das mesmas conforme o preconizado no Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) (1990).

3.1.1.1.6 Sessões experimentais I - alunos de Dood

As sessões experimentais contaram com 24 visitas regulares realizadas no primeiro e segundo semestres de 2018, com oito alunos do projeto “Música para Crianças” – UnB, sendo

quatro atendidos no primeiro semestre e outros quatro no segundo. Os alunos tinham 5 anos de idade e estavam matriculados no curso de clarineta, mas, devido às suas estaturas físicas, utilizavam o instrumento *Dood* para as aulas. As sessões constavam, então, de aulas de *Dood* com duração de 40 minutos e eram ministradas pela pesquisadora. A proposta era que os alunos se acostumassem com a pesquisadora para que isso não fosse um empecilho nas aulas de *chalumeau*. Após a aula de *Dood*, havia um intervalo de 15 minutos e, em seguida, havia uma aula de *chalumeau* com duração de 30 minutos, com os mesmos alunos.

Todas as sessões experimentais foram registradas em fotos e vídeos. Ao final de cada aula, a pesquisadora fazia anotações no diário de campo e preenchia relatórios.

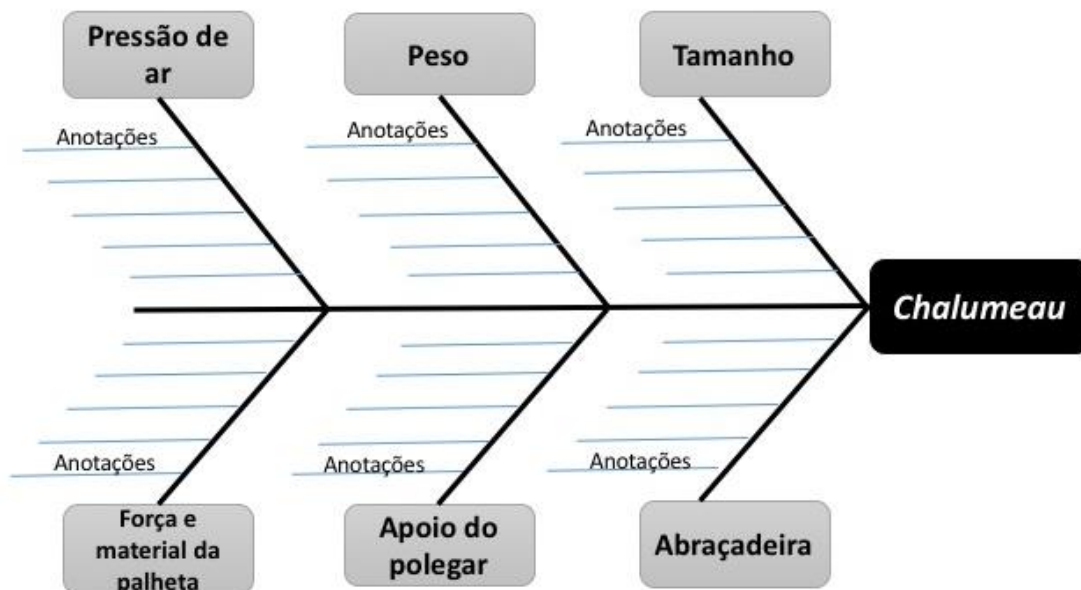
3.1.1.2 Etapa 2 - especificação dos requisitos do produto

Nesta etapa foi realizado o levantamento de restrições, dificuldades relacionadas ao possível protótipo, bem como a identificação das possíveis soluções por meio do detalhamento dos requisitos do produto. Para tal, foi operacionalizada em duas fases. Segundo Elsevier (2010), esse procedimento é o processo pelo qual são observadas quais são as funções que um determinado produto deve realizar e quais são suas restrições ao executar essas funções. O levantamento de requisitos e restrições compõe uma parte significativa da concepção de um projeto para que o produto final seja funcional ao usuário.

Para esta etapa, em uma primeira fase, foi realizado o levantamento de hipóteses por meio da discriminação detalhada das características organológicas do *chalumeau* soprano Devon & Burgani. A partir das informações obtidas na etapa 1, foram analisados os seguintes critérios: a) pesagem; b) medição do tubo; c) medição dos furos; d) medição da abertura e câmara interna da boquilha e; e) especificação do material e espessura da palheta.

Posteriormente, na segunda fase desta etapa, foram identificadas as necessidades específicas junto aos usuários de um possível *chalumeau* infantil, tomando como ponto de partida as informações angariadas na primeira fase. Desta forma, foi desenvolvido um diagrama que foi aplicado nas sessões experimentais 2. O diagrama foi elaborado considerando os seguintes critérios: tamanho, peso, pressão de ar, abraçadeira, apoio de polegar, força e material da palheta e digitação. Tais diagramas eram preenchidos ao término de cada sessão com vistas a se obter um panorama do uso do *chalumeau* soprano pelos usuários conforme figura 48.

Figura 49 — Modelo de diagrama para identificação de requisitos e restrições



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A partir das anotações realizadas no diagrama, as informações foram organizadas e sistematizadas para avaliar, de forma pormenorizada, o desempenho de cada um dos cinco requisitos principais para serem considerados na elaboração do protótipo: palheta, abraçadeira, peso, apoio de polegar e furos duplos.

Figura 50 — As duas fases da Etapa 2



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.1.1.3 Etapa 3 – criação de modelos testáveis – prototipação

Esta etapa trata da criação de modelos testáveis e constou de 3 fases. Segundo Silva (2012), para que um produto seja devidamente avaliado e que possam ser encaminhadas soluções, é necessário o uso de versões para testes. O processo em que são criados objetos que simulam de forma física as propostas e que passam por testes de uso é chamado de prototipação. Esse processo é caracterizado por ciclos iterativos e, segundo Silva (2012), quanto mais iterações acontecem, maior a chance de o produto final atender ao usuário. Dessa maneira, a prototipação pretendeu atingir os conceitos preconizados na fase de ideação e, com isso, permitir uma avaliação mais precisa sobre os problemas e as vantagens do projeto.

Assim, a partir dos requisitos identificados na etapa 2, utilizou-se o *chalumeau* soprano da marca Devon & Burgani, corpo de madeira, com boquilha de resina plástica da marca Berkley, modelo B. Esse *chalumeau* é um instrumento profissional no qual foram feitas alterações para a realização de testes, transformando-o, assim, em um protótipo. Na primeira fase, a elaboração do protótipo foi estruturada considerando as análises do diagrama da etapa 1. Posteriormente, na segunda fase, foram realizados testes com dois grupos: o mesmo grupo que experimentou esses instrumentos na etapa 1 e que já tinha contato com práticas pedagógicas relacionadas a instrumentos de palheta simples (*dood*) e outro grupo de crianças de 4 anos idade que nunca haviam tocado nenhum instrumento de sopros antes.

Por fim, um relatório de prototipação foi elaborado para avaliar o desempenho dos requisitos levantados na etapa 1 com os dois grupos. O relatório era preenchido após cada sessão experimental com anotações específicas seguindo os mesmos critérios dos diagramas, conforme quadro a seguir.

Quadro 1 — Modelo de relatório de prototipação

RELATÓRIO DE PROTOTIPAÇÃO	
ALTERAÇÕES REALIZADAS NOS PROTÓTIPOS	
<i>Apoio de polegar</i>	Data:
	(anotações)
<i>Palhetas</i>	Data:
	(anotações)
<i>Abraçadeiras</i>	Data:
	(anotações)
<i>Tamanho dos furos</i>	Data:
	(anotações)
<i>Peso</i>	Data:
	(anotações)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

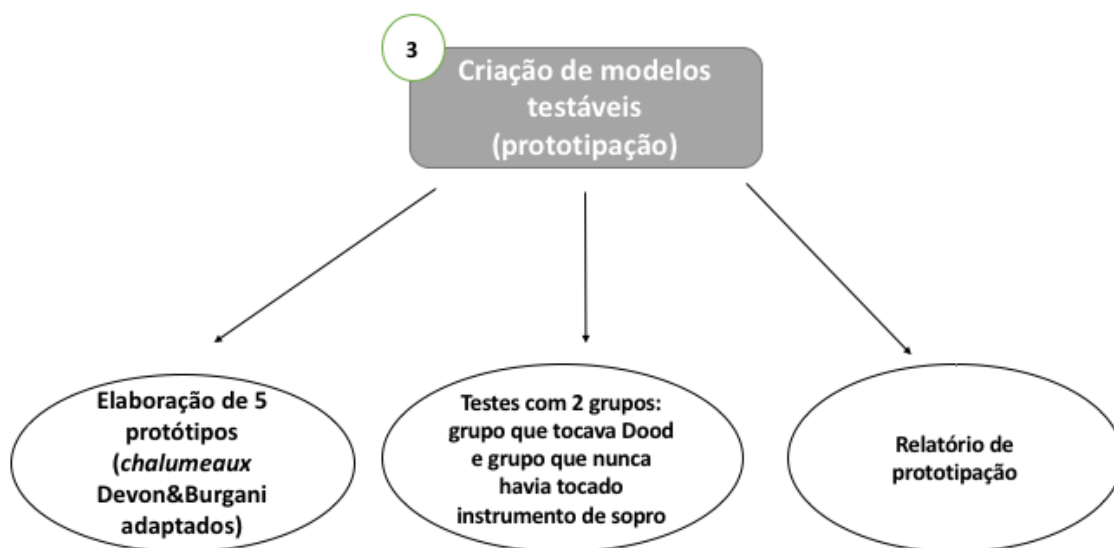
3.1.1.3.1 Sessões experimentais II – testes com protótipos – 2 grupos

As sessões experimentais 2 contaram com dois grupos de participantes. Um grupo similar àquele que participou das sessões experimentais 1 – 4 alunos de 5 anos de idade matriculados no curso de clarineta e que usavam o *dood* para o seu aprendizado musical. Esses alunos estavam matriculados na escola “Espaço das 7 notas” –. Um outro grupo com 4 crianças de 4 anos de idade, matriculadas no CDMI — escola de musicalização infantil também dissidente do referido projeto da UnB.

Cada grupo contou com 15 visitas regulares durante o primeiro semestre de 2019, sendo que o primeiro grupo tinha uma aula de *dood* com duração de 40 minutos, um intervalo e em seguida uma aula de *chalupeau* coletiva com duração de 30 minutos. O outro grupo tinha uma aula de musicalização com duração de 40 minutos, intervalo e, posteriormente, uma aula de *chalupeau* também coletiva e com 30 minutos de duração.

Os conteúdos foram os mesmos para os dois grupos. As sessões experimentais foram registradas em fotos e vídeos. Ao final de cada aula, a pesquisadora fazia anotações no diário de campo e preenchia relatórios de prototipação.

Deste modo, foram realizadas sessões experimentais que consistiram em 15 visitas semanais para cada grupo, durante o primeiro semestre de 2019. Essas visitas constavam de aulas de *chalupeau* com duração de 30 minutos. As aulas tiveram um formato similar às aulas das sessões experimentais I, em que havia pequeno aquecimento, exercícios para fortalecer a embocadura e exercícios de respiração especialmente elaborados para as sessões experimentais chamadas de “Brincadeiras de soprar”. As aulas seguiam com atividades de posturas tanto sentadas, como em pé, e o posicionamento do instrumento. Posteriormente, as crianças tocavam só com as boquilhas, com exercícios para embocadura e, por fim, com o *chalupeau* inteiro. Todas as aulas seguiam esse cronograma, porém, o tempo para cada atividade variava conforme o desempenho dos alunos. Houve a necessidade de desenvolver atividades específicas para as aulas do grupo 2. Tais atividades eram compostas de brincadeiras com as boquilhas, com o *chalupeau* sem palheta, com o instrumento todo explorando técnicas expandidas, pequenas melodias e práticas de improvisação. Esse conjunto de atividades foi chamado de “Brincadeiras de *chalupeau*”.

Figura 51 — As três fases da Etapa 3

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.1.1.2 Etapa 4 - avaliação de viabilidade

A etapa 4 foi composta de quatro fases. A primeira fase avaliou com os usuários participantes da pesquisa quais e como funcionaram as adaptações realizadas nos protótipos, por meio de testes de usabilidade. Para Ricioni (2017, p. 1):

Em uma cultura de design centrado no usuário é crucial que testes de usabilidade sejam realizados no decorrer do desenvolvimento de um projeto. As hipóteses levantadas no desenho da interface, quando testadas logo no início fazem com que os caminhos sejam orientados para a criação de soluções que se aproximem da realidade de quem usará sua aplicação.

Esses testes discriminam a sequência de eventos ocorridos entre os usuários e os protótipos elaborados. O foco para as análises foi em como os usuários deveriam desempenhar as tarefas elencadas no relatório de usabilidade disposto no quadro 2 e, em como eles preferiam desempenhá-las. A preferência também foi levada em consideração, visto que poderia determinar a qualidade da experiência, a habilidade e o contexto de uso. Para estes testes, foi elaborado um relatório de usabilidade com uma sequência de atividades que os usuários deveriam desempenhar. Tais atividades, inicialmente, seriam elencadas a partir da análise de projetos pedagógicos de iniciação à clarineta de escolas formais. No entanto, não foram encontrados cursos de clarineta para a faixa etária destinada a essa pesquisa — crianças de 4 anos. Por essa razão, foram listados alguns dos princípios sugeridos pelo método Suzuki

de flauta doce soprano, que tem sua pedagogia direcionada para crianças a partir dos 3 anos de idade.

Partindo das premissas pedagógicas do método Suzuki, foi elaborado um relatório de teste de usabilidade. Nesse relatório, foram elencados os seguintes aspectos: tocar com três apoios, emissão de som, digitação da mão esquerda, digitação da mão direita e articulação conforme demonstrado abaixo no Quadro 2.

Quadro 2 — Modelo relatório de caso para teste de usabilidade

RELATÓRIO DE TESTE DE USABILIDADE	
Ação do usuário	Resposta do protótipo
<i>Tocar com três pontos de apoio</i>	Apoio polegar direito: (anotações)
	Furo polegar esquerdo: (anotações)
	Apoio dente superior: (anotações)
	Embocadura dupla: (anotações)
<i>Emissão de som</i>	Dificuldade ou facilidade para tirar som: (anotações)
	Afinação: (anotações)
	Volume de som: (anotações)
	Estabilidade do som: (anotações)
<i>Digitação da mão esquerda</i>	Tamanho dos furos em relação aos dedos dos alunos:(anotações)
	Execução da nota mi como fator de apoio: (anotações)
	Capacidade de vedação com furos com dedos médio e anular: (anotações)

	Capacidade de executar a nota do com a mão esquerda toda fechada:(anotações)
<i>Digitação da mão direita</i>	Tamanho dos furos em relação aos dedos dos alunos:(anotações)
	Execução da nota sib como fator de apoio: (anotações)
	Capacidade de vedação com furos com dedos médio e anular: (anotações)
	Capacidade de executar a nota fa com o instrumento todo fechado:(anotações)
<i>Execução de pequenas melodias</i>	Melodias com graus conjuntos ascendentes:(anotações)
	Melodias com graus conjuntos descendentes:(anotações)
	Melodias com intervalos:(anotações)
	Melodias improvisadas:(anotações)
<i>Articulação</i>	Com notas repetidas
	Com graus conjuntos
<i>Utilização das chaves</i>	Chave do furo 9
	Chave do furo 10
	Utilização das duas chaves simultaneamente

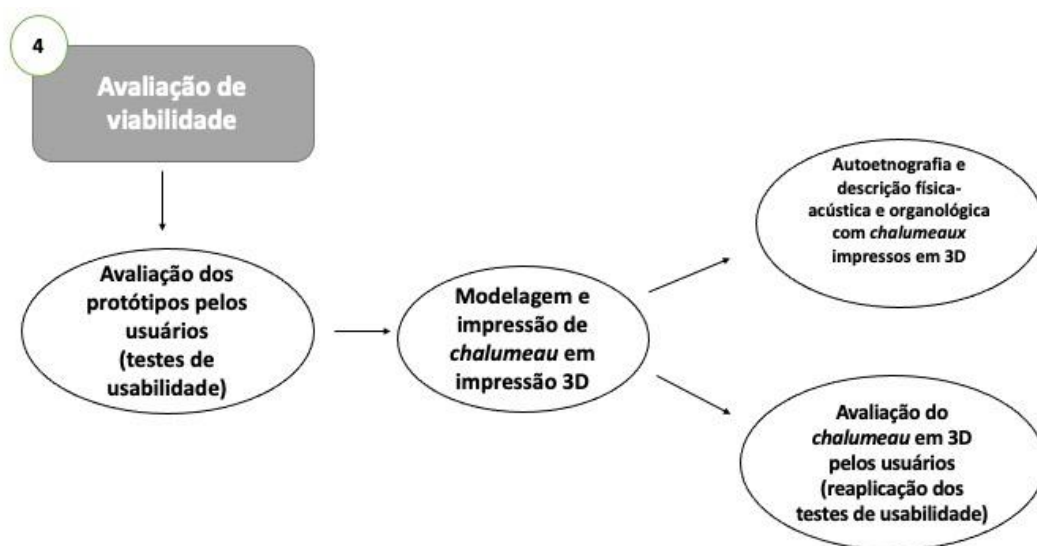
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A segunda fase, a partir dos resultados obtidos, modelou e confeccionou um *chalumeau* considerando os elementos que funcionaram na fase anterior. Foram produzidos 2 instrumentos em plástico e em impressão 3D, que foram, na terceira fase desta etapa, testados pela pesquisadora por meio de autoetnografia e, em uma quarta e última fase desta etapa, testado com as crianças utilizando o mesmo teste de usabilidade mencionado acima.

3.1.1.2.1 Estudo etnográfico – Autoetnografia II

Após a impressão em 3D dos *chalumeaux* sopranos infantis, estes passaram por uma análise realizada pela própria pesquisadora com o intuito de conhecer esse novo instrumento. Foram realizados estudos técnicos, de sonoridade, de afinação, de projeção e de repertório, a fim de comparar com o funcionamento do *chalumeau* soprano Devon & Burgani. Essas análises foram feitas novamente seguindo as técnicas de autoetnografia.

Figura 52 — As quatro fases da Etapa 4



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

3.1.2 Equipamentos e ferramentas utilizados na coleta de informações

A seleção dos equipamentos utilizados na coleta das informações seguiu rigorosamente as recomendações prescritas no referencial teórico, bem como os procedimentos metodológicos do DCU. Assim, segue abaixo a descrição dos equipamentos utilizados.

- Paquímetro digital da marca Digital Caliper, com resolução 0.1mm/0.01” e acurácia de aproximadamente 0.2mm/0.01”. Este equipamento permite medir distâncias lineares entre dois pontos no mesmo plano ou em planos vizinhos. Este equipamento foi utilizado para realizar medidas internas e externas do *chalumeau* soprano Devon & Burgani, medir as palhetas e aferir medidas antropométricas da face e das mãos dos participantes;
- Balança de precisão da marca Wellmix Clink Wincy modelo único: foi utilizada não só para medir o peso do *chalumeau* soprano com e sem apoio de polegar, mas também o peso das boquilhas com abraçadeiras de metal, tecido e anel de vedação e para pesar as palhetas a fim de saber se havia diferenças entre dois modelos diferentes;
- Computador portátil Macbook – Pro modelo Late 2011: foi utilizado na filmagem das aulas, pois chamava menos a atenção das crianças quando comparados às gravações feitas por telefones celulares;

- Telefone celular Samsung A7: usado para fazer algumas filmagens, fotos dos instrumentos e dos participantes, além de aplicativos instalados para análises físicas do *chalumeau*;
- Impressora 3D marca GTMax 3D: utilizada para confeccionar os modelos do instrumento;
- Aplicativo *Oscope* versão 2.2, *FrequencyGenerator*, *Spectroid* e *Decibelímetro* — Todos esses aplicativos para o sistema Android;
- Diário de campo: um instrumento utilizado por pesquisadores para registrar e anotar as informações recolhidas e que são suscetíveis de serem interpretadas. Para esta pesquisa, o diário de campo foi utilizado durante a realização da autoetnografia e, para anotações nas sessões experimentais com todos os grupos de crianças acompanhados, como também para anotações sobre os resultados de cada adaptação que era realizada nos *chalumeaux*.

3.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISES, INTERPRETAÇÃO E TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

Apesar desta pesquisa conter uma série de informações mensuráveis, vale ressaltar que se trata de uma pesquisa qualitativa, cujo objetivo é desenvolver um *chalumeau* infantil a partir de um contexto de educação musical para crianças de 4 anos de idade.

Segundo Pezzini (2017), as áreas do design e da ergonomia empregam abordagens metodológicas que são predominantemente qualitativas, sistêmicas e antropocêntricas. Sendo assim, a finalidade desses métodos é contemplar as necessidades, as habilidades e as limitações das pessoas em diferentes contextos.

Nessa perspectiva, as análises das informações seguiram as considerações de Teixeira (2003), que a entende como o processo de formação de sentido além dos dados. Esta formação acontece quando se consolida, limita e interpreta o que os participantes demonstraram e o que o pesquisador viu e leu, promovendo, assim, a formação de significado. Tais entendimentos e significados é que constituem a constatação de um estudo. Trata-se de um processo longo e complexo que envolve retrocessos entre dados pouco concretos e conceitos abstratos, entre raciocínio indutivo e dedutivo, entre descrição e interpretação (TEIXEIRA, 2003).

Deste modo, os procedimentos de análise pretenderam organizar e sumarizar as informações coletadas de maneira que fosse possível fornecer respostas ao problema proposto nesta investigação. O tratamento dado ao material coletado pretendeu levar à teorização das informações, produzindo o confronto entre a abordagem teórica anterior e o que a investigação

de campo aportou de singular como contribuição, seguindo as premissas de Gil (1999). Para esta pesquisa, foram delimitadas duas categorias de análise: 1) análise de tarefa e 2) análise contextual.

3.2.1 Análise de tarefa

Elaborada por Baxter (2011), a análise de tarefa faz uma leitura das facilidades e complexidades do objeto e das interações deste com seu usuário. A ideia é explorar as interações entre produto e usuário gerando estímulos para o surgimento de novos conceitos. Os meios para aplicação da análise de tarefa levam à aplicação de métodos ergonômicos e antropométricos. As análises de tarefa foram realizadas por meio da triangulação dos resultados dos estudos de reconhecimento acústico do *chalumeau*, das antropometrias e das sessões experimentais. Posteriormente, essa triangulação foi confrontada com o referencial teórico.

3.2.2 Análise contextual

Tendo em vista que esta pesquisa é essencialmente um trabalho de educação musical, considerou-se indispensável que o contexto de ensino e aprendizagem para o qual o *chalumeau* soprano 3D foi projetado fosse, também, minuciosamente analisado. Nesse sentido, Filatro (2008) considera que o que realmente interessa em um projeto de DCU, quando este é voltado para contextos educacionais, é em que medida os estilos de aprendizagem podem ser combinados às estratégias instrucionais do projeto, ressaltando que cada estratégia instrucional deve apresentar uma relação fixa entre aprendizagem e contexto de usuário.

Assim, para realizar a análise do contexto ao qual os participantes e objeto de pesquisa foram submetidos, utilizou-se a ferramenta de análise de conteúdo. Segundo Teixeira (2003), trata-se de um processo complexo, não-linear que implica em um trabalho de redução, organização e interpretação dos dados que deve ser iniciado na fase exploratória e acompanhar todo o ciclo da pesquisa. De acordo com Minayo (1994), análise de conteúdo é a expressão mais comumente usada para representar o tratamento das informações de uma pesquisa qualitativa. Para Bardin (1979), pode ser definida como:

Um conjunto de técnicas de análise de comunicação visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens (BARDIN, 1979, p42).

Dessa forma, tendo em vista os princípios da análise de conteúdo, utilizou-se o conceito

de Martins Filho (2012), autor da área de DCU que define esse tipo de ferramenta metodológica como análise contextual. Para o autor:

A análise contextual é um processo que busca examinar a dinamicidade entre os diferentes níveis contextuais, a fim de identificar as necessidades ou problemas de aprendizagem, caracterizar o público-alvo, e levantar as restrições técnicas, administrativas e culturais (MARTINS FILHO, 2012, p. 28).

Em vista disso, seguindo as premissas de Filatro (2008) e Martins Filho (2012), a análise contextual, utilizada nesta pesquisa, foi realizada por meio da triangulação entre as informações do diário de campo com as gravações das sessões experimentais, buscando realizar inferências, consolidando, limitando e atribuindo significados aos fenômenos observados.

Deste modo, defende-se que os procedimentos metodológicos aqui considerados como os mais adequados trouxeram informações relevantes para o desenvolvimento de um possível *chaloneau* soprano destinados à educação musical infantil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e relaciona os resultados da pesquisa, contrapondo referencial teórico adotado com os dados obtidos, preenchendo algumas das lacunas ali identificadas com novas informações. Tais dados refletem o primeiro estudo acerca da proposta de criação de um instrumento de sopro de palheta simples direcionado para crianças de 4 anos, com vistas a contribuir para uma melhoria efetiva no contexto do desenvolvimento da iniciação infantil da clarineta.

A partir da análise qualitativa das informações, realiza-se a descrição das quatro etapas sucedidas na pesquisa, bem como sua discussão. Cada etapa é discorrida seguindo rigorosamente as premissas metodológicas do DCU. No entanto, faz-se importante salientar que, embora os resultados estejam apresentados de forma categorizada e sistematizada por etapas, eles não refletem uma ordem cronológica, mas, sim, a sequência de ações previstas no DCU.

4.1 ETAPA 1 - ESPECIFICAÇÃO DO CONTEXTO DE USO

Os resultados a seguir estão organizados de acordo com cada uma das cinco fases que compuseram esta primeira etapa, de modo a apresentar, de maneira categorizada, as informações coletadas.

4.1.1 Fase 1 - Revisão Bibliográfica

Os resultados da revisão bibliográfica integram a primeira parte do capítulo 1 desta tese.

4.1.2 Fase 2 – Autoetnografia I

Esta fase consistiu no estudo técnico e de repertório com o *chalupeau* soprano Devon & Burgani, realizado pela própria, pesquisadora apoiada nos preceitos da autoetnografia. A finalidade foi adquirir o domínio deste instrumento, identificando suas facilidades e limitações antes de iniciar as demais etapas da pesquisa, evitando, assim, possíveis resultados enviesados.

Como base documental, utilizou-se o *chalupeau* soprano Devon & Burgani com boquilha de resina da marca Barkley, modelo B, confeccionada especialmente para este instrumento. As atividades e reflexões foram registradas em diário de campo e por meio de algumas gravações de áudio e vídeo feitas com um aparelho celular, conforme especificado no capítulo anterior.

Tratou-se de uma abordagem analítica, reflexiva e autobiográfica. A interferência da performer/pesquisadora foi considerada como parte do processo, cuja validação deste método se dá justamente pela presença deste componente (BENETTI, 2017). Assim, seguindo esta metodologia, o suporte dessa fase encontra-se nas competências artísticas que a pesquisadora adquiriu ao explorar o *chalupeau* soprano de forma consistente, tendo como ponto de partida sua experiência como clarinetista. Os resultados obtidos ao longo do processo de experimentação e análise do *chalupeau* foram influenciados por essa experiência prévia com a clarineta, servindo de referência para a construção de nove dimensões consideradas para a análise conforme pode ser observado no Quadro 3:

Quadro 3 — 9 dimensões de análise autoetnográfica

9 dimensões consideradas para a análise autoetnográfica
1. Funcionamento técnico-mecânico
2. Testes com diferentes palhetas e abraçadeiras
3. Digitação
4. Afinação
5. Sonoridade
6. Articulação
7. Expressividade
8. Repertório
9. Possibilidades Criativas

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.1.2.1 *Funcionamento técnico-mecânico*

Observou-se que, embora as repostas sejam diferentes, o funcionamento técnico-mecânico do *chaluveau* soprano apresenta similaridades com o funcionamento da clarineta. Apesar das dimensões reduzidas da boquilha, a embocadura pôde ser montada da mesma forma nos dois instrumentos. Em termos de quantidade e pressão de ar, o *chaluveau* se comportou de modo acessível quando utilizada uma palheta mais branda. Nesta condição, a emissão de som aconteceu mesmo com pouquíssima quantidade e pressão de ar. A chave de registro, quando acionada, produz uma décima segunda, assim como na clarineta. No entanto, é possível baixar ou subir até meio tom dessa nota a depender da quantidade de ar, da embocadura e da palheta utilizada. A flexibilidade do instrumento, em termos de embocadura, coluna de ar e digitação, permite explorar a sonoridade de maneira variada, sendo possível ainda, a execução de técnicas expandida como *glissandos*, *bendings*, quartos de tom, *frulatos* e *slaps*.

4.1.2.2 *Testes com diferentes palhetas e abraçadeiras*

Foram testadas 4 abraçadeiras durante o período de estudo do *chaluveau* soprano. Inicialmente, foi testada a abraçadeira de metal, considerando que a pesquisadora/*performer* a utiliza em sua clarineta. Posteriormente, foram testados o barbante, a abraçadeira de tecido e, por fim, anéis de borracha. As abraçadeiras apresentaram resultados diferentes na sensação de vibração observada pela pesquisadora/*performer*. Todavia, não foi percebida nenhuma diferença significativa que trouxesse alguma vantagem ou prejuízo relevante entre uma e outra. Ressalta-se, também, que o barbante teve seu funcionamento comprometido, haja vista que a

boquilha utilizada não era apropriada para esse material. Por essa razão, esse material foi retirado das análises posteriores. Em contrapartida, mudanças na força das palhetas se mostraram, obviamente, muito relevantes. Foram experimentadas palhetas das marcas Rico, Vandoren e Legato, sendo esta última de resina plástica. As numerações experimentadas foram 1 ½, 2, 2 ½ e 3. Foi observado que as palhetas apresentam mudanças de timbre e de respostas nas articulações e projeção sonora, porém, palhetas mais brandas se mostraram mais eficientes. Resguarda-se o fato de que se utilizou uma boquilha de abertura média, em que palhetas com força mediana a mais leves se mostram mais apropriadas devida a sua abertura. Foram identificadas, também, diferenças significativas de timbre entre as palhetas de resina plástica e as palhetas de cana. No entanto, as palhetas de resina se mostraram mais estáveis, especialmente em situações de mudanças drásticas de temperatura e umidade. Assim, na percepção da performer/pesquisadora, as palhetas que assomaram os melhores resultados foram as de numeração 1 ½, independentemente da marca ou material.

4.1.2.3 *Digitação*

A digitação do *chalupeau* soprano foi experimentada em todas as suas possíveis combinações. Na primeira oitava — especialmente nas escalas de Fá Maior, Lá Menor, Lá Dórico, Sol Mixolídio e Sol Maior — percebeu-se similaridades com a digitação da clarineta. Contudo, constatou-se que, nas demais tonalidades, devido à ausência de chaves, há a necessidade de se utilizar as posições chamadas de garfo ou forquilha, ocasionando, assim, diferenças quando comparadas à digitação da clarineta. Chamou a atenção o fato de que as posições de forquilha modificam sobremaneira a ressonância do instrumento. O resultado dessas diferenças ressonantes é que, quando tocadas cromaticamente, há um desequilíbrio significativo da projeção sonora entre uma nota com posição de forquilha e outra sem. No entanto, quando tocadas diatonicamente, percebe-se características tímbricas específicas para cada modo ou tonalidade. Tendo em vista que o *chalupeau* é um instrumento que teve sua origem no período barroco, essas características eram utilizadas como recurso estético no repertório deste período, na medida em que os modos e as tonalidades estavam relacionados à teoria dos afetos, conforme descreve Hoepflich (2008).

4.1.2.4 *Afinação*

A afinação, assim como as demais dimensões elencadas até aqui, se manifestou de forma bastante flexível nas experimentações realizadas pela pesquisadora/performer. A depender da

pressão de ar e da maneira como se monta a embocadura no instrumento, foi possível variar um semitom na mesma posição em toda a extensão do instrumento. Em algumas notas da região da garganta, foi possível alterar até um tom inteiro. No entanto, definida a força da palheta como sendo 1 ½, e uma pressão de ar condizente com essa palheta em uma dinâmica *mezzoforte*, a tendência da afinação foi ficar mais alta na extensão de uma décima primeira (fa3 a sib4). Contudo, quando acionado o registro, as notas tenderam a ficar mais baixas. O instrumento foi experimentado pela pesquisadora enquanto esteve na cidade de Salvador, durante o período do verão, em São Paulo, tanto no verão, como no inverno, em Brasília, no auge do período da seca, e em Bahía Blanca (Argentina), no inverno, permitindo, assim, testes em condições extremas de temperatura e umidade. Não foram observadas diferenças de afinação quanto às mudanças de temperatura e umidade. A afinação foi verificada com a utilização de dois afinadores cromáticos (Korg, modelo TM-40 e o aplicativo TE Tuner para sistemas Android). Também não foram observadas alterações significativas de afinação em relação ao material da palheta (cana ou resina).

4.1.2.5 Sonoridade

Assim, como nas dimensões anteriores, a sonoridade do *chalmereau* soprano também se mostrou muito flexível. É possível realizar mudanças de colorido tímbrico tanto manipulando a quantidade e pressão de ar, quanto manipulando a embocadura. Como já mencionado anteriormente, a digitação nesse instrumento é também um significativo recurso na construção da sonoridade.

4.1.2.6 Articulação

No *chalmereau* soprano, utilizando a boquilha Barkley, modelo B, e palheta 1 ½, foi possível tocar articulações simples, em 120 bpm, a semicolcheia, e articulações duplas no mesmo andamento. Não foram observadas diferenças de articulação entre as regiões grave e aguda do instrumento. Atribui-se esse ocorrido ao fato de a tessitura do instrumento ser pequena.

4.1.2.7 Expressividade

Como já mencionado anteriormente, a digitação e a tonalidade são importantes recursos de expressão no instrumento, especialmente quando se trata da execução de peças do repertório barroco. Dinâmicas também podem ser usadas como ferramenta expressiva, posto que o

instrumento pode executar uma gama considerável deste recurso. Somados a estes dois artifícios, articulações e mudanças na sonoridade podem ser amplamente utilizados. Não foram considerados, aqui, recursos de fraseados por entender que estes são comuns a qualquer instrumento musical, excluindo, assim, este item como particularidade do *chalumeau*.

4.1.2.8 Repertório

Considerando o fato de o repertório escrito pertencer essencialmente ao período barroco, suas características de ressonância vão ao encontro às exigências estéticas da época que tinha a teoria dos afetos como uma das principais diretrizes. Assim, foram estudadas as seguintes obras: concerto para *chalumeau* soprano em Bb, de Johann Friederich Fasch - FaWV: B1; Partita no.1 de Georg Philipp Telemann TWV41: B1; Overture em Bb para *chalumeau* e orquestra de Cristoph Graupner GWV 484; e concerto para dois *chalumeaux* de Gerog Philipp Telemann TWV52: D1. Como consequência do estudo desse repertório, houve a necessidade de aprofundar os estudos sobre a estética barroca, sobretudo no que se refere à ornamentação. Além do repertório barroco, foram estudadas melodias de jazz, blues e música brasileira com o emprego de improvisações livres e idiomáticas. Observou-se que esse repertório pode ser aplicado ao *chalumeau* soprano com vistas à sua utilização em formações de música popular, assim como em contextos de educação musical.

4.1.2.9 Possibilidades criativas

Tendo em vista que é possível utilizar várias combinações de palhetas e abraçadeiras, que a digitação é um importante recurso de sonoridade e expressividade, e que o timbre pode ser manipulado de várias formas, percebeu-se que todas as oito dimensões mencionadas acima podem servir como potenciais suportes para possibilidades criativas. Nesse sentido, o repertório barroco — escrito originalmente para *chalumeau* — também permite uma certa liberdade, ainda que dentro de uma estética definida, na escolha de como aplicar os ornamentos. Adiciona-se aos aspectos citados anteriormente a possibilidade de se explorar técnicas expandidas no instrumento e práticas de improvisação.

Assim, após a análise das nove dimensões utilizadas, averiguou-se que atentando-se para o fato da pesquisadora/*performer* ser clarinetista, nos momentos iniciais da autoetnografia houve, a despeito dos cuidados metodológicos, como seria de se esperar, uma comparação, entre o *chalumeau* e a clarineta. As primeiras impressões foram que o *chalumeau* era instável e limitado quando comparado à clarineta moderna. Tal impressão pode ter sido ocasionada pela

construção da estética da clarineta que, desde o século XIX, segundo Hoeplich (2008), estabelece uma busca por igualdade no timbre e na ressonância do instrumento em toda a sua extensão.

Com o decorrer do estudo, essa comparação se mostrou equivocada, visto que, apesar do *chalumeau* apresentar um funcionamento similar ao da clarineta, as respostas de sonoridade, afinação, articulação, timbre e ressonância são completamente diferentes, não cabendo, assim, comparação entre esses instrumentos. Nesse sentido, percebeu-se que o que foi inicialmente interpretado como instabilidade e limitação, foi nas praxis da pesquisadora, identificado como flexibilidade e possibilidades de nuances tímbricas, tanto em termos de perspectivas interpretativas, como em termos de possibilidades criativas.

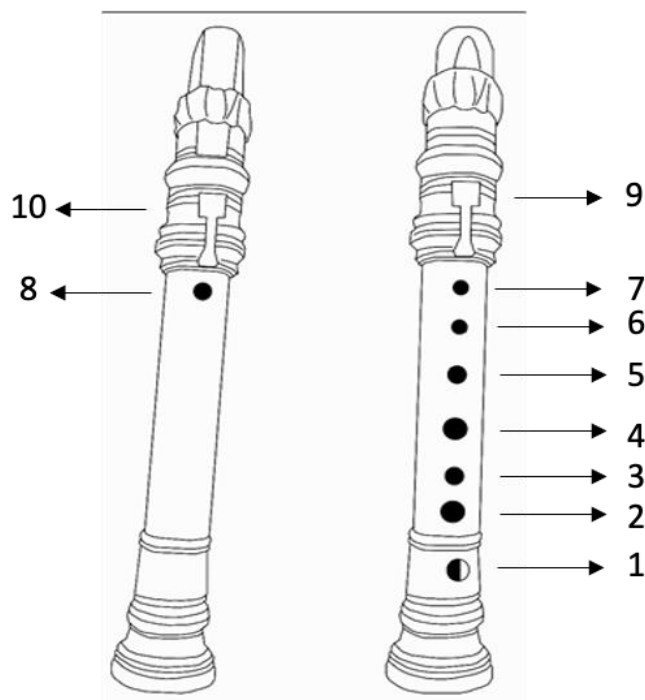
4.1.3 Fase 3 – Contextualização do objeto

A fase 2 desta primeira etapa foi interposta por resultados, que pela natureza da técnica de pesquisa utilizada (autoetnografia), foi constituída de forma orgânica, processual, não causal e, portanto, permeada por subjetividades. Como forma de complementar essas impressões subjetivas, de maneira a dotá-las de uma maior objetividade, foram realizados estudos de descrição físico-acústica no *chalumeau* soprano por meio da mensuração do instrumento, com o intuito de analisar as características deste instrumento.

4.1.3.1. Descrição física-acústica

Em conformidade com o referencial teórico desta pesquisa, classifica-se o *chalumeau* como um aerofone de um tubo cilíndrico aberto, tendo como fonte geradora de som uma palheta batente simples. Esta sessão busca descrever, de forma detalhada, o funcionamento físico-acústico do *chalumeau* soprano Devon & Burgani. A intenção desta descrição é compreender de forma objetiva tal funcionamento, com vistas a se obter subsídios teóricos para posterior elaboração de um projeto de *chalumeau* infantil. Como forma de ordenar os resultados a seguir, foram enumerados os furos do *chalumeau* em ordem crescente e ascendente, conforme figura a seguir:

Figura 53 — Numeração dos furos do *chalumeau*



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Após a enumeração dos furos para a compreensão do funcionamento físico-acústico do instrumento, foram calculadas ondas estacionárias com o intuito de verificar o comportamento harmônico do *chalumeau* soprano, seguindo as proposições de Vasconcelos (2002) e Olasábal (1954). As ondas estacionárias foram medidas a partir da seguinte combinação: *chalumeau* soprano Devon & Burgani, boquilha Barkley, modelo B, três anéis de vedação confeccionados em borracha com 20,2 mm de diâmetro na função de abraçadeira e palheta de resina plástica da marca Legato, modelo Legato Classic, número 1½.

A interpretação do comportamento das ondas estacionárias no *chalumeau* soprano angariou três importantes evidências: A) preponderância de harmônicos ímpares, B) verificação da extensão do instrumento e C) semelhança com o funcionamento da clarineta.

4.1.3.2 Preponderância de harmônicos ímpares

Verificou-se que, apesar do instrumento ser um tubo cilíndrico aberto, devido a sua fonte geradora de som ser uma palheta batente simples, acusticamente ele funciona como um tubo fechado, corroborando, assim, às premissas teóricas de Vasconcelos (2002) e Olasábal (1954) que observam que, nesses casos, os harmônicos ímpares se sobressaem aos pares e a nota mais grave do instrumento soa uma oitava abaixo do que soaria em um tubo cilíndrico

aberto. Esta constatação permitiu observar algumas particularidades no comportamento acústico do *chalupeau* soprano. Dentre elas, está o fato de que, ao acionar a chave de registro, ao invés de se obter o segundo harmônico, ou seja, a nota uma oitava acima da fundamental como acontece nos tubos abertos, o que ocorre é a emissão do terceiro harmônico, soando, assim, uma décima segunda nota fundamental. Esse fenômeno determina todo o funcionamento da digitação do instrumento. Dado também que o intervalo de décima segunda é, na realidade, o terceiro harmônico da série harmônica, este tende a soar mais baixo do que soaria uma décima segunda justa. Logo, para um equilíbrio da afinação, observou-se que o sistema de furação precisa ser projetado de forma que a primeira oitava soe um pouco mais alta que o padrão, resultando, portanto, em uma afinação um pouco mais equilibrada registro agudo.

4.1.3.2.1 Verificação da extensão do instrumento

Identificar de forma precisa as ondas estacionárias (harmônicos) do *chalupeau* também permitiu elaborar uma tabela precisa de digitação. As posições de cada nota foram encontradas por meio do cálculo do comprimento de cada furo em relação à velocidade da onda no tubo em conformidade com os princípios teóricos de Silva (2020). Primeiramente, iniciou-se o cálculo com os furos todos abertos, incluindo os furos acionados por chaves. Foram retiradas as chaves que abrem os furos superiores conforme figura abaixo:

Figura 54 — *Chalumeau* com as chaves retiradas

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os resultados evidenciam que os valores obtidos equivalem em música à nota Sib5 e os valores obtidos do primeiro e terceiro harmônicos, conforme apresentado na tabela 5:

Tabela 4 — Ondas estacionárias com furos abertos

Onda estacionária	Valores em Hz
f 1 (primeiro harmônico)	933 (sib4)
f 3 (terceiro harmônico)	2799 (fa5)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O procedimento acima foi repetido em todas as notas da extensão do *chalumeau*. Contudo, avaliou-se ser redundante apresentar uma tabela para cada nota. Assim, apresenta-se na tabela 6, os valores das ondas estacionárias obtidos com os furos fechados.

Tabela 5 — Ondas estacionárias com os furos fechados

Onda estacionária	Valores em Hz
f 1 (primeiro harmônico)	350 (fa4)
f 3 (terceiro harmônico)	1050 (do5)

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Os resultados aferidos mostram valores equivalentes à nota musical Fa4, nota mais grave produzida pelo *chaluveau* soprano. Observa-se o fato de essa nota ser uma oitava mais grave do que seria uma nota produzida por um tubo cilíndrico de mesmo comprimento com outra fonte geradora de som, como, por exemplo uma flauta, um bocal, conforme perscrutado por Vasconcelos (2002).

4.1.3.2.2 Semelhança com o funcionamento da clarineta

Pôde-se constatar algumas similaridades entre o funcionamento do *chaluveau* soprano e a clarineta. Tendo como tessitura uma décima quarta, sendo a nota mais grave o Fa3, e a mais aguda o Sib4, esta tessitura pode ser estendida por meio do acionamento da chave de registro, em que é possível a obtenção das notas Si3 ao Dó5, embora a afinação, nessa região, seja bastante instável. Observou-se, ainda, que a nota Si3 é uma nota excepcionalmente complicada nesse instrumento, pois, a depender da pressão de ar e da palheta utilizada, essa nota pode ter uma variação de meio tom.

Todavia, na combinação elegida para os testes, trouxe resultados satisfatórios para a execução dessa nota. Como já citado anteriormente, o funcionamento da chave de registro do *chaluveau* soprano Devon & Burgani é equivalente ao funcionamento da chave de registro da clarineta, apesar do posicionamento dessas chaves ser diferentes nesses dois instrumentos. Ademais, a digitação da primeira oitava do *chaluveau* na escala de Fá Maior, equivale à digitação da primeira oitava na clarineta Bb. Contudo, a clarineta Bb soa uma oitava abaixo.

Há também uma pequena diferença de digitação na nota Fa4, que, na clarineta, utiliza somente o polegar esquerdo para fechar o furo anterior e no *chaluveau* utiliza-se do polegar esquerdo e o dedo médio esquerdo para fechar o sexto furo. Outras escalas também demonstram similaridades na digitação: Lá menor, Lá dórico, Sol Maior e Sol mixolídio. Sendo assim, depreende-se que a similaridade acústica entre o *chaluveau* soprano e a clarineta Bb sugere uma possível utilização do *chaluveau* na iniciação infantil com vistas à iniciação da clarineta.

Portanto, os resultados do reconhecimento físico-acústico do *chalumeau* soprano Devon & Burgani demonstram que seu funcionamento apresenta similaridades com a clarineta, tanto no que diz respeito à fonte geradora, como na preponderância dos harmônicos ímpares. A digitação da primeira oitava de ambos os instrumentos também possui similaridades, contudo, faz-se importante ressaltar que não são exatamente iguais.

4.1.4 Fase 4 - Reconhecimento ergonômico

Após a autoetnografia e reconhecimento físico-acústico do *chalumeau*, foi realizado o reconhecimento ergonômico a partir de pesquisas sobre dados antropométricos faciais e das mãos de crianças pré-escolares com 4 anos de idade. Tais dados integram a sessão de fundamentação teórica do capítulo 1 desta tese.

4.1.5 Fase 5 - Sessões experimentais I - alunos de Dood

Conforme já mencionado, durante toda a fase de coleta de dados, esta pesquisa contou com sessões experimentais que consistiram em aulas para crianças utilizando o *chalumeau* soprano. Calcado no arcabouço teórico utilizado — que prevê a participação dos usuários considerados alvo de um determinado produto em fase de desenvolvimento, em todas as etapas do projeto — a participação das crianças se mostrou fundamental ao longo de todo o processo.

Desta forma, considerou-se imprescindível, para finalizar a etapa 1 (especificação do contexto de uso) desta pesquisa, que o *chalumeau* soprano fosse testado com crianças. Todavia, mais uma vez, para descartar possíveis resultados enviesados, os primeiros testes foram realizados com crianças que tinham passado por um extenso processo de musicalização (2 anos) e já frequentavam aulas de clarineta. Buscou-se um grupo de crianças que fosse da faixa etária mais próxima daquela à qual o projeto do *chalumeau* infantil estivesse destinado. Assim, chegou-se ao grupo de alunos de clarineta (Dood) do projeto “Música para Crianças” – UnB. Foram realizadas 24 visitas semanais no projeto, compreendendo o primeiro e segundo semestres de 2018. Participaram dessas aulas oito alunos com idade entre 5 anos e 5 anos e 11 meses, sendo quatro crianças atendidas no primeiro semestre e outras quatro atendidas no segundo. As sessões eram ministradas pela própria pesquisadora e tinha duração de 30 minutos.

Figura 55 — Crianças tocando *Dood* e *Chalumeau*



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

As aulas consistiam em um pequeno aquecimento que incluía alongamento dos braços, exercícios para fortalecer a embocadura e uma série de brincadeiras elaborada pela pesquisadora para a respiração. Essas brincadeiras eram chamadas de “Brincadeiras de soprar”. Para cada aula, havia uma brincadeira diferente em que as crianças eram solicitadas a participar. Essa atividade envolvia brincadeiras com exercícios de respiração, mas ainda a utilização do instrumento.

Figura 56 — Crianças participando das atividades de “brincadeiras de soprar”



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Posteriormente, as crianças participavam de atividades que tinham por objetivo trabalhar as posturas tanto sentadas, como em pé, bem como o posicionamento do instrumento. As aulas seguiam com momentos em que as crianças tocavam somente com as boquilhas e, só então, elas tocavam com o *chalumeau* inteiro. Nesse momento, eram inseridas atividades de memorização e improvisação de melodias. Não havia atividades de leitura de partitura, haja vista que os alunos ainda não eram alfabetizados. Todas as atividades das aulas eram previamente planejadas pela pesquisadora e aplicadas de maneira lúdica e dinâmica.

Tendo em vista que os participantes deste grupo também eram alunos de *dood*, foi observado que as crianças emitiam som com muita facilidade no *chalumeau*, mostrando-se mais fácil que o *dood*. Porém, esse dado não foi considerado porque os *doods* pertenciam a cada criança e, por essa razão, não eram exatamente iguais. Ademais, havia crianças utilizando palhetas de cana e outras utilizando palhetas de plástico, não havendo, assim, um parâmetro confiável de comparação.

Apesar dos resultados sonoros serem diferentes, a semelhança na digitação também aparentou ser um facilitador quando a comparação entre esses dois instrumentos foi realizada.

Em uma das aulas, experimentou-se colocar as boquilhas de *dood* nos *chalumeaux*. As boquilhas de *Dood* funcionaram de maneira satisfatória nos *chalumeaux* e, apesar de diferenças nas medidas, não foi observada nenhuma alteração significativa em relação aos resultados obtidos com boquilhas de *chalumeaux*. A afinação tendeu a ficar mais baixa com as duas boquilhas devido à instabilidade da embocadura.

No entanto, ao utilizar as boquilhas de *chalumeaux*, foi constatada uma dificuldade por parte das crianças em colocar e ajustar a abraçadeira de tecido, pois esta demandava força e coordenação motora fina. Por essa razão, por sugestão de um dos professores da instituição, foram testados três anéis de borracha para serem utilizados na função de abraçadeira. Os anéis

de borracha apresentaram êxito na sua utilização, visto que as crianças conseguiam colocá-los e retirá-los sem dificuldade. Do mesmo modo, conseguiam colocar e retirar as palhetas, porém, muitas delas ainda se quebravam nesse processo e ainda havia a necessidade de buscar soluções alternativas.

Um ponto negativo na utilização do *chalumeaux* soprano foi o fato de não possuir o apoio do polegar direito. Nas crianças que estavam entre 5 anos e meio e 5 anos e 11 meses de idade, com o início da troca da dentição, em que os primeiros dentes a cair são os incisivos, observou-se uma maior instabilidade já que não havia o apoio do polegar e nem os dentes para sustentar o instrumento. Em posições em que a maioria dos furos estavam abertos, como fa5, fa#5 e sol5, o *chalumeaux* se mostrava muito instável e, muitas vezes, as crianças utilizavam a mão direita para segurar o pé do instrumento, tornando quase inviável sua execução.

No que diz respeito às competências e habilidades adquiridas pelas crianças participantes da pesquisa, os alunos do primeiro semestre demonstraram algumas dificuldades em relação às notas de posição aberta devido à falta de apoio do polegar. Assim, para as aulas do segundo semestre de 2018 das sessões experimentais I, foram incluídos nos *chalumeaux* apoios de polegar confeccionados em cortiça, de maneira que essa dificuldade não foi mais observada nos alunos que frequentaram as aulas do segundo semestre e utilizaram os *chalumeaux* com o apoio.

No que se refere à digitação, houve dificuldades na aprendizagem das posições de forquilha e na utilização dos meios-furos. Ainda assim, todas as crianças que frequentaram as aulas durante o primeiro e segundo semestre de 2018 conseguiram tocar a extensão de fa4 a sib5, a escala diatônica de Fá Maior e executar um conjunto de 7 melodias: Bem-te-vi (domínio público), Bella Ciao (domínio público), Asa Branca (Luiz Gonzaga e Humberto Teixeira), O trem de ferro (domínio público), Ode à alegria (L. v. Beethoven), Frère Jaques (domínio público) e Yellow Submarine (J. Lennon e P. McCartney). Além das melodias, todas tocadas de memória, as crianças também realizaram sessões de improvisação livre e idiomática.

Apesar da necessidade de ajustes, especialmente relacionados às abraçadeiras e apoio do polegar, em nenhum momento o *chalumeau* soprano se mostrou como complicador nos processos de ensino e aprendizagem musicais. Contudo, em relação aos aspectos operacionais do instrumento, a utilização de palhetas de cana ainda precisava ser repensada, pois, além de quebrarem com muita facilidade, o fato delas serem diferentes umas das outras dificultava as análises.

Por fim, a sessão experimental I proporcionou realizar testes que apontaram a necessidade de ajustes no *chalumeau* soprano Devon & Burgani. Desta maneira, foi possível

descartar possíveis resultados enviesados e estabelecer critérios para que o instrumento pudesse ser, em uma etapa posterior, convertido em um protótipo para a realização de outros testes.

4.2 ETAPA 2 - ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DO PRODUTO

A partir dos resultados obtidos na etapa 1, apresenta-se a seguir os resultados da etapa 2, que consistiu na identificação dos requisitos e das restrições do possível *chalumeau* soprano infantil. Por meio do levantamento das dificuldades com possíveis soluções tomando como ponto de partida o *chalumeau* soprano Devon & Burgani, esta etapa está dividida em duas fases: 1) triangulação entre os resultados do reconhecimento acústico e ergonômico; e 2) discriminação das características organológicas do *chalumeau*.

4.2.1 Fase 1 - Triangulação entre os resultados do reconhecimento acústico e ergonômico

Baseada nos resultados da primeira etapa, buscou-se identificar quais os principais requisitos a serem considerados para a elaboração de um protótipo de *chalumeau* soprano. Sendo assim, para dar suporte aos resultados da etapa anterior e atestar que as dificuldades e as soluções levantadas são coerentes às características das crianças, reuniu-se informações obtidas na fase de reconhecimento acústico e na fase de reconhecimento ergonômico, realizando-se uma triangulação entre esses dados.

Faz-se importante salientar que essa triangulação, no caso desta pesquisa, segue as premissas de Santos *et al.* (2020), que a concebem como uma estratégia de validação na pesquisa qualitativa, referindo-se à busca da compreensão de um fenômeno por duas ou mais perspectivas ou abordagens metodológicas. Nesse sentido, foram confrontadas as seguintes informações: a) comparação entre o diâmetro do tubo do *chalumeau* e o diâmetro das mãos das crianças e b) comparação entre as medidas antropométricas da face em relação às medidas da boquilha.

4.2.1.1 Comparação entre o diâmetro do tubo do *chalumeau* e o diâmetro das mãos das crianças

Em um primeiro momento, foram comparadas as medidas do diâmetro do *chalumeau* em relação ao diâmetro da circunferência das mãos de crianças de 4 anos, quando opondo-se a ponta do polegar para ponta do indicador e a ponta do polegar para o dedo médio. A tabela 7 apresenta o resultado desta comparação.

Tabela 6 — Diâmetro do chalumeau soprano comparado ao diâmetro da posição de círculo das mãos das crianças

Diâmetros	Valores em mm
Diâmetro interno do <i>chalumeau</i> soprano	15,70 (elaborado pela autora)
Diâmetro da circunferência do polegar até o dedo médio	20,41 (Cheng et al, 2019)
Diâmetro da circunferência do polegar até o indicador	20,38 (Cheng et al, 2019)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Na tabela 7, é possível perceber que o diâmetro interno do *chalumeaux* soprano é menor que o diâmetro da circunferência obtidas entre o polegar e o dedo médio, e da circunferência obtida entre o polegar e o indicador. Embora as medidas de referência das mãos das crianças não sejam de crianças brasileiras, tais informações revelam ser possível que crianças dessa faixa etária possam segurar o *chalumeaux* soprano sem qualquer desconforto ou inadequação ergonômica no que concerne ao diâmetro do instrumento.

4.2.1.1.1 Medidas antropométricas da face em relação às medidas da boquilha

Foram contrapostas as medidas das faces das crianças de 4 anos com as medidas das boquilhas do *chalumeau*. Seguindo os parâmetros teóricos propostos por Tessitore (2016), os pontos da face das crianças que foram correlacionados foram o sn-sto, referente à largura do lábio superior e os pontos sto-gn, referente à largura do lábio inferior dos lábios. Tais pontos foram comparados ao comprimento do apoio dos dentes, ponta e meio do apoio dos dentes da boquilha. Na tabela 7 são apresentados os valores referentes às medidas da boquilha do *chalumeau* e as medidas antropométricas faciais presentes no estudo de Bossle *et al.* (2015):

Tabela 7 — Medidas antropométricas da face em relação às medidas da boquilha do *chalumeau* soprano

Medidas dos lábios e da boquilha	Valores em mm
Medida do lábio superior (sto-gn) de crianças brasileiras de 4 anos até 4 anos e 11 meses	18,10 (Bossle et al, 2015)
Medida do lábio inferior (sto-gn) de crianças brasileiras de 4 anos até 4 anos e 11 meses	36,10 (Bossle et al, 2015)
Ponta da boquilha	14,7 (elaborado pela autora)
Meio do apoio do dente da boquilha	16,1 (elaborado pela autora)
Comprimento do apoio do dente da boquilha	32,20 (elaborado pela autora)
Ponto de intersecção	13,40 (elaborado pela autora)
Diâmetro	13,60 (elaborado pela autora)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A triangulação entre a antropometria das mãos e o diâmetro do tubo interno do *chalumeau* mostrou que suas dimensões são compatíveis entre si. Do mesmo modo a correlação entre as medidas da boquilha e da face das crianças também sugere compatibilidade.

Os resultados mostraram que todas as medidas das boquilhas são inferiores às medidas dos lábios das crianças. No entanto, cabe notar que os dados antropométricos apresentados por Bossle *et al.* (2015) não trazem as mensurações referentes à distância entre as comissuras labiais, o que seria bastante relevante para esta análise. Em razão disso, não se pode descartar a hipótese de haver alguma influência dessa medida no desenvolvimento da resistência da criança frente ao tempo de prática do instrumento.

4.2.2 Fase 2 - Discriminação de características organológicas do *chalumeau* soprano Devon & Burgani

A finalidade desta fase foi construir um conjunto de conhecimentos pormenorizando todas as características organológicas do *chalumeau* soprano Devon & Burgani, por meio de um diagrama que considerou sete requisitos conforme Quadro 4:

Quadro 4 — 7 requisitos para discriminação das características organológicas do *chalumeau* soprano Devon & Burgani

7 requisitos da discriminação organológica do <i>chalumeau</i>	
1.	Tamanho
2.	Peso
3.	Pressão de ar
4.	Abraçadeira
5.	Apoio de polegar
6.	Força e material da palheta
7.	Digitação

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Além de detalhar cada um destes requisitos, foram esquadrinhadas as possíveis soluções a partir dos apontamentos levantados na fase 1.

4.2.2.1 Tamanho

As sessões experimentais I mostraram que o tamanho do *chalumeau* soprano era compatível com crianças de 5 anos. Todavia, para um possível projeto destinado a crianças de 4 anos, foram tomadas todas as medidas do instrumento com o intuito de averiguar a necessidade de mudanças ou adaptações. Assim, as primeiras medidas a serem tomadas foram o comprimento do tubo e seu diâmetro interno, sendo este último medido na saída do tubo (pé do *chalumeau*) conforme tabela 8:

Tabela 8 — Medidas do tubo do *chalumeau*

Medidas do instrumento	Valores em mm
Comprimento	203,6
Diâmetro Interno	15,7

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

As mensurações se sucederam elencando o sistema de furação. O instrumento possui um total de dez furos, sendo oito deles na parte frontal e dois na parte anterior. Os dois furos na

parte superior do instrumento são diametralmente opostos e são acionados por chaves, conforme pode ser observado nas figuras 57 e 58.

Figura 57 — Formato do tubo e furos do chalumeau soprano Devon & Burgani



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

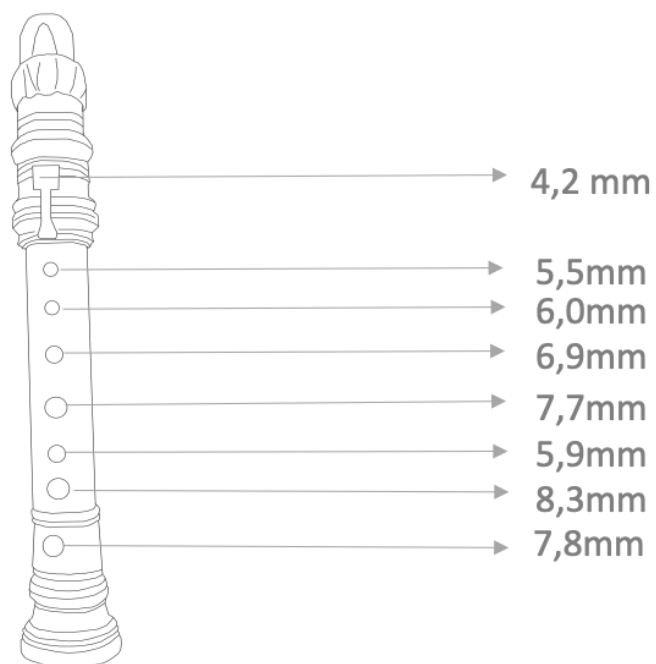
Figura 58 — Furos diametralmente opostos acionados por chaves



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

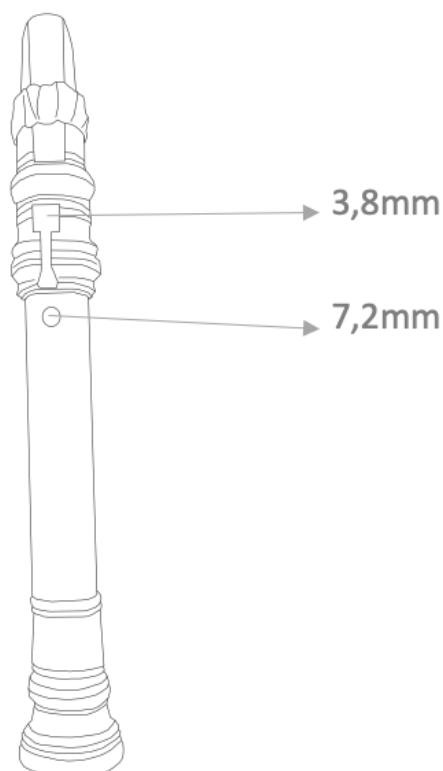
Foram medidas ainda o diâmetro de cada furo para posteriormente, compará-los ao tamanho dos dedos das crianças. Os furos foram medidos com um paquímetro digital, conforme figura 59 e 60:

Figura 59 — Medidas dos furos da parte frontal



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Figura 60 — Medida dos furos da parte posterior



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

4.2.2.2 *Peso*

A revisão de literatura desta tese ressalta o peso como maior fator impeditivo para a iniciação da clarineta por crianças. Por esse motivo, considerou-se que, quanto mais leve fosse o instrumento, maior seriam as chances de sua utilização em contextos infantis. Isto posto, o *chaluveau* foi pesado nas seguintes combinações: a) instrumento sem boquilha; b) instrumento com boquilha; e c) instrumento com boquilha e abraçadeira. Quando utilizada a abraçadeira, foram testados três tipos: abraçadeira de metal (marca Buffet Crampon, com 2 parafusos), de tecido e de borracha.

Para esta pesquisa, foram utilizados 4 *chalumeaux* de madeira da marca Devon & Burgani, os quais foram identificados com números de 1 a 4 e, posteriormente, pesados para identificar se havia diferenças de peso entre eles. A primeira pesagem ocorreu utilizando somente o instrumento sem boquilha cujos resultados estão dispostos na Tabela 9:

Tabela 9 — Peso dos chalumeaux sem boquilha

<i>Chalumeaux sem boquilhas</i>	Valores em g
Chalumeau 1	69,20
Chalumeau 2	66,05
Chalumeau 3	68,90
Chalumeau 4	68,70

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ainda de acordo com a tabela 9, é possível observar que houve uma diferença mínima de pesos entre os *chalumeaux*, sendo, então, adotado como referência o *chalumeau* n. 1 — o mais pesado dentre os quatro. Assim, o *chalumeau* n.1 foi novamente pesado, porém acrescido da boquilha, marca Barkley, modelo B, contudo, ainda sem abraçadeira:

Tabela 10 — Peso do chalumeau referência com boquilha

<i>Chalumeau com boquilha</i>	Valor em g
<i>Chalumeau 01</i>	85,49

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ao ser incluída a boquilha, pôde-se observar que houve um aumento de 26% no peso do instrumento, perfazendo um total de 85,49 g. Esse acréscimo se mostra bastante significativo, pois este se dá no principal ponto de contato do instrumento, que é a boca. Assim sendo, uma nova sessão de pesagem foi realizada, agora utilizando três tipos de abraçadeiras: metal, tecido e borracha, conforme ilustrado na figura 60:

Figura 61 — *Chalumeau* com tipos diferentes de abraçadeira para pesagem

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O resultado dessa pesagem com diferentes abraçadeiras pode ser verificado nos dados dispostos na tabela 11:

Tabela 11 — Peso do *chalumeau* referência com boquilha e abraçadeira

<i>Chalumeau</i> com boquilha e abraçadeira	Valores em g
Abraçadeira de metal	99,82
Abraçadeira de tecido	88,46
Abraçadeira de borracha	86,98

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observou-se que a inclusão das abraçadeiras acarretou um aumento bastante variado no peso total do instrumento, a depender do modelo e material. Utilizando a abraçadeira de metal, o aumento foi de 16%; já com a abraçadeira de tecido, o aumento foi menor, de 3,5% e por fim, com o uso da abraçadeira de borracha o acréscimo de 1,5%.

Chamou a atenção o fato de que a boquilha, somada à abraçadeira de metal, ocasionou um aumento de 42% no peso total do instrumento. Isto significa que quase metade do peso do instrumento está nesta peça (combinação de boquilha e abraçadeira). Estando essa peça apoiada

na boca, levantou-se um questionamento sobre um possível sobrepeso na embocadura da criança. Tendo em vista que a abraçadeira de metal acarretou um aumento de 16% no peso do instrumento — quando comparadas aos 3,5% e 1,5% das demais —, ela foi excluída das etapas posteriores.

Assim, essas duas abraçadeiras, quando somadas ao peso da boquilha, resultaram em 29,5% e 27,5 %, respectivamente, no peso total do instrumento. Considerando que o *chaluveau* possui três pontos de apoio: 1) mão direita, 2) mão esquerda e 3) embocadura, é possível afirmar que, com uma combinação de boquilha, a abraçadeira de tecido ou borracha, o peso do instrumento ficaria distribuído de forma regular com cerca de 1/3 para cada um dos três apoios citados.

Ainda no que se refere ao peso do instrumento como um fator relevante para sua utilização em classes infantis, pôde-se verificar que o *chaluveau* soprano, quando comparado à clarineta Bb pesa cerca de um sexto (1/6) a menos, sugerindo, mais uma vez, a possibilidade de utilização desse instrumento na iniciação com crianças em idade pré-escolar.

4.2.2.3 Pressão de ar

Observou-se tanto na sessão de autoetnografia I, como nas sessões experimentais, que o *chaluveau* soprano emite som com facilidade e pouca pressão de ar. Todavia, para uma melhor compreensão do funcionamento da pressão de ar no instrumento, foram tomadas as medidas externas da boquilha. Elas também foram consideradas importantes porque podem permitir uma comparação posterior entre o tamanho da boquilha e o tamanho da boca das crianças. Como já citado anteriormente, a boquilha utilizada foi a da marca Barkley, modelo B, desenvolvida especialmente para esse *chaluveau*. Foram medidos o diâmetro interno, as laterais no ponto central do apoio dos dentes, o ponto de intersecção da palheta e a ponta, conforme a figura 61:

Figura 62 — Medidas externas das boquilhas

Fonte: Barkley (2020).

Mediante esses procedimentos de mensuração, a pesquisa obteve os resultados dispostos na tabela 12:

Tabela 12 — Medidas externas da boquilha

Medidas externas da boquilha	Valores em mm
Comprimento do apoio do dente	32,2
Meio do apoio do dente	16,1
Ponta	14,7
Ponto de intersecção	13,4
Diâmetro	13,6

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A partir dos resultados dos experimentos realizados nas sessões experimentais I, em que se comparou o funcionamento do Dood e do *chalumeau*, houve também o interesse em verificar

se as boquilhas do *dood* tinham dimensões semelhantes às boquilhas do *chalumeau* e se essas funcionariam naquele. Assim, foram medidas das boquilhas do Dood utilizando os mesmos critérios usados na mensuração das boquilhas do *chalumeau*, cujos resultados encontram-se na tabela 13:

Tabela 13 — Medidas externas das boquilhas de *chalumeau* e *dood*

Partes externas da boquilha	Boquilha Dood (valores em mm)	Boquilha Chalumeau (valores em mm)
Comprimento do apoio do dente	31,9	32,2
Meio do apoio do dente	19,7	16,1
Ponta	14,6	14,7
Ponto de intersecção	18,5	13,4
Diâmetro	13,8	13,6

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ao verificar as medidas das boquilhas, observou-se que o meio do apoio do dente e o ponto de intersecção da boquilha do Dood eram significativamente maiores do que nas boquilhas do *chalumeau*. No entanto, o comprimento do apoio do dente era menor. Em princípio, as medidas da boquilha do Dood demandariam uma maior quantidade de ar e uma maior resistência muscular, de acordo com o preconizado por Boletti e Corrêa (2015). Contudo, não foi observado nas crianças nenhum tipo de cansaço ou dificuldade na emissão de som. Aparentemente, o tempo de prática com ambas as boquilhas não foi suficiente para causar fadiga em suas musculaturas orofacial das crianças, e o fato da boquilha de Dood ser mais aberta, nessa fase inicial de aprendizagem, não foi um fator de dificuldade.

Sendo assim, a troca de boquilhas serviu para evidenciar que a facilidade na emissão do som do *chalumeau* não estava relacionada a esta parte do instrumento, mas, sim, a outros fatores a serem averiguados, como material, formato e tamanho do tubo.

Figura 63 — Crianças tocando chalumeau soprano com boquilha de *dood*

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4.2.2.4 Abraçadeiras

Como já mencionado, as abraçadeiras de barbante e metal foram excluídas das análises. Desta forma, foram testadas as abraçadeiras de tecido e de borracha. A abraçadeira de tecido consiste em uma trama de linha engomada produzida pela empresa Devon & Burgani, e a abraçadeira de borracha trata-se de três anéis de vedação utilizados em equipamentos hidráulicos. A tabela 14 apresenta a variação dos valores de cada uma dessas abraçadeiras:

Tabela 14 — Medidas das abraçadeiras

Medidas das abraçadeiras	Valores em mm
Diâmetro da abraçadeira de tecido	23,70
Largura da abraçadeira de tecido	16,80
Diâmetro da abraçadeira de borracha	21,00
Largura da abraçadeira de borracha	2,80 (cada anel)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Foi observado que, apesar do diâmetro da abraçadeira de tecido ser maior, ela não possuía flexibilidade e, por isso, demandava força e coordenação motora fina para ser ajustada. No entanto, ao experimentar a utilização de três anéis de borracha denotou-se que, apesar de eles serem extremamente resistentes, possuíam uma certa elasticidade. Esses anéis funcionaram de

forma satisfatória, pois a palheta ficava firme e, ainda assim, devido à sua elasticidade, vibrava de forma livre, sem qualquer perda de sonoridade. Ao contrário: houve até um pequeno aumento na projeção sonora conforme pôde ser verificado com o auxílio de um osciloscópio.

Figura 64 — Imagem do aplicativo Oscope da captação das ondas sonoras utilizando abraçadeira de tecido e abraçadeira de borracha



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

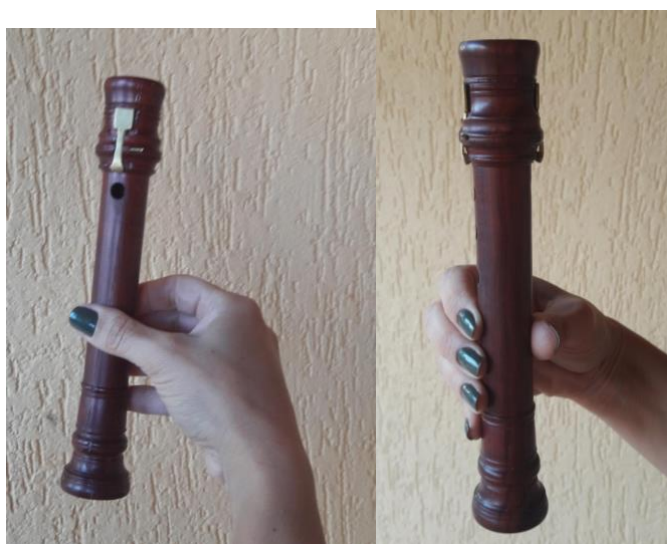
A Figura 64 mostra as ondas sonoras da nota do4 captadas; em um primeiro momento, utilizando uma abraçadeira de tecido e, em um segundo momento, utilizando a abraçadeira de borracha, tocando a mesma nota. É possível identificar uma pequena variação no que concerne à projeção sonora, uma vez que os valores de frequência, apresentados em Hz, são maiores no gráfico à direita referente à abraçadeira de borracha, corroborando, assim, as afirmações de Arcela (2017).

4.2.2.5 Apoio do polegar

Os apoios foram colocados respeitando a anatomia das mãos das crianças, bem como, suas características ergonômicas, conforme referencial teórico alvitrado por Boletti e Corrêa (2015) e Cheng *et al.* (2019). Esses autores consideram que princípios ergonômicos como a conservação das articulações em posições neutras, a preservação dos pesos próximo ao corpo e

manutenção das mãos em posição curva como fatores a serem reputados para projetos em que os movimentos das mãos sejam altamente demandados. Assim, partindo destas premissas, surgiram questionamentos sobre onde seria o local mais adequado da região anterior do tubo do *chalumeau* a ser posicionado o apoio de polegar. Utilizou-se, para fins de avaliação, três medidas diferentes para a aplicação desses apoios. Como ponto de partida, um primeiro apoio de polegar foi inserido ao tubo do *chalumeau* n.1, adotando o posicionamento da mão da pesquisadora como referência, como ilustra a figura 65:

Figura 65 — Posicionamento da mão direita no *chalumeau* soprano Devon & Burgani



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Em um segundo momento, considerando o funcionamento das articulações falangeais e interfalangeais preconizados por Gaspar (2010), analisou-se o posicionamento da mão direita das crianças. Baseado nos argumentos teóricos sobre operações manuais repetitivas descritos por Iida (2005), outros dois *chalumeaux* receberam os apoios para o polegar, só que, desta vez, aplicados um pouco mais abaixo em relação ao posicionamento do apoio de polegar aplicado ao instrumento n.1. Para fins de controle nos processos de análise, o *chalumeau* n. 4 permaneceu sem o apoio. Sendo assim, foram testados três formatos, tamanhos e posicionamento da apoios de polegares em relação ao pé do *chalumeau*, conforme figura 66:

Figura 66 — Inclusão de apoio de polegar no chalumeau soprano Devon & Burgani



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A tabela 16 apresenta as medidas da distância entre o pé do *chalumeau* e o respectivo apoio de polegar que podem ser observadas na figura anterior:

Tabela 15 — Distância entre o pé e o apoio do polegar inserido no *chalumeau* soprano

<i>Distância entre pé e apoio do polegar</i>	Valores em mm
<i>Chalumeau 1</i>	100,80
<i>Chalumeau 2</i>	87,90
<i>Chalumeau 3</i>	83,70
<i>Chalumeau 4</i>	Sem apoio

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Após serem confeccionados e inseridos os apoios de polegares, os instrumentos foram novamente pesados e a diferença apresentada em relação ao peso original do *chalumeau* foi de cerca de 0,28 gramas, acréscimo considerado irrelevante. Esse processo de aplicação dos apoios de polegar ocorreu durante o recesso das aulas, em julho de 2018, e com o início do segundo

semestre, os instrumentos puderam ser novamente experimentados pelos participantes das sessões experimentais I.

As crianças participaram de todo o processo de experimentação do apoio de polegar e, ao término de cada aula, suas impressões eram anotadas. Nesse processo, as crianças relataram um maior conforto quando tocavam com os *chalumeaux* com apoio. Apesar disso, elas não souberam responder sobre as diferenças no posicionamento do apoio no tubo. Apesar disso, a pesquisadora observou que o *chalumeau* n. 3, instrumento cuja distância entre o pé e o apoio era a menor entre os demais, apresentava resultados mais satisfatórios. Ao utilizar esse instrumento, as mãos das crianças ficavam em uma posição mais natural, em formato curvo, de maneira que, devido ao tamanho dos dedos das crianças, o polegar ficava na mesma direção do dedo indicador. Dessa forma, chegou-se, então, a um posicionamento de apoio de polegar que foi considerado o mais adequado para a utilização dos *chalumeaux* por esse grupo de crianças participantes desta etapa da pesquisa. Este foi o *chalumeau* de n. 3 com o apoio colocado a 83,70 mm em relação ao pé do instrumento.

4.2.2.6 Força e material da palheta

Talvez o tópico mais sensível sobre a utilização do *chalumeau* em classes infantis no decorrer desta investigação foi esse relacionado às palhetas. A instabilidade e o alto custo das palhetas de cana quase inviabilizaram a pesquisa. Além disso, apesar da fase da autoetnografia I, assim como a fase em que foram mensuradas as boquilhas, validarem o uso de palhetas mais brandas de numeração 1 ½, as palhetas de cana apresentavam muitas diferenças entre uma e outra, tornando impraticável estabelecer parâmetros de análises consistentes. Mesmo quando usada a mesma marca e o mesmo número, havia muitas variações no que se referia ao tipo de cana — se estava mais ou menos verde, a qualidade no corte e, sobretudo, à quantidade e espessura dos filamentos da cana. Tais variações impediram o êxito das primeiras análises, pois era impossível aferir se uma determinada complicação encontrada estaria relacionada ao funcionamento do instrumento, a uma dificuldade do executante ou à qualidade da palheta. Além disso, as palhetas de cana se quebravam com muita facilidade durante as sessões experimentais com as crianças. Após insucessos nos testes com palhetas de cana das marcas Vandoren e Rico, aventou-se a ideia de se utilizar palhetas de resina plástica. Inicialmente, cogitou-se adquirir palhetas da marca Légère, porém, o custo destas palhetas chegava a ser quase 10 vezes o valor de uma palheta de cana. Depois de alguns meses de averiguação, encontrou-se a empresa brasileira Legato Palhetas, que produz palhetas em bambu e resina plástica. A essa empresa foram encomendadas 4 palhetas de resina plástica de polivinil. A

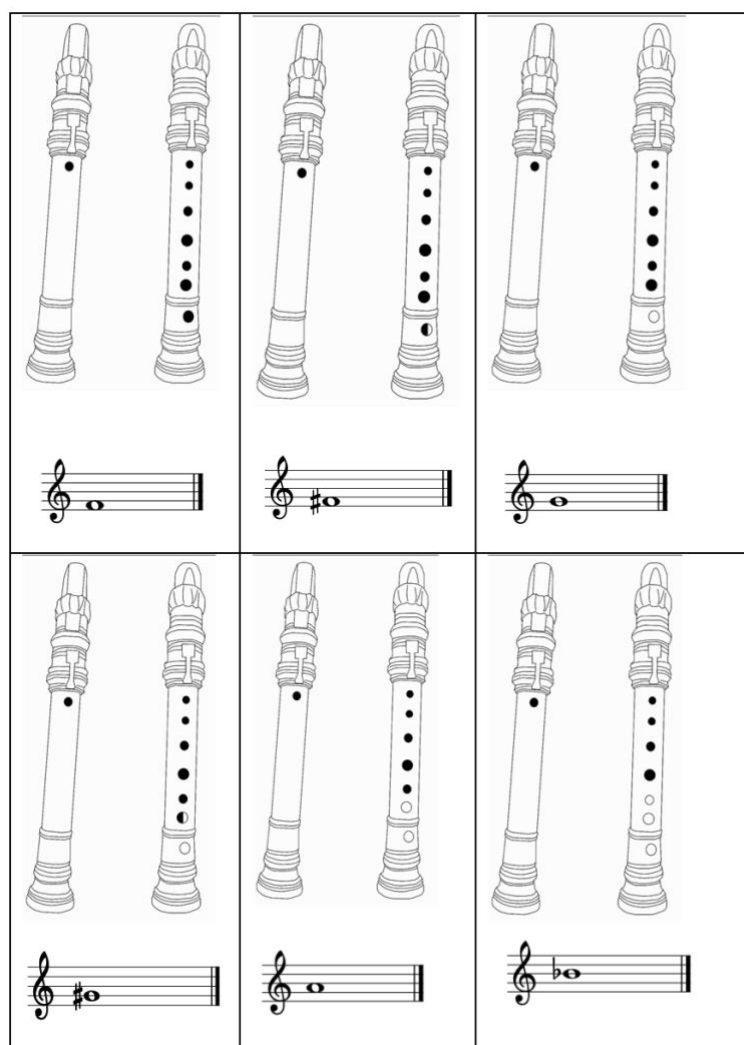
numeração encomendada foi 1 ½ de dois modelos diferentes: Legato Classic e Fiber-ton. As palhetas foram testadas pela pesquisadora durante a autoetnografia e durante as sessões experimentais II. Ambos os modelos apresentaram resultados bastante relevantes. Eram equilibradas nas laterais, com boa projeção e com uma sonoridade um pouco mais aberta que a palheta de cana. Chamou a atenção o fato de a palheta de resina plástica não produzir nenhum tipo de chiado, comparando-a com a palheta de cana, que, apesar de possuir um timbre mais escuro, produz chiados, especialmente quando estão novas e, portanto, absorvendo muita água. No entanto, o timbre era bastante diferente entre essas duas palhetas. Nas palhetas de plástico, o timbre ressaltava mais os harmônicos agudos, comumente chamado por músicos de “palheta de som mais aberto ou mais brilhante”. Entre os dois modelos testados — Legato Classic e Fiber-ton —, houve uma pequena diferença no timbre que, para os fins desta pesquisa, não foi considerado. Com o decorrer dos testes, percebeu-se uma maior flexibilidade nos modelos Legato Classic no que diz respeito às possibilidades de manipulação sonora e à durabilidade. As pontas não quebravam, mesmo quando as crianças a entortavam e, quando isso eventualmente acontecia, as palhetas desse modelo continuavam funcionando normalmente. O peso das palhetas também foi considerado. Neste caso, as palhetas de cana se mostraram mais adequadas, pois pesam em média 0,53 g, enquanto a palheta de plástico Legato Classic pesa em média 1,79 g. Mesmo pesando mais que o dobro da palheta de cana, sendo o peso das palhetas Legato menor que 2 g, não foi suficiente para denotar algum sobrepeso na embocadura. Assim, uma vez que o peso das palhetas estava adequado, havia uma facilidade de emissão de som e essas palhetas não quebravam, surgindo, então, um questionamento sobre a possibilidade de se obter palhetas ainda mais brandas. Caso isso fosse possível, haveria a possibilidade de se tocar com ainda menos pressão de ar, o que, possivelmente, facilitaria o uso do *chalumeau* por crianças pequenas. Deste modo, mais uma vez, a empresa Legato foi solicitada para a encomenda de palhetas do modelo Legato Classic, que fossem o mais branda possível sem que houvesse perda de sua eficiência. Assim sendo, o construtor e proprietário da marca, Marcos Moraes França Santos, elaborou uma palheta específica para o uso infantil do *chalumeau* soprano, em que se partia do modelo Legato Classic, mantendo os padrões de corte na base e na rampa das palhetas, porém, com a ponta delas um pouco mais brandas. Esse modelo foi testado pela pesquisadora em sessões experimentais e autoetnografia I, de modo que os resultados foram muito promissores. Não houve nenhuma perda em relação à projeção, sonoridade e afinação. Todavia, era possível tocar utilizando quase que a mesma pressão de ar necessária para se tocar uma flauta doce, o que até então não acontecia. Ao serem inseridas, essas palhetas, nas sessões experimentais, além de apresentarem facilidade na emissão sonora,

percebeu-se também que, apesar de as crianças entortarem e morderem as palhetas, elas continuavam funcionando com o mesmo rendimento. Esses ganhos proporcionavam a viabilidade econômica da pesquisa, bem como a elaboração de categorias de análise no que se referia à emissão sonora, afinação e articulação. Era sabido que se houvessem dificuldades em algum desses aspectos, alterações relacionadas às palhetas poderiam ser descartadas. Sendo assim, foi adotado como modelo para testes de prototipação e usabilidade as palhetas Legato confeccionadas especificamente para esta investigação.

4.2.2.7 *Digitação*

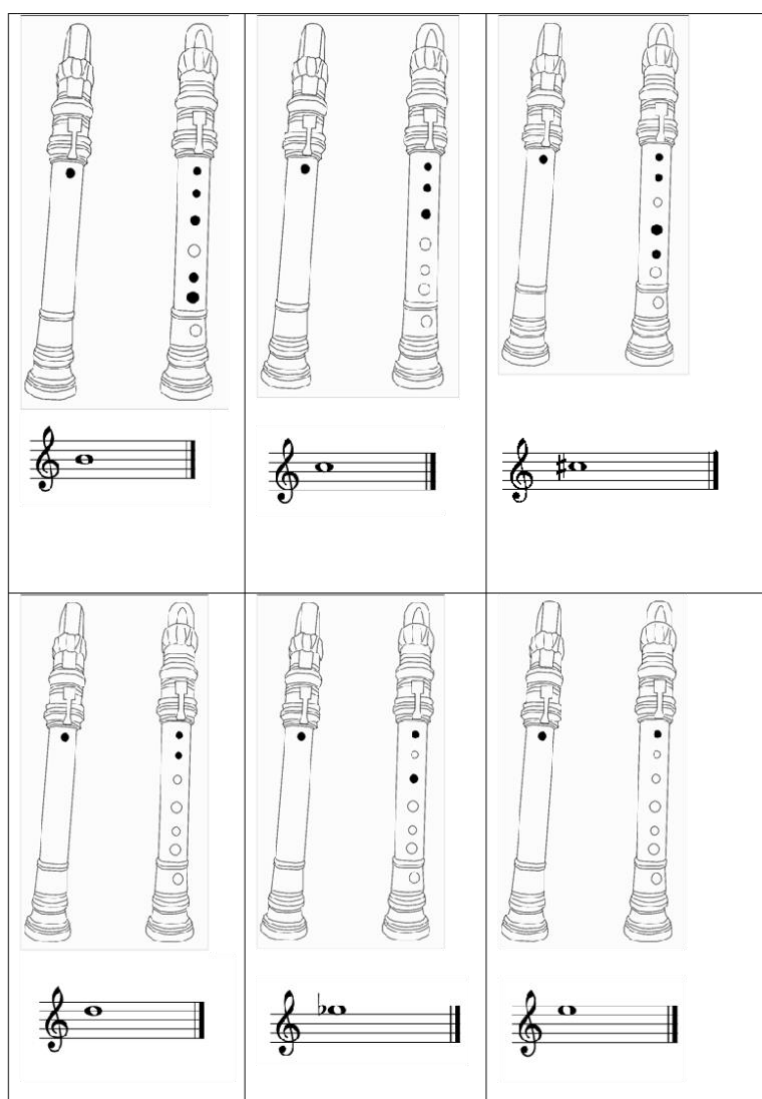
O *chalumeau* soprano possui um funcionamento bastante particular, podendo haver significativas diferenças de sonoridade, projeção e afinação, conforme a digitação de determinadas notas. As notas que possuem posição de forquilha tendem a soar com menos projeção do que aquelas que possuem posições diretas. A afinação nessas notas com posições cruzadas também se mostra um pouco mais instável do que nas demais, o que demonstra a importância de um estudo minucioso das posições mais funcionais antes da realização de outros testes. Por essa razão, houve a necessidade de sistematizar uma tabela de digitação a qual se tivesse certeza da sua eficiência para poder servir como referência nos testes de usabilidade e de protótipo. Em vista disso, foram testadas todas as posições possíveis em cada nota do instrumento e a partir das análises do cálculo das ondas estacionárias, somadas às análises da autoetnografia, chegou-se ao seguinte esquema de digitação ilustrada na figura 67, 68 e 69:

Figura 67 — Digitação do *chalupeau* soprano na primeira oitava



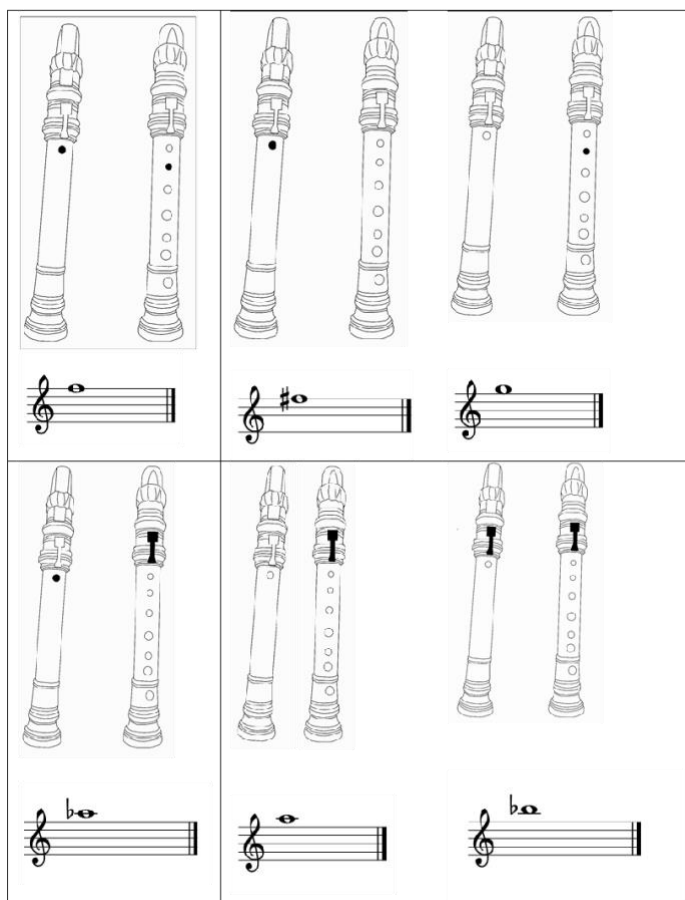
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 68 — Digitação do *chalumeau* soprano na primeira oitava 2



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

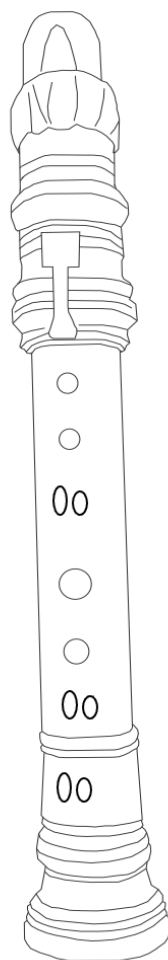
Figura 69 — Digitação do *chaluveau* soprano na primeira oitava



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Ainda no que concerne à digitação, além da tabela acima elaborada, adiciona-se também a esta sessão as informações obtidas nas sessões experimentais I. Percebeu-se uma dificuldade por parte das crianças em executar notas que demandavam posições de meios furos, surgindo, assim, a necessidade de possíveis furos duplos no primeiro, segundo e quinto furo de baixo para cima, conforme figura a seguir:

Figura 70 — *Chalumeau* soprano com furos duplos



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Dessarte, esta segunda etapa buscou levantar as hipóteses e as possíveis soluções para o projeto de um *chalumeau* soprano infantil. Os resultados da triangulação permitiram verificar que existem compatibilidades acústicas e ergonômicas entre o instrumento e as crianças. Nesse sentido, ao analisar minuciosamente cada característica organológica do *chalumeau* Devon & Burgani, os resultados demonstraram a necessidade de algumas adaptações como o apoio de polegar, furos, palhetas e abraçadeiras. Tendo em vista que a proposta deste instrumento é a sua utilização por crianças de 4 anos, o peso continua a ser uma questão para ser cuidadosamente avaliada nas etapas posteriores. Assim, foi possível elencar os cinco principais requisitos a serem explorados e examinados na fase seguinte: apoio de polegar, palhetas, abraçadeiras, peso e tamanho dos furos.

Ao definir esses cinco requisitos, percebeu-se que começava a surgir um modelo de *chalumeau* soprano que já possuía particularidades que permitiam seu uso em contextos

infantis.

Desta maneira, esse modelo precisaria ser levado para testes com os possíveis usuários, o que foi realizado na etapa a ser a apresentada a seguir.

4.3 ETAPA 3 – CRIAÇÃO DE MODELOS TESTÁVEIS

A partir dos requisitos identificados na etapa 2, esta seção tratou da criação de modelos testáveis e constou de 3 fases: 1) elaboração de protótipo; 2) testes com usuários; e 3) relatório de prototipação.

4.3.1 Fase 1 - Elaboração de protótipo

Após os testes realizados na etapa 2, foi possível chegar a um modelo de protótipo que consistia no *chalumeau* soprano Devon & Burgani, boquilha Barkley, modelo B, palheta de resina plástica Legato Classic, com força um pouco inferior a 1 ½, três anéis de borracha com 21 mm de diâmetro funcionando como abraçadeiras e apoio de polegar confeccionado de cortiça medindo 9,4 mm de espessura, 24,3 mm de largura e 10,4 mm de comprimento na região mais larga, posicionado a 83,70 mm do pé do instrumento conforme detalhado na figura 70:

Figura 71 — Protótipo de *chalumeau* soprano infantil



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Esse modelo levou em conta os resultados obtidos nas etapas 1 e 2 e será referido como “*chalumeau* protótipo”.

4.3.2 FASE 2 - Testes com usuários

Os testes foram realizados por meio do que se estabeleceu como sessões experimentais II. Foram realizados testes com dois grupos: um grupo similar ao que participou das sessões experimentais I, composto de quatro alunos de 5 anos de idade que já tinham contato com práticas pedagógicas relacionadas a instrumentos de palheta simples (*dood*) e que foi intitulado de grupo 1. Um outro grupo — chamado de grupo 2 — composto por quatro crianças de 4 anos de idade, que nunca haviam tocado nenhum instrumento de sopro antes, porém, já haviam passado por processos de musicalização infantil por pelo menos 2 anos.

4.3.2.1 Grupo 1

Observou-se durante as aulas que eles desempenhavam as atividades do *chalumeau* de forma considerada satisfatória, pois foi perceptível que a emissão sonora acontecia de maneira fácil, assim como a manipulação das palhetas às abraçadeiras. Em nenhum momento foi relatado pelos alunos algum cansaço em relação ao peso do instrumento. Tal facilidade certamente é atribuível ao fato de que já haviam tido contato com aulas de Dood. O apoio de polegar funcionava de forma satisfatória, porém, havia pequenas diferenças no posicionamento das mãos entre uma criança e outra. Apesar do posicionamento do apoio de polegar seguir os princípios da ergonomia propostos por Boletti e Corrêa (2015), os resultados sugeriram que o mais adequado seria que o posicionamento do apoio fosse feito de forma individual, seguindo as necessidades de cada criança. Foi constatada uma dificuldade em executar notas que demandavam posições de meios furos, especialmente as notas *fa#3*, *sol#3* e *do#4*, sugerindo, mais uma vez, a necessidade de furos duplos. Ao final do semestre, as crianças do grupo 1 conseguiram tocar a extensão de *fa4* a *sib5*, a escala diatônica de Fá Maior e executar um conjunto de 7 melodias: Bem-te-vi (domínio público), Bella Ciao (domínio público), Asa Branca (Luiz Gonzaga e Humberto Teixeira), O trem de ferro (domínio público), Ode à alegria (L. v. Beethoven), Frère Jaques (domínio público) e Yellow Submarine (J.Lennon e P. McCartney). Além das melodias — todas tocadas de memória —, as crianças também realizaram sessões de improvisação livre e idiomática. Percebeu-se, também, que as crianças ficaram muito interessadas e curiosas com as chaves que acionam o fechamento dos dois furos superiores. Considerando que o Dood não possui chaves, esse era um diferencial que despertava muito interesse nas aulas de *chalumeau* com esse grupo.

4.3.2.2 Grupo 2

Formado por quatro crianças de 4 anos que nunca haviam tido contato com o instrumento, os resultados foram um pouco diferentes, ao serem comparados com o grupo 1. As aulas seguiam o mesmo formato daquelas que foram ministradas com o grupo 1, porém, no grupo 2, os pais acompanhavam as aulas. Esse acompanhamento se dava para seguir o mesmo padrão das aulas de musicalização que as crianças frequentavam, em que os pais participavam de forma ativa. Cabe notar que a pesquisadora acompanhou, também, as aulas de musicalização a fim de estar mais municiada de informações para poder preparar as aulas de *chalumeau*. Observou-se que os alunos demoraram um pouco mais para compreender a forma como deveria ser colocada a palheta na boquilha, porém, uma vez entendida, a manipulação desses materiais ocorreu de forma satisfatória. As crianças conseguiam tirar e colocar a abraçadeira com facilidade, porém, na hora de desmontar o instrumento, algumas vezes, algum dos anéis era esquecido. A figura 72 demonstra a habilidade da criança ao manipular a abraçadeira de borracha.

Figura 72 — Participante colocando a abraçadeira



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Foi recorrente a tentativa de tocar o *chalumeau* com a palheta virada para cima. Foi somente com o início da aprendizagem da digitação que as crianças foram se acostumando em tocar com a palheta para baixo. Todavia, a emissão de som acontecia facilmente, ainda que, em um primeiro momento, quase sem nenhum controle. Assim como no grupo 1, o peso não foi

uma questão; não houve nenhum relato sobre cansaço ou qualquer reclamação em relação ao peso. Chamou atenção um aspecto relacionado à lateralidade: as quatro crianças trocavam o posicionamento das mãos o tempo todo. Tendo em vista que o *chalumeau* não possui chaves laterais, a troca no posicionamento das mãos não trazia nenhum prejuízo para a prática do instrumento. No entanto, considerando uma futura transição para outros instrumentos de sopro, houve o cuidado em fazer com que as crianças aprendessem o posicionamento da mão direita embaixo e da esquerda em cima. Desta maneira, várias atividades precisaram ser desenvolvidas com o intuito de que as crianças conseguissem memorizar essa posição. A respeito desta inconstância sobre o posicionamento das mãos, Silva (2012) ao predizer sobre a dominância de uma das mãos, ressalta que começa por volta dos cinco anos. Contudo, a liberdade observada na troca de mãos promoveu possibilidades de exploração do instrumento que não foram previstas pela pesquisadora. As crianças do grupo 2 experimentavam todo o tipo de posição com várias combinações de dedos diferentes e se divertiam com essas possibilidades. Nesse sentido, outro fator relevante foram as chaves. As crianças brincavam de acionar as chaves com ambas as mãos, denotando, assim, uma ludicidade que também não foi antevista. Isso não ocorreu com o grupo 1, que era composto por crianças de 5 anos que já estava tendo aulas de Dood e, pela razão da idade, possuíam a lateralidade mais definida. Sendo assim, a ausência de definição da lateralidade não foi um fator prejudicial na aprendizagem, mas, sim, um fator de maior exploração criativa do instrumento como exemplificado na figura 73.

Figura 73 — Crianças experimentando posição de mãos variadas no *chalumeau*



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ainda à respeito da posição de mãos e dedos, do mesmo modo que nas sessões experimentais I, houve uma dificuldade por parte dos participantes dos dois grupos das sessões

experimentais II em executar as posições de meios-furos. Outra situação que chamou atenção foi que, para algumas crianças, seria mais fácil fechar o primeiro furo se este estivesse mais posicionado à direita do tubo, porém, assim como no caso do apoio de polegar, a posição que respeitava a ergonomia das mãos mudava de criança para criança não sendo possível estabelecer um padrão exato. Houve também, por parte deste grupo, uma dificuldade em fechar todos os furos.

Isto posto, cabe ressaltar que nem todos os alunos conseguiram fechar todos os furos e, assim, tocar as notas mais graves do instrumento. Todavia, todas as crianças do grupo 2, ao final do semestre, conseguiram tocar a extensão de uma oitava (do4 a sib5), executar melodias simples e improvisações livres e idiomáticas nessa tessitura como apresentado nas figuras 74 e 75. Tais melodias foram escritas uma oitava abaixo do que soa o *chaluveau* soprano para facilitar a introdução da leitura musical e para permitir práticas coletivas com grupos de *clarineo* e clarineta em dó.

Figura 74 — Melodias elaboradas para as sessões experimentais com o grupo 2

Bem-te-vi

Domínio público



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 75 — Melodias elaboradas para as sessões experimentais com o grupo 2

Vou brincar



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observou-se que isso não ocorreu por incapacidade das crianças, mas sim, pela

necessidade de mais tempo em contato com o instrumento. Deste modo, ponderou-se em um primeiro momento aumentar a duração de cada aula, procedimento que não foi adotado, pois as crianças ficariam cansadas e a concentração seria perdida. Contudo, aventou-se que seria recomendável a possibilidade de duas aulas semanais nesses casos, o que não se mostrou possível.

No que se refere aos processos criativos, o grupo 2 se mostrou bem mais espontâneo que o grupo 1. Para as crianças de 4 anos, guinchos e notas que não saíam como o esperado eram encarados com muita naturalidade e diversão. Durante as aulas, era comum que, quando uma das crianças guinchava, as outras atribuíam alguma relação a esse som e queriam imitá-lo. Em algumas aulas, as crianças criavam histórias sonorizadas com os sons do *chaluveau*, partindo do conceito de paisagem sonora de Muray Schaefer (1992). Nesta perspectiva, as técnicas expandidas puderam ser exploradas com êxito, especialmente tocar só com a boquilha e mudar a altura da nota abrindo e fechando as mãos, projetando, assim, os *frulatos*, notas super agudas emitidas com os dentes inferiores em contato com a palheta, som de ar e sons percussivos variados. Nem todas as crianças conseguiram executar todos esses efeitos, mas todas elas se sentiram motivadas a explorar as mais variadas possibilidades e potencialidades do instrumento. Observou-se que o grupo 1, talvez por já estar condicionado às aulas de Dood, nas quais havia uma rotina mais estabelecida em aprender melodias e os princípios da embocadura, explorou menos as possibilidades criativas do *chaluveau*.

4.3.3 Fase 3 - Relatório de prototipação

Ao final de cada sessão experimental, o relatório de prototipação era preenchido. Esses relatórios serviram para organizar e sistematizar as informações observadas durante as sessões experimentais, conforme pode ser visto nos quadros 5 e 6.

Quadro 5 — Resultados dos relatórios de prototipação

GRUPO 1					
Datas	Apoio de polegar	Peso	Palhetas	Abraçadeiras	Tamanho dos furos
15/mar	I	I	S	S	I
22/mar	S	S	S	S	S
29/mar	S	S	S	S	S
05/abr	S	S	S	S	S
13/abr	S	S	S	PA	S
25/abr	PMC	S	S	S	S
03/mai	PMC	S	S	S	DMF
10/mai	PMC	S	S	PA	DMF
17/mai	PMC	S	S	PA	DMF
24/mai	PMC	S	S	S	DMF
31/mai	PMC	S	S	S	DMF
07/jun	PMC	S	S	S	DMF
14/jun	PMC	S	S	S	DMF
21/jun	PMC	S	S	S	DMF
28/jun	PMC	S	S	S	DMF

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Quadro 6 — Resultados dos relatórios de prototipação

GRUPO 2					
Datas	Apoio de polegar	Peso	Palhetas	Abraçadeiras	Tamanho dos furos
16/mar	I	I	S	PA	I
23/mar	S	S	S	PA	S
30/mar	S	S	S	PA	S
06/abr	S	S	S	PA	S
14/abr	S	S	S	PA	S
26/abr	PMC	S	S	S	S
04/mai	PMC	S	S	S	S
11/mai	PMC	S	S	PA	S
18/mai	PMC	S	S	PA	S
25/mai	PMC	S	S	S	DMF
01/jun	PMC	S	S	S	DMF
08/jun	PMC	S	S	s	DMF
15/jun	PMC	S	S	S	DMF
22/jun	PMC	S	S	S	DMF
29/jun	PMC	S	S	S	DMF

Legenda

I – Indefinido
 S – Satisfatório
 PMC – Poderia ser na medida da criança
 PA – Perda dos anéis
 DMF – Dificuldade com meios-furos

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Por meio da análise dos resultados dos relatórios de prototipação, foi possível perceber as diferenças entre os grupos 1 e 2. Vale ressaltar, que o grupo 2 começou a apresentar dificuldades

na execução dos meios furos somente três semanas depois o grupo 1 manifestou a mesma dificuldade. Essa ocorrência pode ser atribuída ao fato dessas posições terem demorado mais para serem inseridas nesse grupo e não porque eles tiveram mais facilidades com essas posições. Devido ao tamanho reduzido das mãos e das habilidades psicomotoras, esses resultados mostram, na realidade, uma maior dificuldade por parte do grupo 2. Outro tópico importante a ser destacado é sobre as abraçadeiras. No início das atividades com o grupo 2, houve muitas perdas de anéis de borracha. Por essa razão, foi necessário criar uma rotina de montagem e desmontagem dos instrumentos bastante definida, em que as crianças tinham um local certo para colocar cada um dos materiais (palhetas, boquilhas, abraçadeiras, panos etc) e assim não perdê-los. Todavia, no grupo 1, esse fato ocorreu de forma pontual, mas a rotina de montagem e desmontagem também foi estabelecida.

Sendo assim, a etapa 3 da pesquisa pretendeu testar o protótipo de *chaluveau* soprano infantil, permitindo, assim, clarificar alguns aspectos do funcionamento deste instrumento, especialmente no que se referia aos requisitos levantados na etapa 2, produzindo, portanto, subsídios para as avaliações a serem realizadas na etapa a seguir.

4.4 ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE

A avaliação de viabilidade do protótipo foi elaborada tendo em vista as bases teóricas do DCU, que reputa o empenho de contemplar as necessidades dos usuários. Avaliou-se a construção de cada conceito examinando o protótipo junto aos usuários e observando o emprego da complexidade da produção de um *chaluveau* infantil. Desta forma, esta etapa foi composta de três fases: 1) avaliação com os usuários por meio de teste de usabilidade; 2) modelagem e confecção de *chaluveau* infantil em manufatura aditiva (impressão 3D), autoetnografia II; e 3) descrição física-acústica e organológica do *chaluveau* impresso.

4.4.1 Fase 1 - Avaliação dos protótipos – teste usabilidade

A primeira fase avaliou com os usuários participantes da pesquisa quais foram e como funcionaram as adaptações realizadas nos protótipos, por meio de testes de usabilidade. Tais testes foram aplicados apenas com o grupo 2, composto por crianças de 4 anos, para o qual o projeto do *chaluveau* infantil foi projetado. Diferentemente do relatório de prototipação, em que o foco estava no funcionamento do instrumento, e das respectivas as observações realizadas pela pesquisadora, o enfoque para as análises dos testes de usabilidade estava em compreender como os usuários deveriam desempenhar e preferiam desempenhar as tarefas.

Assim, para estes testes, foi elaborado um relatório de usabilidade baseado nos princípios

músico-pedagógicos do método Suzuki para flauta doce soprano direcionado para crianças a partir dos 3 anos de idade, haja vista que não foram encontrados princípios pedagógicos de clarineta ou de *chalmereau* voltados para crianças dessa faixa etária.

Nestes testes foram elencados os seguintes aspectos, conforme pode ser observado no Quadro 7:

Quadro 7 — 8 aspectos relacionados ao relatório de usabilidade

8 aspectos relacionados ao relatório de usabilidade
1. Tocar com 3 apoios
2. Emissão de som
3. Digitação da mão esquerda
4. Digitação da mão direita
5. Execução de pequenas melodias
6. Articulação
7. Utilização das chaves

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Considerando que muitas informações já foram descritas anteriormente nos resultados das sessões experimentais II – ressalva-se aqui que serão apresentados somente os resultados ainda não relatados.

4.4.1.1 *Tocar com três apoios*

Foram considerados como apoio a embocadura, com os dentes incisivos superiores acomodados sobre a boquilha, o polegar da mão esquerda no furo anterior do *chalmereau* (furo 9) e polegar da mão direita no apoio de polegar. Percebeu-se que as crianças utilizavam a embocadura com e sem apoio dos dentes superiores configurando, assim, muitas vezes no uso de embocadura dupla. Por essa razão, havia muita instabilidade na sonoridade.

Inicialmente, um segundo apoio ocorria naturalmente segurando o pé do instrumento, e somente após orientações da professora/pesquisadora é que o apoio do polegar passou a ser utilizado. Fechar o furo do polegar esquerdo – furo 9 – também não acontecia de forma natural. Sempre havia a tentativa de fechar os furos da região frontal do instrumento antes de fechar o polegar.

Todavia, quando ensinado que o furo 9 funcionava como apoio, as crianças passavam a buscá-lo, porém, sempre trocando as mãos. Desta maneira, tocar com três apoios acontecia,

no entanto, de forma instável, não era intuitivo e havia a necessidade de orientações por parte da professora/pesquisadora.

4.4.1.2 Emissão de som

Acontecia de maneira fluida, contudo, inicialmente, também de forma instável. Era comum as crianças colocarem uma grande porção da boquilha na boca para fazer com que o som saísse e elas manifestavam gostar de utilizar desse recurso. A afinação tendia a ficar mais baixa em toda a extensão do instrumento, contudo, o volume de som era sempre satisfatório. Sobre a preferência das crianças, elas gostavam muito de soprar e tirar um guincho. Havia muitos risos quando isso acontecia.

Contudo, no grupo houve uma criança com síndrome de *down* que se assustava quando os sons eram mais fortes e agudos. Em algumas ocasiões, a aula para essa criança aconteceu de forma separada. Essa criança manifestava interesse e gosto por tocar e, apesar de nem sempre conseguir tirar som, manifestava felicidade nas aulas e demonstrava motivação em explorar o *chalumeau*.

4.4.1.3 Digitação da mão esquerda

Apesar dos furos do *chalumeau* serem grandes, conforme citado anteriormente, as crianças conseguiram fechar os furos da mão esquerda de forma satisfatória, porém, observou-se que havia dificuldades em executar a posição de meio furo, demonstrando, mais uma vez, a necessidade de furos duplos. A nota *mi* foi uma nota que funcionou como apoio, pois demandava o uso do polegar e indicador esquerdo formando um círculo com as mãos, preconizado no referencial teórico como ideal para formar um ponto de apoio e para a manutenção de uma ergonomia adequada. Essa nota também proporcionava uma maior estabilidade na sonoridade. Ao inserir o dedo médio no furo 6, algumas crianças levantavam o indicador. A vedação do furo 5, com o dedo anelar, demandava uma maior coordenação motora das crianças e elas se mostravam impacientes para a execução dessa posição, que, no caso, emitia a nota *dó*. Talvez, para algumas crianças, fosse o caso de o furo 6 ser um pouco menor ou furo duplo, conforme já mencionado anteriormente.

4.4.1.4 Digitação da mão direita

O tamanho dos furos em relação aos dedos das crianças estava adequado, porém, o

posicionamento do furo 1 — mais à direita do tubo — não era suficientemente deslocado para todas as crianças. A execução da nota sib³ funcionava como um bom ponto de apoio, porém, nem todas as crianças conseguiam executá-la.

A capacidade de vedação dos dedos médios se mostrou adequada, entretanto, nos dedos anelares e mínimos houve dificuldade, especialmente no que se referiu às posições de meios furos. Dessa forma, mais uma vez, denotou-se que havia necessidade de diminuir o tamanho dos furos, considerando, talvez, que essa diminuição respeitasse as características individuais de cada criança.

4.4.1.5 Execução de pequenas melodias

As crianças manifestavam interesse em tocar melodias. Em princípio, as melodias eram cantadas e só então aprendidas no instrumento. O fato de memorizar as melodias antes fazia com que as crianças, ao tocar, buscassem a afinação das notas e, assim, tocassem mais afinado do que quando executavam as notas sem ter a melodia memorizada.

Melodias com graus conjuntos descendentes foram mais rapidamente aprendidas do que aquelas com graus conjuntos ascendentes; acredita-se que isso se deve à dificuldade em fechar todos os furos. Também encontrou-se dificuldades em executar melodias com intervalos de terças. Intervalos maiores que a terça, devido à sua complexidade, nem chegaram a ser experimentados. Melodias improvisadas foram executadas pelas crianças com êxito e havia interesse por parte delas em compor suas próprias músicas ou criar seus próprios sons.

4.4.1.6 Articulação

A articulação foi experimentada pelas crianças e todas elas conseguiram executar notas com um ataque de língua. Inicialmente, houve a tentativa de separar as notas por meio da articulação gutural, mas, posteriormente, as crianças foram entendendo a forma de utilizar a língua. Durante o período das aulas, não foi observado um domínio pleno dessa articulação.

Contudo, todas elas conseguiram executar notas repetidas com o uso da língua. Não houve tempo suficiente para a aquisição do domínio da articulação em sequências de graus conjuntos. As notas quase sempre eram executadas ligadas, ou mesmo com os alunos respirando a cada nota. Percebeu-se que era necessário mais tempo para o aperfeiçoamento apropriado desta habilidade.

4.4.1.7 Utilização das chaves

Faz-se notar que a presença de chaves no instrumento era um fator de muita curiosidade e que promovia o desenvolvimento da criatividade, uma vez que as crianças buscavam explorar de forma inventiva esses mecanismos. As crianças, logo que pegavam o instrumento, tinham interesse em acioná-las. Tanto a chave do furo frontal – furo 9 – quanto a chave do furo anterior – furo 10 – eram manuseadas de forma satisfatória. Outro fator importante é que, abrir as chaves não demandava uma destreza de coordenação motora tão apurada quanto executar posições de meios furos, de maneira que era possível trabalhar passagens cromáticas nessa região do instrumento sem maiores dificuldades. A execução de trinados logo era descoberta pelos alunos e havia muito interesse e motivação para executá-los e utilizá-los em criações sonoras. A existência dessas chaves, além de permitir a aprendizagem de passagens cromáticas, se mostrou como um elemento de exploração e de estimulação para o desenvolvimento de processos criativos.

Assim, os testes de usabilidade evidenciaram que cada criança reagia de forma diferente ao instrumento e criava suas próprias relações com ele. As dificuldades de execução também variavam de criança para criança. Pequenas diferenças nos tamanhos das mãos e das bocas, assim como nas capacidades respiratórias denotavam, uma necessidade de individualizar as soluções. A presença de uma criança com síndrome de *down* em uma turma tornava mais evidente a necessidade de personalizar o instrumento e tentar viabilizar soluções cada vez mais voltadas para as exigências físicas e cognitivas de cada criança.

Percebeu-se, ainda, que a madeira talvez não fosse o material mais adequado para essa faixa etária, pois, muitas vezes, os instrumentos caíam ou eram jogados pelas crianças. Algumas situações eram recorrentes nas aulas, tais como: pegar no instrumento com as mãos molhadas ou derramar água no *chalemeau*, por alguma razão aleatória, como derrubar a garrafinha de água ou lavar as mãos no banheiro e não enxugá-las adequadamente. Iniciava-se, portanto, um questionamento sobre a possibilidade de produzir *chalemeaux* infantis confeccionado com um material que fosse lavável, mais resistente e, sobretudo, mais barato. Além da questão do material, atender às necessidades individuais de cada criança tornaria o instrumento não só mais acessível no que diz respeito às questões econômicas, mas também à aprendizagem musical, pois permitiria acesso a outras atividades como práticas coletivas, podendo tais adaptações individuais permitirem, inclusive, a integração de alunos com deficiências nas aulas, por exemplo.

Todavia, a produção em série de instrumentos musicais infantis não permitiria que essa individualização acontecesse. As bases conceituais do Design, têm por objetivo conquistar

padrões normatizados para propiciar a produção em larga escala. A luteria, por sua vez, permite a construção individualizada, mas a custos muito altos e com materiais que nem sempre são os mais indicados para o uso infantil. Assim, depois de muitos meses procurando soluções e alternativas, chegou-se à hipótese de modelar um *chalumeau* soprano que pudesse ser confeccionado por adição, ou seja, feito em uma impressora 3D.

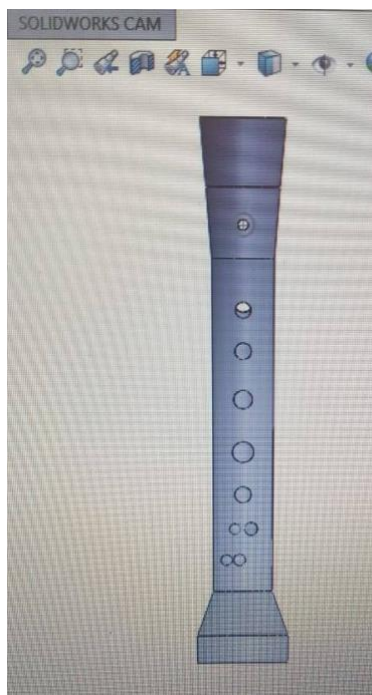
4.4.2 Fase 2 - modelagem e impressão 3D

A segunda fase desta quarta etapa modelou e confeccionou um *chalumeau* soprano infantil, a partir dos resultados obtidos nos testes de usabilidade, considerando os elementos que funcionaram na fase anterior. Buscou-se uma empresa especializada na realização de projetos em manufatura aditiva (Impressão 3D), na qual um técnico responsável ficou a cargo do suporte para a execução do projeto.

Após a definição do comportamento físico e organológico do instrumento, somados às suas funcionalidades ergonômicas e seu comportamento em classes infantis, foi realizada uma modelagem digital. Por meio do uso de parâmetros para definir a geometria dos elementos construtivos do *chalumeau*, essa modelagem consistiu em uma representação matemática que buscou simular a realidade por meio de um espaço virtual tridimensional, utilizando o *software* Solidwork. O *software* baseia-se em computação paramétrica, expressando as variáveis espaciais e criando, assim, formas tridimensionais a partir das formas geométricas extraídas do instrumento (SOLIDWORKS, 2015). Com a criação de uma estrutura de dados tridimensionais, foi possível armazenar as informações referentes à geometria do *chalumeau* para posterior acesso e possíveis alterações.

Assim, o primeiro modelo virtual do *chalumeau* soprano infantil previa as mesmas medidas internas do tubo do *chalumeau* soprano Devon & Burgani, a inclusão de dois furos duplos em substituição aos furos 1 e 2 do já referido instrumento, o apoio do polegar a 83,70 mm em relação ao pé do instrumento e a diminuição de todos os furos. Contudo, ainda não estava definido como seria o mecanismo para posterior inclusão das chaves, como pode ser notado na figura 76.

Figura 76 — Primeiro modelo virtual do *chalumeau* soprano infantil



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Desta primeira modelagem, derivou-se uma segunda em que se projetou um anel de suporte para a futura inclusão das chaves ilustrado na figura 77.

Figura 77 — Segundo modelo virtual do *chalumeau* soprano infantil com anel de suporte para as chaves



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Após a modelagem virtual, para tornar o arquivo possível de ser manufaturado, foi necessária a construção de uma malha triangular. Essa malha consiste na conversão do projeto virtual em uma infinidade de triângulos, criando, assim, um arquivo chamado *Stereolithography* (STL). Uma vez gerado o arquivo STL, a impressora 3D lê os objetos camada por camada para, posteriormente, ser enviado para impressão (3DLAB, 2020). Uma vez pronta a modelagem e o arquivo STL, o projeto do *chalumeau* infantil foi enviado para impressão, que foi realizada por meio de deposição de material fundido. Nesse caso, tratou-se de um filamento de resina termoplástica em que foram extrudados a altas temperaturas e depositados conforme a geometria programada. O procedimento iniciou com o aquecimento do bico injetor até que atingisse a temperatura de fusão do plástico ABS. Ao atingir essa temperatura, a impressora iniciou a impressão do arquivo e durou cerca de 5 horas e 40 minutos. Foi utilizado o filamento plástico ABS na cor branca, com o nível de resolução máxima da impressora. A figura 78 apresenta a primeira versão impressa do *chalumeau* soprano infantil.

Figura 78 — Primeira versão impressa do *chalumeau* soprano infantil



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Esse *chalumeau* foi testado com a mesma boquilha, palheta e abraçadeiras utilizadas no protótipo. Os resultados dos testes mostraram que o instrumento funcionava, porém, as distâncias dos furos estavam todas menores que a distância dos furos do protótipo, o que acarretou problemas de afinação. As notas da garganta ficaram com uma diferença de meio tom abaixo quando comparados ao protótipo Devon & Burgani. A primeira suposição foi que as

medidas da modelagem estivessem erradas, contudo, ao serem verificadas, observou-se que estavam corretas passando-se então à hipótese de haver ocorrido retração do plástico.

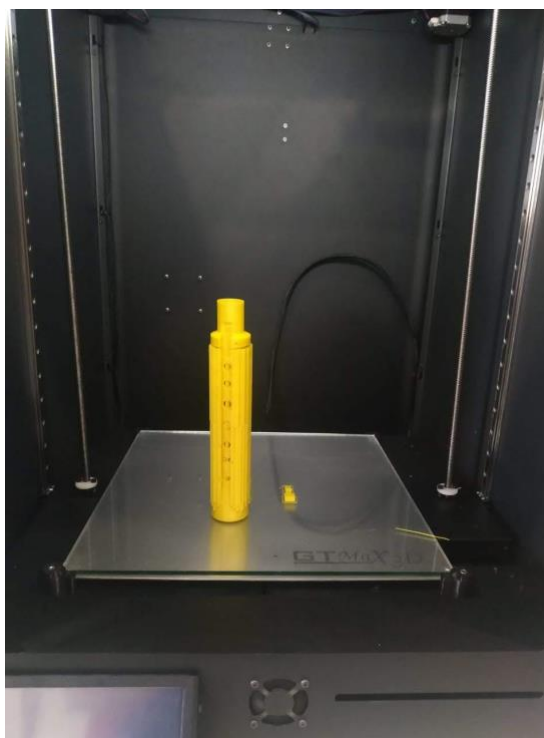
Segundo Silva (2014):

O encolhimento ou retração dos objetos ocorre de forma imprevisível devido ao material extrudado ser resfriado rapidamente em sua deposição, induzindo tensões internas no objeto. Parâmetros de processo ajustados pelo usuário podem compensar este problema (SILVA, 2014, p. 13).

Percebeu-se posteriormente que essa retração de fato ocorreu e distorceu as medidas da *chalumeau* em cerca de 02 mm, o que suscitou a adoção de dois procedimentos: a reconfiguração das temperaturas da mesa da impressora, e o ajuste nas medidas da modelagem considerando a retração.

Assim, esse primeiro *chalumeau* foi desconsiderado para testes posteriores e um novo *chalumeau* foi manufaturado, dessa vez, utilizando-se um filamento plástico de ABS na cor amarela e incluindo-se na impressão as chaves. O registro do processo de confecção do segundo *chalumeau* impresso e sua forma acabada encontram-se nas figuras 79 e 80.

Figura 79 — Processo de impressão do segundo *chalumeau* soprano infantil



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 80 — Segundo *chalupeau* soprano infantil impresso com chave



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Realizada a impressão, para fins de categorização das análises a serem apresentadas, este instrumento passará a ser referido como “*chalupeau* impresso”. Mais uma vez, foi utilizada a mesma combinação de boquilha, palheta e abraçadeira do teste anterior. No entanto, não foi possível inserir as chaves, pois, apesar da impressão dessas peças, era necessário desenvolver molas que pudessem ser aplicadas ao plástico, o que seria feito na fase seguinte por meio da aplicação de uma mola de metal ou a tentativa da impressão de uma mola de plástico.

Desta forma, as fases seguintes da pesquisa previam inserir as chaves, replicar os testes de especificação e de usabilidade e, por fim, manufaturar uma versão final do instrumento. Tais procedimentos estavam planejados para serem realizados entre a segunda quinzena de março de 2020, estendendo-se até a primeira quinzena de maio do corrente ano.

Todavia, com a pandemia da Covid-19 e com as medidas de distanciamento social decretada pelos governos estaduais e distritais, cujas atividades educacionais foram suspensas em todas as escolas, universidades e faculdades das redes de ensino pública e privada, bem como as atividades de comércio e serviços não essenciais, a pesquisa precisou ser parcialmente paralisada. Passados seis meses dessa suspensão, a empresa que realizou as duas primeiras impressões encerrou suas atividades, não havendo resposta a nenhum contato realizado. Da mesma maneira, o CDMI – Mi Fa Sol La, escola de musicalização infantil, onde estavam sendo coletadas as informações com as crianças participantes da pesquisa, também se manteve fechado por todo esse período, inviabilizando, assim, parte da finalização da pesquisa.

Logo, considerando as restrições impostas pelo contexto mencionado acima, para as

análises de funcionamento do *chalumeau* infantil, foram replicados apenas os testes no que concernem a dois aspectos: 1) autoetnografia II e 2) descrição física acústica e organológica cujos resultados são apresentados a seguir:

4.4.2.1 Autoetnografia II

Foi realizado estudo técnico do *chalumeau* impresso, com a finalidade de comparar o funcionamento deste instrumento ao funcionamento do *chalumeau* Devon & Burgani.

Tomando como base as nove dimensões exploradas na autoetnografia I, foram excluídas aquelas que estavam relacionadas ao funcionamento das boquilhas, palhetas e abraçadeiras, bem como aquela que se referia ao repertório. Assim, para esta análise, remanesceram os seguintes tópicos a serem observados no Quadro 8:

Quadro 8 — 5 tópicos remanescentes para análise da autoetnografia II

5 tópicos remanescentes para análise da autoetnografia II
1. Funcionamento técnico-mecânico
2. Digitação
3. Afinação
4. Sonoridade
5. Possibilidades Criativas

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Para fins de análise do instrumento impresso, e resguardadas as circunstâncias da pesquisa, é importante ressaltar que, diante da impossibilidade de inserir as duas chaves dos furos 9 e 10, estes foram fechados com parafina (Figura 81).

Figura 81 — *Chalumeau* impresso com furos superiores fechados com parafina



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Assim, os resultados a seguir foram obtidos a partir da adaptação que desconsiderou os furos superiores do instrumento.

4.4.2.1.1 Funcionamento técnico-mecânico

Observou-se respostas muito parecidas ao *chalumeau* protótipo. O instrumento também se mostrou bastante flexível, sendo possível baixar ou subir até depender da quantidade de ar, da embocadura e da palheta utilizada.

4.4.2.1.2 Digitação

Foi experimentada a digitação considerando a tabela de digitação elaborada durante a etapa 2. Todas as posições que funcionaram no *chalumeau* protótipo, também funcionaram no *chalumeau* impresso, com exceção das notas si4 e do5, que se mostraram mais instáveis nesse último instrumento. As posições de forquilha também modificam a ressonância do instrumento, porém, com menores perdas na projeção sonora. A presença dos meios furos facilitou muito a execução cromática nas notas mais graves.

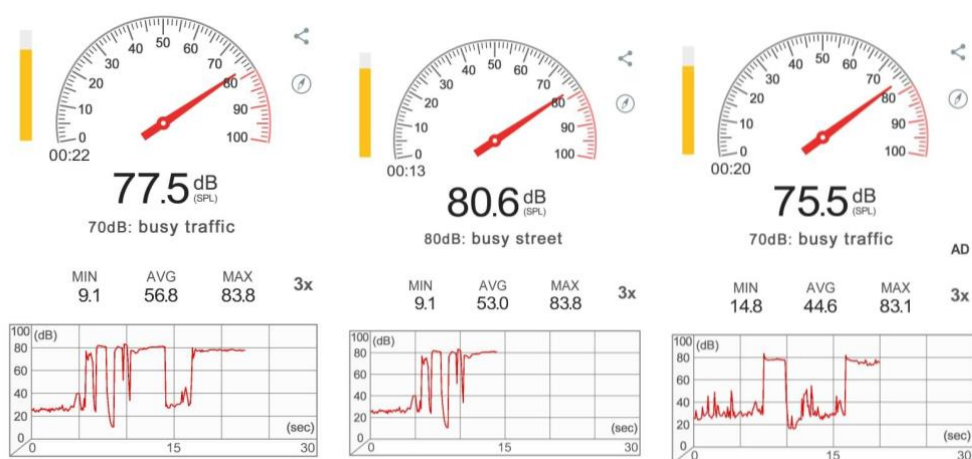
4.4.2.1.3 Afinação

A afinação se manifestou de forma similar ao *chalumeau* protótipo e, como já referido anteriormente, as notas si4 e do5 se mostraram mais instáveis e significativamente mais altas. A afinação foi verificada com a utilização dos afinadores cromáticos Korg, modelo TM-40 e o aplicativo TE Tuner para sistemas Android.

4.4.2.1.4 Sonoridade

A sonoridade do *chalumeau* impresso se mostrou bastante similar ao *chalumeau* protótipo apresentando-se bastante flexível. Todavia, observou-se uma maior projeção sonora, quando comparado ao *chalumeau* protótipo. Para uma primeira experimentação, com o intuito de verificar se este instrumento tocava e o funcionava, diferentemente do instrumento confeccionado anteriormente, pareceu satisfatório às posições de forquilha. As figuras 81 e 82, apresentam-se os resultados obtidos a partir da mensuração da projeção sonora (amplitude) por meio de um decibelímetro das notas si4, do#5 e mib5, que são notas que utilizam posição de forquilha. A Figura 82 apresenta os resultados do *chalumeau* protótipo e a Figura 83 os resultados do *chalumeau* impresso:

Figura 82 — Resultados de projeção sonora das notas si4, do#5 e mib5 do *chalumeau* protótipo



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 83 — Resultados de projeção sonora das notas si4, do#5 e mib5 do *chalumeau* impresso



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

As diferenças em termos de decibéis são pequenas, mas sugerem uma maior projeção sonora no *chalumeau* impresso. Todavia, são necessários estudos futuros com critérios mais rigorosos e definidos para uma comprovação efetiva. Como essa é uma pesquisa que trata de um instrumento para ser utilizado em contextos infantis, considerou-se que não era o caso de maiores aprofundamentos sobre a projeção sonora nesta fase da pesquisa.

4.4.2.1.5 Possibilidades criativas

A ausência das chaves limitou as possibilidades do *chalumeau* impresso como um todo, incluindo a criatividade. No entanto, foi possível explorar as técnicas expandidas e executar improvisações, tanto livres como idiomáticas. O fato de o instrumento ser de plástico possibilitou explorações percussivas no instrumento que não seriam executadas em instrumentos de madeira.

4.4.3 – Fase 3 - Descrição física-acústica II

Uma vez mais, a intenção foi compreender de forma objetiva o funcionamento do *chalumeau* impresso, no que compete às características físicas, acústicas e organológicas a fim de evitar resultados enviesados quando estes forem realizados com os participantes.

Assim sendo, para a compreensão do funcionamento físico-acústico do instrumento, foram calculadas ondas estacionárias seguindo os mesmos critérios utilizados no *chalumeau* soprano Devon & Burgani. Por não haver chaves, não foi possível verificar o comportamento do acionamento do registro, contudo, os resultados mostraram similaridades em relação ao *chalumeau* protótipo.

Houve a preponderância dos harmônicos ímpares, apesar do instrumento ser um tubo cilíndrico aberto. A nota mais grave soou uma oitava abaixo do que soaria em um tubo cilíndrico aberto do mesmo comprimento, conforme referido no capítulo dedicado à fundamentação teórica. A extensão do instrumento também foi a mesma verificada no *chaluveau* protótipo, de uma décima primeira. A tabela 17 dispõe os resultados obtidos com os furos todos abertos:

Tabela 17 — Ondas estacionárias com furos abertos

Onda estacionária	Valores em Hz
f 1 (primeiro harmônico)	2812 (sib4)
f 3 (terceiro harmônico)	8436 (fa5)

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Assim como o procedimento realizado na etapa 1, o cálculo das ondas estacionárias foi feito em toda a extensão do instrumento, porém, apresenta-se aqui o final do processo de mensuração com os valores das ondas estacionárias obtidos com os furos fechados. A tabela 18 explicita os resultados dos furos todos fechados.

Tabela 18 — Ondas estacionárias com os furos fechados

Onda estacionária	Valores em Hz
f 1 (primeiro harmônico)	350 (fa4)
f 3 (terceiro harmônico)	1050 (do5)

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Os resultados aferidos demonstraram, mais uma vez, similaridades entre o protótipo e o instrumento impresso.

4.4.3.1 Discriminação de características organológicas do *chaluveau* infantil impresso

A finalidade desta fase foi pormenorizar todas as características organológicas do *chaluveau* impresso. Foi refeito o diagrama de requisitos, considerando os seguintes aspectos:

a) tamanho e b) peso.

4.4.3.1.1 Tamanho

Foram tomadas todas as medidas do instrumento visando compará-las com as medidas do *chalumeau* protótipo. Assim, as primeiras medidas a serem tomadas foram o comprimento do tubo e seu diâmetro interno, sendo este último medido na saída do tubo (pé do *chalumeau*) conforme evidencia Tabela 16:

Tabela 16 — Medidas do tubo dos *chalumeaux* protótipo e impresso

Medidas do instrumento	<i>Chalumeau</i> protótipo	<i>Chalumeau</i> impresso
Comprimento	203,6mm	202,6mm
Diâmetro Interno	15,7mm	15,9mm

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Por meio desta tabela, é possível perceber que as diferenças do diâmetro e do comprimento são muito pequenas, logo, não apresentam relevância. As mensurações se sucederam elencando o sistema de furação. O instrumento possui um total de dez furos, sendo oito deles na parte frontal e dois na parte anterior. Os dois furos na parte superior do instrumento são diametralmente opostos, seguindo o padrão do protótipo e, que podem ser evidenciadas na Figura 84.

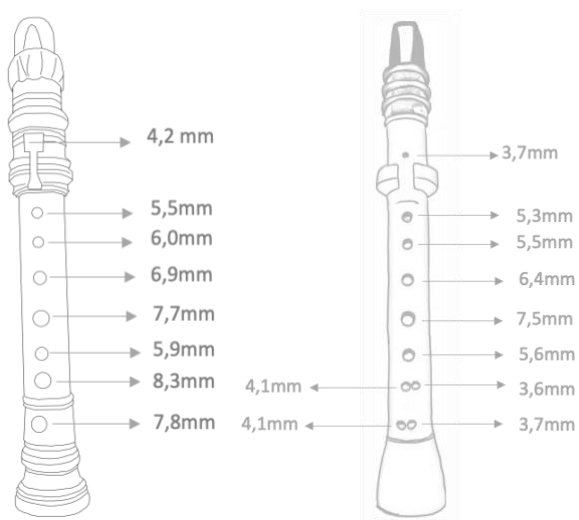
Figura 84 — Furos diametralmente opostos



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

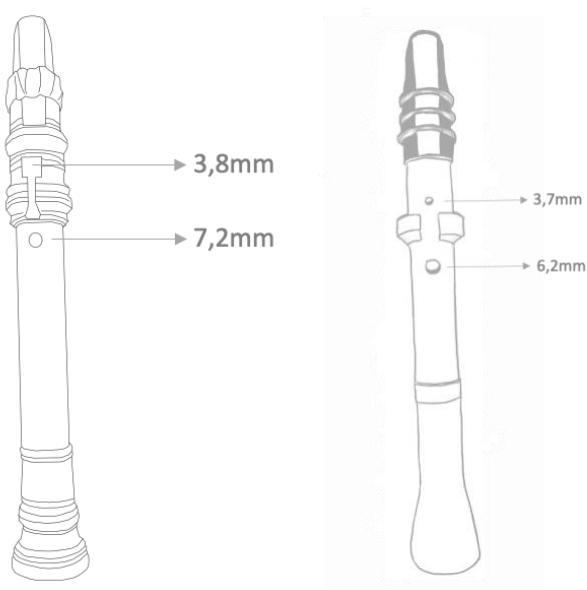
Foram medidos ainda o diâmetro de cada furo, por meio de um paquímetro digital, conforme figuras 85 e 86.

Figura 85 — Medidas dos furos da parte frontal dos *chalumeaux* protótipo e impresso



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Figura 86 — Medida dos furos da parte posterior dos *chalumeaux* protótipo e impresso



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Destaca-se que os furos do *chalumeau* impresso ficaram menores, conforme previsto no processo de modelagem, proporcionando um maior conforto ergonômico em consonância com o tamanho dos dedos das crianças. Contudo, a diminuição dos furos 4 e 5 pode ser uma das causas da afinação mais alta detectada nas notas dessa região.

4.4.3.1.2 Peso

Foi realizado seguindo os mesmos parâmetros de pesagem realizados no *chalumeau* protótipo: a) instrumento sem boquilha, b) instrumento com boquilha e c) instrumento com boquilha e abraçadeira. A primeira pesagem ocorreu utilizando o instrumento sem boquilha. Utilizou-se o *chalumeau* n.1 — o mais pesado — para realizar a comparação:

Tabela 17 — Peso dos *chalumeaux* protótipo e impresso sem boquilha

<i>Chalumeaux</i> sem boquilhas	<i>Chalumeau</i> protótipo	<i>Chalumeau</i> impresso
Peso em g	69,20	49,21

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

De acordo com a Tabela 17, é possível observar que o *chalumeau* impresso pesa 28% menos que o protótipo. Essa diminuição se mostra relevante pois pode permitir um aumento do tempo de prática das crianças e representar uma possível garantia de adequação ergonômica do instrumento.

Na sequência, o *chalumeau* impresso foi novamente pesado, porém, acrescido da boquilha, marca Barkley, modelo B, sem abraçadeira cujo resultado encontra-se na Tabela 18:

Tabela 18 — Peso do *chalumeaux* protótipo e impresso com boquilha

<i>Chalumeaux</i> com boquilha	<i>Chalumeau</i> protótipo	<i>Chalumeau</i> impresso
Peso em g	85,49	65,80

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Ao ser incluída a boquilha, conforme já descrito na etapa 2, pôde-se observar um aumento de 26% no peso do instrumento, perfazendo um total de 85,49 g no *chaluimbau* protótipo. Todavia, no *chaluimbau* impresso, esse acréscimo representa 33% do peso total do instrumento. Apesar do aumento no principal ponto de contato do instrumento — que é a boca — ele representa cerca de 1/3 do peso, ficando os outros dois terços a cargo dos outros dois apoios (polegares). Diferente da clarineta, em que há uma sobrecarga de peso na mão direita, no *chaluimbau* infantil, há um equilíbrio na distribuição do peso do instrumento.

Por fim, a inclusão da abraçadeira, neste caso, considerou apenas a abraçadeira de borracha que foi a definida como padrão para este instrumento.

Tabela 19 — Peso do *chaluimbaus* protótipo e impresso com boquilha e abraçadeira

<i>Chaluimbau</i> com boquilha e abraçadeira	Valores em g	Valores em g
Peso em g	86,98	67,61

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

No *chaluimbau* protótipo, o acréscimo da abraçadeira representou 1,5%, e no *chaluimbau* impresso, o acréscimo foi de 2,5%. Tal acréscimo foi considerado aceitável tomando como base os parâmetros dos testes de usabilidade da etapa 3, que delimitaram que o peso do instrumento deveria estar distribuído nos três apoios de forma equilibrada.

Tendo em vista que o peso do instrumento é um dos maiores complicadores apontados na revisão de literatura como impeditivo na iniciação infantil, os resultados dessa pesagem mostraram-se promissores nesse quesito. Em relação ao *chaluimbau* protótipo, o *chaluimbau* impresso pesa 22% a menos. Essa diminuição no peso pode permitir o aumento do tempo de prática, permitindo a ampliação de atividades músico-pedagógicas nesse contexto, bem como o acesso por crianças que tenham o tônus muscular comprometido — como é o caso de crianças com síndrome de *down*, por exemplo.

Quando comparado ao peso da clarineta, o peso total do *chaluimbau* impresso ficou em menos de um décimo do peso médio desse instrumento, que costuma pesar cerca de 700 g, sugerindo, assim, caminhos para a construção de novas diretrizes no que concerne a contextos de iniciação infantil.

Entretanto, é imprescindível salientar que algumas problemáticas de uso se apresentam somente com o tempo e a partir do uso continuado. Por esse motivo, considera-se pertinente destacar a necessidade de testes futuros do *chalupeau* infantil por determinado período de tempo, pois não se pode precisar, ainda, o período de tempo que o instrumento deve ser dispensado. Sendo assim, entende-se a necessidade de um maior tempo para a realização de outros testes.

4.4 DISCUSSÃO

A educação musical infantil — mais especificamente a iniciação de instrumentos de sopro — tem apresentado desafios crescentes, pois encontra-se dificuldades em um contexto em que, o tamanho e o peso dos instrumentos, assim como as características físicas e motoras dos alunos, comprometem sobremaneira essa iniciação por crianças em idade pré-escolar. Todavia, nos últimos 10 anos, essa área foi marcada por uma intensa produção de instrumentos fabricados em séries e voltados para crianças pequenas (NUVO INSTRUMENTAL, 2020). A influência da utilização desses instrumentos trouxe implicações positivas na iniciação instrumental de alunos desta faixa etária.

No entanto, no caso da clarineta, não havia instrumentos direcionados para a iniciação com crianças menores de 5 anos. Um dos maiores obstáculos, nesse caso, referia-se à dificuldade em lidar com o peso e o tamanho do instrumento, bem como com as palhetas que se quebravam frequentemente.

Deste modo, na perspectiva de buscar alternativas que promovessem recursos para suprir as necessidades apontadas acima, delimitou-se o objetivo geral desta pesquisa. Assim, finaliza-se esta investigação apresentando um *chalupeau* soprano infantil de plástico como uma alternativa inteiramente configurada.

Percebeu-se, durante a pesquisa que, diferentemente de grandes empresas que buscam por dados estatísticos que revelem uma média em medidas ergonômicas e organológicas, um olhar substancialmente qualitativo e atento a cada detalhe e a cada fator individualizado, parecia ser o mais adequado. Desta maneira, o projeto do *chalupeau* soprano infantil atentou para a uma construção que buscou integrar as necessidades de professores, alunos, informações e conhecimentos articulando esses aspectos às preferências e características dos usuários.

Compreendeu-se também que a busca por um instrumento que fosse acessível em termos financeiros, durável e adequado às demandas físicas, cognitivas e motoras infantis não se tratava apenas da construção de um instrumento, mas sim, de um projeto músico-pedagógico em que, tais buscas, podiam ser incorporadas como processos de ensino e aprendizagem.

Tomando como base a revisão de literatura e os requisitos do projeto do *chalumeau* infantil, pôde-se avaliar alternativas, buscando compreender quais opções responderiam às exigências previamente instituídas. Tais alternativas foram confrontadas e analisadas, levando-se em consideração os conceitos já existentes e as potencialidades do *chalumeau* soprano Devon & Burgani, dadas as suas características de tamanho e afinação, conforme os padrões modernos.

Do mesmo modo, os princípios físicos-acústicos e ergonômicos foram analisados e encontram-se plenamente entendidos de forma a apresentar parâmetros funcionais para projetos futuros de outros *chalumeaux*. Além dos princípios físico-acústicos e ergonômicos, cabe notar que, a cada etapa, os resultados ficavam cada vez mais detalhados de forma a construir um conjunto de informações essenciais que permitiram conceber referências projetuais para a concepção de um instrumento adequado ao uso infantil.

Nesse sentido, a participação das crianças em todas as etapas da pesquisa se mostrou fundamental. Havia muito interesse da parte delas em explorar o instrumento como uma brincadeira, ou seja, como uma ferramenta criativa. Dessa forma, elas se apropriavam de novos conhecimentos e, assim, descobriam outras possibilidades de interação com o instrumento. Por meio dessas explorações e brincadeiras, as crianças puderam desenvolver, além das habilidades musicais, habilidades físicas, motoras e cognitivas, em especial aquelas relacionadas à respiração, à motricidade orofacial e à motricidade das mãos. Em termos ergonômicos, é possível promover oportunidades de ensino e aprendizagem em que não é mais o indivíduo que deve se adaptar ao instrumento, mas, sim, o contrário.

Em relação à disponibilidade técnica, a manufatura aditiva é muitas vezes utilizada para fazer protótipos (ZAPAROLLI, 2019). No entanto, essa pesquisa fez o processo contrário ao utilizar um instrumento profissional como protótipo para chegar a um instrumento de plástico confeccionado por meio de impressão 3D. Esse processo permitiu o acesso a uma tecnologia que pode ser produzida de forma simplificada. Nesse sentido, em termos econômicos, um *chalumeau* infantil pode ser manufaturado em qualquer lugar que possua uma impressora 3D a um custo aproximado 90% menor do que o preço de um *chalumeau* profissional ou cerca de 75% do valor de um instrumento infantil congêneres produzido por marcas americanas ou europeias. Sendo assim, o projeto do *chalumeau* infantil vai ao encontro da realidade brasileira em que bandas, conservatórios, escolas do ensino básico, igrejas e projetos socioculturais não têm condições de adquirir instrumentos específicos para a iniciação infantil devido ao alto custo e à dificuldade de manutenção.

Isto posto, a utilização do processo de manufatura aditiva em instrumentos infantis de palheta simples, como a utilizada nesta pesquisa, pode ser considerada como uma realidade.

Essa tecnologia traz como uma opção a possibilidade de construção de instrumentos que podem ser personalizados e desenvolvidos considerando as especificidades músico-pedagógicas e as preferências das crianças nos contextos mais variados.

Sob a perspectiva da acústica, o fato do *chalumeau* soprano ter uma afinação relativamente estável e possuir uma considerável gama de dinâmicas permite que possa ser tocado com outros instrumentos, tanto em contextos infantis, quanto em contextos profissionais. Essa possibilidade de conjugação pode colaborar também com a iniciação musical infantil por meio da prática coletiva em conjunto de instrumentos heterogêneos. A possibilidade de inclusão em práticas heterogêneas pode ampliar o desenvolvimento musical pela diversidade e riqueza de timbres, registros de oitavas, articulações e texturas musicais.

Nesse processo, a construção do instrumento passa a compor os conteúdos músico-pedagógicos, pois assente que o aluno participe de forma ativa, trazendo à tona conteúdos relacionados à acústica, luteria, design e ergonomia que, até então, eram complexos de serem trabalhados em contextos de iniciação infantil de instrumentos de palheta simples — como é o caso da clarineta. Tais conteúdos podem ser de fundamental importância para a promoção de uma formação musical integral aos indivíduos submetidos a esse tipo de prática.

Por fim, a partir da experimentação e da escolha de novas formas, cores e materiais, alunos e professores podem desenvolver novos meios de criação, significação e ressignificação, contribuindo para o exercício da liberdade de expressão, da autonomia e da criatividade.

5. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta a conclusão da tese, buscando demonstrar as contribuições e achados da pesquisa, traçar as considerações finais deste estudo e trazer algumas reflexões e análises sobre trabalhos futuros.

A pesquisa se propôs estabelecer um artefato musical como unidade central de observação, análise e experimentação, todavia, com um recorte limitado a contextos de aprendizagem musical infantil. O aprofundamento do conhecimento sobre o desenvolvimento de um instrumento de palheta simples infantil estimulou a busca por melhorias no projeto de um *chalumeau* soprano, sendo este instrumento direcionado para crianças 4 anos. Assim, defende-se que o objetivo principal que consistia em propor parâmetros e critérios que auxiliassem na elaboração de um *chalumeau* soprano para crianças de 4 anos, confeccionado por meio de manufatura aditiva, foi alcançado.

Partindo-se da premissa de que o desenvolvimento de um instrumento de palheta simples para este público é um campo ainda incipiente, considerou-se que tal instrumento estava inserido dentro de um contexto maior de aprendizagem. Nas etapas constituintes do seu desenvolvimento, compreendeu-se que a interação entre o instrumento desenvolvido e seus usuários, bem como o escopo contextual em que estavam submetidos, eram os principais fatores a serem considerados. Nesse sentido, a experiência prévia da autora em processos de educação musical infantil, de certo, contribuíram para o êxito da pesquisa.

De maneira específica, pode-se dizer que a revisão de literatura se ateve principalmente a aspectos históricos do *chalumeau*, em que se encontrou fontes e autores significativos tais como Hoepfich (2008), Galpin (1937), Rice (1977), Baines (1960) e Karp (1986), que consideram que os primeiros *chalumeaux* datam de milhares de anos no Oriente Médio, estando presente na Grécia, Egito e Império Romano. O instrumento se consolida na Europa durante o período barroco e, atualmente, as técnicas de luteria permitem sua produção para serem utilizados nos mais variados contextos como performances históricas, agrupamentos modernos, amadores ou na educação musical.

Entretanto, ao buscar conhecer mais sobre a utilização do *chalumeau* — especificamente em classes de iniciação infantil — obteve-se dificuldade no encontro de referências. Foi necessário consultar páginas virtuais de empresas fabricantes destes instrumentos e, em alguns casos, até mesmo páginas virtuais de vendas para cruzar as informações e, assim, tentar traçar um panorama sobre a utilização do *chlaumeau* na iniciação

infantil. No entanto, vale ressaltar a relevância do trabalho de Martins (2012) sobre o uso do Saxophone na iniciação da clarineta.

Mais escassas ainda foram as informações sobre a construção de um instrumento infantil como recurso da aprendizagem musical. Por essa razão, foi necessário realizar uma profunda pesquisa bibliográfica a fim de que se pudesse articular o enquadramento teórico mais adequado. Foram consultadas as áreas da musicologia, luteria, organologia e educação musical, porém, nenhuma delas trouxe informações relativas ao processo de construção de um instrumento musical infantil. Tais informações, juntamente com o confronto da revisão de literatura, culminaram em determinar orientações para a elaboração de uma fundamentação teórica baseada nos preceitos do Design Centrado no Usuário.

O DCU parte do princípio de que o usuário é o foco principal de um projeto de produto e tal projeto deve ser desenvolvido seguindo 4 etapas: 1) especificação do contexto de uso; 2) especificação dos requisitos do produto; 3) produção de possíveis soluções por meio de modelos testáveis; e 4) avaliação de viabilidade. Em todas as quatro etapas os usuários participam ativamente do processo e, quando se trata de um projeto de produto para fins educacionais, questões colocadas pela Pedagogia devem ser integradas, considerando-se o contexto, as relações sociais, as necessidades físicas e cognitivas dos aprendizes, bem como a integração entre as necessidades dos estudantes, dos professores e os conhecimentos a serem transmitidos.

Desta forma, promover uma aproximação entre as características acústicas do *chalmereau* soprano e as necessidades físicas, motoras e cognitivas de crianças de 4 anos de idade se mostrou o melhor caminho a ser adotado como ponto de partida desta pesquisa. Assim, a partir das bases conceituais do DCU, foram delimitados os arcabouços teóricos que nortearam a construção de um *chalmereau* soprano infantil, calcados nas subáreas da acústica e organologia, da ergonomia infantil e da manufatura aditiva.

Nesse sentido, o *chalmereau* soprano Devon & Burgani foi escolhido como referência inicial, por se tratar de um instrumento adaptado para tocar com formações atuais, e cuja afinação e sua capacidade de projeção sonora são condizentes com os padrões modernos, além ser um instrumento fabricado e comercializado no Brasil.

A acústica e a organologia foram abordadas de forma a compreender o funcionamento de um tubo cilíndrico cuja fonte geradora de som fosse uma palheta batente simples. No que se refere à ergonomia, foram utilizadas referências já publicadas sobre medidas das mãos e dos rostos de crianças de 4 anos de idade, assim como foram caracterizadas as principais funcionalidades biomecânicas relacionadas à motricidade orofacial e ao funcionamento físico-

motor das mãos e dedos. Por fim, informações sobre o processo de manufatura aditiva foram descritos com o intuito de clarificar os procedimentos desta técnica.

Devido à complexidade do encadeamento teórico empregado, um considerável número de ferramentas metodológicas específicas precisou ser adotado. Dessa forma, a pesquisa incorporou conhecimentos metodológicos sobre desenvolvimento de produtos, realizados por meio da observação e da sistematização das quatro etapas previstas no DCU, que apesar de não seguirem uma ordem cronológica, estavam bem definidas. Elaborou-se um agrupamento de informações seguindo tópicos considerados como os mais pertinentes e dividindo cada uma das etapas em fases específicas, de modo a permitir uma maior compreensão de todo o processo.

Na etapa 1, a revisão bibliográfica, a autoetnografia I e a contextualização do objeto trouxeram resultados pertinentes no que concerne a um entendimento do funcionamento do *chalumeau* soprano Devon & Burgani, de forma a especificar os seus possíveis contextos de uso. A etapa 2, com a triangulação entre os resultados do reconhecimento acústico com os ergonômicos e as mensurações realizadas por meio da discriminação das características organológicas do *chalumeau* Devon & Burgani, permitiram constituir uma digitação precisa do instrumento e inserir o apoio do polegar direito.

A inserção do apoio do polegar possibilitou maior estabilidade do instrumento e a definição de um ponto de apoio fixo, essencial em casos em que as crianças estejam na fase da troca de dentição. Além disso, constatar que o peso do *chalumeau* protótipo era significativamente mais leve que o peso da clarineta e, portanto, compatível com crianças de 4 anos, foi um achado bastante significativo, pois mostrava caminhos promissores para a confecção de um *chalumeau* infantil. Nessa mesma perspectiva, convencionar uma palheta de resina plástica que se mostrava eficiente e economicamente viável foi o achado mais importante da etapa 2, pois viabilizava o prosseguimento das etapas seguintes da pesquisa.

Com os resultados da etapa 2, foi possível afirmar que havia um modelo de *chalumeau* infantil funcional que poderia ser usado como protótipo para testes posteriores. Tais resultados já comprovavam, antecipadamente, a possibilidade do uso de um *chalumeau* soprano na iniciação infantil, se considerados apenas os aspectos acústicos e ergonômicos, haja vista que peso, tamanho, apoio de polegar, medidas da boquilha, digitação, material e força da palheta estavam compatíveis com as características físicas, motoras e cognitivas de crianças de 4 anos de idade de acordo com o preconizadas no referencial teórico.

Todavia, as etapas 3 e 4 ainda eram imprescindíveis para confirmar os resultados favoráveis, obtidos até então, além de trazerem informações adicionais que seriam primordiais para a conclusão da pesquisa.

Assim, a etapa 3 trouxe resultados referentes à prototipação e a testes com os usuários. Ao realizar testes com dois grupos, um primeiro que já tocava Dood e um segundo grupo que não tinha contato com instrumentos de sopro. Os resultados mostraram achados não previstos na pesquisa. A ausência de lateralidade predominante foi um fator a ser considerado na elaboração do instrumento, assim como, a utilização de chaves como ferramenta de técnica expandida e, principalmente, o fato de que, para um funcionamento ideal do instrumento no contexto definido, algumas soluções ergonômicas deveriam ser individualizadas.

Por sua vez na etapa 4 avaliou-se com as crianças participantes da pesquisa a viabilidade do *chalumeau* protótipo. Partindo desses resultados, foram modelados e confeccionados dois *chalumeaux* sopranos por meio de manufatura aditiva. Os resultados da impressão do primeiro instrumento demonstraram a ocorrência de retração do plástico, distorcendo a afinação e as medidas dos furos do instrumento. Por essa razão, esse instrumento precisou ser descartado. Um segundo instrumento foi manufaturado, corrigindo os equívocos cometidos e, dessa maneira, alcançando resultados positivos no que se refere ao peso — que ficou ainda mais leve que o protótipo —, à projeção sonora — que se demonstrou maior que no protótipo — e à afinação. Em termos músico-pedagógicos, o fato do *chalumeau* soprano ser um instrumento flexível em sua emissão sonora se mostrou como um fator favorável ao desenvolvimento da percepção auditiva e do desenvolvimento da embocadura.

Cabe ressaltar também, que as diferenças observadas entre o *chalumeau* e a clarineta, no que concerne às características tímbricas, as particularidades de ressonância na digitação das forquilhas e à flexibilidade da sonoridade, podem ser considerados fatores propícios à iniciação infantil tanto musical de uma forma mais generalizada, quanto especificamente na iniciação da clarineta. Se consideradas como características próprias do instrumento e como fonte para a elaboração de atividades que contemplam os processos criativos, tais características podem contribuir para o favorecimento do desenvolvimento de atividades lúdicas e criativas por professores que possivelmente venham a utilizar o instrumento nessas circunstâncias. Nesse sentido, o surgimento de uma nova linha de instrumentos infantis pode incentivar educadores, famílias e comunidades a adotar a ideia da iniciação de instrumentos de sopro em idade mais tenra.

Com o final do estudo, pôde-se avaliar as experiências vividas ao longo do processo e observar considerações em cada uma das fases. No entanto, devido às restrições consequentes da pandemia de Covid-19, o protótipo não pôde passar pelos demais ciclos de implementação. Conforme demonstrado por meio dos capítulos apresentados, os princípios delimitados e assumidos na investigação foram eficazes, embora os resultados obtidos ainda apontem

oportunidades para melhorias, tais como a afinação dos furos 4 e 5 do *chalupeau* impresso e a inclusão das chaves dos furos superiores. Ainda assim, as informações organizadas permitem a exposição dos conteúdos para futura avaliação de clarinetistas, pesquisadores, educadores musicais *luthiers*, designers e profissionais de áreas afins.

Assim, o resultado principal da pesquisa findou em orientações delimitadas para a confecção de um *chalupeau* soprano por meio de impressão 3D. Resgatando-se o problema da pesquisa, que pretendia estabelecer quais parâmetros e critérios poderiam ser estabelecidos para auxiliar o desenvolvimento de um *chalupeau* soprano para crianças de 4 anos, confeccionado em plástico, defende-se que os resultados apresentados servem como resposta para tal questão.

Entretanto, apesar dos resultados encorajadores, o estudo não se encerra aqui, tampouco as possibilidades de respostas para tal questão, uma vez que diferentes caminhos podem ser estudados e aprofundados. Adicionalmente, esta tese aponta novas questões que podem possibilitar direcionamentos para pesquisas futuras:

- Estudos específicos e mais aprofundados sobre a manufatura aditiva de *chalumeaux* como ferramenta de aprendizagem infantil do instrumento;
- Estudos sobre necessidades específicas de crianças com diferentes tipos de deficiências na utilização de *chalumeaux* infantis;
- Pesquisa sobre a aplicação da manufatura aditiva em outros instrumentos da família dos *chalumeaux*.

Sendo assim, pode-se presumir que os resultados expressivos deste trabalho demonstram sua contribuição para a área da educação musical, da pedagogia do instrumento e da iniciação infantil da clarineta. Em vista disso, a principal consideração desta pesquisa é que, por meio do DCU e da manufatura aditiva, alunos e professores não estão mais passivos no desenvolvimento de instrumentos musicais infantis, mas, sobretudo, poderão, com a adoção destas técnicas, a fazer parte de todas as etapas de construção e da modificação destes instrumentos. Mais do que participar, podem se apropriar do processo de elaboração e produção do instrumento, como parte do processo pedagógico, personalizando necessidades ergonômicas, adequando-as para as realidades e necessidades de cada aluno e cada contexto.

Nesse sentido, a elaboração e produção do instrumento por manufatura aditiva, caso sejam incorporadas ao processo de aprendizagem, pode gerar experiências, que, além de serem acusticamente corretas, são também ergonomicamente e cognitivamente funcionais, assim como engajadoras e atrativas. As qualidades estéticas — como a escolha da cor e a possibilidade

de personalizar detalhes de acordo com os desejos e necessidades — pode contribuir para o aumento do interesse das crianças pequenas no instrumento. E as crianças que estarão em meio à fase de iniciação e aprendizado receberão um instrumento mais bem projetado e com a redução de possíveis desconfortos ergonômicos.

Com isso, cabe ao instrumentista/educador desejar desenvolver soluções, novas técnicas, métodos e materiais que podem apontar para a produção de um instrumento musical como mais um fator de mediação do processo pedagógico, já que as possibilidades na manufatura aditiva são inúmeras, diversas e em contínuo crescimento e desenvolvimento. Desta forma, ao investigar o cenário da iniciação infantil de instrumentos de sopro — sob a perspectiva do DCU, utilizando métricas e indicadores de aprendizagem instrumental — abre-se espaço para a perspectiva de uma iniciação da clarineta que considera a criança como um indivíduo investigador em um ambiente colaborativo e interativo, permitindo assim que novos caminhos para uma aprendizagem autoral possam ser traçados. Nesse tipo de aprendizagem, o aprendiz seria protagonista não só do seu fazer musical, mas também de todo o processo que o envolve, incluindo a construção do seu próprio instrumento. Nesse sentido, além das medidas apresentadas na sessão de resultados, o anexo IV desta tese apresenta medidas adicionais para que educadores musicais possam tomar como ponto de partida para uma possível confecção de *chalumeaux* sopranos infantis.

Considerando a variedade de soluções e técnicas economicamente viáveis que têm surgido nos últimos anos, a manufatura aditiva aponta para um leque de possibilidades e de uso cada vez mais amplos. A educação musical é uma das áreas que pode ser favorecida por esse fenômeno e, por essa razão, espera-se que esta pesquisa sirva de apoio e inspiração para projetos futuros que possam expandir os caminhos iniciados aqui, bem como adaptá-los aos diferentes propósitos da iniciação infantil de instrumentos de sopros. O baixo custo e a possibilidade de ser confeccionado em qualquer lugar que possua uma impressora 3D permite, também, uma democratização ao acesso a esse tipo de instrumento, bem como contribui para o movimento artístico que realiza um renascimento do repertório composto para estes instrumentos no Brasil.

Finalmente, diante do exposto, esta tese representa uma investida na manufatura aditiva como um meio de aproximar a produção de um instrumento musical de palheta simples com a aprendizagem musical infantil de crianças em idade pré-escolar. Reflete, ainda, uma primeira incursão em fomentar o protagonismo dos estudantes não só nos seus processos de ensino e aprendizagem, mas também os incluem no contexto de desenvolvimento do seu próprio instrumento musical, dando voz aos usuários de maneira efetiva. Por fim, esta pesquisa também

representa a diligência de contribuições acadêmicas para a iniciação infantil da clarineta, iniciação infantil de instrumento de palheta simples e educação musical.

REFERÊNCIAS

3D FAST. [Tehran], 2020. Disponível em: <https://3dfast.ir/>. Acesso em: 9 out. 2021.

ALOMOTO TALAVERA, N. M. **Guía de enseñanza aprendizaje de clarinete en si bemol, para los niños del segundo año de nivel inicial, basada en arreglos de la Música Tradicional Ecuatoriana**. 2012. 172 f. Tesis (Magister en Pedagogía e Investigación Musical) – Universidad de Cuenca en convenio con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2012.

ALVES, M. M.; BATTAIOLA, A. L. Design Centrado no Usuário e concepções pedagógicas como guia para o desenvolvimento da animação educacional. **InfoDesign**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 21-35, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.51358/id.v11i1.212>. Acesso em: 9 out. 2021.

ANATOMIA do sistema muscular: mão, músculo da palma. *In*: DREAMSTIME. [S. l.], 16 nov. 2012. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-anatomia-do-sistema-muscular-m%C3%A3o-m%C3%BAsculo-da-palma-t-image27589400>. Acesso em: 9 out. 2021.

ANDERSON, C. **A nova revolução industrial: makers**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ARCELA, A. Organização da acústica musical. *In*: ARCELA, A. **Acústica musical 1**. Brasília, DF: Instituto de Artes da UNB, 1998. Disponível em: <https://ic.unb.br/~lcmm/mus/am1/a1/a1.html>. Acesso em: 9 out. 2021.

ARINS, A. W. **Física 2: fundamentos de termodinâmica e ondas**. Joinville: IFSC, 2020. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/11915729/>. Acesso em: 9 out. 2021.

BAILEY, C. Bagpipe gallery: Musette du Cour: Bonnie Prince Charlie's. **The World of Bagpipes**, [s. l.] 23 June 2010. Disponível em: <http://www.bagpipeworld.co.uk/gallery/musetteC-charlie.html>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BAINES, A. Organology and European Folk Music Instruments. **Journal of the International Folk Music Council**, Cambridge, v. 12, p. 10-13, 1960. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/835418>. Acesso em: 9 out. 2021.

BAINES, A.; WACHSMANN, K. P. Classification of musical instruments. Translated from the original German. **The Galpin Society Journal**, London, v. 14, p. 3-29, 1961.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Martins Fontes, 1979.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Blucher, 2011.

BENETTI, A. A autoetnografia como método de investigação artística sobre a expressividade na performance pianística. **OPUS**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 147-165, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20504/opus2017a2306>. Acesso em: 9 out. 2021.

BISSOLOTTI, K.; GONÇALVES, B.; PEREIRA, A. T. C. Design centrado na criança: estudo de recomendações para uma boa experiência. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1045-1055, 2015. Disponível em: DOI: 10.5151/15ergodesign-90-U058. Acesso em: 9 out. 2021.

BOLSILLO Chalumeau: Tupian (pcl01). Cromatico en Do (arce natural). *In*: AMAZON. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.amazon.com/POCKET-CHALUMEAU-Tupian-Cromatico-Natural/dp/B01IIAAN3W>. Acesso em: 14 out. 2019.

BONANNI, F. **Gabinetto armonico**: pieno d'istromenti sonori/ indicati e spiegati dal Padre Filippo Bonanni dela Compagnia di Giesù. Roma: Nella Stamperia di Giorgio Placho, 1722.

BONFIM, G. A. **Relacionamento entre teoria, crítica e design através de modelo processual**. Texto inédito. [S. l.: s. i.], 2002.

BOSSLE, R. *et al.* Medidas antropométricas orofaciais em crianças de três a cinco anos de idade. **Revista CEFAC**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 899-906, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216201514714>. Acesso em: 9 out. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.257, de 8 de março de 2016. Dispõe sobre as políticas públicas para a primeira infância e altera a Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente), o Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941 (Código de Processo Penal), a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, a Lei nº 11.770, de 9 de setembro de 2008, e a Lei nº 12.662, de 5 de junho de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 mar. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113257.htm. Acesso em: 9 out. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 jul. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm. Acesso em: 9 out. 2021.

BRAUN, L. T. **The mystery of the chalumeau and its historical significance as revealed through selected works for chalumeau or early clarinet by Antonio Vivaldi**: a lecture. 2016. 54 f. PhD Thesis (Doctor of Musical Arts) – University of North Texas, Denton, 2016.

BUST, P. D. (ed.). **Contemporary ergonomics 2009**: Proceedings of the International Conference on Contemporary Ergonomics 2009. Boca Raton: CRC Press, 2009.

CALEGARIO, F. C. A. **Sketchument**: ambiente de experimentação para criação de instrumentos musicais digitais. 2003. 181 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Informática, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11988>. Acesso em: 9 out. 2021.

CAMPOS, R. H. F. A pesquisa em ciências humanas, ciências sociais e educação: questões éticas suscitadas pela regulamentação brasileira. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 46, p. e217224, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046217224>. Acesso em: 9 out. 2021.

CAPITÃO, J. M. R. **Iniciação ao clarinete**: estudo de caso. 2017. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ensino da Música) – Católica Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa, Porto, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/23825>. Acesso em: 9 out. 2021.

CARNEIRO, M. S. Clarinetas Indígenas Brasileiras. *In*: FÓRUM DE PESQUISA CIENTÍFICA EM ARTE, 3., 2005, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: Escola de Música e Belas Artes do Paraná, 2005.

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, C. E. M.; PONTES, L. A. Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p. 579-613, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n3p579>. Acesso em: 9 out. 2021.

CHECK out our first steps book. *In*: NUVO INSTRUMENTAL. Hong Kong, 2019. Disponível em: <https://www.nuvoinstrumental.com/2016/07/15/check-out-our-first-steps-book/>. Acesso em: 28 out. 2020.

CHENG, I. F. *et al.* Anthropometric Database of the Preschool Children from 2 to 6 Years in Taiwan. **Journal of Medical and Biological Engineering**, Taipei, v. 39, p. 552-568. July 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40846-018-0436-4>. Acesso em: 9 out. 2021.

CLARINEO. *In*: PINTEREST. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://i.pinimg.com/474x/59/c3/1e/59c31e91e1894585f4d3dd3a59c2fc7a--clarinets-pace.jpg>. Acesso em: 25 jan. 2020.

COOLEST 17 wooden recorders instrument. *In*: AWESOME MUSICAL INSTRUMENTS. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.awesomemusicalinstruments.com/coolest-17-wooden-records-instrument>. Acesso em: 24 out. 2019.

CORREA, V. M.; BOLETTI, R. R. **Ergonomia**: fundamentos e aplicações. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

CRUZEIRO, A. C. Explorando a impressão 3D: conceito, etapas e futuro. **Via UFSC**, Florianópolis, 24 abr. 2019. Disponível em: <https://via.ufsc.br/explorando-a-impressao-3d-conceito-etapas-e-futuro/>. Acesso em: 9 out. 2021.

DESIGN centrado no usuário. *In*: AVELLAR E DUARTE. Rio de Janeiro, 4 set. 2011. Disponível em: <https://www.avellareduarte.com.br/layout/design-centrado-no-usuario/>. Acesso em: 9 out. 2021.

DOOD. *In*: NUVO INSTRUMENTAL. Hong Kong, 2019. Disponível em: <https://www.nuvoinstrumental.com/products/dood/>. Acesso em: 9 out. 2021.

DOPPELMAYR, J. G. **Historische Nachricht von den nürnbergischen Mathematicis und Künstlern**. Nürnberg: Georg Olms Verlag, 1730.

DRÄGER, H. H. **Prinzip einer Systematik der Musikinstrumente**: Musikwissenschaftliche Arbeiten. Kassel: Barenreiter-Verlag, 1948.

EVEREST, F. K.; POLHMAN, D. **Master handbook of acoustics**. Nova York: Mc Graw Hill Companies, 2015.

FARKAS, L. G.; KOLAR, J. C. Anthropometrics and art in the aesthetics of women's faces. **Clinics in Plastic Surgery**, Philadelphia, v. 14, n. 4, p. 599-616, Oct. 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0094-1298\(20\)31488-7](https://doi.org/10.1016/S0094-1298(20)31488-7). Acesso em: 9 out. 2021.

FASCH, J. F. **Chalumeau Concerto**: FaWV L:B1. Chalumeau. Leipzig: Hofmeister, 1996. Disponível em: [https://imslp.org/wiki/Chalumeau_Concerto%2C_FaWV_L:B1_\(Fasch%2C_Johann_Friedrich\)](https://imslp.org/wiki/Chalumeau_Concerto%2C_FaWV_L:B1_(Fasch%2C_Johann_Friedrich)). Acesso em: 9 out. 2021.

FAULK'S. About us. *In*: FAULK'S GAME CALL CO. INC. Lake Charles, 2019. Disponível em: <https://www.faulkcalls.com/about-us>. Acesso em: 9 out. 2021.

FILATRO, A. C. **Learning design como fundamentação teórico-prática para o design instrucional contextualizado**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-12062008-142556/pt-br.php>. Acesso em: 9 out. 2021.

FORNARI, J. O eterno ciclo das quintas. *In*: BLOGS de Ciência da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 27 mar. 2019. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/musicologia/2019/03/27/13/>. Acesso em: 9 out. 2021.

FRANCESCHI, A. **Ergonomia**. Santa Maria: Rede E-Tec Brasil, 2013.

FREITAS, C. **Lateralidade e coordenação motora em crianças dos 4 aos 12 anos de idade**: estudos com o teste M-ABC. 2014. 355 p. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto) – Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/71720/2/23330.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

GALPIN, F. W. **A Textbook of European Musical Instruments**: Their origin, history and character. London: Williams & Norgate, 1937.

GASPAR, H. M. S. **Estudo da biomecânica da mão por aplicação do método dos elementos finitos**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/62136/1/000149203.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

GIARDINELL, A. The Musette, a Court Instrument, Just an Instrument. **The Calendar for the Humanities and Social Sciences**, [s. l.], 24 Oct. 2018. Disponível em: <https://calenda.org/489309?lang=en>. Acesso em: 9 out. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GUIMARÃES, F. M. O que é Design Centrado no Usuário?. *In*: AELA. [S. l.], 29 nov. 2017. Disponível em: <https://medium.com/aela/o-que-%C3%A9-design-centrado-no-usu%C3%A1rio-11a9c13c3a2f>. Acesso em: 9 out. 2021.

HANSON CHALUMEAU. West Yorkshire, 2019. Disponível em: <https://www.hansonmusic.co.uk/>. Acesso em: 24 out. 2019.

HELERBROCK, R. Intensidade do som. *In: MUNDO Educação*. São Paulo, 23 dez. 2008. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/velocidade-intensidade-som.htm>. Acesso em: 9 out. 2021.

HERMANN, B. Schule Für Kinderklarinetten, Chalumeau und Saxonett. *In: AMAZON*. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.amazon.de/Schule-f%C3%BCr-Kinderklarinetten-Chalumeau-Saxonett/dp/3866420099&prev=search>. Acesso em: 28 out. 2019.

HOEPRICH, E. **The clarinet**. New Haven: Yale University Press, 2008.

HORNBOSTEL, E. M. C.; SACHS, C. Real-Lexikon der Musikinstrumente (Berlin, 1913/R, 2/1964) and C. Sachs: 'Systematik der Musikinstrumente'. **Zeitschrift für Ethnologie**, London, v. 46, p. 553-590, 1914.

HUNT, E. Some Light on the Chalumeau. **Galpin Society Journal**, London, Mar. 1961. Disponível em: <http://clarinet.org/wp-content/uploads/2018/02/Hunt-Some-Light-on-the-Chalumeau.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

IIDA, I. **Ergonomia projetos e produção**. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). Definição Internacional de Ergonomia. *In: REUNIÃO DO CONSELHO CIENTÍFICO DA INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION*, 2000, San Diego, USA. **Anais [...]**. San Diego: IEA, 2000.

JUPITER Saxonette Chalumeau. *In: I. K. GOTTFRIED*. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://gottfried.dk/en/childens-instruments-769/jupiter-saxonette-p4164>. Acesso em: 14 out. 2019.

KARP, C. The early history of the clarinet and chalumeau. **Early Music**, Oxford, v. 14, n. 4, p. 545-551, 1986.

KARTOMI, M. J. **On concepts and classifications of musical instruments**. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

KIRCHER, A. **Musurgia universalis**. Roma: Ludovico Grignani, 1650. v. 2.

KLEIN, A. A. **Aplicação da fotogrametria para a coleta de dados da antropometria da mão**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/32120>. Acesso em: 9 out. 2021.

KNIGHT, R. A new look at classification and terminology for musical instruments. **The Galpin Society Journal**, London, v. 69, p. 5-274, 2016.

KNUDSON, D. **Fundamentals of Biomechanics**. 2nd. ed. New York: Springer Science, 2007.

LAWSON, C. The chalumeau: Independent voice or poor relation?. **Early Music**, Oxford, v. 7, n. 3, p. 351-354, 1979.

LEROY, D. *et al.* Spatial and temporal gait variable differences between basketball, swimming and soccer players. **International Journal Sports Medicine**, Stuttgart, v. 21, n. 3, p. 158-162, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-2000-9467>. Acesso em: 9 out. 2021.

LIBIN, L. Organology (Ger. Instrumentenkunde). *In: GROVE Music Online*. Oxford: Oxford University Press, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.20441>. Acesso em: 9 out. 2021.

LOWDERMILK, T. **Design centrado no usuário**: um guia para o desenvolvimento de aplicativos amigáveis. São Paulo: Novatec, 2019.

MACHADO, D. J. G. **Saxophone**: uma alternativa para a iniciação do clarinete?. 2017. 125 f. Relatório de Estágio (Mestrado em Ensino de Música) – Escola Superior de Artes Aplicadas, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, 2017. Disponível em: https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/6032/3/David_Machado.pdf. Acesso em: 9 out. 2021.

MAHILLON, L. La sphere celeste. **Ciel et Terre**, [s. l.], v. 8, p. 92-94, 1888.

MANUFATURA aditiva: saiba o que é e o que ela representa. *In: 3DLAB*. Betim, 3 out. 2019. Disponível em: <https://3dlab.com.br/o-que-e-manufatura-aditiva/>. Acesso em: 9 out. 2021.

MARTINS FILHO, V. **Design de experiência educacional**: novas abordagens em objetos educacionais hipermediáticos. 2012. 262 p. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/100379>. Acesso em: 9 out. 2021.

MARTINS, R. 2012. **A iniciação ao clarinete**: o interesse pedagógico dos modelos de dimensão mais reduzida. 2012. Dissertação (Mestrado em Música – Pedagogia do Instrumento) — Instituto Piaget, Almada, 2012.

MAUI Xaphoon Pocket Sax Cobalt. *In: XAPHOON*. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://xaphoon.com/products/maui-xaphoon-pocket-sax-cobalt>. Acesso em: 22 out. 2019.

MENDES, K. D. S. *et al.* Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-768, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>. Acesso em: 9 out. 2021.

MENDONÇA, L. C. L. A Importância da Música na Educação Infantil. *In: PORTAL EDUCAÇÃO*. São Paulo, 17 abr. 2014. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/a-importancia-da-musica-na-educacao-infantil/56023>. Acesso em: 14 out. 2019.

MERSENNE, M. **Harmonie universelle**: contenant la théorie et la pratique de la musique (Paris, 1636). Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1975.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 1994.

MONAT, A. S.; CAMPOS, J. L.; LIMA, R. C. Metaconhecimento: um esboço para o design e seu conhecimento próprio. **BOCC: Biblioteca On-line de Ciências da Comunicação**, Porto, v. 3, p. 1-12, 2008. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/monat-campos-lima-metaconhecimento.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

MONTAGU, J. **Origins and development of musical instruments**. Lanhan: Scarecrow Press, 2007.

MÚSCULOS da mímica facial. *In*: ASTROCIÊNCIA. [S. l.], 24 set. 2016. Disponível em: <https://astrociencianet.wordpress.com/2016/09/24/musculo-da-mimica-facial/>. Acesso em: 9 out. 2021.

MUSICAL INSTRUMENT MUSEUMS ONLINE (MIMO). [S. l.], 2020. Disponível em: <https://mimo-international.com/MIMO/>. Acesso em: 9 out. 2021.

NORMAN, D. A. **The design of everyday things**: Revised and expanded edition. New York: Basic Books, 2013.

NORMAN, D. A.; DRAPER S. W. **User centered system design**: New Perspectives on Human-Computer Interaction. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

OLAZÁBAL, T.; DE ARIAS, R. C. **Acústica musical y organología**. Buenos Aires: Ricordi Americana, 1954.

OLIVEIRA, R. C. Design e ergonomia no mobiliário infantil. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2013, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Faculdade Anhanguera, 2013.

ONDAS. *In*: ALFA CONNECTION. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/ondas/pulsos-e-ondas/ondas/>. Acesso em: 9 out. 2021.

PAIVA, R. C. **Contando estórias para pesquisar ensino-aprendizagem de língua inglesa por meio de projetos**: uma autoetnografia. 2018. 179 p. Tese (Doutorado em Letras) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Setor de Ciências Humanas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/55686>. Acesso em: 9 out. 2021.

PASCHOARELLI, L. C. *et al.* A influência da variedade antropométrica entre mãos de destros e canhotos no design ergonômico de instrumentos manuais: um estudo preliminar. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 1-13, 2007. Disponível em: <https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/7>. Acesso em: 9 out. 2021.

PEARSON, I. E. Delicacy, sentimentality and intimacy: the chalumeau as 'signifier'. INTERNATIONAL CLARINET ASSOCIATION. Columbus, 1998. Disponível em: <http://clarinet.org/wp-content/uploads/2016/03/Pearson-Chalumeau.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

PEZZINI, M. R. **Contribuição do design centrado no humano para o projeto do mobiliário doméstico em apartamentos compactos**. 2017. 244 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/175322>. Acesso em: 9 out. 2021.

PICCOLO CLARINET. [Pesquisa no buscador Google]. 2019. Disponível em: https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNTIk-ghLBY7x8dJceOxrkYBPnEhPw:1571781387274&q=piccolo+clarinet&tbm=isch&tbs=simg:CAQSkwEJtJw2baa0-PIahwELEKjU2AQaAAwLELCMpwgaYgpgCAMSKKsS8RKsEqIHthKrHbcSrhL1BqwdxjO0NvQyuDazNrE2nTP3PLc2rzYaMKTg39zMdQ4yZqfyMT3oQRM-GFIuejf5ZjiZGu9KVw2qYjdMr1B_1eJRnjKykXz2BbiAEDAsQjq7-CBoKCggIARIELhcDrQw&sa=X&ved=0ahUKEwjO44L67bDIAhU9HbkGHdXuBe4Qwg4ILigA&biw=775&bih=547#imgrc=t2jvWVsvk2GRfM: Acesso em: 22 out. 2019.

PINTO, N. M. C. **O clarinéio na iniciação da aprendizagem do clarinete**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Música) – Departamento de Comunicação e Arte, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/12754/1/Tese.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

PORTUGAL, C. **Design, educação e tecnologia**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2013.

PRAETORIUS, M.; GURLITT, W. **Syntagma musicum: Band II: De Organographia**, Wolfenbüttel 1619. Faksimile-Nachdruck. Bärenreiter: [s. n.], 1958.

RAMIRES, R. R. **Correlação entre cefalometria e antropometria para determinação do tipo facial**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fonoaudiologia) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://tede.pucsp.br/bitstream/handle/12168/1/Rossana%20Ribeiro%20Ramires.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

REMES, L. **Estudo anatômico e morfométrico para identificação humana: uma contribuição para a antropologia forense e medicina legal**. 2016. 296 f. Monografia (Bacharelado em Biomedicina) – Setor de Ciências Biológicas, Curso de Bacharelado em Biomedicina, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/46503?show=full>. Acesso em: 9 out. 2021.

RICE, A. R. **Valentin Roeser's Essay on the Clarinet (1764): Background and Commentary**. Thesis (Masters in Music) – School of Arts and Humanities, Claremont Graduate University, Claremont, 1977.

RICIONI, R. A importância dos testes de usabilidade. *In*: COLETIVO UX. [S. l.], 13 jan. 2017. Disponível em: <https://coletivoux.com/a-import%C3%A2ncia-dos-testes-de-usabilidade-2a2fcc1e5906>. Acesso em: 9 out. 2021.

ROBERTO, R. A. *et al.* Jogos educacionais baseados em realidade aumentada e interfaces tangíveis. **Tendências e Técnicas e Realidade Virtual e Aumentada**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 91-128, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/15061/5/Artigo%20-%20Rafael%20Alves%20Robert%20-%20202011.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

RODRIGUES, V. P. *et al.* Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. **Revista GEPROS**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 1-34, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i3.1657>. Acesso em: 9 out. 2021.

ROSSI, P. Biografia. *In*: PABLO ROSSI. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://pablorossi.com.br/biografia/>. Acesso em: 9 out. 2021.

SAMPAIO, C. P.; MARTINS, R. F. F. **A modelagem 3d virtual e a impressão 3d como ferramentas de apoio ao aprendizado na educação infantil**: viabilidade e possibilidades de aplicação. [S. l.: s. n], 2013.

SANS CH04 Chalumeau Clarinets de Madera de Olivo. *In*: AMAZON. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.amazon.com/SANS-CH04-Chalumeau-Olive-Clarinets/dp/B00OD3KNAM>. Acesso em: 15 out. 2019.

SANTOS, K. S. *et al.* O uso de triangulação múltipla como estratégia de validação em um estudo qualitativo. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 655-664, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020252.12302018>. Acesso em: 9 out. 2021.

SANTOS, R.; FUJÃO, C. **Antropometria**. Évora: Universidade de Évora, 2003. Disponível em: http://lars.mec.ua.pt/public/LAR%20Projects/Humanoid/2009_RemiSabino/Papers/Antropometria_Universidade%C3%89vora.pdf. Acesso em: 9 out. 2021.

SAXONETTE Jupiter JRS700. *In*: REVERB. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://reverb.com/item/15166249-saxonette-jupiter-jrs700>. Acesso em: 9 out. 2021.

SCHAFFER, R. M. **O ouvido pensante**. São Paulo: Unesp, 1992.

SILVA, A. V. **Desenvolvimento de um cabeçote extrusor de massas cerâmicas para manufatura aditiva**. 2014. 130 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9481>. Acesso em: 9 out. 2020.

SILVA, D. C. M. Ondas Estacionária. *In*: BRASIL ESCOLA. [S. l.], 28 fev. 2012. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas-estacionarias.htm>. Acesso em: 9 out. 2021.

SILVA, M.; RAMIRES, R. Determinação do tipo facial: cefalometria, antropometria e análise facial. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FONOAUDIOLOGIA, 16., 2008, Campos do Jordão/. **Anais [...]**. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2008.

SILVA, R. S.; VIEIRA DOS REIS, A. Prototipação em design centrado no usuário no desenvolvimento de simuladores de direção: um estudo de caso. *In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE DESIGN DE INTERAÇÃO*, 4., 2012, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: [s. n.], 2012.

SILVÉRIO, K. C. A. *et al.* Avaliação vocal e cervicoescapular em militares instrumentistas de sopro. **Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 497-504, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-80342010000400005>. Acesso em: 9 out. 2021.

SOPRO e controle de respiração. *In: COLÉGIO MAXIMUS*. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://www.maximuscolegio.com.br/sopro-e-controle-de-respiracao/>. Acesso em: 9 out. 2021.

SURRADOR, S. R. B. **Mobiliário escolar infantil**: recomendações para o seu design. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Design Industrial) – Escola Superior de Artes e Design, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

SUZUKI, S. **Educação é amor**. 2. ed. Santa Maria: Palotti, 1994.

TEIXEIRA, E. B. A análise de dados na pesquisa científica: importância e desafios em estudos organizacionais. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 1, n. 2, p. 177-201, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2003.2.177-201>. Acesso em: 9 out. 2021.

TEIXEIRA, P. J. S. **Protocolo de avaliação orofacial**: um contributo para a sua revisão e validação. 2015. 62 f. Relatório (Mestrado em Terapia de Fala) – Santa Casa de Misericórdia de Lisboa, Escola Superior de Saúde do Alcoitão, Lisboa, 2015. Disponível em: https://comun.rcaap.pt/bitstream/10400.26/9608/1/Paulo%20Teixeira_Relat%C3%B3rio%20Final.pdf. Acesso em: 9 out. 2021.

TESSITORE, A. *et al.* **Práticas clínicas em motricidade orofacial**. São Paulo: Pulso Editorial, 2014.

THE HANSON Chalumeau In Bb. *In: AMAZON*. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.amazon.co.uk/The-Hanson-Chalumeau-in-Bb/dp/B077PDW6DX>. Acesso em: 9 out. 2021.

TOSSINI, R. B. **Aprender improvisando**: o papel da improvisação na aprendizagem da clarineta com crianças entre 6 e 11 anos. 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado em Música) – Programa de Pós-Graduação Música em Contexto, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26512/2014.10.D.17555>. Acesso em: 9 out. 2021.

TRICHET, P. **Traité des instruments de musique**: vers 1640. Publié avec une introduction et des notes par François Lesure. Abbeville: Sociétt de musique d'autrefois, 1957.

TUBOS Sonoros. *In: SÓ FÍSICA*. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos.php>. Acesso em: 9 out. 2021.

TUPIAN Chalumeaus. *In: TUPIAN. Bad Camberg, 2019. Disponível em: <https://www.tupian.de/tupian-chalumeaus>. Acesso em: 9 out. 2021.*

UEO, N. **Musette de cour**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: http://homepage.mac.com/muzette/Eng.File/main_eng/00index.html. Acesso em: 30 jun. 2019.

VASCONCELOS, J. **Acústica musical e organologia**. Porto Alegre: Movimento, 2002.

VENOVA: Casual Wind Instrument. *In: YAMAHA. [S. l.], 2019. Disponível em: https://br.yamaha.com/pt/products/musical_instruments/winds/casual_wind_instruments/venova/index.html#d1273016. Acesso em: 24 out. 2019.*

VIDAL, M. C. **Introdução à ergonomia**. Rio de Janeiro: CESERG, 2000. Disponível em: <http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf>. Acesso em: 9 out. 2021.

WESTON, P. **The Clarinettist's companion**. London: Fentone Music, 1976.

YAMAHA First Venova Introduction a Book: Venova Free Ship w/Tracking New. *In: EBAY. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.ebay.ca/itm/YAMAHA-first-Venova-Introduction-A-book-Venova-Free-Ship-w-Tracking-New/283433455747?hash=item41fdf35083:g:m8wAAOSw64NcnWBG>. Acesso em: 28 out. 2019.*

YAMAHA Venova. *In: THOMANN. [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.thomann.de/pt/yamaha_venova.htm. Acesso em: 14 out. 2019.*

ZAMBERLAN, M. C. *et al.* Ergonomic analysis applied to work activities at a pilot plant of oil and gas industry. *In: AREZES, P. et al. Occupational Safety and Hygiene*. London: Routledge, 2013. p. 337-341.

ZAPAROLLI, D. O avanço da impressão 3D. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 276, p. 60-65, fev. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-avanco-da-impressao-3d/>. Acesso em: 9 out. 2021.

ANEXOS

ANEXO I



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
 Programa de Pós-graduação em Música
 R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060
 Telefone: (71) 3283-7886

TERMO DE LIVRE ASSENTIMENTO PARA MENORES DE IDADE

Caro Responsável/Representante Legal:

Gostaríamos de obter o seu consentimento para o menor _____, participar como voluntário da pesquisa intitulada **O CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM IMPRESSÃO 3D: A RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DO INSTRUMENTO E APRENDIZAGEM INSTRUMENTAL INFANTIL**, que se refere à pesquisa de doutorado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Música da UFBA sob orientação do Prof. Dr. Joel Luis Barbosa.

O(s) objetivo(s) deste estudo é produzir um *chalmereau* soprano infantil por meio da impressão 3d específico para crianças de 4 anos de idade.

A forma de participação da sua criança consiste em participar de aulas de chalmereau com 30 minutos de duração no **Projeto Música para Crianças da UnB** durante o primeiro e segundo semestre letivo de 2018.

O nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o anonimato e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários.

Não será cobrado nada, não haverá gastos decorrentes de sua participação, se houver algum dano decorrente da pesquisa, o participante será indenizado nos termos da Lei.

Considerando que toda pesquisa oferece algum tipo de risco, nesta pesquisa o risco pode ser avaliado como a possível não aprendizagem do chalmereau por parte da criança participante.

São esperados os seguintes benefícios da participação: aprendizagens musicais relacionadas ao *chalmereau* soprano e possivelmente uma preparação para a aprendizagem da clarineta.

Gostaríamos de deixar claro que a participação é voluntária e que poderá deixar de participar ou retirar o consentimento, ou ainda descontinuar a participação se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo de qualquer natureza.

Desde já, agradecemos a atenção e a da participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA

Programa de Pós-graduação em Música

R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060

Telefone: (71) 3283-7886

Esse termo terá suas páginas rubricadas pelo pesquisador principal e será assinado em duas vias, das quais uma ficará com o participante e a outra com pesquisador principal.

Rosa Barros Tossini

Endereço: SHCGN 709 – Bloco K – casa 29 – Asa Norte – Brasília – DF

Telefone: (61) 98219-0379

Email: rosabarros1@gmail.com

Eu, _____ (nome do responsável ou representante legal), portador do RG nº: _____, confirmo que Rosa Barros Tossini explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para participação do menor _____ (nome do participante da pesquisa menor de idade) também foram discutidas. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para o menor participar como voluntário desta pesquisa.

Local e data: 01 de março de 2018.

(Assinatura responsável ou representante legal)

Eu, Rosa Barros Tossini obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação na pesquisa.

(Identificação e assinatura do pesquisador responsável)

ANEXO II



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
 Programa de Pós-graduação em Música
 R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060
 Telefone: (71) 3283-7886

TERMO DE LIVRE ASSENTIMENTO PARA MENORES DE IDADE

Caro Responsável/Representante Legal:

Gostaríamos de obter o seu consentimento para o menor _____, participar como voluntário da pesquisa intitulada **O CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM IMPRESSÃO 3D: A RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DO INSTRUMENTO E APRENDIZAGEM INSTRUMENTAL INFANTIL**, que se refere à pesquisa de doutorado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Música da UFBA sob orientação do Prof. Dr. Joel Luis Barbosa.

O(s) objetivo(s) deste estudo é produzir um *chalu^meau* soprano infantil por meio da impressão 3d específico para crianças de 4 anos de idade.

A forma de participação da sua criança consiste em participar de aulas de *chalu^meau* com 30 minutos de duração no Projeto Música para Crianças da UnB durante o segundo semestre letivo de 2018.

O nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o anonimato e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários.

Não será cobrado nada, não haverá gastos decorrentes de sua participação, se houver algum dano decorrente da pesquisa, o participante será indenizado nos termos da Lei.

Considerando que toda pesquisa oferece algum tipo de risco, nesta pesquisa o risco pode ser avaliado como a possível não aprendizagem do *chalu^meau* por parte da criança participante.

São esperados os seguintes benefícios da participação: aprendizagens musicais relacionadas ao *chalu^meuau* soprano e possivelmente uma preparação para a aprendizagem da clarineta.

Gostaríamos de deixar claro que a participação é voluntária e que poderá deixar de participar ou retirar o consentimento, ou ainda descontinuar a participação se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo de qualquer natureza.

Desde já, agradecemos a atenção e a da participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
Programa de Pós-graduação em Música

R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060
Telefone: (71) 3283-7886

Esse termo terá suas páginas rubricadas pelo pesquisador principal e será assinado em duas vias, das quais uma ficará com o participante e a outra com pesquisador principal.

Rosa Barros Tossini

Endereço: SHCGN 709 – Bloco K – casa 29 – Asa Norte – Brasília – DF

Telefone: (61) 98219-0379

Email: rosabarros1@gmail.com

Eu, _____ (nome do responsável ou representante legal), portador do RG nº: _____, confirmo que Rosa Barros Tossini explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para participação do menor _____ (nome do participante da pesquisa menor de idade) também foram discutidas. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para o menor participar como voluntário desta pesquisa.

Local e data: 01 de março de 2019.

(Assinatura responsável ou representante legal)

Eu, Rosa Barros Tossini obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação na pesquisa.

(Identificação e assinatura do pesquisador responsável)

ANEXO III



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
 Programa de Pós-graduação em Música
 R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060
 Telefone: (71) 3283-7886

TERMO DE LIVRE ASSENTIMENTO PARA MENORES DE IDADE

Caro Responsável/Representante Legal:

Gostaríamos de obter o seu consentimento para o menor _____, participar como voluntário da pesquisa intitulada **O CHALUMEAU SOPRANO INFANTIL EM IMPRESSÃO 3D: A RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DO INSTRUMENTO E APRENDIZAGEM INSTRUMENTAL INFANTIL**, que se refere à pesquisa de doutorado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Música da UFBA sob orientação do Prof. Dr. Joel Luis Barbosa.

O(s) objetivo(s) deste estudo é produzir um *chaluimbau* soprano infantil por meio da impressão 3d específico para crianças de 4 anos de idade.

A forma de participação da sua criança consiste em participar de aulas de *chaluimbau* com 30 minutos de duração no **Centro de Desenvolvimento Musical para a Infância Mi Fa Sol La** durante o primeiro semestre letivo de 2019.

O nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o anonimato e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários.

Não será cobrado nada, não haverá gastos decorrentes de sua participação, se houver algum dano decorrente da pesquisa, o participante será indenizado nos termos da Lei.

Considerando que toda pesquisa oferece algum tipo de risco, nesta pesquisa o risco pode ser avaliado como a possível não aprendizagem do *chaluimbau* por parte da criança participante.

São esperados os seguintes benefícios da participação: aprendizagens musicais relacionadas ao *chaluimbau* soprano e possivelmente uma preparação para a aprendizagem da clarineta.

Gostaríamos de deixar claro que a participação é voluntária e que poderá deixar de participar ou retirar o consentimento, ou ainda descontinuar a participação se assim o preferir, sem penalização alguma ou sem prejuízo de qualquer natureza.

Desde já, agradecemos a atenção e a da participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA
 Programa de Pós-graduação em Música
 R. Basílio da Gama, S / N - Canela, Salvador - BA, 40160-060
 Telefone: (71) 3283-7886

Esse termo terá suas páginas rubricadas pelo pesquisador principal e será assinado em duas vias, das quais uma ficará com o participante e a outra com pesquisador principal.

Rosa Barros Tossini
 Endereço: SHCGN 709 – Bloco K – casa 29 – Asa Norte – Brasília – DF
 Telefone: (61) 98219-0379
 Email: rosabarros1@gmail.com

Eu, _____ (nome do responsável ou representante legal), portador do RG nº: _____, confirmo que Rosa Barros Tossini explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para participação do menor _____ (nome do participante da pesquisa menor de idade) também foram discutidas. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para o menor participar como voluntário desta pesquisa.

Local e data: 01 de março de 2019.

 (Assinatura responsável ou representante legal)

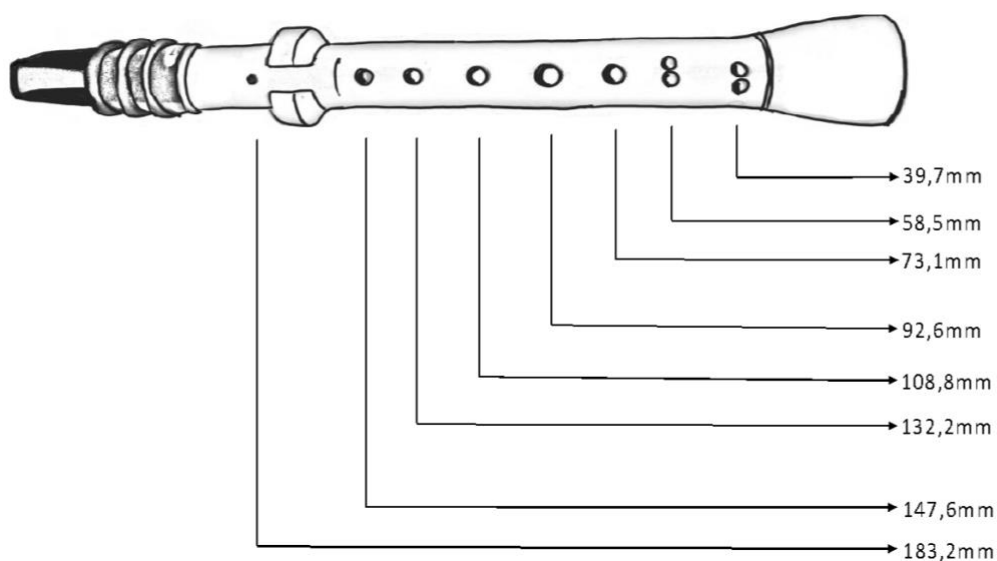
Eu, Rosa Barros Tossini obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação na pesquisa.

 (Identificação e assinatura do pesquisador responsável)

ANEXO IV

Medidas referentes às distâncias do pé ao centro de cada um dos furos do *chalumeau* soprano impresso. Tais medidas estão apresentadas em milímetros. O projeto desse instrumento pode ser acessado em: <https://www.tinkercad.com/things/cSdKf26MQtq-swanky-elzing-maimu/edit> - todavia, faz-se necessário conferir toda as medidas antes de enviar o arquivo para impressão, pois podem ocorrer alterações.

Medidas da parte frontal do *chalumeau*



Medidas da parte posterior do *chalumeau*

