



Universidade de Departamento de Comunicação e Arte
Aveiro

Ano 2011

**MARLENE
FERREIRA
TAVARES**

**PRÁTICA DE EXERCÍCIOS DE
AQUECIMENTO VOCAL: EFEITOS NO
DESEMPENHO CORAL**



Universidade de Departamento de Comunicação e Arte
Aveiro

Ano 2011

**MARLENE
FERREIRA
TAVARES**

**PRÁTICA DE EXERCÍCIOS DE
AQUECIMENTO VOCAL: EFEITOS NO
DESEMPENHO CORAL**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Música, realizada sob a orientação científica da Doutora Filipa Lã, Professora auxiliar convidada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

*Dedico este trabalho aos meus pais
por todo o apoio que me têm
concedido ao longo destes anos, à
minha avó pelos seus
ensinamentos e à minha irmã pela
sua coragem.*

O júri

Presidente

Prof. Doutor António Gabriel Castro Correia Salgado
Professora auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte
da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutor Jorge Matta
Professor auxiliar no Departamento de Ciências Musicais da
Universidade Nova de Lisboa

Prof. Doutora Filipa Martins Baptista Lã
Professora auxiliar convidada do Departamento de
Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Cabe-me prestar o mais profundo dos agradecimentos a todos aqueles que tornaram este trabalho possível.

À Professora Doutora Filipa Lã pela sua disponibilidade, interesse, empenho, dedicação e grande competência nas intervenções deste estudo. Proporcionou-me momentos de muito apoio e força para a realização deste projecto. Para a Professora o meu "*muito obrigada*".

Ao Professor Doutor Johan Sundberg, KTH, Estocolmo, pela sua sabedoria que gentilmente partilhou comigo para tornar este estudo possível.

Ao Professor Svante Granqvist, KTH, Estocolmo, pelos conselhos relativos aos procedimentos para a escolha de microfones.

Ao Sr. António Veiga, técnico do estúdio de gravação do Departamento de Comunicação e Arte, pela sua disponibilidade e atenção concedida às necessidades técnicas deste projecto.

Finalmente, ao Maestro António Mário Pinto da Costa e coralistas do *Coro de Santa Joana* de Aveiro que participaram voluntariamente no estudo. Destaco a sua curiosidade por este projecto e a disponibilidade para as gravações. Sem eles a concretização do estudo seria impossível.

Palavras – chave

Exercícios de aquecimento vocal; Acústica; Otimização da Performance Coral

Resumo

A realização de exercícios de aquecimento vocal é comumente considerada uma acção preparatória benéfica para o canto. No entanto, os seus efeitos na produção vocal coral ainda não foram sistematicamente compreendidos. Procedeu-se à gravação de um ensemble vocal amador constituído por 16 coralistas, antes e após a realização de exercícios de aquecimento. Para estas duas condições, foram gravadas duas tarefas vocais constituídas de sequências de acordes: (a) acordes de Sol Maior, Dó Maior, Ré Maior e Sol Maior, todos no estado fundamental; e (b) acordes de Sol Maior, Dó Maior, Ré Maior e novamente Ré Maior, também no estado fundamental. As duas sequências de acordes foram cantados em *messa di voce* usando a vogal /a/. Estas tarefas vocais foram gravadas de duas formas: (i) gravação individual dos coralistas; e (ii) gravação do ensemble. Para análise e comparação, foram extraídos um acorde de cada sequência: (i) da 1ª sequência o acorde de Dó Maior no estado fundamental; e (ii) da 2ª sequência o acorde de Sol Maior. Da primeira gravação foram analisadas medidas de perturbação, i.e. *Jitter*, *Shimmer* e *Harmonics-to-noise ratio*; da segunda gravação foram analisadas as características acústicas do ensemble através de espectrografia de longa duração. Estas medidas foram comparadas para as duas condições: antes e após a realização dos exercícios de aquecimento vocal. Os resultados sugerem um efeito positivo da prática de exercícios de aquecimento: (i) valores de *Jitter* e *Shimmer* para o acorde de Sol Maior da 2ª sequência revelaram-se significativamente mais reduzidos, sugerindo maior estabilidade vocal; (ii) a intensidade das formantes aumentou, sugerindo menor esforço vocal.

Keywords

Vocal warm-up exercises; Acoustic analysis of voice production; Choral performance optimization

Abstract

Vocal warm-up is commonly regarded as a beneficial prelude to singing. However, its effect on voice function, particularly with respect to choral singing, has not yet been systematically analysed. We recorded a total of 16 members of an amateur choir before and after vocal warm-up. The ensemble sang two versions of a *mesa di voce* on the vowel /a/ with differing distributions of pitches: one including and the other excluding tones in the *passaggio* regions of the soprano, tenor and bass voices. Two types of microphones were used (i) directional microphones fastened by sell taped to each singer's nose; and (ii) an omnidirectional microphone placed in front of the ensemble. The recordings made with the directional microphones were analyzed using the Praat software, so that perturbation measures (i.e. *Jitter*, *Shimmer* and *Harmonics-to-noise ratio* (HNR)) of the individual voices could be analysed and compared between the two conditions (i.e. before and after warm-up). The recordings made with the omnidirectional microphone of the ensemble were analysed using the long-term-average spectrum (LTAS) tool of the SoundSwell workstation program and compared between conditions. A statistically significant effect of the warm-up was found on perturbation measures in the sequence that included *passaggio* tones. i.e., in the vocally more demanding task. The LTAS analysis of the same vocal task suggested that formant frequencies tended to be somewhat lower after the warm-up, presumably reflecting a general trend to a lower larynx position and hence to more relaxed phonation after warm-up. The results thus support the assumption that the vocal warm-up had a beneficial effect on the choristers' voices individually and on the choral sound.

INDICE

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO	3
1.2. MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO	6
1.3. OBJECTIVOS	6
1.4. ESTRUTURA DA TESE	7
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	11
2.1. FISIOLOGIA DA FONAÇÃO	11
2.2. FACTORES QUE INTERFEREM NO DESEMPENHO CORAL	15
2.3. OS EFEITOS DE EXERCÍCIOS DE AQUECIMENTO VOCAL EM CONTEXTO INDIVIDUAL	22
3. MÉTODOS	33
3.1. INTRODUÇÃO	33
3.1.1 OBJECTIVOS	33
3.1.2 HIPÓTESES A TESTAR	33
3.2. ESTUDO EXPERIMENTAL	34
3.2.1 PARTICIPANTES E RECRUTAMENTO	35
3.3. MATERIAIS	36
3.3.1 MICROFONES	36
3.3.2 MESA DE MISTURA E INTERFACES	36
3.3.3 PROGRAMA TONE GENERATOR E MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA	37
3.3.4 COMPUTADORES	37
3.3.5 SOFTWARE DE GRAVAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS ACÚSTICOS	37
3.3.6 SOFTWARE DE ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
3.3.7 MATERIAL AUTOCOLANTE	39
3.3.8 FITA MÉTRICA	39
3.3.9 CÂMARA DE FILMAR	39
3.3.10 MATERIAL AUDIOVISUAL	40
3.4. PROCEDIMENTOS PARA A RECOLHA DE DADOS	40
3.4.1 LOCAL DAS GRAVAÇÕES	40
3.4.2 ANÁLISE DE DADOS	45
4. RESULTADOS	51
4.1. INTRODUÇÃO	51
4.2. MEDIDAS DE IRREGULARIDADE VOCAL PARA CADA CORALISTA	51
4.2.1 JITTER 1 – Acorde de Dó Maior	53
4.2.3 SHIMMER 1 – Acorde de Dó Maior	56
4.2.4 SHIMMER 2 – Acorde de Sol Maior	58
4.2.5 HNR 1 – Acorde de Dó Maior	60
4.2.6 HNR 2 – Acorde de Sol Maior	61

4.3.	LTAS DO ENSEMBLE CORAL	63
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	69
5.1.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	73
5.2.	IMPLICAÇÕES PARA O FUTURO	73
5.3.	CONCLUSÃO	74
6.	Referências bibliográficas	79
7.	APÊNDICES	83
	O GESTO DO MAESTRO	85
	GRAVAÇÕES DO ENSEMBLE	87
	GRAVAÇÕES INDIVIDUAIS	89

INDICE DE TABELAS

TABELA 1 Diferenças encontradas na afinação e no vibrato em tempo normal e lento	18
TABELA 2 Representação esquemática do desenho do estudo	34
TABELA 3 Média e desvio padrão dos valores de Jitter para cada coralista nas condições sem e com aquecimento, para o acorde de Dó M e o acorde de Sol M	52
TABELA 4 Média e desvio padrão dos valores de Shimmer para cada coralista nas condições sem e com aquecimento, para o acorde de Dó M e o acorde de Sol M	52
TABELA 5 Média e desvio padrão dos valores de HNR para cada coralista nas condições sem e com aquecimento, para o acorde de Dó M e o acorde de Sol M	54
TABELA 6 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de Jitter 1 sem aquecimento e Jitter 1 com aquecimento	56
TABELA 7 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de Jitter 2 sem aquecimento e Jitter 2 com aquecimento	57
TABELA 8 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de Shimmer 1 sem aquecimento Shimmer 1 e com aquecimento	59
TABELA 9 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de Shimmer 2 sem aquecimento e com aquecimento	60
TABELA 10 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de HNR 1 sem aquecimento e com aquecimento	62
TABELA 11 Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de HNR 2 sem aquecimento e com aquecimento	62
TABELA 12 Tipos de vozes masculinas e femininas e respectivas zonas de passagem	72

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Representação histológica da prega vocal	11
FIGURA 2 Representação esquemática do ciclo vibratório das pregas vocais e a configuração das mesmas nas diferentes fases que constituem o ciclo	12
FIGURA 3 Representação esquemática do modelo que representa os parâmetros responsáveis pela vibração das pregas vocais	13
FIGURA 4 Microfones binaurais	21
FIGURA 5 Printscreen do software pro tools utilizado nas gravações multicanais das 16 vozes coralistas	38
FIGURA 6 Representação esquemática das diferentes perspectivas da colocação dos microfones cardióides nos coralistas	41
FIGURA 7 Disposição dos coralistas durante as gravações a uma distância equitativa de 100 cm. O maestro representa o local de colocação do microfone omnidireccional, colocado em frente da tela de projecção da imagem do maestro a dirigir	41
FIGURA 8 Exercícios de aquecimento usados no estudo	42
FIGURA 9 Representação da 1ª tarefa vocal; 1ª sequência de acordes cantada com identificação do acorde extraído para análise, i.e. acorde de Dó M no estado fundamental	44
FIGURA 10 Representação da 2ª tarefa vocal; 2ª sequência de acordes cantada com identificação do acorde extraído para análise, i.e. acorde de Sol M no estado fundamental	44
FIGURA 11 Imagem ilustrativa de um momento de uma sessão de gravações	45
FIGURA 12 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de Jitter 1, i.e. acorde de Dó M sem aquecimento e com aquecimento	53
FIGURA 13 Comparação da média dos valores de Jitter 1 sem e com aquecimento	54
FIGURA 14 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de Jitter 2, i. e. para o acorde de Sol M sem aquecimento e com aquecimento	55

FIGURA 15 Comparação da média dos valores de Jitter 2 sem e com aquecimento	56
FIGURA 16 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de Shimmer 1 sem aquecimento e Shimmer 1 com aquecimento	57
FIGURA 17 Comparação da média dos valores de Shimmer 1 sem e com aquecimento	58
FIGURA 18 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de Shimmer 2 sem aquecimento Shimmer 2 com aquecimento	58
FIGURA 19 Comparação da média dos valores de Shimmer 2 sem e com aquecimento	59
FIGURA 20 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de HNR 1 sem aquecimento e HNR 1 com aquecimento	60
FIGURA 21 Comparação da média dos valores de HNR 1 sem e com aquecimento	61
FIGURA 22 Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de HNR 2 sem aquecimento e HNR 2 com aquecimento	61
FIGURA 23 Comparação da média dos valores de HNR 2 sem e com aquecimento	62
FIGURA 24 Representação LTAS do acorde de Dó M sem e com aquecimento vocal	63
FIGURA 25 LTAS do acorde de Sol M para as condições sem e com aquecimento vocal	64
FIGURA 26 Representação gráfica da diferença de valores de LTAS entre as condições sem e com aquecimento para os acordes de Dó Maior e Sol Maior	64
FIGURA 27 LTAS representativo da diferença de valores para as condições sem e com aquecimento para a o acorde de Dó M	65
FIGURA 28 LTAS representativo da diferença entre condições sem e com aquecimento para o acorde de Sol M	66

CAPÍTULO 1:

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO

Das actividades musicais acessíveis a todos os indivíduos, independentemente da idade e da presença ou ausência de conhecimentos musicais, cantar em coro é uma das mais preferidas, logo a seguir à audição de música da preferência do indivíduo (Ternström, 1991). Esta procura frequente e crescente por actividades que envolvam cantar em conjunto talvez possa estar relacionada com o facto de que cantar em coro possui efeitos benéficos, tanto a nível individual como social. Resultados de estudos prévios sugerem que cantar em coro promove a satisfação musical individual (Ternström, 1991), contribui para o bem-estar emocional e físico em geral (Kreutz et al., 2003) e estimula o desenvolvimento cognitivo e a capacidade de concentração (Clift et al., 2007). A participação num compromisso regular de grupo também pode promover suporte social positivo aos indivíduos, fortalecendo os laços sociais e afectivos entre os diferentes membros de grupo (Ibid.).

“O canto coral, na sua essência, consiste em relações. Tais relações ocorrem entre sons que cantores criam em conjunto quer em ambientes específicos, quer com particulares estilos de literatura coral escrita ou improvisada. Talvez o mais importante, é o facto do canto coral criar relações entre as pessoas que participam nos seus vários fenómenos, assim como cantores, maestros ou ouvintes.” (citado em Daugherty, 2003: 1)¹.

Apesar dos benefícios constatados inerentes à prática do canto coral e ao crescente número de coros, são ainda poucos os estudos que descrevem e compreendem os fenómenos acústicos, fisiológicos, psicológicos, sociais e culturais concomitantes a esta actividade musical tão particular (Sundberg, 1987).

Desde os primórdios da evolução da espécie humana que a voz é utilizada como veículo de comunicação musical, mesmo antes da sua utilização como forma de comunicação verbal

¹ Tradução realizada pela autora, a partir de: *“Choral singing, at heart, is about relationships. Such relationships occur among the sounds that singers jointly create in partnership both with specific venues and with particular kinds of scored or improvised choral literature. Perhaps more importantly, choral singing engenders relationships among the people who participate in its various phenomena, whether as singers, conductors, or listeners”* (citado em Daugherty, 2003: 1).

(Fitch, 2006). No coro, o meio de comunicação entre os diferentes membros, o seu maestro e a audiência é a voz cantada que, de acordo com a estética e exigências estilísticas do repertório interpretado, exige treino e adaptações neuromusculares específicas e conscientes. Estas devem ser planeadas e aplicadas de uma forma automatizada para alcançar os diferentes tipos de emissão vocal pretendidos (Behlau, 2001). Um coralista, à semelhança do que acontece com um cantor solista, tem que aprender a usar a sua voz em contextos musicais e artísticos específicos, já que as necessidades vocais em contextos de coro são específicas e diferentes das do canto a solo (Sundberg, 1987). Assim, a aquisição de competências específicas à voz coralista envolve também um processo longo de aprendizagem (Ibid).

Acrescida destas especificidades, a qualidade musical de um coro depende não só das competências vocais e musicais dos seus coralistas mas também das capacidades musicais do maestro. Em qualquer formação coral, umas das principais tarefas do director musical é preparar o coro de modo a que este seja capaz de produzir uma sonoridade que tenha por base a fusão e homogeneidade das vozes (Busch, 1984). É na aquisição destas capacidades que a prática de exercícios de aquecimento específicos pode ser determinante. Maestros mais experientes chegam mesmo a desenhar os seus próprios exercícios de aquecimento específicos não só para a homogeneidade de timbres e vogais, mas também de acordo com as próprias vozes que constituem o coro (Camp, 1972; Robinson & Althouse, 1995). É possível que a diferença da qualidade sonora de um coro amador da de um coro profissional esteja relacionada com o conhecimento que o maestro possui das características vocais de cada coralista e como as adequa em contexto coral, pois a massa sonora de um coro em uníssono deriva da junção de várias vozes individuais, conceito descrito em estudos prévios como “*chorus effect*”:

“(...) a combinação de sons produzidos por várias fontes que são semelhantes mas que não se correlacionam ao nível do sinal acústico sonoro (...)”(citado em Jers & Ternström, 2005: 1).²

² Tradução realizada pela autora a partir de: “...the combined sound of many sources that are similar but uncorrelated at the level of the waveform of the sound...” (citado em Jers & Ternström, 2005: 1).

Segundo Behlau (2001), o aquecimento vocal integra duas componentes: a preparação fisiológica para a fonação e a destreza artística coral. A primeira pretende a aquisição de competências no domínio da técnica vocal, i.e. aquisição de comportamentos neuromusculares finos e competências aerodinâmicas que permitem o controlo da voz como instrumento musical. Tal como acontece com a voz solista, os exercícios vocais são praticados pelos coralistas na fase de preparação de respostas neuromusculares rápidas e ajustadas a cada tarefa vocal exercida durante uma performance musical. Estes exercícios são também usados com a finalidade de evitar a sobrecarga, o uso inadequado da voz e a fadiga vocal (Costa & Andrade, 1998). A segunda tem como principal objectivo ajustar o timbre e a afinação das vozes individuais, para que o resultado final seja uma sonoridade homogénea. Num contexto de performance vocal coral, os exercícios de aquecimento podem também ser usados para atingir uma maior fusão e equilíbrio sonoros, aumentar a flexibilidade e a agilidade vocais e melhorar a dicção e a articulação (Busch, 1984). Assim, compreende-se que uma das várias competências esperadas de um maestro consiste em realizar as necessárias correcções durante o momento de aquecimento de forma a atingir estes objectivos tão importantes à sonoridade e funcionalidade da voz coral (Ibid).

Apesar de empiricamente a prática de exercícios de aquecimento ser reconhecida como importante à optimização vocal do cantor (Amir et al., 2005), são ainda desconhecidas as consequências vocais da prática desses exercícios. Questões como: (i) que efeitos fisiológicos e aerodinâmicos reflectidos no sinal acústico podem ser observados como consequência da prática destes exercícios; ou (ii) que tipos de exercícios de aquecimento são mais eficientes; ou ainda (iii) que durabilidade média devem ter estes exercícios para surtirem um efeito positivo na voz do cantor não foram ainda respondidas, especialmente no que concerne a efeitos vocais em contextos de voz coral. Assim sendo, o presente projecto pretende contribuir para o desenvolvimento desta área de investigação, ao pretender compreender fenómenos que possam contribuir para a optimização vocal em contexto coral, mais especificamente relacionados com os efeitos do aquecimento vocal.

1.2. MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO

A motivação para a realização deste estudo surge não só pela lacuna existente na literatura científica neste domínio, mas também pelo interesse pessoal e experiência profissional da autora enquanto maestrina. A realização de exercícios de aquecimento vocal é uma prática comum em todos os coros, no entanto, dever-se-á compreender o porquê da necessidade ou não desta prática.

“Durante muitos anos foram vistos demasiados coros a cantar muitos exercícios de aquecimento sem um objectivo. (...) todos os exercícios de aquecimento têm que ter um objectivo.” (citado em Robinson & Althouse, 1995:3)³.

As estratégias planeadas por um maestro para um ensaio de um coro ou uma performance coral deverão possuir um propósito específico, de forma a permitir a obtenção dos resultados esperados e da evolução do grupo como um todo. Assim, e tendo em conta a experiência pessoal da autora, quer como maestrina quer como antiga coralista, o interesse pessoal desta pesquisa remete-se à necessidade de compreensão dos efeitos de aquecimento coral na voz do coralista e no resultado sonoro final.

1.3. OBJECTIVOS

Dos diferentes aspectos que determinam a qualidade vocal em contextos de coro, estudos prévios têm-se focado principalmente sobre os seguintes aspectos: (i) formas de melhorar a afinação de um coro; (ii) a influência da acústica das salas de concerto na qualidade sonora do coro; (iii) a interacção sonora entre os diferentes coralistas e relação com a disposição física dos mesmos em palco; e (iv) formas de promover a fusão das diferentes vozes que constituem o coro (Ternström, 1991). Como a maior parte destes factores pode ser investigado através da análise das características acústicas da voz de cada coralista e da qualidade acústica do conjunto, (ao contrário de outros aspectos como a comunicação emocional e musical do ensemble, cujas análises seriam bem mais complexas), o presente estudo poder-se-á incluir na área de investigação de acústica coral.

³ Tradução realizada pela autora a partir de: *“For too many years we have seen too many choirs sing too many warm-ups without a purpose. (...) every warm-up must have a purpose.”* (citado em Robinson & Althouse, 1995:3).

Enquanto maestrina, a autora considera fundamental na progressão musical de um coro o conhecimento, por parte do maestro, de formas de optimização vocal. Assim, este estudo pretende investigar os efeitos da prática de exercícios de aquecimento vocal nos padrões acústicos representativos de regularidade e eficiência vocais a nível individual, e o seu impacto na qualidade vocal geral do conjunto. Em suma, pretende-se:

- (i) descrever os efeitos do aquecimento vocal na regularidade de vibração das pregas vocais termos de frequência (i.e. Jitter), amplitude (i.e. Shimmer) e distribuição de componentes harmónicos relativamente aos componentes inarmónicos (harmonics-to-noise ratio – HNR) na voz de cada coralista;
- (ii) identificar possíveis efeitos da prática destes exercícios nas características acústicas do espectro harmónico do conjunto sonoro (i.e. de todas as vozes em conjunto).

1.4. ESTRUTURA DA TESE

Tem-se assistido ao longo dos anos a um crescente número de coros amadores e semiprofissionais, em vários países, incluindo Portugal, constituídos por indivíduos de diferentes faixas etárias, grupos sociais e backgrounds musicais. Muitos destes grupos, devido à sua importância a nível individual, cultural e social, acabam por evoluir qualitativamente, alcançando o profissionalismo (Jers & Ternström, 2005). Tendo em conta o número reduzido de estudos no âmbito do “*chorus effect*” em geral (Sundbeg, 1987), é importante que se realizem projectos de investigação que contribuam para a compreensão, e assim optimização da performance vocal em contexto coral. Assim, apresenta-se de seguida um documento científico elaborado com o intuito de contribuir para a expansão deste campo de investigação em acústica coral e optimização vocal em contextos de ensemble, que se encontra estruturado em três partes principais: (i) uma revisão bibliográfica dos estudos mais relevantes no âmbito de investigação sobre performance vocal em ensemble e dos efeitos do aquecimento vocal na voz; (ii) uma descrição da componente experimental deste projecto, apresentando os métodos seguidos para a recolha e análise de dados, respectivos resultados e consequente discussão; e (iii) uma discussão de implicações futuras dos resultados deste estudo e direcções a tomar em futuros projectos de investigação que visem a optimização da performance vocal em contextos de ensemble.

CAPÍTULO 2:
CONTEXTUALIZAÇÃO

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Diferentes contextos performativos vocais (ex. a solo ou em ensemble), e diferentes géneros musicais (como o erudito, pop/rock, jazz, ou folclore) exigem diferentes competências e interpretações vocais (Sundberg, 1987). Assim, antes de descrever quais as especificidades associadas ao canto coral e em que medida os exercícios de aquecimento podem contribuir para a optimização vocal coral, será importante possuir uma breve noção sobre funcionamento do instrumento vocal, do ponto de vista fisiológico e acústico, num contexto solista, e depois quais as especificidades funcionais deste instrumento em contextos de ensemble vocal.

2.1. FISIOLOGIA DA FONAÇÃO

A voz resulta da actividade conjunta de vários sistemas, nomeadamente respiratório, laríngeo e ressoador/articulatório (Sundberg, 1987). A laringe responde a estímulos de pressão e velocidade de fluxo de ar produzidos nos pulmões, produzindo diferentes modos de adução e abdução das pregas vocais e diferentes padrões vibratórios. As pregas vocais podem ser divididas em 3 partes, do ponto de vista mecânico e vibratório: mucosa, ligamento (i.e. diferentes camadas de lamina própria) e músculo (i.e. vocalis). A mucosa da prega vocal é formada pelo epitélio e pela camada superficial da lâmina própria. O ligamento é formado pelas restantes camadas da lâmina própria e a parte mais interna é o músculo vocal (ver Figura 1).

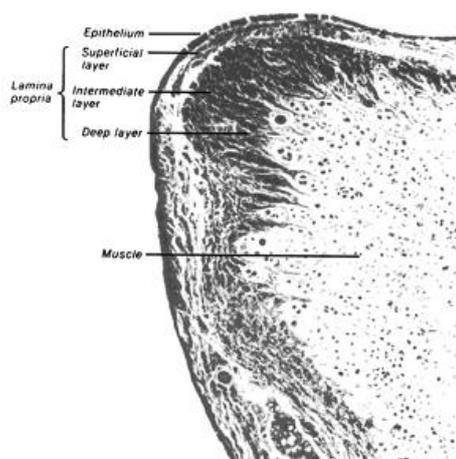


Figura 1: Representação histológica da prega vocal com as diferentes camadas de tecido que constituem as pregas vocais, nomeadamente o epitélio (camada mais exterior). A lâmina própria, constituída por 3 camadas com propriedades mecânicas diferentes (camada superficial, intermédia e interna) e o músculo (adaptado de Sataloff et al., 2007: 912).

Embora o ligamento da prega vocal seja uma estrutura rígida, a mucosa é uma área extremamente móvel capaz de vibrar em consequência do fluxo de ar transglótica, tal como se encontra representado na Figura 2.

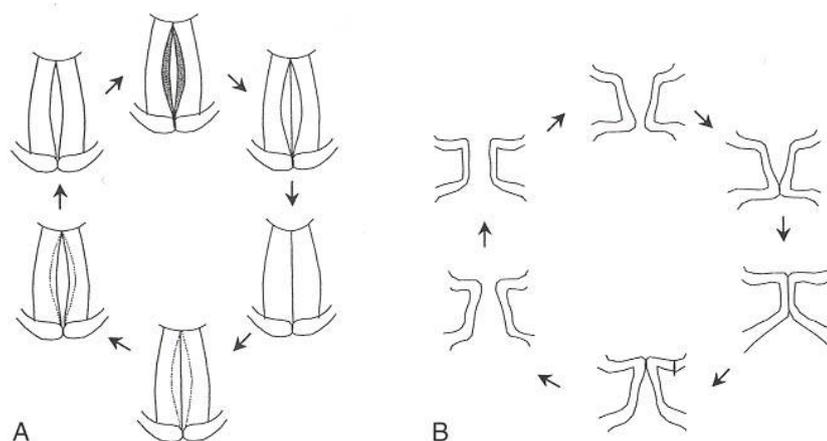


Figura 2: Representação esquemática do ciclo vibratório das pregas vocais (A) e a configuração das mesmas nas diferentes fases que constituem o ciclo (B) (adaptado de <http://www.fag.edu.br/professores/karin/Fonoaudiologia/Morfofisiologia%20da%20Comunica%E7%E3o/Anatomia%20da%20laringe.pdf>; acessido no dia 6 de Maio de 2005 às 22:15)

De uma forma geral, o processo de vibração das pregas vocais pode ser compreendido como o resultado dos diferentes factores que, concomitantemente, actuam no momento de vibração, e que se encontram representados na Figura 3: (i) pressão subglótica (P_{sub}), factor responsável pela abertura das pregas vocais; (ii) características elásticas das pregas vocais, geradoras da força responsável pelo retorno das pregas vocais à sua posição original; (iii) e o efeito de Bernoulli, que explica em parte a manutenção de vibração das pregas vocais (Menaldi, 1992). Como a pressão exercida num fluído é tanto mais baixa quanto menor for o diâmetro do tubo onde circula, quando o ar é expelido da glote, cria-se uma pressão negativa que cria um efeito de sucção das pregas vocais. Quanto maior a capacidade de mobilidade da mucosa das pregas vocais (efeito relacionado com a sua viscosidade), maior será o impacto no efeito de Bernoulli na colisão das pregas vocais e conseqüentemente no encerramento da glote durante o ciclo vibratório. Esta teoria complementa-se com a Teoria Mioelástica de Elward (Menaldi, 1992), a qual defende que a P_{sub} e a tensão das cordas vocais são os principais parâmetros responsáveis pelas características do som emitido. Segundo esta teoria, a vibração das pregas vocais é considerado como um processo passivo-reflexivo, consequência destes parâmetros (Ibid).

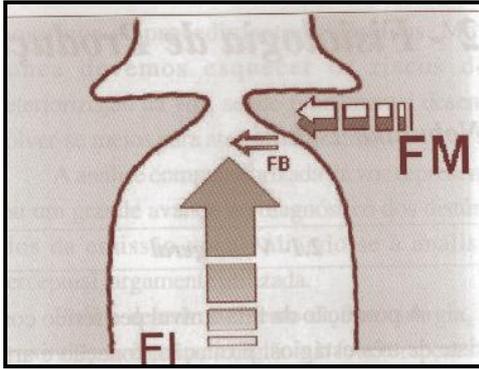


Figura 3: Representação esquemática do modelo que representa os parâmetros responsáveis pela vibração das pregas vocais. Pressão subglótica. FB: Força de Bernoulli. FM: Força Mioelástica. (Adaptado de <http://www.fag.edu.br/professores/karin/Fonoaudiologia/Morfofisiologia%20da%20Comunica%E7%E3o/Anatomia%20da%20laringe.pdf>; acedido no dia 6 de Maio de 2005 às 22:15).

Os diferentes graus de adução e abdução das pregas vocais, dependentes de P_{sub} e velocidade do ar transglótico, vão produzir diferentes padrões vibratórios das pregas vocais, que por sua vez correspondem a diferentes qualidades vocais. A propagação do som primário no tracto vocal dependerá da qualidade deste som primário e da manipulação das estruturas que constituem o tracto vocal, de acordo com os diferentes padrões articulatorios (ex. mandíbula, língua, dentes) (Guimarães, 2007). Assim, o timbre vocal resulta de diferentes combinações de formas adoptadas pelo tracto vocal e estruturas articulatorias, que modificam o som primário produzido pelo ar transglótico e consequente vibração das pregas vocais (Sundberg, 1987). Aspectos de dinâmica vocal são da responsabilidade da pressão subglótica gerada, enquanto que diferentes frequências de fonação resultam de ajustes a nível dos músculos intrínsecos da laringe (músculos cricotiroideu, tiroaritnoideus e cricoaritnoideus). Assim, compreende-se que os factores fisiológicos que poderão afectar as características vocais e a qualidade vocal individual são:

(a) o nível de P_{sub} , responsável pela produção de diferentes intensidades: quanto maior for a pressão subglótica maior será também a intensidade sonora produzida;

(b) o grau de tensão e distensão das pregas vocais, determinante na frequência de fonação: as mudanças de registo são da responsabilidade dos músculos extensores e tensores da laringe. Os músculos tensores. (i.e. tiroaritnoideu), são responsáveis pela produção de notas em registo mais grave. Contrariamente, os músculos extensores (i.e. cricotiroideu e cricoaritnoideu lateral), quando contraídos permitem produzir frequências mais agudas.

Assim, a coordenação entre os músculos extensores e tensores das pregas vocais permitem a produção de frequências de acordo com as exigências das tarefas vocais a realizar;

(c) a força de adução que se traduz no tipo de fonação (ex. larga, soprada e normal): quanto maior for a força de adução, mais forçada será a fonação (i.e. hiperfonação). Os tipos de fonação são determinantes a uma normal e saudável fonação do ponto de vista fisiológico. Por exemplo, estudos prévios sugerem que a hiperfonação está associada ao desenvolvimento de casos de patologia vocal (Sonninen & Laukkanen, 2003).

Tendo em atenção a complexidade resultante da necessária interacção entre estes diferentes factores que actuam, de forma articulada e concomitantemente na produção vocal, entende-se que a mesma resulta de um processo complexo. Assim, compreende-se que esta complexidade será ainda maior quando a produção vocal é feita não na comunicação verbal, mas na comunicação artística, como no canto (Lã et al., 2007). De facto, para além da qualidade vocal oriunda da articulação dos diferentes sistemas que constituem a voz como um instrumento de comunicação, a performance artística envolve ainda a conjugação de dois outros fenómenos igualmente importantes e determinantes na realização de uma performance artística otimizada: (i) a musicalidade, entendida como a capacidade para traduzir a informação contida na partitura e assim as intenções do compositor; e (ii) a habilidade para usar a voz como veículo de comunicação emocional (Radionoff, 2008). Assim, compreende-se que a criação de uma performance óptima a nível do canto solista é um fenómeno complexo, pois advém de um processo multifuncional dinâmico:

“Um dos principais desafios para o cantor é adquirir conhecimento de como desenvolver e manter um conjunto particular de comportamentos musicais e culturais específicos usando um instrumento que não é visível e no qual os componentes funcionais mudam fisicamente através do tempo” (citado em Parncutt, 2002: 253).⁴

⁴ Traduzido pela autora a partir de: *“One of the principal challenges for the singer is to acquire an understanding of how to develop and maintain a particular set of culturally specific musical behaviors using an instrument that is not visible and in which the functional components change physically across the lifespan”* (citado em Parncutt, 2002: 253).

Aplicando esta complexidade à performance vocal em ensemble, em que diferentes indivíduos possuem as suas próprias estratégias performativas vocais, torna-se extremamente difícil compreender os fenómenos que estão na base de uma performance coral otimizada. Desta forma, a secção que se segue pretende explorar alguns dos aspectos que poderão influir na performance vocal em ensemble, permitindo ao leitor compreender a motivação inerente a este estudo: averiguar a importância do aquecimento vocal na performance vocal coralista.

2.2. FACTORES QUE INTERFEREM NO DESEMPENHO CORAL

A qualidade performativa de um coro depende naturalmente das capacidades vocais e musicais dos coralistas, e da qualidade de interacção entre os diferentes constituintes do grupo e o maestro. Pondo de lado a comunicação entre maestro e coralistas, uma vez que não inclui aspectos directamente envolvidos e de interesse ao âmbito deste estudo, compreende-se que são vários os factores que podem interferir com a qualidade do desempenho vocal coral, tais como: 1) afinação; 2) acústica da sala; 3) disposição do coro na sala de concerto e 4) fusão das diferentes vozes (“*chorus effect*”).

No que diz respeito à **afinação**, os motivos que se destacam como potenciadores de dificuldades no controlo da afinação são:

(i) A dificuldade da tarefa vocal: erros de afinação são mais comuns na execução de melodias rápidas do que mais lentas. Também a realização de uma passagem em *staccato* torna-se mais delicada em termos de afinação do que a mesma realizada em *legato* (Mürbe et al., 2002).

(ii) O nível de técnica vocal e capacidades musicais de cada coralista: a presença de uma técnica vocal sólida melhora o feedback cinestésico de um cantor, levando-o a tomar consciência dos aspectos que devem ser melhorados de forma a possuir um controlo cada vez maior do seu instrumento (Burns, 1999).

(iii) O feedback auditivo: estudos prévios demonstraram que a afinação dos coralistas depende da distância a que se encontram dos seus colegas vizinhos e da intensidade sonora com que estes cantam (Daugherty, 2003). A acústica da sala de ensaios e de performance também é um factor que influencia na afinação, por modificar a sensação auditiva dos diferentes coralistas (Ibid).

A forma como cada um destes factores poderá afectar o desempenho vocal coral será em seguida abordada mais pormenorizadamente.

(i) A dificuldade da tarefa vocal

De entre os diferentes factores que podem afectar a qualidade da performance de um coro, a afinação é um aspecto determinante. Lottermoser & Meyer (1960) analisaram a afinação de vários intervalos cantados por quatro coros, com o objectivo de averiguar quais os factores determinantes na afinação. Os valores obtidos sugeriram que intervalos perfeitos, como quartas, quintas e oitavas, possuíam uma afinação mais exacta, i.e. mais próxima da afinação justa⁵. Por outro lado, intervalos de terceira e de sextas menores possuíam uma afinação abaixo da afinação justa, e as respectivas versões maiores tendiam a uma afinação acima da afinação justa. Estas diferenças podem-se explicar tendo em conta que enquanto os cantores a solo têm geralmente um acompanhamento instrumental como referência de afinação, em coro a referência é providenciada pelos coralistas vizinhos (Rossing, 1984). Assim, a afinação está dependente não de um só interveniente, mas de vários, tornando o sistema de afinação mais difícil.

Cantar em coro é, pois, uma actividade que requer esforço por parte de cada coralista quer seja em coros amadores, quer em coros profissionais. Independentemente do seu grau de profissionalismo, são várias as características comuns que se podem observar no que diz respeito ao desempenho de variadas tarefas musicais (Jers, 2005):

- a. intervalos de 5^a e 8^a são cantados com uma afinação mais alta do que o esperado;
- b. quanto maior for o intervalo, maior é a probabilidade de os cantores desafinarem;
- c. existe um maior desvio na afinação no início das mudanças de tonalidade;
- d. notas cantadas em contexto de escalas ascendentes têm uma afinação mais alta do que o esperado; contrariamente, em melodias descendentes a afinação tende a ser mais baixa.

⁵ Afinação justa é aquela que emprega intervalos de frequência representados por razões entre números provenientes da Série de Harmónicos (Henrique, 2007). Por exemplo, nas escalas diatónicas maiores a razão entre a tónica e a dominante é de 3/2.

A qualidade do desempenho vocal em contextos de ensemble também depende do nível de profissionalismo do coro, i.e. se é um coro profissional (com coralistas e maestro que possuem conhecimentos de técnica vocal/canto, além dos conhecimentos musicais, e que são pagos pela sua actividade performativa) ou amador (Ibid):

- e. mudanças tonais são mais fáceis e claras em coros profissionais do que em coros amadores;
- f. cantar notas repetidas é mais difícil para coros amadores e não tão difícil para coros profissionais;
- g. a sincronização do vibrato⁶ em notas longas é um pouco maior em coros amadores.

Estes factores supra-sumo referenciados foram adicionalmente explorados noutros estudos. Por exemplo, num estudo piloto envolvendo 16 coralistas amadores (4 elementos de cada naipe), pretendeu-se estudar a relação entre afinação e a amplitude e frequência do vibrato⁵ dos diferentes coralistas que constituíam os naipes dos sopranos e contraltos (Jers & Ternström, 2005). Para tal, usaram-se diferentes andamentos, um considerado como usando um tempo normal e outro como usando um tempo lento. As vozes dos diferentes coralistas foram captadas através de microfones cardióides conectados a uma mesa de mistura, de forma a permitir uma análise do comportamento individual de cada coralista e do conjunto.

⁶ Acusticamente, o vibrato corresponde a uma variação periódica da frequência fundamental (F_0), num intervalo de 5 a 7 Hz, em que a frequência perceptida corresponde à média de F_0 (Sundberg, 1978).

Tabela 1: Diferenças encontradas na afinação e no vibrato em tempo normal e lento (sumário dos resultados encontrados em Jers & Ternström, 2005).

	Tempo lento	Tempo normal
Afinação	<ul style="list-style-type: none"> - As notas nas escalas descendentes revelam uma afinação precisa; - As notas nas escalas ascendentes revelam uma afinação tendencialmente mais alta; - Intervalos grandes, como 5^{as} e 8^{as}, são entoados de forma mais “alargada”; - Existência de vibrato, o qual aumenta em amplitude no final de notas que são mais longas. 	<ul style="list-style-type: none"> - A afinação de intervalos ascendentes é mais baixa relativamente à afinação temperada de referência; - Intervalos grandes são cantados de forma “alargada”; - O vibrato é visível de forma mais acentuada do que na versão em tempo lento; - No geral, maior imprecisão na afinação provavelmente devido há existência de menos tempo para se encontrar a afinação correcta de cada nota.
Vibrato individual nos dois naipes femininos	<ul style="list-style-type: none"> - As coralistas profissionais, i.e com vibrato, revelaram entre si algum grau de sincronização nas notas longas. 	<ul style="list-style-type: none"> - As coralistas profissionais, com vibrato, revelaram entre si algum grau de sincronização. Neste caso, o vibrato é iniciado imediatamente no início da entoação da nota longa.

Este é um estudo que pretendeu avaliar a qualidade sonora de um coro, nomeadamente ao nível da afinação e da sincronização das vozes. Como foi possível verificar, existem diferenças nestas duas componentes, de acordo com o andamento que é praticado. Podem-se verificar quais as dificuldades maiores dos coralistas de forma a se promoverem estratégias de acordo com os andamentos que são praticados.

(ii) O nível de técnica vocal e capacidades musicais de cada coralista

É frequente o facto de vários professores de canto não incentivarem a integração dos seus alunos em coros. Uma das possíveis explicações poderá estar associada ao facto de que cantar a solo requer uma prática e uso vocal diferentes das do canto coral, segundo a opinião desses mesmos professores (Rossing et al., 1984). Outros autores, por outro lado, defendem a existência de benefícios associados a práticas coralistas. Por exemplo, participar activamente num coro contribui para a aquisição de variadas competências musicais e por isso músicos em geral deveriam participar neste tipo de actividades (Sundberg, 1987). Claro que as vantagens e desvantagens de cantar em coro dependem grandemente da vontade de um cantor solista

querer cantar em coro e adequar o seu timbre vocal à dos restantes coralistas. Muitas vezes, o percurso de um cantor solista passa por cantar em grupo numa fase mais inicial da sua carreira (Ibid). Cabe no entanto ao maestro ter a capacidade de criar um elevado “*grau de uníssono*”, i.e. ter a capacidade de facilitar a criação de uma massa sonora homogénea entre os diferentes coralistas, independentemente destes serem também solistas (Sundberg, 1987). Este efeito de homogeneidade é importante pois quanto maior for o “*grau de uníssono*” maior qualidade terá esse coro no que diz respeito à coordenação de vozes (Ibid).

Independentemente das opiniões existentes sobre os efeitos de cantar em grupo, não se pode negar que cantar a solo ou em coro é de facto uma actividade completamente distinta do ponto de vista vocal. Existem diferenças específicas a nível da articulação e da fonação num cantor que cante num contexto de ensemble ou em contexto solista (Rossing et al., 1984). Estas diferenças residem na necessidade de coordenação de movimentos articulatórios e fonatórios entre os diferentes membros do coro, e com o fenómeno relacionado com a afinação temperada usada para a interpretação do repertório coral, como seria de esperar numa performance conjunta. Da comparação do espectro vocal de sopranos (i.e. distribuição de frequências harmónicas e respectivas intensidades) quando estas cantavam a solo e em coro resultaram diferenças significativas: estas sopranos produziam maiores intensidades vocais quando cantavam a solo do que quando cantavam em contextos de ensemble. Rossing e seus associados (1984) realizaram um estudo acústico com oito vozes profissionais masculinas (baixos e barítonos) onde foram observadas diferenças significativas entre cantar a solo e em coro. Os cantores foram gravados durante o desempenho de duas condições distintas, em performances a solo acompanhadas ao piano e em performances corais. Os resultados obtidos demonstraram que os cantores adaptaram o nível sonoro da sua voz de acordo com o nível sonoro dos outros cantores quando cantavam em coro mas não o faziam quando acompanhados ao piano. Mesmo que a intensidade do acompanhamento do piano variasse, os cantores revelaram um menor ajuste do seu nível sonoro quando acompanhados por um piano (Rossing et al., 1984)

(iii) O feedback auditivo

Como já foi referenciado, quando se canta em coro deve-se ter em consideração a capacidade de ouvir o outro. No entanto, a tendência é para aumentar a intensidade sonora

da voz na presença de outros sons fortes, como o das outras vozes. Esta tendência foi denominada de “*Lombard effect*”. Este efeito pode ocorrer tanto em cantores profissionais como não profissionais. Em situações particulares de coros, cada cantor pode aprender a resistir à produção inadequada da sua intensidade sonora através da ajuda do maestro (Tonkinson, 1990). De facto, são frequentes as formações de coros em que são discutidas e aprendidas estas técnicas. Nestes casos, é importante que o coralista, em conjunto com o maestro, aprenda a controlar a sua intensidade vocal, de forma a contribuir para a homogeneidade e integração no som final do coro, evitando casos de vozes que possivelmente se poderiam destacar (Busch & Brian, 1984).

Ternström (1994, 1995, 1999) e Pörschmann (2000) estudaram quantitativamente a proporção entre a intensidade sonora da voz individual de um coralista e a intensidade global do coro, numa medida denominada de “*The Self-to-Other ratio*” (SOR) em que *Self* representa o som de uma voz individual e *Other* indica o som dos restantes coralistas, incluindo o da reverberação da sala. A razão “*Self-to-Other*” consiste, portanto, na diferença em decibéis entre o nível sonoro de um coralista e o nível sonoro do coro. Se *SOR* é positivo, *Self* é ouvido com mais intensidade do que *Other* e este é o caso mais frequente nos coros estudados (Pörschmann, 2000). Para este tipo de estudos são usados microfones binaurais (ver Figura 4), os quais são colocados junto dos ouvidos dos coralistas (Ternström, 1993). Desta forma, a captação do sinal acústico é feita de forma simétrica ou aproximadamente simétrica relativamente à fonte sonora. A partir dos valores obtidos e usando fórmulas específicas para o cálculo de *Self* e *Other* é possível quantificar o grau de intensidade da voz de um cantor relativamente ao conjunto coral. Com este tipo de estudos pretende-se contribuir para a optimização das performances corais em salas de concerto. De facto, é possível analisar se determinado cantor poderá estar a ter uma contribuição favorável ou desfavorável em contexto coral em termos de homogeneidade sonora (Ibid). No entanto, este tipo de análises só pode ser feito ainda em pequenos grupos corais, pois os meios técnicos são bastante dispendiosos e limitados caso quiséssemos utilizar este processo em coros com um número elevado de coralistas (Sundberg, 1984).



Figura 4: Microfones binaurais (adaptado de Ternström, 1993: 105).

A acústica da sala também tem influência no desempenho performativo de um coro, pois o conjunto de ondas sonoras resultantes da produção vocal de vários coralistas é reflectido nas paredes das salas de concerto várias vezes, até ser absorvido pelas paredes e outras superfícies nela existentes (Parnacutt, 2002). Assim, quanto maior for o grau de absorção do material das paredes, menor será o tempo de reverberação⁷ em comparação com salas em que as paredes apresentam um menor grau de absorção acústica. A problemática das acústicas das salas foi inicialmente investigada por Ternström (1993a) através de um estudo comparativo entre as características espectrais⁸ sonoras de 3 coros em 3 condições acústicas diferentes (3 salas diferentes) e 3 níveis de dinâmica distintos (piano (*p*), meio-forte (*mf*) e forte (*f*)). Uma fonte de “ruído” foi usada de forma a medir a influência da acústica da sala no som produzido pelo coro. Os resultados sugeriram que a média de distribuição espectral do som coral (LTAS) sofreu interferência de acordo com a acústica de cada sala. Concluiu-se também que os três coros estudados adaptaram o seu nível sonoro dependendo das situações acústicas em que se encontravam, através da auto-percepção sonora de cada coralista e por meio de indicações por parte do maestro (Ternström, 1993a). Caso não haja uma adaptação por parte do coro à acústica da sala, tendo em conta a géstica e as indicações do maestro, o resultado da performance coral poderá ser desastroso (Rossing, 1984). Para evitar estas situações, aconselha-se em condições de elevada reverberação da sala, a introdução de placards com elevada capacidade de absorção acústica, o uso de cortinas, ou ainda a abertura das janelas da sala, caso existam, apenas quando este procedimento não interfira com a performance do coro (devido ao ruído vindo do exterior). O número de ouvintes que se

⁷ O tempo de reverberação é definido como o tempo em que a energia de um campo sonoro reverberante estacionário leva diminuir em cerca de 60 dB, após a extinção da fonte sonora (Morfey, 2001).

⁸ A espectrografia é um meio de representação acústica do som, em termos de frequências e respectivas intensidades (Sundberg, 1987).

encontram a assistir à performance também poderá alterar os níveis de reverberação da sala, pois cada pessoa torna-se num elemento de absorção sonora, sendo por isso outro elemento a considerar relativamente ao feedback auditivo recebido pelos coralistas e maestro (Parnacutt, 2002).

Outra área de interesse na investigação coral que também poderá ser determinante para o feedback auditivo é a disposição dos coralistas em palco. Estudos prévios sugerem a existência de uma distribuição preferencial, quer por parte dos coralistas quer por parte dos ouvintes. Esta consiste numa distribuição dos elementos do coro em formações cuja distância entre coralistas é maior do que a normalmente praticada (Daugherty, 1996, 1999, 2000, 2001, 2003). Naturalmente que a disposição espacial de um coro na sala de ensaio ou de concerto depende das dimensões da própria sala, mas normalmente o espaço entre coralistas normalmente praticado é demasiado pequeno. Nestes estudos, a distância de preferência foi de aproximadamente 47cm (Daugherty, 2003), pois não só a afinação foi beneficiada, por existir uma maior capacidade de audição interna e audição dos outros coralistas, como também porque a tensão entre os coralistas poderá ser menor quando a distância entre eles é maior (Ibid). Para uma distribuição mais equilibrada de vozes, estes estudos também sugerem que coralistas com vozes com maior projecção sejam colocados perto do centro do coro e os que apresentam vozes com menores intensidades deverão ficar situados nas zonas mais periféricas (Parnacutt, 2002).

2.3. OS EFEITOS DE EXERCÍCIOS DE AQUECIMENTO VOCAL EM CONTEXTO INDIVIDUAL

Da revisão bibliográfica acima descrita sobre os diferentes factores que poderão interferir com o desempenho musical de um coro, pode compreender-se que, apesar da diversidade de estudos focados no desempenho vocal em contextos de ensemble, são ainda poucos os estudos que se têm debruçado sobre formas de optimização do desempenho vocal. Por exemplo, desconhecem-se estudos cujo enfoque seja os efeitos da prática de exercícios de aquecimento na qualidade sonora geral, resultante da regularidade de fonação individual de cada coralista. Existem alguns estudos no domínio dos efeitos da prática de exercícios de aquecimento na voz solista, mas desconhecem-se até que ponto se poderão aplicar os resultados desses estudos em contextos de desempenho vocal coralista. Para melhor compreensão de como a prática de exercícios de aquecimento vocal poderá constituir um

factor adicional de impacto na qualidade do desempenho vocal coral, não só de um ponto de vista de qualidade sonora, mas também do ponto de vista da saúde vocal dos diferentes coralistas, segue-se uma secção em que são apresentados estudos que investigaram o impacto da prática de exercícios de aquecimento vocal no desempenho vocal individual.

Vários são os factores que poderão ser nocivos à voz e, portanto, são considerados factores de risco para o desenvolvimento de patologias vocais. O abuso do consumo de álcool e drogas, a realização de uma alimentação desequilibrada, a exposição frequente em ambientes poluídos e ruidosos e o vício do tabaco, podem despoletar problemas vocais variados (Guimarães, 2007). Se para garantir um bom desempenho vocal coral é importante conhecer estes factores de risco, é de igual modo importante a um coro conhecer formas de prevenção e promoção da maior saúde vocal. Práticas vocais saudáveis como evitar gritar, falar alto, pigarrear, usar excessivamente a voz sem a compensação com momentos de descanso vocal, não usar variações de intensidade e frequência vocal, reconhecer a importância de padrões de respiração que possam promover o uso de energia respiratória para a produção vocal e a hidratação adequada das pregas vocais constituem exemplos de parte desta informação que os coralistas e seus maestros devem possuir. Vejamos por exemplo o impacto de uma hidratação vocal correcta na higiene vocal (Guimarães, 2007; Behlau, 2001). Foi realizado um estudo com o principal objectivo de verificar a relação entre o limiar de pressão de fonação⁹ (LPF – pressão subglótica (P_{sub}) mínima necessária para se iniciar a produção vocal (Titze, 1988; 1992)) e a humificação das pregas vocais (Verdolini-Marston et al., 1990). Neste estudo participaram 6 indivíduos (3 homens e 3 mulheres), que tiveram que cantar em três registos diferentes – grave, médio e agudo – e em três condições distintas de hidratação das pregas vocais – secas, hidratadas e ligeiramente hidratadas. As medições foram realizadas em 5 sessões e os valores de P_{sub} foram captados através do sistema Glottal Enterprises MS100. Os resultados demonstraram que no geral, o LPF tende a ser mais elevado em condições de pouca hidratação e mais baixo em condições de uma boa hidratação. Em presença de uma boa hidratação e para registos vocais agudos, os valores do LPF tendem a ser mais reduzidos, enquanto que valores de LPF tendem a ser mais elevados em condições de pouca hidratação e em registos vocais graves (Ibid). Desta forma, os autores sugeriram que é

⁹ O limiar de pressão de fonação é uma medida através da qual é possível analisar o estado de saúde vocal. Quanto maior os valores deste limiar, maior será a necessidade de esforço vocal para fazer vibrar as pregas vocais (Elliot et al., 1995).

fundamental a profissionais da voz, especialmente cantores, possuir hábitos de ingestão regular de água, de forma a garantir um elevado grau de hidratação das pregas vocais e assim uma maior promoção de saúde vocal com a diminuição do risco de patologia. Neste contexto coloca-se igualmente a questão se práticas vocais que envolvam a prática de exercícios de aquecimento oferecem igualmente benefícios do ponto de vista da saúde vocal, não só relativamente à terapia para melhoria de vozes que apresentem patologias, mas também como forma de prevenção e de preservação do funcionamento normal do processo de fonação¹⁰ (Stemple, 2005).

“(...) melhorar a voz não é só para vozes com patologias, mas também para estes que querem aperfeiçoar a sua performance vocal e imagem.” (citado a partir de Stemple, 2005:132).

A maior parte dos cantores solistas e também coralistas sentem a necessidade de realizar exercícios de aquecimento vocal antes de situações de estudo, ensaios ou performances (Gish et al., 2010). Os exercícios de aquecimento activam o corpo, na medida em que estimulam o fluxo sanguíneo através do aumento da temperatura corporal (Bergh & Ekblom, 1979). Sabendo que as pregas vocais são constituídas por uma parte muscular (Sataloff et al., 2007), faz sentido que os cantores, tal como os atletas de elevada competição, pratiquem exercícios de aquecimento na preparação para as tarefas vocais que têm que desempenhar (Bishop, 2003).

Um estudo recente avaliou os hábitos de realização de exercícios de aquecimento vocal em 117 cantores com pelo menos um ano de aulas de canto (Gish et al., 2010). Foi feito um questionário aos participantes de forma a avaliar a duração e frequência das sessões de exercícios de aquecimento, comparar a duração destes exercícios consoante o nível de profissionalismo do cantor, determinar o tipo de exercícios mais usados, avaliar a percepção dos cantores relativamente à função dos exercícios de aquecimento na prevenção de disfunções nas pregas vocais e obter informações de cada participante relativamente à ocorrência de disfunções com a prática ou não de exercícios de aquecimento. Os resultados foram diversificados salientando-se o facto de um grande número de cantores realizar sessões de exercícios de aquecimento com a duração média de 5 a 10 minutos, sendo mais comum

¹⁰ Traduzido pela autora a partir de: *“(...)voice improvement is not only for the disordered voice, but also for those who want to enhance their vocal performance and image.”* (citado a partir de Stemple, 2005:132).

realizarem o aquecimento em situações de performance a solo do que em situação de coro. Também a maior parte dos participantes incluía exercícios de aquecimento corporal nas suas rotinas, nomeadamente exercícios de estiramento dos músculos do corpo mas também da face, do nariz e dos ombros. Exercícios respiratórios eram igualmente praticados. O tipo de exercícios mais usados inclui escalas ascendentes e descendentes com 5 notas em diferentes tonalidades e em diferentes andamentos, cantadas com diferentes vogais e usando consoantes como /m/ ou /n/. A maioria dos participantes que relataram problemas ao nível vocal foram os que mais indicaram a frequente realização de exercícios de aquecimento. Em geral, os participantes do estudo referiram que com a prática destes exercícios, a voz parecia tornar-se mais ágil, ao mesmo tempo que, durante a sua realização, também treinavam a técnica vocal. No entanto, não são conhecidas as implicações e os verdadeiros efeitos destes exercícios a nível fisiológico da fonação. Alguns autores são apologistas de que este tipo de exercícios possa exercer influência na diminuição da viscosidade das pregas vocais (Elliot et al., 1995), tal como a viscosidade de um músculo também possa ser diminuída com exercícios de aquecimento físico (Safran et al., 1989).

Elliot e seus associados averiguaram se exercícios de aquecimento vocal exerciam influência nos valores do LPF. Através de um oscilógrafo, foi analisada a Psub de 10 cantores solistas de ambos os sexos, antes e após uma sessão de 30 minutos de exercícios de aquecimento. Os resultados obtidos variaram para cada participante, podendo-se provavelmente considerar que a viscosidade das pregas vocais não é um factor influenciador no LPF (Elliot et al., 1995). Apesar de não se terem encontrado resultados específicos relacionados com a prática destes exercícios, todos os cantores indicaram que a realização de exercícios de aquecimento vocal contribuiu para uma melhoria da qualidade tímbrica das suas vozes, tal como sentiram maior facilidade em cantar em registos agudos e maior controlo vocal.

Também um estudo com 15 cantores amadores com experiência coral (6 elementos femininos e 9 masculinos) demonstrou uma diminuição da LPF em cada indivíduo após uma sessão de aquecimento vocal (Enfo & Sundberg, 2009). Os objectivos deste estudo consistiram em analisar os valores de LPF e também a pressão inicial mínima para a colisão das pregas

vocais¹¹ (PIM). Foram atribuídas duas tarefas aos cantores: repetir a sílaba /pae/ em legatto e em decrescendo e pronunciar claramente a consoante /p/ numa tríade em Fá maior numa tessitura confortável a cada participante. Estas tarefas foram gravadas antes e após a realização de uma sessão livre de exercícios de aquecimento vocal. Para a gravação dos sinais áudio foram utilizados microfones condensadores - B&K 4003 -, os sinais de pressão oral foram captados por um transdutor de pressão - Gaeltec Ltd, 7b - e o sinal de EGG foi gravado através de um electroglotógrafo de dois canais - Glottal Enterprises, EG 2. Os dados foram analisados através do programa Soundswell Signal Workstation. Os resultados obtidos demonstraram que tanto LPF como PIM tenderam a ser menores depois da realização de exercícios de aquecimento vocal, mas PIM revelou uma menor diferença entre condições do que LPF. Pode-se concluir através deste estudo que os exercícios de aquecimento poderão ter um impacto benéfico para a saúde vocal dos coralistas. No entanto, a medição de PIM aparece pela primeira vez na literatura através deste estudo, o que torna necessário a continuação de estudos a este nível para testar a robustez e standardização desta medida como medida de saúde vocal.

Também num estudo realizado por Motet et al. (2003), os resultados não são conclusivos relativamente aos efeitos do aquecimento vocal. Os autores especulam que o incremento da viscosidade das pregas vocais, conseguido através de exercícios de aquecimento, é susceptível de estabilizar a fonação em frequências elevadas. Considera-se que o aumento da viscosidade da mucosa das pregas vocais é um factor facilitador na vibração destas, possibilitando maior controlo vocal em regiões mais agudas em vozes de sopranos e tenores (Motet et al., 2003).

Comparando estes resultados com os resultados de Elliot et al. (1995), as suposições relativamente aos efeitos dos exercícios de aquecimento na viscosidade das pregas vocais são contraditórias. Enquanto que no artigo de Elliot et al. (1995) consideram-se os exercícios de aquecimento como potencialmente diminuidores das viscosidades das pregas vocais, no estudo de Motet et al. (2003) supõe-se um aumento da viscosidade das pregas vocais com a realização de exercícios de aquecimento. Este é um exemplo da necessidade de

¹¹ Tal como o LPF, a pressão inicial mínima para a colisão das pregas vocais (PIM) é também uma medida através da qual é possível analisar o estado de saúde vocal. Quanto menor for a pressão necessária para se realizar a colisão das pregas vocais, menor é também o esforço para ocorrer a vibração das pregas vocais.

desenvolvimento de mais estudos nesta área específica, pois as suposições relativamente à viscosidade das pregas vocais são contraditórias.

Outro estudo avaliou a influência do aquecimento vocal na qualidade da voz dos cantores usando medidas de Jitter (perturbação da frequência fundamental), Shimmer (perturbação da amplitude) e HNR (índice sinal-ruído) (Amir et al., 2005). Estas medidas são as usadas pela autora neste estudo e, como anteriormente já foi referido, permitem medir a irregularidade da vibração das pregas vocais. Através de Jitter e de Shimmer é possível fazer a medição das perturbações da onda acústica da voz, ciclo-a-ciclo, respeitante à existência ou ausência de variações na frequência e amplitude de vibração, respectivamente (Baker & Orlikoff, 2000). Quanto menor forem os seus valores, menor será também o grau de irregularidade vocal obtido. A medida de HNR quantifica o “ruído” existente na voz. O “ruído” tem origem na passagem do ar gerado na glote durante a fonação. Uma adução inadequada ou uma vibração aperiódica das pregas vocais permite a passagem de ar turbulento através da glote, o que produz componentes não harmónicos no sinal acústico captado pelo microfone. HNR é matematicamente traduzido pela razão entre componentes harmónicos (H) e componentes não harmónicos (N) (“ruído”), sendo possível constatar que quanto menor for o seu valor maior será o índice de ruído (Ibid).

Num estudo realizado por Amir et al. (2005), estas medidas foram usadas para analisar a voz de 20 cantoras líricas antes e após uma sessão livre e individual de exercícios de aquecimento, de duração média de 11 minutos. As participantes foram gravadas a cantar de forma sustentada as vogais /a/ e /i/ em três registos diferentes: grave, médio e agudo. A média dos valores obtidos para as medições de Jitter e Shimmer para cada um destes registos após o aquecimento vocal era menor do que para a condição com aquecimento e HNR maior também para esta condição. Estes resultados levaram à conclusão que a realização de exercícios de aquecimento vocal possui um impacto positivo na qualidade da voz cantada em termos de impacto na regularidade.

Também na voz falada, o conhecimento dos efeitos de exercícios de aquecimento em pessoas sem e com problemas vocais são inconclusivos. Resultados ao nível do LPF após sessões de exercícios de aquecimento nem sempre se revelam significativos, i.e. nem sempre diminuem, tal como esperado (Milbrath & Solomon, 2003). Num estudo realizado com 8 participantes do sexo feminino que apresentavam sintomas de fadiga vocal crónica, foi

avaliada o LPF a partir de um sistema de medição aerodinâmico¹², e a percepção de esforço vocal (PEV) de cada indivíduo por meio da marcação numérica de um valor dentro de uma escala previamente estipulada (desde pouco esforço vocal a muito esforço vocal). Estes parâmetros foram avaliados após a realização de três tarefas distintas em três níveis de frequência diferentes, i.e. após 20 minutos de exercícios de aquecimento vocal realizado livremente por cada participante, 1 hora de leitura em voz alta e depois de 30 minutos de descanso vocal. Os resultados sugerem que LPF e PEV não variaram significativamente após a realização destas tarefas. Esperava-se que LPF e PEV diminuíssem após a realização dos 20 minutos de exercícios de aquecimento vocal, aumentassem depois de uma hora de leitura em voz alta e diminuíssem após os 30 minutos de silêncio. Contudo, deve-se ter em conta que a recolha dos dados foi realizada em apenas uma sessão, o que limita também as conclusões no que diz respeito aos efeitos da prática dos exercícios de aquecimento vocal a médio e longo prazo em vozes cansadas.

Tendo em conta os estudos aqui descritos e respectivos resultados, pode-se afirmar que são ainda inconclusivos os efeitos de exercícios de aquecimento vocal na produção vocal, quer a nível da emissão do som primário, quer a nível do output acústico. No entanto, em todos os estudos mencionados é feita referência ao facto do aquecimento vocal fazer parte da rotina diária de um cantor. Os exercícios de aquecimento vocal também são contemplados como uma componente da higiene vocal e dos programas de terapia da fala (Pinho, 2007). Porém, existem reduzidas evidências científicas que justifiquem a sua prática. Este facto constitui-se como elemento motivador para a continuação da realização de estudos nesta área. Deste modo, a autora pretende verificar o impacto da prática de exercícios de aquecimento em medidas de irregularidade vocal na voz individual de cada coralista, realizando tarefas vocais que exigem um controlo vocal elevado (ex. “*messa di voce*”¹³) e qualidade acústica do ensemble vocal, calculando a distribuição de frequências harmónicas e respectivas

¹² Um sistema de medição aerodinâmico consiste num equipamento que é utilizado para análise de aspectos relacionados com a fonação. Permite realizar várias medidas ao mesmo tempo, tais como, a espectrografia de som, incluindo medidas de tom e intensidade, a pressão oral e o fluxo de ar (Baken & Orlikoff, 2000).

¹³ Frequência sustentada que começa em crescendo até atingir a intensidade de forte e que termina com diminuendo. A sua dificuldade está associada ao extremo controlo de pressão subglótica sem, no entanto, modificar a frequência de fonação (Saboll et al., 1995).

intensidades (i.e. espectrografia de longa duração), medida que está relacionada com medidas perceptivas de qualidade geral do som produzido pelo ensemble vocal.

CAPÍTULO 3:

MÉTODOS

3. MÉTODOS

3.1. INTRODUÇÃO

Da revisão da literatura existente sobre investigação coral verificou-se a ausência de estudos científicos sobre os efeitos da prática de exercícios de aquecimento a nível coral. Deste modo, considera-se esta temática original, necessária e pertinente. Tanto para os coralistas como para os maestros, torna-se importante compreender a utilidade e relevância da realização dos exercícios vocais de aquecimento previamente a um ensaio ou a uma performance, pois esta é uma prática que faz parte da rotina de ensaios de muitos coros e controvérsia ainda existe sobre a sua utilidade.

Neste capítulo são dados a conhecer os procedimentos metodológicos utilizados para a concretização deste projecto de investigação, nomeadamente: (i) o desenho escolhido para o estudo; (ii) os participantes e seu recrutamento; (iii) o material utilizado; e (iv) os procedimentos aplicados na recolha e análise de dados.

3.1.1 OBJECTIVOS

Tal como foi apresentado no capítulo da introdução, este estudo tem como objectivos: (i) investigar possíveis efeitos da prática de exercícios de aquecimento da voz na função vocal individual dos coralistas de um pequeno ensemble vocal; e (ii) descrever as características acústicas das tarefas vocais realizadas por este ensemble.

3.1.2 HIPÓTESES A TESTAR

Para atingir estes objectivos foram testadas as seguintes hipóteses:

1ª) Medidas de irregularidade vocal são maiores na ausência da prática de exercícios de aquecimento vocal, e estas poderão influir na saúde vocal dos coralistas.

Para testar esta hipótese, medidas de irregularidade vocal como *Jitter*, *Shimmer* e *HNR* foram calculadas para cada coralista, durante a performance de diferentes frequências de fonação (i.e. notas), incluindo diferentes registos vocais e cantadas em *messa di voce*. Estas tarefas vocais foram realizadas em duas condições diferentes: antes e depois da prática de exercícios de aquecimento vocal.

2ª) As características acústicas do ensemble vocal são diferentes, dependentemente da prática ou ausência de prática de exercícios de aquecimento vocal.

Para testar esta hipótese, foi comparada a distribuição de frequências harmónicas e respectiva intensidade, antes e após a realização de exercícios de aquecimento vocal, usando como medida comparativa representações espectrográficas de longa duração (LTAS).

3.2. ESTUDO EXPERIMENTAL

O estudo apresentado classifica-se como comparativo quasi-experimental transversal. Este tipo de desenho foi particularmente escolhido pois pretendem-se comparar medidas de irregularidade vocal e distribuições harmónicas dos diferentes parciais que constituem o som coral em duas condições distintas, i.e. uma de controlo e outra experimental. Na situação de controlo (A), todos os coralistas realizaram a tarefa vocal (i.e. *messa di voce*) sustendo a vogal /a/ em diferentes frequências de fonação (envolvendo zonas de passagem de registo), sem a prática de quaisquer exercícios de aquecimento vocal. Na situação experimental (B), os mesmos coralistas realizaram a mesma tarefa vocal que descrita anteriormente, mas neste caso imediatamente após a realização de exercícios de aquecimento vocal específicos.

Estas duas gravações foram realizadas em dias diferentes, repetindo cada condição duas vezes, de forma a permitir posteriormente o cálculo da média destes valores. Este procedimento deveu-se ao facto de se procurar reduzir a possibilidade de contaminação dos dados por variáveis externas, como por exemplo, alterações vocais em alguns dos coralistas devido a gripes e cansaço vocal após um dia de trabalho. O desenho deste estudo encontra-se representado na Tabela 2.

Tabela 2: Representação esquemática do desenho de estudo seguido neste projecto de investigação (F_0 = Frequência fundamental).

Desenho de estudo	Tipo de Gravações	Participantes	Dados Recolhidos				Análise de dados	
			F0 recolhidas	Sem aquecimento		Com Aquecimento		
				23 de Maio	27 de Junho	23 de Maio		27 de Junho
Estudo quasi- experimental transversal comparativo	Gravação multicanal (16 canais) individual	Sopranos (n=4)	Acorde Dó Maior = Mi5 Acorde Sol Maior = Si4	1ª medida	2ª medida	1ª medida	2ª medida	Jitter, Shimmer & HNR
		Altos (n=4)	Acorde Dó Maior = Dó5 Acorde Sol Maior = Sol4	1ª medida	2ª medida	1ª medida	2ª medida	
		Tenores (n=4)	Acorde Dó Maior = Sol3 Acorde Sol Maior = Ré4	1ª medida	2ª medida	1ª medida	2ª medida	
		Baixos (n=4)	Acorde Dó Maior = Dó3	1ª medida	2ª medida	1ª medida	2ª medida	
	Gravação omnidireccional do conjunto coral	Coralistas (n=16)	Acorde Dó Maior Acorde Sol Maior	1ª medida	2ª medida	1ª medida	2ª medida	LTAS

3.2.1 PARTICIPANTES E RECRUTAMENTO

Recrutaram-se para este estudo 16 elementos do *Coro de Santa Joana* de Aveiro, 4 em cada um dos naipes que constitui o coro. Este número específico de coralistas foi escolhido com base: (i) nos procedimentos usados num estudo prévio com o intuito de investigar as diferenças acústicas entre um coro profissional e um coro amador (Jers, 2005); (ii) nas dimensões do estúdio de gravação usado (estúdio de som do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro), que não permitia a distribuição de mais do que 18 coralistas; (iii) a necessidade de gravações multicanal, de forma a poder gravar todas as vozes dos coralistas individualmente.

Os elementos que participaram nesta experiência foram escolhidos pelo maestro, de acordo com a disponibilidade para a participação nas gravações e a experiência coralista neste ensemble vocal (foram escolhidos os coralistas mais experientes). O recrutamento destes elementos foi feito através de um contacto telefónico previamente estabelecido com a respectiva presidência, dando a conhecer os objectivos do estudo e as implicações de participação no mesmo. O coro, representado pela sua Presidente, aceitou participar voluntariamente neste estudo, demonstrando-se de imediato curiosos pelos resultados que se viriam a obter.

A escolha particular deste coro amador e não de outro relacionou-se com vários aspectos:

- Ser um coro amador e por isso constituído por cantores não profissionais. É importante ter em conta a actividade vocal diária de cada coralista, que será tanto maior quanto mais elevado o nível de profissionalismo. Assim, espera-se que cantores profissionais tenham hábitos diários de realização de exercícios de aquecimento e diferentes níveis de esforço vocal, factores que poderiam interferir com a robustez dos resultados deste estudo.
- Ser um coro que, apesar do seu amadorismo, já possui uma longa história como coro (existe como grupo há 16 anos);
- Para além da coesão como ensemble vocal ganha ao longo dos anos, é igualmente importante ser um coro que possui uma prática regular, apresentando uma média de 1 a 2 ensaios por semana e apresentações públicas regulares (em média realizam 14 apresentações públicas por ano, entre óperas, missas litúrgicas e encontros de coros);
- Por motivos práticos e logísticos de ser um coro local de Aveiro, pois todas as gravações foram efectuadas no estúdio de som do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

3.3. MATERIAIS

3.3.1 MICROFONES

No total foram realizadas 4 gravações (todas no estúdio do DECA da Universidade de Aveiro). A necessidade da realização destas gravações no estúdio deve-se ao facto de este ser um espaço acusticamente preparado, onde as propriedades de reflexão e absorção do som são conhecidas e podem ser controladas. Tendo em conta que um dos objectivos do estudo consistiu na análise individual de medidas de irregularidade vocal, era necessário garantir a gravação do som produzido por cada coralista e evitar ao máximo a captação do som reflectido.

Os objectivos deste estudo focaram-se sobre os efeitos da prática de exercícios de aquecimento na função vocal individual de cada coralista e nas características acústicas do ensemble, pois estes em termos perceptivos traduzem-se na qualidade sonora do ensemble. Para cumprir estes objectivos, procedeu-se à utilização de dois tipos de microfones para a captação de dados:

- 1) 1 microfone omnidireccional Rode NT2. Este tipo de microfone foi escolhido pois permite a captação das vozes que constituem o ensemble para posterior análise espectrográfica. As suas características de captação possibilitam uma análise espectrográfica robusta, pois oferece uma resposta plana na quase totalidade de frequências captadas (Howard & Murphy, 2008).
- 2) 16 microfones cardioides T. Bone LC 97 PWS. Este tipo de microfone foi escolhido pois permite a captação individual de vozes em contexto de ensemble, portanto evitando a captação das vozes circundantes a cada coralista gravado. As suas características de captação permitem a realização de medidas de *Jitter*, *Shimmer* e *HNR* robustas.

3.3.2 MESA DE MISTURA E INTERFACES

Foi usada uma mesa de mistura para fazer a ligação de 17 canais. Devido à inexistência de uma interface áudio que gravasse mais do que 8 pistas em simultâneo, foram usadas duas interfaces áudio – digidesign - Digi 002 Mesa e Digi 002 Rack - ambas conectadas à mesa de mistura.

3.3.3 PROGRAMA TONE GENERATOR E MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA

A calibração dos microfones foi feita através da produção de um sinal sonoro contínuo gerado pelo software Tone Generator e a leitura do registo da intensidade desse sinal no medidor de intensidade sonora usado (“*Sound Pressure Meter*”). Para tal colocou-se o medidor de pressão sonora junto a cada microfone usado, pelo que este procedimento foi repetido 17 vezes. Este procedimento é necessário uma vez que é necessário saber a intensidade da pressão sonora realmente captada pelo microfone usado para uma dada gravação, naquelas condições acústicas, de temperatura e de humidade. Como a intensidade vocal depende da distância da boca ao microfone, medidas da distância de cada microfone à boca de cada participante foram igualmente registadas. Este procedimento foi realizado para garantir uma melhor robustez nos valores de LTAS.

3.3.4 COMPUTADORES

Foram usados 3 computadores nas gravações devido à inexistência no estúdio de um sistema que gravasse 17 pistas em simultâneo (16 microfones individuais e 1 para a captação do sinal sonoro de todo o ensemble):

- 1) Processador Pentium 42.80 GHz – gravou o sinal sonoro captado de 8 dos 16 microfones cardioides através da sua ligação à interface Digi 002Mesa. Esta por sua vez encontrava-se conectada ao programa de gravação Pro Tools LE Version 6.4;
- 2) Macintosh OS X Version 10.5.7 – gravou o sinal sonoro captado de 8 dos 16 microfones cardioides através da sua ligação à interface Digi 002Rack. Esta por sua vez encontrava-se conectada ao programa Logic Pro Version 8.0.2;
- 3) Computador Portátil (PC) Toshiba Tecra - gravou o sinal captado do microfone omnidireccional ligado à Mesa Mackie 32X8X28 Bus. Esta por sua vez estava conectada ao PC Soundswell Workstation Program que gravou o sinal captado.

3.3.5 SOFTWARE DE GRAVAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS ACÚSTICOS

As gravações realizadas foram posteriormente analisadas utilizando os seguintes programas:

- 1) Pro Tools LE Version 6.4 e Logic Pro Version 8.0.2 – são dois programas para gravação multicanal, ou seja, a gravação do sinal sonoro captado pelos 16 microfones cardióides utilizados (8 + 8) (ver Figura 5);

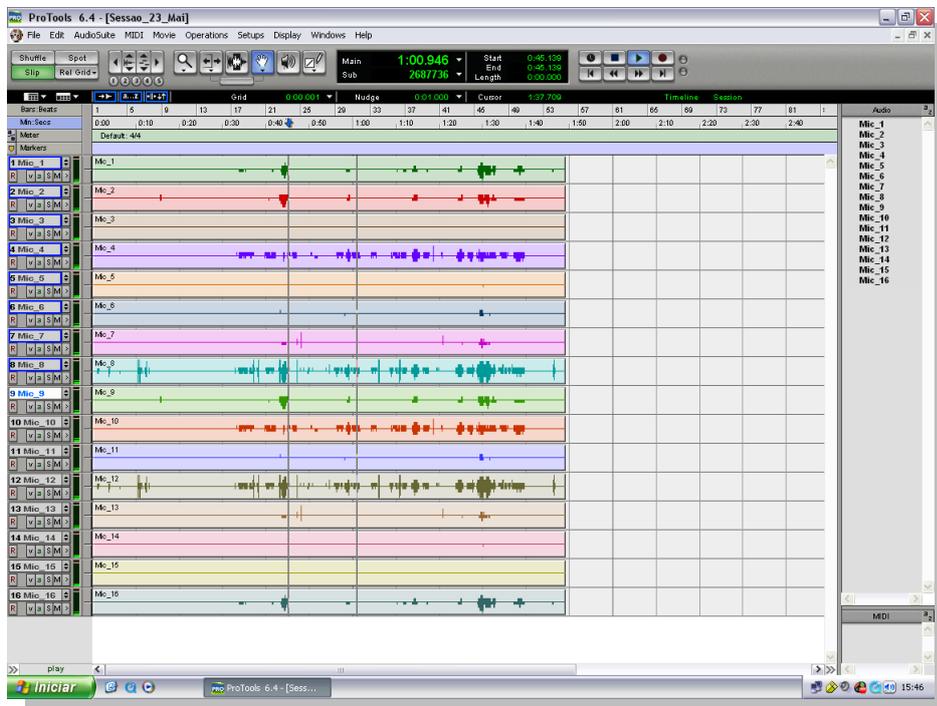


Figura 5: Representação do software Pro Tools utilizado nas gravações multicanais das 16 vozes coralistas.

- 2) Praat Program – ferramenta para análise de voz desenvolvida por Paul Boersma e David Weenink (1995), do Institute of Phonetic Sciences, Universidade de Amesterdão. Este programa foi desenhado de forma a possibilitar uma série de análises acústicas vocais entre as quais se destacam *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*. Assim sendo, este foi o programa usado para avaliação destas medidas na voz individual de cada coralista;
- 3) Soundswell Signal Workstation – programa para gravação e análise de sinais acústicos. Este programa foi utilizado para gravar o sinal sonoro do microfone omnidireccional e para a análise das características acústicas desse sinal, ou seja, a distribuição das frequências harmónicas do ensemble e respectivas intensidades (utilizando espectrografia de longa duração – LTAS).

3.3.6 SOFTWARE DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

PASW Program – programa de tratamento de dados estatísticos utilizado para descrição da amostra e comparação estatística dos valores de irregularidade vocal obtidos (i.e. *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*) para as duas condições do estudo (i.e. com e sem a prática de exercícios de aquecimento).

3.3.7 MATERIAL AUTOCOLANTE

Foi usada fita adesiva para marcação da posição que cada coralista deveria ocupar no estúdio de gravação. Esta marcação garantiu a captação do sinal sonoro de cada coralista minimizando as interferências do sinal causadas pela voz captada dos coralistas que estivessem mais próximos. Este mesmo material foi também usado para fixar os microfones cardioides no nariz de cada coralista. Este procedimento foi realizado tendo em conta que, ao colocar o microfone no nariz de cada coralista, pode diminuir-se a possibilidade de distorção do sinal captado devido à produção de consoantes plosivas e sibilantes. Este procedimento para a colocação dos microfones seguiu o protocolo de gravação usado anteriormente num estudo que pretendia também realizar gravações de coros em que ocorresse captação do sinal sonoro de cada coralista individualmente, e do coro todo (Jers, 2005).

3.3.8 FITA MÉTRICA

A fita métrica serviu para medir a distância entre os lábios e o microfone cardióide colado no nariz de cada um dos coralistas. Este procedimento foi seguido pois, como já foi referido anteriormente, a distância da boca ao microfone é importante para a realização de medidas de avaliação vocal acústica que envolvam o registo e comparação de diferentes intensidades vocais, como é o caso de medidas espectrográficas (Jers, 2005).

3.3.9 CÂMARA DE FILMAR

Utilizou-se uma câmara de filmar Sony HDV - HVR-A1E para gravar o maestro a dirigir o coro enquanto este realizava as tarefas vocais de *messa di voce* que iriam ser posteriormente comparadas. Esta gravação foi realizada previamente ao início do estudo, de forma a garantir que a géstica do maestro não interferisse com a forma como as tarefas vocais seriam realizadas e assim contaminar os resultados do estudo.

3.3.10 MATERIAL AUDIOVISUAL

Foi utilizado um retroprojector e uma tela de projecção para projectar o vídeo pré-gravado do maestro a dirigir as tarefas vocais que o ensemble vocal teria que realizar e que iriam ser gravadas e comparadas.

3.4. PROCEDIMENTOS PARA A RECOLHA DE DADOS

3.4.1 LOCAL DAS GRAVAÇÕES

Todas as sessões de gravação foram realizadas no estúdio do DECA da Universidade de Aveiro, pois uma vez que se iriam realizar análises acústicas das gravações, era necessário efectuar as gravações num local cujas propriedades acústicas, como o tempo de reverberação, pudessem ser o mais possível controladas. Tendo em conta a disponibilidade conjunta dos coralistas, as gravações realizaram-se nos dias 23 de Maio e 27 de Junho à noite.

(i) Gravações de vozes individuais em contexto de ensemble

Para a captação das vozes de cada coralista, sem a captação da voz dos outros coralistas mais próximos, foi seguido um método de gravação semelhante ao do estudo realizado por Jers & Ternström (2005). Um microfone cardióide foi colado no nariz de cada coralista possibilitando a captação do sinal áudio dos 16 cantores individualmente. A colocação dos microfones no nariz deve-se a esta ser uma zona que está próxima da boca, por isso evitando a captação do som reverberado mas sim do som produzido, sem no entanto captar o som dos outros coralistas, ou ruídos de roupa ou de movimentos corporais nem a distorção do sinal sonoro devido a consoantes plusivas e sibilantes (Ibid). A Figura 6 constitui uma representação esquemática da colocação destes microfones.

A colocação dos coralistas no espaço de gravação seguiu o protocolo usado por Jers & Ternström (2005), em que a distância mínima usada para não ocorrer captação do sinal sonoro pelo microfone de coralistas vizinhos foi de aproximadamente 80 cm. De acordo com esta referência, e tendo em conta as dimensões do estúdio de som disponibilizado para estas gravações, foram realizadas várias gravações para encontrar a distância a que os coralistas deveriam ficar uns dos outros sem que ocorresse captação do sinal sonoro do coralista mais próximo. Verificou-se, após várias tentativas, que a distância de 100 cm era a distância mínima para a captação de um sinal sonoro sem interferências dos coralistas mais próximos.

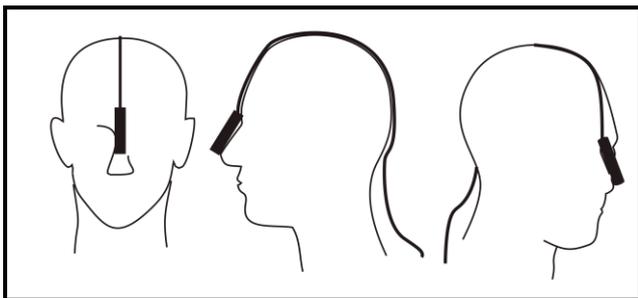


Figura 6: Representação esquemática das diferentes perspectivas da colocação dos microfones cardioides nos coralistas (distância média do microfone aos lábios de 3.3 cm).

(ii) Ensemble

A captação do sinal sonoro do ensemble foi feita pelo microfone omnidireccional que estava localizado a uma distância equidistante de todos os membros participantes (o local de colocação deste microfone está representado pelo maestro desenhado na Figura 7).

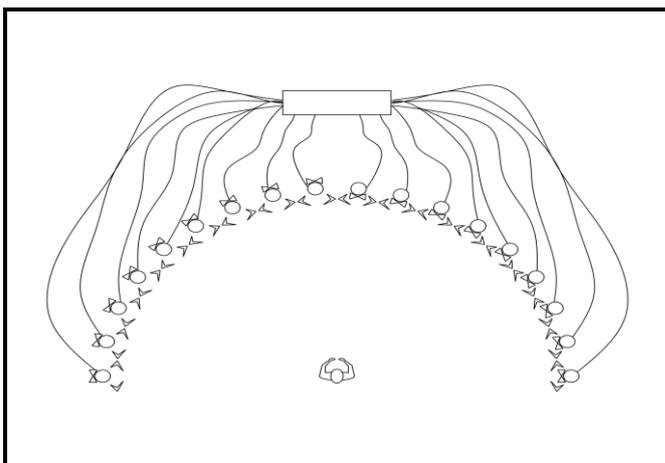


Figura 7: Disposição dos coralistas durante as gravações a uma distância equitativa de 100 cm. O maestro representa o local de colocação do microfone omnidireccional, colocado em frente da tela de projecção da imagem do maestro a dirigir.

(iii) Tarefas vocais

- Exercícios de aquecimento

Os exercícios de aquecimento praticados neste estudo fazem parte da rotina de aquecimento normal do *Coro de Santa Joana*. São exercícios que envolvem as vogais /a/, /e/, /i/, /o/, /u/, cantadas em diferentes tonalidades, de forma a englobar diferentes registos vocais. Cada um destes exercícios encontra-se exemplificado na Figura 8.

Exercícios de aquecimento vocal a realizar em várias tonalidades	
	
	
	
	
	
	

Figura 8 – Exercícios de aquecimento usados no estudo.

- *Exercício vocal a analisar*

A tarefa vocal a ser comparada consistiu na execução de duas sequências de acordes a quatro vozes. Cada sequência era constituída por quatro acordes, devendo cada um ser cantado na vogal /a/ em *missa di voce*. A escolha desta tarefa vocal particular deveu-se ao facto de ser uma tarefa que exige um elevado controlo do mecanismo vocal por parte do cantor. Obriga a um aumento e diminuição de P_{sub} , respectivamente, sem no entanto este efeito dinâmico causar uma alteração da frequência de fonação e consequentemente afinação (Saboll et al., 1995). A escolha da vogal /a/ deveu-se ao facto desta ser uma vogal em que a primeiro formante¹⁴ apresenta uma frequência elevada, o que resulta numa diminuição da necessidade de ajustamento da mandíbula do cantor à frequência de fonação que está a ser cantada (Sundberg, 1987). Ou seja, é uma vogal que permite que o tracto vocal não sofra ajustes articulatorios mesmo quando se realizam intervalos grandes, que noutra vogal exigiriam alterações da articulação e logo do tracto vocal.

¹⁴ As formantes são as frequências de ressonância existentes devido às várias componentes do tracto vocal e têm um papel importante na inteligibilidade da fala e do canto (Sundberg, 1987).

Tendo em conta esta estabilidade articulatória, pode-se concluir que a sua interferência ao nível das medidas de irregularidade vocal será muito reduzida (Yomoto et al., 1982).

Dada a longa duração das sequências, foram seleccionados para análise apenas dois acordes. Esta selecção foi feita tendo em conta a distribuição de notas para cada naipe, procurando a inclusão de uma nota na região de registo médio e uma nota na região de registo agudo, para cada naipe. Assim, da 1ª sequência foi escolhido para análise o acorde de Dó Maior no estado fundamental (Figura 9), porque neste as vozes femininas cantam uma nota aguda e as vozes masculinas cantam uma nota no registo médio. Da 2ª sequência foi escolhido o acorde de Sol Maior, também no estado fundamental, uma vez que neste caso são as vozes masculinas que têm que cantar uma nota no registo agudo, especialmente os tenores e as vozes femininas cantam num registo médio (ver Figura 10). Estes acordes foram igualmente escolhidos tendo em conta que o acorde de Dó Maior no seu estado fundamental (1ª sequência) não apresenta notas de passagem para nenhum dos napes e o acorde de Sol Maior (2ª sequência) já apresenta notas de passagem para os contraltos (Sol₄), tenores (Ré₄) e baixos (Sol₄) (Miller, 1986). Notas de passagem são notas em que ocorrem ajustes de forças entre músculos intrínsecos e extrínsecos da laringe responsáveis pela extensão ou distensão das pregas vocais. Espera-se que a prática de exercícios de aquecimento vocal facilite estes ajustes, e esta facilidade se traduza numa diminuição das medidas de irregularidade vocal (Ibid).

1ª Sequência de acordes

A musical score for four voices: Soprano, Alto, Tenor, and Bass. The score is in 3/4 time and G major. A green box highlights the first measure of the vocal lines, which contains the notes D4, F#4, and A4. Below the box, a text label reads "Acorde de Dó Maior no Estado Fundamental".

Figura 9: Representação da 1ª tarefa vocal; 1ª sequência de acordes cantada com identificação do acorde extraído para análise, i.e. acorde de Dó Maior no estado fundamental.

2ª Sequência de acordes

A musical score for four voices: Soprano, Alto, Tenor, and Bass. The score is in 3/4 time and G major. A blue box highlights the first measure of the vocal lines, which contains the notes G3, B3, and D4. Below the box, a text label reads "Acorde de Sol Maior no Estado Fundamental".

Figura 10- Representação da 2ª tarefa vocal; 2ª sequência de acordes cantada com identificação do acorde extraído para análise, i.e. acorde de Sol Maior no estado fundamental.

(iv) Procedimentos

Para as duas gravações foi cumprido um protocolo que consistiu nas seguintes etapas:

- 1º) Calibração dos microfones – 1 omnidireccional e 16 cardióides;
- 2º) Colocação dos microfones cardióides no nariz de cada coralista usando fita adesiva;
- 3º) Gravação das duas sequências de acordes sem aquecimento vocal (Situação A);
- 4º) Pequeno intervalo para descanso dos coralistas;

- 5º) Realização de exercícios de aquecimento vocal com a duração média de 15 min;
- 6º) Gravação das duas sequências de acordes com aquecimento vocal (Situação B);
- 7º) Fim da sessão de gravação.

Para todas as sessões de gravação foi projectado numa tela o vídeo do maestro a dirigir as duas sequências de acordes. Por este motivo, foi realizada uma gravação audiovisual prévia do maestro a dirigir o coro durante a performance das tarefas vocais. Esta gravação foi posteriormente editada, retirando-se o som e as partes que não diziam respeito ao gesto usado para dirigir as tarefas vocais que se pretendiam analisar. O produto final desta edição foi a do gesto repetido do maestro a dirigir as tarefas vocais que se pretendiam comparar neste estudo. O uso de uma única gravação do gesto do maestro para todas as sessões pretende controlar a potencial variável incluída se o maestro dirigisse o coro em cada gravação (Daugherty, 1996).



Figura 11: Imagem ilustrativa de uma sessão de gravação do ensemble vocal.

3.4.2 ANÁLISE DE DADOS

Tendo em conta as hipóteses a testar (já mencionadas no início deste capítulo), a análise de dados foi realizada para duas condições distintas, i.e. antes e após a realização de exercícios de aquecimento vocal, e para vários parâmetros: (i) avaliação individual de parâmetros de irregularidade vocal para cada coralista; (ii) avaliação das características acústicas do ensemble vocal ao nível individual e do conjunto.

(i) Avaliação individual de parâmetros de irregularidade vocal para cada coralista

Dos acordes escolhidos para análise, foram extraídos para cada um dos 16 coralistas os respectivos valores de *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*. Este procedimento foi realizado para cada uma das notas dos acordes escolhidos em cada uma das sequências (i.e. acorde de Dó M e de Sol M), antes (SA) e após (CA) a realização de exercícios de aquecimento vocal. Estes parâmetros de medida de irregularidade foram especificamente seleccionados para este estudo tendo em conta protocolos anteriormente usados em estudos prévios sobre os efeitos da prática de exercícios de aquecimento na performance vocal (Amir et al., 2005).

Jitter é uma medida de perturbação da frequência fundamental do som produzido (Baken & Orlikoff, 2000); *Shimmer* é uma medida de perturbação da amplitude de vibração (Ibid); e *Harmonics-to-noise ratio* consiste num índice representativo da relação existente entre a distribuição do número de parciais harmónicos em relação ao número de parciais não harmónicos do som (Ibid).

Estas três medidas de irregularidade vocal foram extraídas através do software Praat. Para cada coralista e sequência de acordes gravados procedeu-se à selecção da porção do sinal contendo a parte decrescente do *messa di voce*. Embora a ideia inicial consistia na extracção destas medidas para o *messa di voce* completo, verificou-se que tal não seria possível em todos os casos devido à presença de distorção do sinal nos microfones de alguns dos coralistas. Todos os valores extraídos foram guardados numa base de dados para posterior comparação estatística usando o software PASW Program.

(ii) Avaliação das características acústicas do ensemble vocal

As características acústicas do ensemble vocal foram determinadas para os mesmos acordes anteriormente seleccionados, i.e. Dó M e Sol M, ambos no seu estado fundamental, usando espectrografia de longa duração (Long Term Average Spectrum - LTAS). Este tipo de avaliação espectrográfica foi escolhido tendo em conta que esta foi o tipo de avaliação também usado em estudos prévios com coros (Rossing et al., 1984; Ternström, 1993). É também uma forma de avaliação acústica que apresenta o benefício de, ao apresentar a distribuição das diferentes frequências harmónicas e respectivas intensidades, se relacionar com a percepção dos ouvintes no que diz respeito à qualidade vocal (Sundberg, 1987). O LTAS no eixo das abcissas representa o nível de pressão sonora em decibéis e no das ordenadas a frequência em Hertz (Baken & Orlikoff, 2000). Esta análise espectrográfica permite a representação do funcionamento

da laringe, assim como movimentos articulatórios e impactos destes na percepção sonora, pelo que constitui um excelente método de caracterização da qualidade de uma voz (Baken & Orlikoff, 2000).

Após a descrição dos métodos utilizados para a recolha e análise dos dados, segue-se a secção dos resultados desta tese onde são primeiro expostos os resultados da avaliação individual de parâmetros de irregularidade vocal para cada coralista e depois os da avaliação das características acústicas do ensemble vocal.

CAPÍTULO 4:

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. INTRODUÇÃO

Tal como já foi referido na introdução desta tese, os objectivos do estudo passam por: (i) averiguar o impacto da prática de exercícios de aquecimento nos parâmetros de irregularidade vocal de cada coralista, i.e. *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*; e (ii) compreender os efeitos da prática de exercícios de aquecimento nas características acústicas do som produzido pelo ensemble vocal. Assim, este capítulo apresenta os resultados destas análises, descritos separadamente. Começa por apresentar os resultados dos parâmetros de irregularidade vocal, passando depois para os resultados das análises espectrográficas do conjunto sonoro.

4.2. MEDIDAS DE IRREGULARIDADE VOCAL PARA CADA CORALISTA

Tal como já foi mencionado, as medidas de irregularidade de vibração das pregas vocais abordadas neste estudo foram o *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*. Como foram analisados dois acordes diferentes, i.e. excluindo e incluindo notas na região de passagem para cada naipe, os resultados apresentam duas médias para cada medida de irregularidade. Assim, *Jitter 1*, *Shimmer 1* e *HNR 1*, referem-se ao acorde de Dó Maior no estado fundamental, que não inclui notas de passagem; e *Jitter 2*, *Shimmer 2* e *HNR 2* referem-se aos valores de irregularidade para o acorde de Sol Maior no estado fundamental, que já inclui notas de passagem¹⁵.

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam a média (\bar{X}) e desvio padrão (σ) dos valores de *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*, respectivamente, obtidos para cada um dos acordes seleccionados (acorde de Dó M - 1 e acorde de Sol M - 2) e para cada coralista, calculados a partir das duas repetições da mesma gravação e nas duas condições do estudo, i.e. antes e após a prática de exercícios de aquecimento (SA e CA).

¹⁵ Estas notas requerem, por parte do cantor, um maior controlo vocal. Fisiologicamente, a dificuldade em cantá-las reflecte-se na necessidade de activar os músculos tiroaríngeo e cricoaríngeo em sintonia com uma adequada pressão subglótica (Titze, 2000).

Tabela 3: Média (\bar{X}) e desvio padrão (σ) dos valores de Jitter para cada coralista nas condições sem (SA) e com aquecimento (CA), para o acorde de Dó M (Jitter 1) e o acorde de Sol M (Jitter 2) (N.B: S – sopranos, C – contraltos, T – tenores e B - baixos).

Participantes	Jitter 1				Jitter 2			
	SA		CA		SA		CA	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Coralista 1 (S)	0.20	0.16	0.08	0.15	0.08	0.16	0.06	0.10
Coralista 2 (S)	0.22	0.16	0.14	0.15	0.23	0.16	0.21	0.10
Coralista 3 (S)	0.21	0.17	0.09	0.15	0.23	0.16	0.18	0.10
Coralista 4 (S)	0.25	0.17	0.17	0.15	0.28	0.16	0.36	0.09
Coralista 5 (C)	0.28	0.17	0.19	0.15	0.24	0.17	0.26	0.09
Coralista 6 (C)	0.23	0.18	0.23	0.16	0.27	0.17	0.17	0.09
Coralista 7 (C)	0.20	0.18	0.22	0.16	0.31	0.18	0.22	0.09
Coralista 8 (C)	0.32	0.19	0.37	0.17	0.70	0.19	0.29	0.10
Coralista 9 (T)	0.45	0.19	0.40	0.17	0.48	0.11	0.34	0.09
Coralista 10 (T)	0.20	0.19	0.24	0.16	0.22	0.07	0.19	0.09
Coralista 11 (T)	0.41	0.21	0.42	0.18	0.34	0.08	0.33	0.09
Coralista 12 (T)	0.62	0.22	0.58	0.18	0.19	0.07	0.22	0.08
Coralista 13 (B)	0.22	0.03	0.26	0.05	0.27	0.07	0.15	0.09
Coralista 14 (B)	0.18	0.03	0.21	0.03	0.28	0.06	0.27	0.10
Coralista 15 (B)	0.16	0.03	0.15	0.02	0.21	0.01	0.12	0.04
Coralista 16 (B)	0.21	0.01	0.16	0.03	0.22	0.02	0.20	0.00

Tabela 3: Média (\bar{X}) e desvio padrão (σ) dos valores de Shimmer para cada coralista nas condições sem (SA) e com aquecimento (CA), para o acorde de Dó M (Shimmer 1) e o acorde de Sol M (Shimmer 2) (N.B: S – sopranos, C – contraltos, T – tenores e B - baixos)

Participantes	Shimmer 1				Shimmer 2			
	SA		CA		SA		CA	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Coralista 1 (S)	0.96	2.64	1.45	2.32	0.95	2.12	0.50	2.07
Coralista 2 (S)	1.97	2.66	1.93	2.31	1.10	2.15	0.81	2.05
Coralista 3 (S)	0.81	2.70	1.50	2.31	1.28	2.18	0.91	2.05
Coralista 4 (S)	3.20	2.72	2.42	2.27	3.69	2.26	1.79	2.05
Coralista 5 (C)	2.91	2.80	3.66	2.30	2.55	2.35	1.61	2.13
Coralista 6 (C)	3.33	2.91	4.05	2.39	3.46	2.41	1.31	2.22
Coralista 7 (C)	2.47	3.03	2.41	2.51	2.23	2.54	1.04	2.33
Coralista 8 (C)	3.67	3.09	3.98	2.55	2.07	2.65	1.82	2.42
Coralista 9 (T)	10.74	3.27	8.49	2.70	11.89	2.61	2.92	2.53
Coralista 10 (T)	6.88	3.11	5.27	2.23	6.53	2.58	1.91	1.96
Coralista 11 (T)	9.68	3.27	7.22	2.20	8.88	2.80	2.49	1.71
Coralista 12 (T)	8.14	3.15	6.24	1.63	4.14	2.95	1.25	1.08
Coralista 13 (B)	2.94	0.83	3.42	0.72	3.15	0.57	1.07	0.96
Coralista 14 (B)	2.14	0.93	2.38	0.62	2.32	0.67	0.87	0.75
Coralista 15 (B)	2.63	0.90	2.96	0.55	2.35	0.75	0.96	0.84
Coralista 16 (B)	4.34	0.78	2.29	0.53	2.68	1.14	1.28	0.56

Tabela 4: Média (\bar{X}) e desvio padrão (σ) dos valores de HNR para cada coralista nas condições sem (SA) e com aquecimento (CA), para o acorde de Dó M (HNR 1) e o acorde de Sol M (HNR 2) (N.B: S – sopranos, C – contraltos, T – tenores e B - baixos).

Participantes	HNR 1				HNR 2			
	SA		CA		SA		CA	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Coralista 1 (S)	0.003	0.080	0.002	0.034	0.002	0.048	0.002	0.031
Coralista 2 (S)	0.006	0.082	0.004	0.035	0.002	0.049	0.002	0.031
Coralista 3 (S)	0.005	0.083	0.004	0.035	0.011	0.050	0.008	0.032
Coralista 4 (S)	0.007	0.085	0.005	0.035	0.017	0.051	0.016	0.032
Coralista 5 (C)	0.012	0.087	0.017	0.036	0.016	0.053	0.019	0.033
Coralista 6 (C)	0.009	0.090	0.013	0.037	0.013	0.055	0.009	0.034
Coralista 7 (C)	0.007	0.092	0.007	0.038	0.021	0.057	0.008	0.035
Coralista 8 (C)	0.023	0.094	0.028	0.038	0.041	0.060	0.021	0.036
Coralista 9 (T)	0.087	0.097	0.092	0.039	0.153	0.062	0.085	0.038
Coralista 10 (T)	0.026	0.101	0.028	0.032	0.033	0.019	0.033	0.021
Coralista 11 (T)	0.063	0.105	0.081	0.033	0.037	0.019	0.032	0.020
Coralista 12 (T)	0.299	0.113	0.032	0.024	0.011	0.018	0.018	0.021
Coralista 13 (B)	0.028	0.062	0.029	0.025	0.054	0.016	0.048	0.021
Coralista 14 (B)	0.017	0.067	0.028	0.027	0.030	0.014	0.020	0.024
Coralista 15 (B)	0.059	0.063	0.038	0.030	0.026	0.017	0.023	0.026
Coralista 16 (B)	0.155	0.046	0.065	0.026	0.042	0.020	0.065	0.013

4.2.1 JITTER 1 – Acorde de Dó Maior

A Figura 12 representa a distribuição dos valores médios de *Jitter* 1, sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), para cada coralista. Pode observar-se que a média de *Jitter* 1 após a realização de exercícios de aquecimento vocal diminuiu no naipe dos sopranos, para um contralto, em dois tenores e em dois baixos.

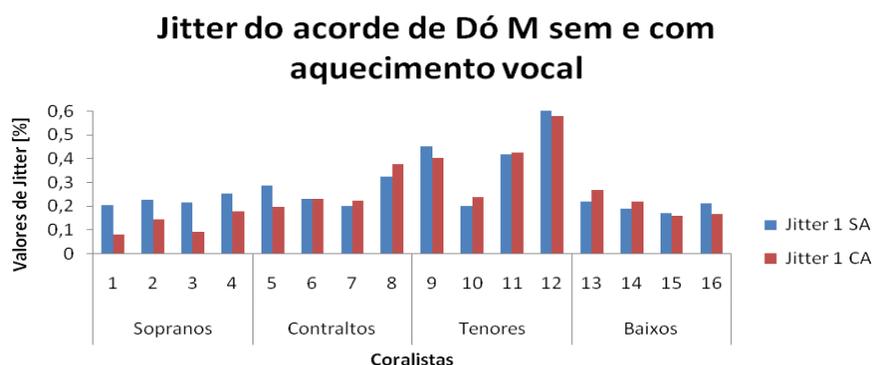


Figura 12: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de *Jitter* 1, i.e. acorde de Dó M, sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA) (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

Para averiguar se as diferenças entre condições do estudo observadas na Figura 12 seriam significativas entre as duas condições de estudo, i.e. sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test) entre todas as vozes. A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica das médias de *Jitter 1*. Apesar do valor da mediana ser maior na condição sem aquecimento do que com aquecimento (ver Tabela 6), esta diferença não se revelou significativa [$Z=-1.603$; $p=0.109$] (ver Figura 13).

Tabela 5 - Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de *Jitter 1* sem aquecimento (SA) e *Jitter 1* com aquecimento (CA).

<i>Jitter 1</i>			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
0.22	0.11	0.22	0.03

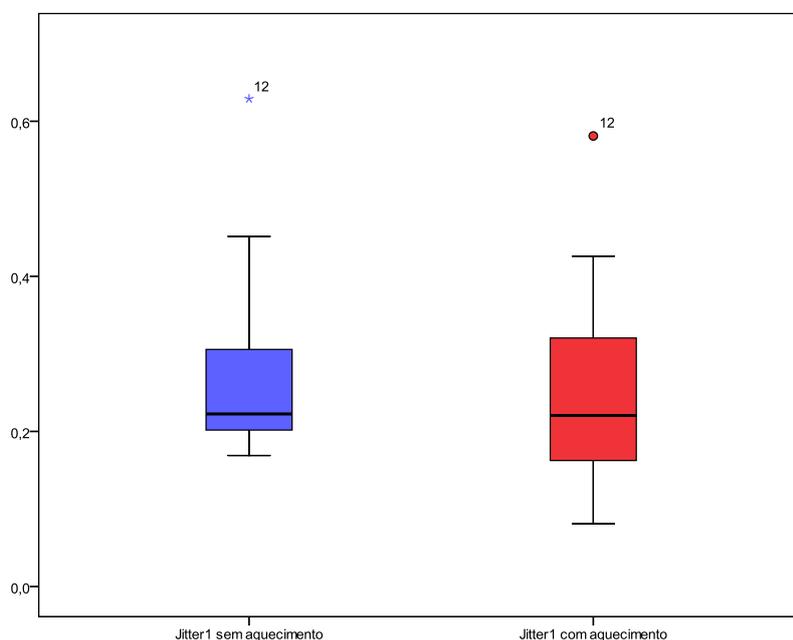


Figura 13: Comparação da média dos valores de *Jitter 1* sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre os percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers. * = valor extremo maior que 3 comprimentos da caixa a partir do percentil 75 para o participante número 12 na condição de aquecimento; ●¹²= valor de outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participante 12 na condição com aquecimento).

4.2.2 JITTER 2 – Acorde de Sol Maior

A Figura 14 representa a distribuição dos valores médios para *Jitter 2*, i.e. referentes ao acorde de Sol Maior, sem aquecimento e com aquecimento, para cada coralista. Pode-se verificar que no segundo acorde os valores do *Jitter 2* diminuíram após a realização de exercícios de aquecimento vocal para três sopranos, três contraltos, três tenores e para todo o naipe dos baixos.

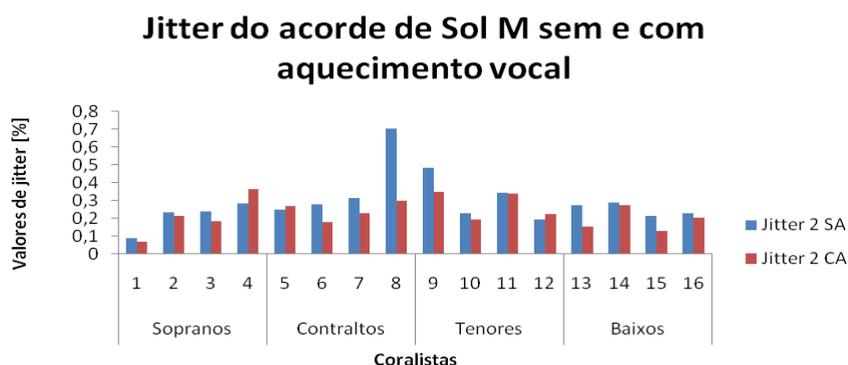


Figura 14: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de *Jitter 2*, i.e. para o acorde de Sol M, sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA) (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

A fim de se averiguar se existiam diferenças significativas entre as duas condições de estudo, i.e. sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test) para todos os coralistas. A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica dos dados. Na Tabela 7 estão representados os varões da mediana e respectiva diferença interquartil. Pode-se observar que, de uma forma geral, a mediana de *Jitter 2* para a situação sem aquecimento é maior do que para a situação com aquecimento (ver Tabela 8), e estas diferenças revelaram-se significativas [$Z=-2.402$; $p=0.013$] (ver Figura 15).

Tabela 6- Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de *Jitter 2* sem aquecimento e *Jitter 2* com aquecimento.

<i>Jitter 2</i>			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
0.26	0.08	0.22	0.11

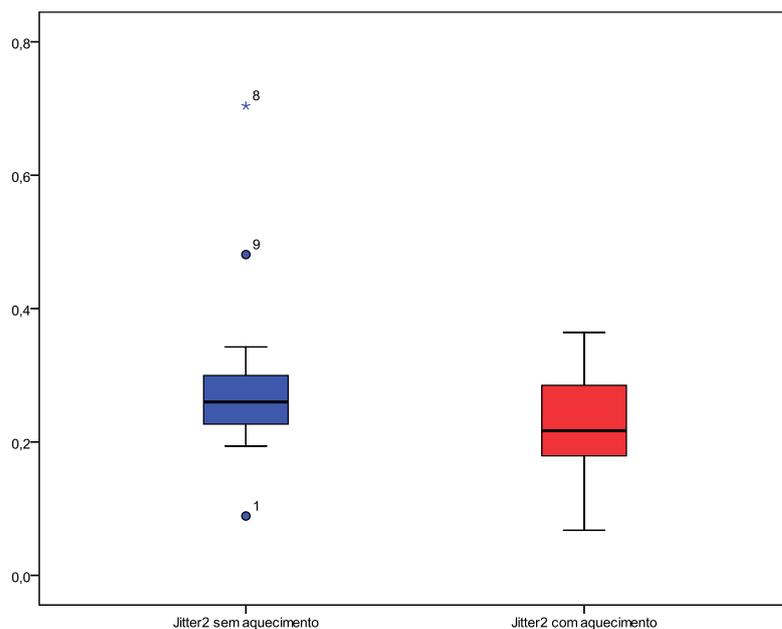


Figura 15: Comparação da média dos valores de *Jitter 2* sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre os percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers. * = valor extremo maior que 3 comprimentos da caixa a partir do percentil 75 para o participante número 8 na situação sem aquecimento; ●¹ = valor outlier menor que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 25 para o participante 1 na condição sem aquecimento; ●⁹ = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participante 9 na condição sem aquecimento).

4.2.3 SHIMMER 1 – Acorde de Dó Maior

A Figura 16 representa a distribuição dos valores médios de *Shimmer 1* para o acorde de Dó M, sem aquecimento (SA) e após aquecimento (CA), para cada coralista. Pode-se verificar que para este acorde, os valores do *Shimmer* diminuíram após a realização de exercícios de aquecimento vocal no naipe dos sopranos, para dois tenores e para um baixo.

Shimmer do acorde de Dó M sem e com aquecimento vocal

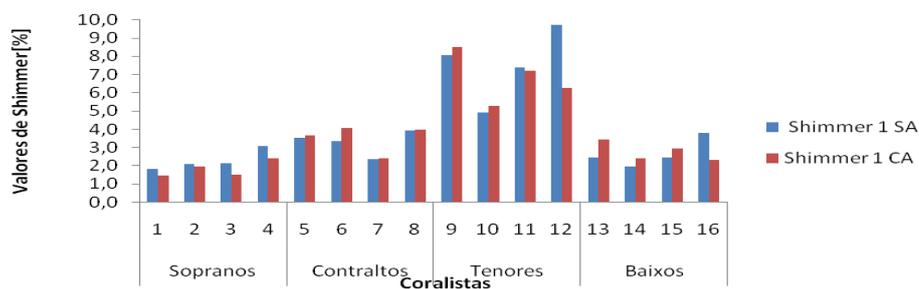


Figura 16: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de *Shimmer 1*, sem aquecimento e *Shimmer 1* com aquecimento (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

A fim de averiguar se existiam diferenças significativas entre as duas condições de estudo, i.e. sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test). A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica dos dados. Apesar da mediana da condição sem aquecimento ser maior do que com aquecimento (Tabela 8), esta diferença não se revelou significativa [$z=0.000$; $p=1.000$] (ver Figura 17).

Tabela 7: Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de *Shimmer 1* sem aquecimento (SA) *Shimmer 1* e com aquecimento (CA).

<i>Shimmer 1</i>			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
3.28	2.48	3.19	2.66

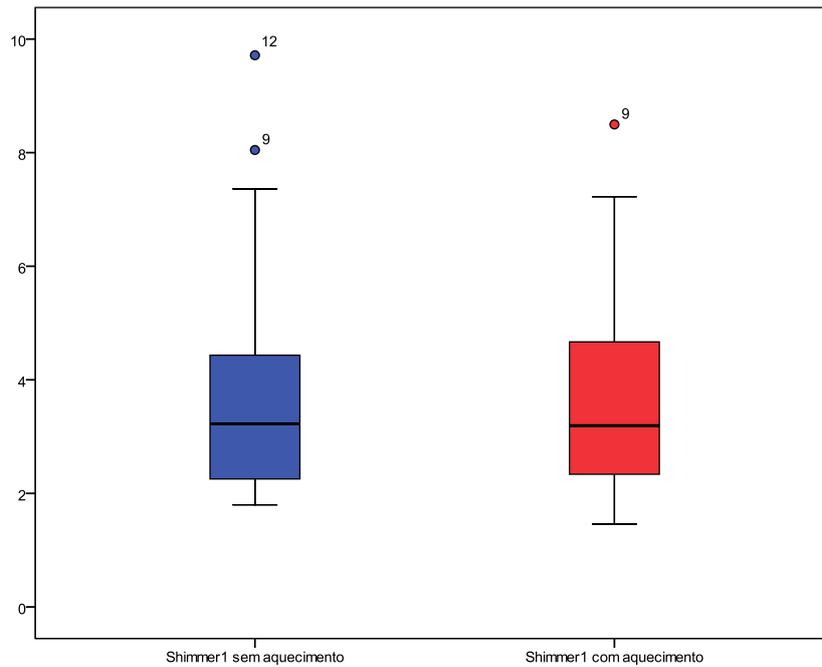


Figura 17: Comparação da média dos valores de *Shimmer* 1 sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre os percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers; ●⁹ = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participantes 12 na situação sem aquecimento; ●^{9,12} = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participantes 12 na situação com aquecimento).

4.2.4 SHIMMER 2 – Acorde de Sol Maior

A Figura 18 representa a distribuição dos valores médios para *Shimmer* 2, i.e. para o acorde de Sol M, nas condições sem aquecimento (SA) e após a prática de exercícios de aquecimento (CA), para cada coralista. Pode-se verificar que para este acorde a média de valores do *Shimmer* diminuiu em todos os naipes após a realização de exercícios de aquecimento vocal.

Shimmer do acorde de Sol M sem e com aquecimento vocal

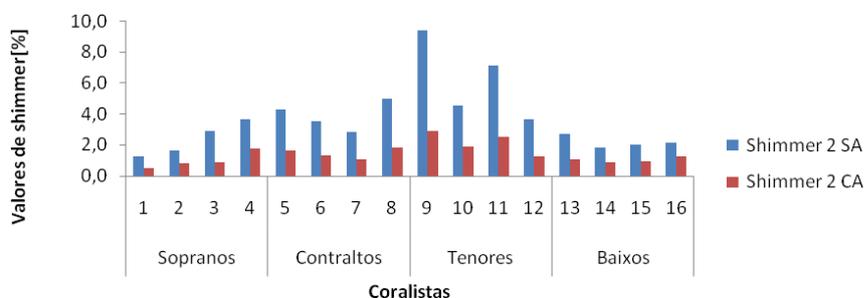


Figura 18: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de Shimmer 2 sem aquecimento Shimmer 2 com aquecimento (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

A fim de averiguar se existem diferenças significativas entre as duas condições de estudo, isto é, sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test). A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica dos dados. Existem diferenças significativas entre os valores da mediana nas condições sem aquecimento e com aquecimento, tal como se pode observar na Tabela 9. Os resultados demonstram diferenças significativas nos valores de *Shimmer* entre as duas condições, sendo este significativamente maior na condição SA [$Z=-3.516$; $p=0.000$] (ver Figura 19).

Tabela 8 - Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de Shimmer 2 sem aquecimento e com aquecimento.

Shimmer 2			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
3.20	2.44	1.27	0.89

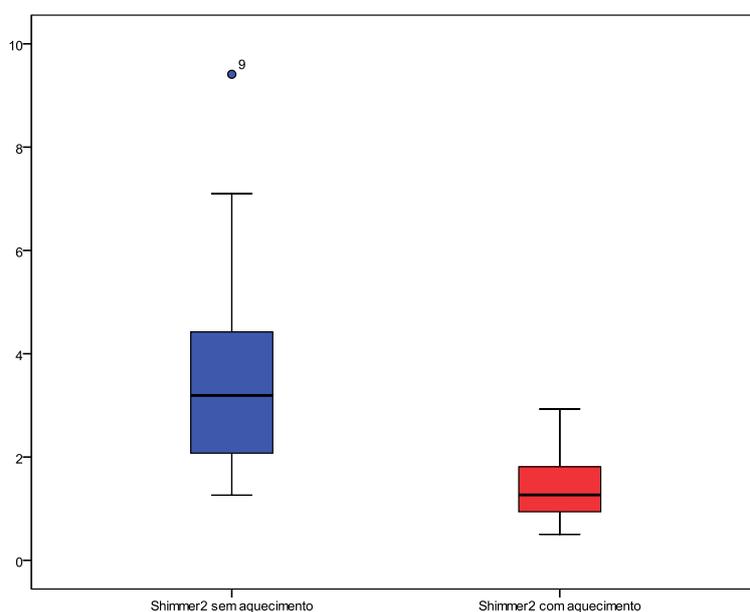


Figura 19: Comparação da média dos valores de Shimmer 2 sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre os percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers; ●⁹ = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participante 9 na condição sem aquecimento).

4.2.5 HNR 1 – Acorde de Dó Maior

A Figura 20 representa a distribuição dos valores médios para HNR 1 sem aquecimento e com aquecimento para cada coralista. No primeiro acorde, a média dos valores de HNR diminuíram após a realização de exercícios de aquecimento vocal para o naipe dos sopranos, para um tenor e para dois baixos.

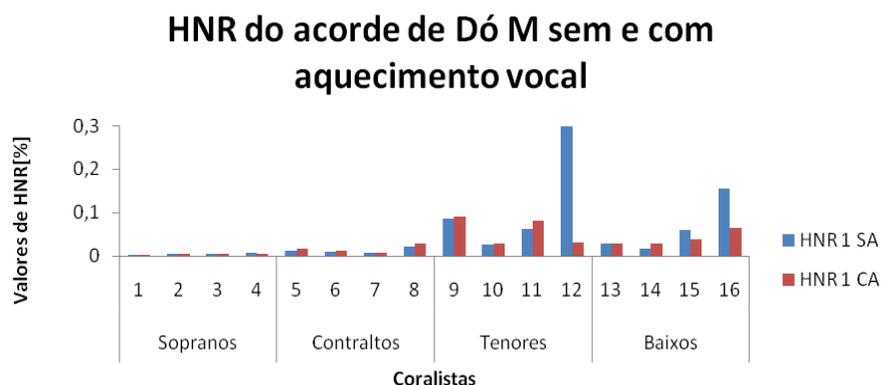


Figura 20: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de HNR1 sem aquecimento e HNR1 com aquecimento (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

A fim de averiguar se existiam diferenças significativas nas duas condições de estudo, isto é, sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test). A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica dos dados. Apesar da mediana da condição com aquecimento ser maior do que sem aquecimento, esta diferença não se manifestou significativa, tal como se pode observar na Tabela 10 [$Z=-0.207$; $p=0.836$] (ver Figura 21).

Tabela 9: Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de HNR 1 sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA).

HNR 1			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
0.02	0.05	0.03	0.03

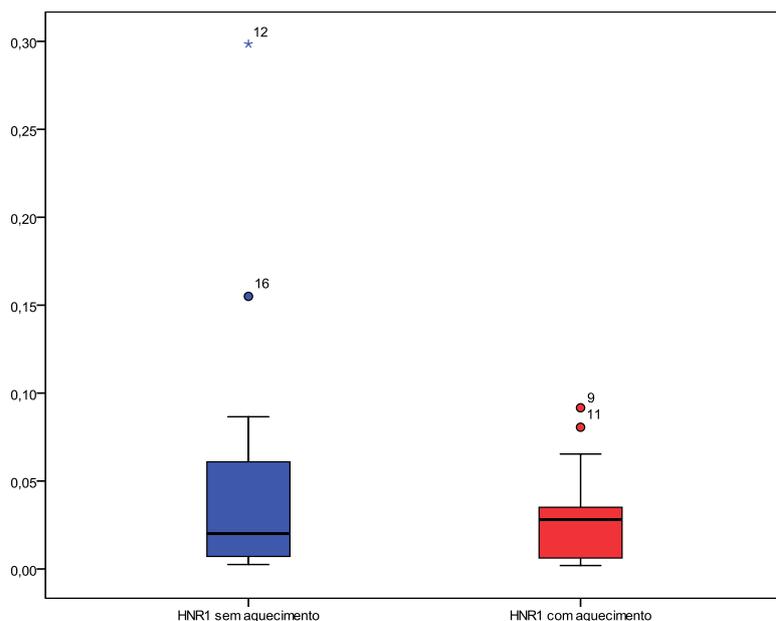


Figura 21: Comparação da média dos valores de HNR1 sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers. * = valor extremo maior que 3 compartimentos da caixa a partir do percentil 75 para o participante número 12 na condição sem aquecimento; ●¹⁶ = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participante 16 na condição sem aquecimento; ●^{9, 11} = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para os participante 9 e 11 na condição com aquecimento).

4.2.6 HNR 2 – Acorde de Sol Maior

A Figura 22 representa a distribuição dos valores médios para *HNR 2* sem aquecimento e com aquecimento para cada coralista. Pode-se verificar que no segundo acorde, a média dos valores de *HNR*, após a realização de exercícios de aquecimento vocal, diminuí para o naipe dos sopranos, para três contraltos, três tenores e três baixos.

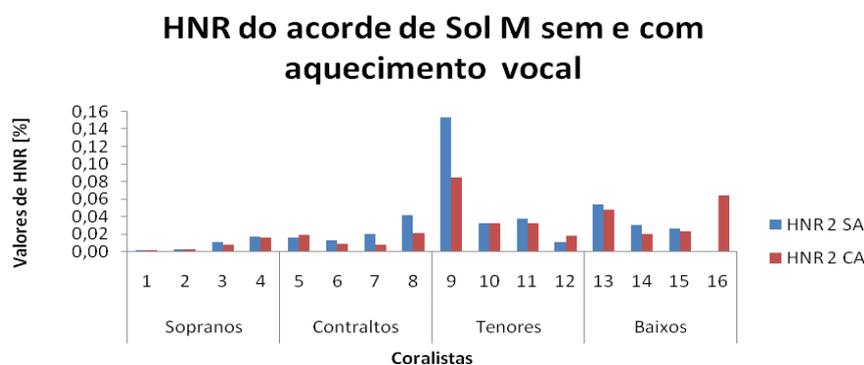


Figura 22: Representação gráfica, para cada coralista, dos valores médios de *HNR 2* sem aquecimento e *HNR 2* com aquecimento (coralistas 1-4: sopranos; coralistas 5-8: contraltos; coralistas 9-12: tenores; coralistas 13 a 16: baixos).

A fim de averiguar se existiam diferenças significativas nas duas condições de estudo, i.e. sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA), utilizou-se um teste não paramétrico de comparação de médias (Wilcoxon Signed Test). A escolha deste teste particular deveu-se à distribuição assimétrica dos dados. Apesar da mediana da condição sem aquecimento ser maior do que com aquecimento, esta diferença não se revelou significativa, tal como se pode ver na Tabela 11 [$Z=-1.706$; $p=0.088$] (ver Figura 23).

Tabela 10: Valores da mediana e diferença interquartil para a medida de *HNR 2* sem aquecimento (SA) e com aquecimento (CA).

<i>HNR 2</i>			
Sem Aquecimento (SA)		Com Aquecimento (CA)	
Mediana	Diferença interquartil	Mediana	Diferença interquartil
0.023	0.029	0.02	0.02

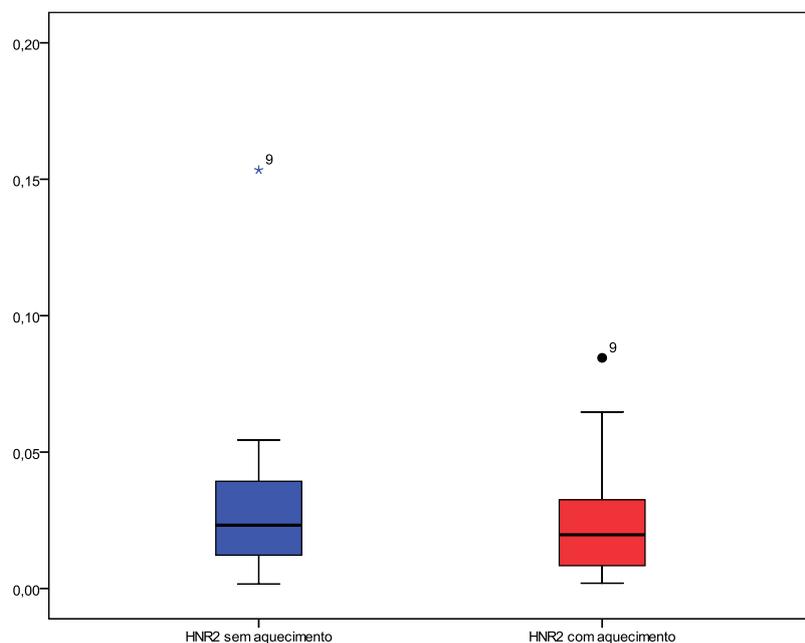


Figura 23: Comparação da média dos valores de *HNR 2* sem e com aquecimento (este gráfico representa a distribuição dos valores que estão compreendidos entre os percentis 25 e 75; a linha horizontal existente dentro da caixa representa a mediana e as linhas verticais que estão ligadas à caixa representam os maiores e menores valores que não compreendem valores extremos ou outliers. * = valor extremo maior que 3 compartimentos da caixa a partir do percentil 75 para o participante número 9 na condição com aquecimento; ● = valor outlier maior que 1.5 comprimentos da caixa, a partir do percentil 75 para o participante 9 na condição com aquecimento).

4.3. LTAS DO ENSEMBLE CORAL

Os resultados obtidos nesta secção referem-se à análise de parte de diminuendo do *messa di voce* dos acordes extraídos da 1ª e 2ª sequências, Dó Maior e Sol Maior respectivamente. A análise da parte de diminuendo do *messa di voce* e não de toda a parte deveu-se à ocorrência de distorção do sinal na parte do crescendo, devido a elevadas intensidades sonoras. Utilizou-se a espectrografia de longa duração (LTAS) para se compararem características acústicas do ensemble vocal para os acordes escolhidos. Tal como se pode observar na Figura 24, não existem diferenças significativas entre LTAS para o acorde de Dó Maior entre as duas condições avaliadas.

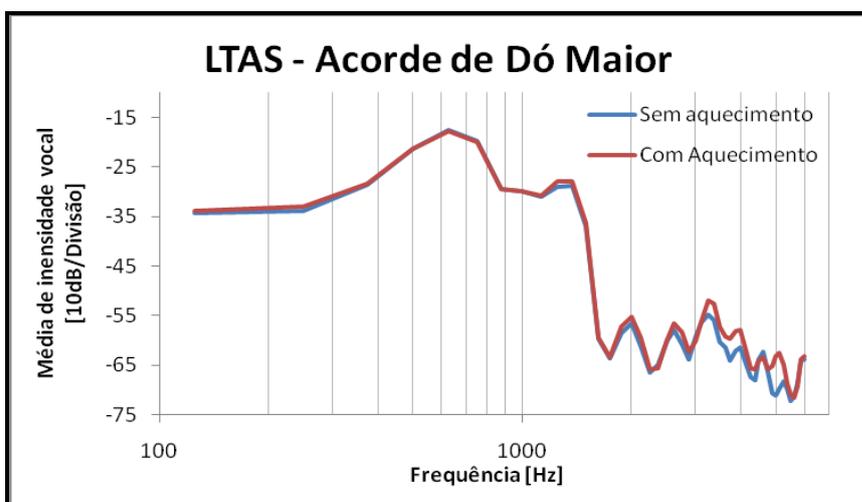


Figura 24: Representação LTAS do acorde de Dó Maior sem e com aquecimento vocal.

Tal como se pode observar na Figura 25, o mesmo não se verifica para o acorde de Sol M. Diferenças entre as duas condições de estudo existem para este acorde (Sol M). Após a realização de exercícios de aquecimento, a intensidade dos parciais harmónicos perto dos 500 Hz é maior, assim como se observa uma maior intensidade de frequências harmónicas na zona dos 1000Hz e dos 3000Hz.

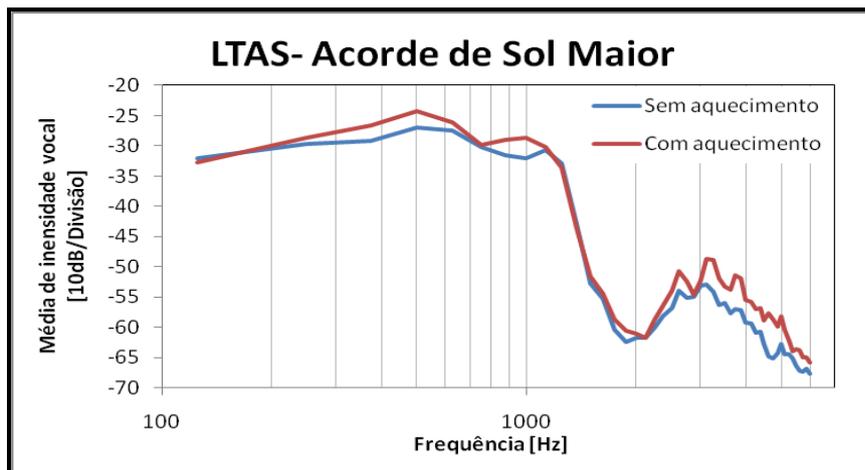


Figura 25: LTAS do acorde de Sol Maior para as condições sem e com aquecimento vocal.

Na Figura 26 observa-se a diferença entre as médias de valores de frequências dos diferentes parciais harmônicos entre as condições sem e com aquecimento, para cada um dos acordes analisados (i.e. Sol M e Dó M).

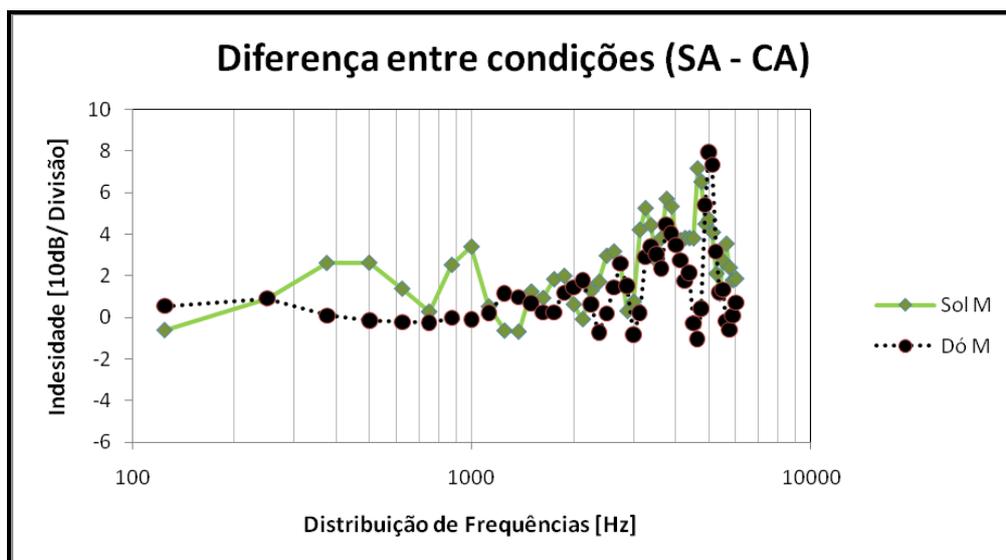


Figura 26: Representação gráfica da diferença de valores de LTAS entre as condições sem (SA) e com aquecimento (CA) para os acordes de Dó Maior (vermelho) e Sol Maior (verde).

Para o acorde de Sol M verifica-se uma maior diferença entre as condições do estudo (i.e. com e sem aquecimento) do que para o acorde de Dó M, especialmente no que diz respeito às frequências até cerca de 1000Hz. Também se pode verificar que as diferenças entre condições tornam-se positivas acima dos 1000 Hz, e mais notórias também para a performance do *messa di*

voce no acorde de Sol M. Estas diferenças tornam-se mais evidentes nas Figuras 27 e 28, que representam as diferenças de LTAS para cada um dos acordes, Dó M e Sol M, respectivamente.

Para o acorde de Dó M, a linha quase recta até cerca dos 1100Hz representa a inexistência de diferenças entre a distribuição das frequências nesta região do espectro, entre SA e CA. Estas diferenças só aparecem após os 1100Hz, ou seja, na região de distribuição de frequências harmónicas superiores. Estas diferenças poderiam estar relacionadas não com efeitos de aquecimento na voz, mas antes com diferenças tímbricas entre os diferentes coralistas. Variações nas duas primeiras formantes (F1 e F2) podem ocorrer devido a diferenças na posição e forma das estruturas articatórias, nomeadamente posição da laringe no tracto vocal, abertura da mandíbula, posição do corpo e ponta da língua, forma e rigidez do tracto vocal. Estas diferenças são reflectidas em LTAS na região abaixo dos 1500Hz para a vogal /a/. Diferenças acima destas frequências normalmente reflectem diferenças nas formantes F3, F4 e F5, que dizem respeito ao timbre vocal mais do que a alterações na laringe ou estruturas articatórias.

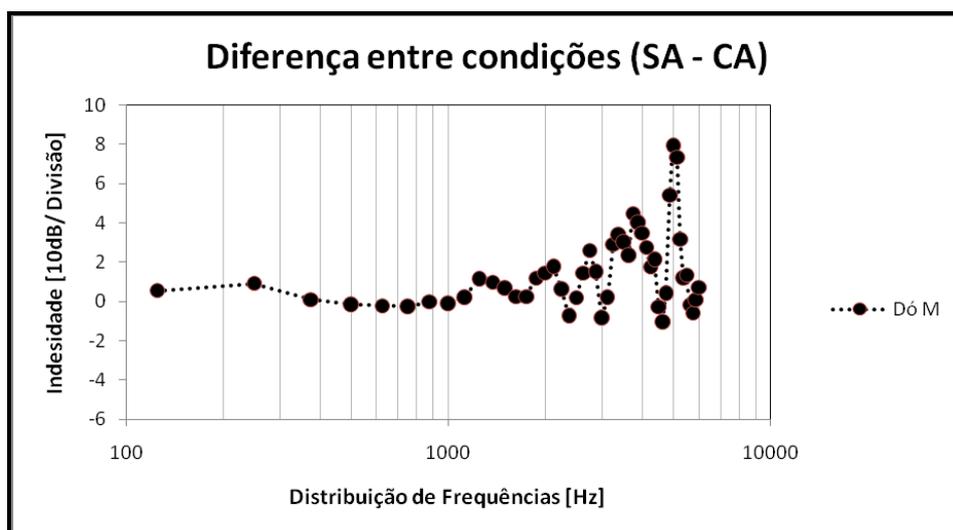


Figura 27: LTAS representativo da diferença de valores para as condições sem e com aquecimento para o acorde de Dó Maior.

Para o acorde de Sol M, a linha irregular, sobretudo na região dos 800 aos 1000Hz, pode ser indicativa de alterações na posição da laringe e no uso das estruturas articatórias, já que esta região do espectro diz respeito às formantes F1 e F2. As diferenças existente entre SA e CA acima dos 1000Hz mais uma vez pode ser indicativa de diferenças tímbricas, e estas não se revelam diferentes relativamente ao acorde de Dó M.

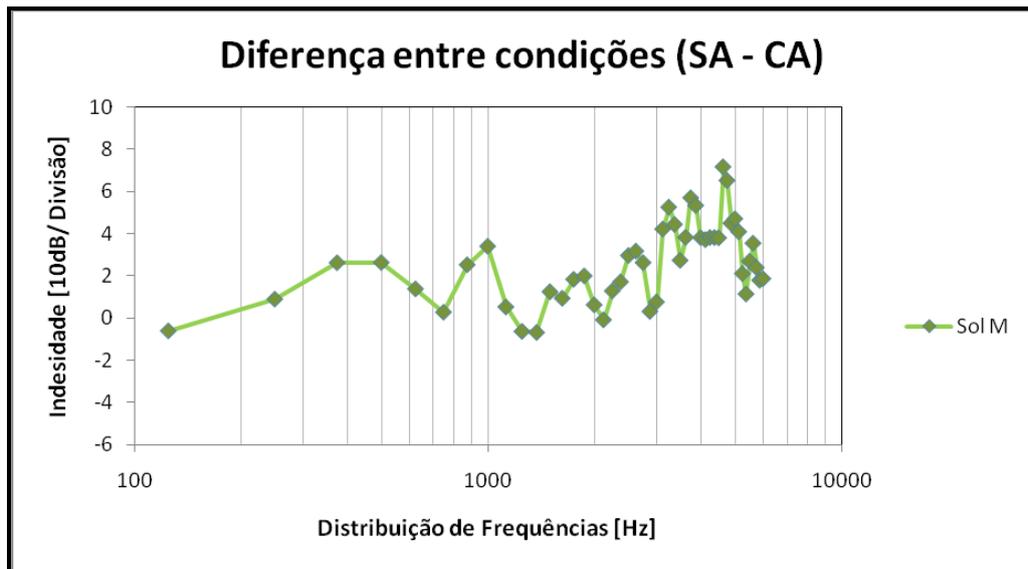


Figura 28: LTAS representativo da diferença entre condições sem e com aquecimento para o acorde de Sol Maior.

A parte que se segue desta tese discutirá com mais pormenor os resultados aqui apresentados, e possíveis explicações para os mesmos.

CAPÍTULO 5:
DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De uma forma geral, pode afirmar-se que as hipóteses colocadas inicialmente neste estudo foram em parte verificadas. Relembrando a sua natureza, as hipóteses indicavam que, no caso das vozes individuais de cada coralista, a prática de exercícios de aquecimento vocal traria benefícios na medida que poderia diminuir medidas de irregularidade vocal, tais como *Jitter*, *Shimmer* e *HNR*. Por sua vez, esta diminuição na irregularidade de produção vocal individual traria vantagens em termos de qualidade sonora do ensemble, uma vez que poderia ocorrer um aumento da intensidade de frequências harmónicas, representativo de uma sonoridade com maior projecção vocal e riqueza tímbrica sem no entanto envolver maior esforço laríngeo. Esta hipótese foi verificada para o acorde de Sol M, mas o mesmo não se verificou para o acorde de Dó M, levantando por isso algumas questões pertinentes.

Comece-se por rever os resultados obtidos para o acorde de Dó M. Ao compararem-se os valores individuais obtidos para cada coralista de *Jitter 1*, *Shimmer 1* e *HNR 1*, não foram encontradas diferenças significativas antes e após a realização dos exercícios de aquecimento vocal (valores de $p > 0.05$). Tendo em conta as duas gravações efectuadas, os valores médios de *Jitter 1* e *Shimmer 1* não se alteraram para a maioria dos coralistas após a realização da sessão de exercícios de aquecimento. Seria de esperar que ocorresse uma diminuição destes valores, tal como verificado em estudos anteriores que investigaram os efeitos da prática de exercícios de aquecimento nestas medidas de irregularidade vocal em vozes solistas (Amir et al., 2005). No entanto, essa diminuição foi encontrada apenas em alguns coralistas. Para *HNR 1* também não foram encontradas diferenças significativas entre condições do estudo.

Quanto aos efeitos da prática de exercícios de aquecimento nas características acústicas do ensemble vocal, também não foram encontradas diferenças notáveis entre as condições do estudo para o acorde de Dó M. A representação LTAS que mostra a diferença da distribuição das frequências harmónicas e respectivas intensidades para as duas condições apresenta uma linha plana na região dos 1000 Hz, indicativos que nesta região, os efeitos de aquecimento vocal para este acorde não foram encontrados. No entanto, o mesmo já não acontece, no que diz respeito a frequências acima dos 3000Hz, em que a linha já não é plana mas sim irregular, sugerindo diferenças entre as condições de performance vocal sem e com aquecimento. Como esta diferença passa a ser positiva, há uma possível indicação de que após o aquecimento vocal os coralistas foram capazes de produzir um maior número de parciais harmónicos superiores. Ainda que puramente especulativo, é possível que esta situação se relacione com o facto de que, após a realização de exercícios de aquecimento, os coralistas possam ter tido um tipo de fonação menos

hiperfuncional e por isso produzir maior número de harmônicos superiores. Isto, em termos audíveis, poderia reflectir um som mais rico em termos de timbre. Seria interessante, como seguimento deste estudo, realizar um teste perceptual auditivo a fim de verificar se um painel de músicos (ex. maestros) são capazes de perceber diferenças tímbricas entre estas duas condições de performance (i.e. sem e com aquecimento).

Esta hipótese de que a prática de exercícios de aquecimento pode contribuir para um som mais rico em termos de diferenças tímbricas aplica-se também ao acorde de Sol M, cujas diferenças entre a performance vocal sem e com aquecimento são um pouco mais evidentes. Por exemplo, os valores individuais de *Jitter 2* e *Shimmer 2* já apresentaram diferenças significativas entre as duas condições: quando a tarefa vocal foi realizada sem aquecimento, a irregularidade era maior e diminuiu praticamente em todos os coralistas após ter a sessão de exercícios de aquecimento. Os valores de *HNR 2* também diminuíram para a tarefa vocal após a realização de exercícios de aquecimento, sugerindo uma diminuição dos componentes não harmônicos do som (ruído), embora não de uma forma significativa. É possível que, se a amostra fosse maior, esta tendência de diminuição após a realização de exercícios de aquecimento se manifestasse de uma forma significativa. Possíveis explicações para estas diferenças de irregularidade vocal podem passar pelo facto de que possivelmente os exercícios de aquecimento possam ter facilitado o fluxo sanguíneo das pregas vocais (Bishop, 2003) e o aumento da sua viscosidade (Motet et al., 2003), contribuindo para uma estabilização do padrão de vibração das pregas vocais e a produção de um som primário mais regular.

Os resultados deste estudo também sugerem que os exercícios de aquecimento vocal também podem ser benéficos à qualidade sonora do coro, para além da função vocal individual dos coralistas. Observando o LTAS da Figura 28, que apresenta a comparação entre a distribuição de frequências do *messa di voce* cantado sem e com aquecimento, verificam-se diferenças pelos picos e depressões existentes na região que diz respeito às primeiras formantes (F1 e F2). O tracto vocal humano possui 5 regiões de ressonância chamadas formantes (F1, F2, F3, F4 e F5). Quando determinadas frequências harmónicas que constituem o espectro do som primário produzido pela vibração das pregas vocais estão em fase com as frequências de ressonância do tracto vocal, o resultado é que essas frequências harmónicas são realçadas em relação às outras que não estão em fase, criando picos de ressonância. Estes são picos pois ganharam intensidade relativamente às outras frequências do espectro que não estavam em fase com as ressonâncias do tracto vocal. Logo, o resultado é uma modificação do som primário em termos de qualidade vocal percebida (Sundberg, 1987). As formantes do tracto vocal podem ser modificadas de acordo com várias estratégias: F1 pode ser modificada alterando a abertura da mandíbula (quanto maior

a abertura da mandíbula, maior a frequência de F1); F2 pode-se alterar mudando a posição da língua (o abaixamento do corpo da língua permite formar vogais como /a/, /o/ e /u/, enquanto que o levantamento da ponta da língua forma vogais como /i/ e /e/. Assim, compreende-se que F1 e F2 determinam a qualidade das vogais. F3 pode ser modificada alterando o espaço da cavidade existente entre a ponta da língua e os dentes incisivos inferiores; e as formantes mais superiores, F4 e F5, podem ser alteradas modificando o tamanho do tracto vocal (a protrusão dos lábios e o abaixamento da laringe aumentam o tamanho do tracto vocal, diminuindo a frequência destas formantes). Para a vogal /a/, normalmente as primeiras formantes rondam os 700Hz e os 1100Hz, respectivamente, região onde se encontraram diferenças no LTAS para o acorde de Sol M. Também maiores diferenças entre formantes superiores foram verificadas para o acorde de Sol M (Figura 26). Assim, é possível que as alterações na distribuição das formantes podem estar relacionadas com o relaxamento de estruturas articulatórias como a língua, a mandíbula e o abaixamento da laringe no pescoço, factores que têm sido relacionados com menor esforço vocal (Sundberg, 1987).

Os resultados deste estudo levantaram uma outra questão também pertinente: porque é que as diferenças na irregularidade vocal e na distribuição das frequências harmónicas do espectro são significativas apenas para o acorde de Sol M e não para o acorde de Dó M? Uma possível explicação para estes resultados pode estar relacionada com o facto de que o acorde de Sol M possui notas de passagem para todos os naipes excepto os sopranos. As notas de passagem variam consoante o tipo de voz (Tabela 12) e para cada indivíduo podem-se identificar duas regiões de passagem, i.e. *primo passaggio* e *secundo passaggio* (Benninger et al., 1994). Quando os ajustes laríngeos e respiratórios necessários a passar de um registo para o outro não ocorrem, instabilidades vocais conduzem a “quebras de registo” audíveis. Como já foi referido anteriormente, as notas de passagem são notas que exigem ajustamentos de forças entre músculos intrínsecos e extrínsecos da laringe muito precisos, assim como alterações na Psub e força de adução (Titze, 1988). Deste modo, espera-se que estes ajustes sejam facilitados depois da prática de exercícios de aquecimento, uma vez que a prática de exercícios de aquecimento parece ser benéfica à irrigação muscular e viscosidade laríngea (Bishop, 2003; Motet et al., 2003).

Tabela 11: Tipos de vozes masculinas e femininas e respectivas zonas de passagem (adaptado de Benninger et al., 1994:69).

Vozes masculinas	Zonas de passagem	Vozes femininas	Zonas de passagem
Tenor ligeiro	Mib ₄ a Lá b ₄	Soprano	Mib ₄ a F4
Tenor lírico	Ré ₄ a Sol ₄	Mezzo soprano	Fá ₄ a Sol4
Tenor spinto	Dó# ₄ a Fá# ₄	Contralto	Fá# ₄ ou Sol ₄
Tenor dramático	Dó ₄ a Fá ₄		
Helden Tenor	Dó ₄ a Fá ₄ ; Si ₃ a Mi ₄		
Barítono lírico	Si ₃ a Mi ₄		
Barítono dramático	Si b ₃ a Mi b ₄		
Baixo cantante	Lá ₃ a Ré ₄		
Baixo	Lá b ₃ a Ré b ₄		
Baixo profundo	Sol ₃ a Dó ₄		

Resumindo, é possível que a prática de exercícios de aquecimento vocal tenha facilitado os ajustes musculares, aerodinâmicos (i.e. de relação entre pressão subglótica e fluxo aéreo transglótico), articulatórios e ressoadores nos coralistas, uma vez que se verificou uma diminuição dos valores individuais de irregularidade vocal e um aumento da intensidade de frequências harmónicas para o acorde de Sol M. O facto de as maiores diferenças no LTAS terem sido observadas na região dos 500Hz, 1000 Hz e 3000Hz, sugere que os exercícios de aquecimento possam ter surtido um efeito mais significativo para as vozes mais agudas, como os sopranos e tenores. O facto das diferenças entre as condições sem e com aquecimento serem notórias nas frequências acima dos 3000Hz para ambos acordes poderá ser indicativo de que a prática de exercícios de aquecimento poderá possuir um impacto no tipo de fonação dos coralistas, passando a ser uma fonação mais eficiente do ponto de vista da saúde vocal por ser menos hiperfuncional. A produção de um maior número de harmónicos superiores é indicativa de uma produção vocal menos hiperfuncional, situação verificada após a prática de exercícios de aquecimento. Como uma produção menos hiperfuncional contribui para uma maior saúde vocal (Costa, 1998), é possível que a prática de exercícios de aquecimento seja, a longo prazo, essencial para a longevidade das vozes dos coralistas.

5.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Tal como descrito nos procedimentos desta tese, realizaram-se duas gravações em dias diferentes, para duas condições, i.e. sem aquecimento e com aquecimento. Tendo em conta que, devido aos meses em que as gravações foram realizadas, seria importante ao coro reduzir ao máximo o número de vezes que este se teria que deslocar ao estúdio de gravação da Universidade de Aveiro, realizaram-se as duas condições para cada sequência no mesmo dia. Sugere-se no futuro que uma repetição deste estudo possa incluir um maior número de repetições da mesma gravação, e que as gravações respeitantes a cada condição sejam realizadas em dias diferentes e distribuídas aleatoriamente. Assim, facilitar-se-á a diminuição de variáveis parasitas que poderão ter contribuído para os resultados obtidos.

Uma outra condição que poderá ser também melhorada será a diminuição da distorção do sinal acústico que surgiu durante as gravações na parte do crescendo do *messa di voce*. Esta limitou a análise dos dados captados pelo microfone omnidireccional, de modo que apenas foi possível realizar gráficos LTAS da parte do diminuendo. Seria aconselhável num futuro estudo a monitorização mais cuidada dos níveis de captação sonora da gravação.

Também seria interessante realizar esta experiência com m maior número de cantores, de forma a se poderem fazer comparações estatísticas entre os diferentes naipes. É possível que diferentes tipos de vozes respondam de forma diferente à prática de exercícios vocais. Finalmente, um cenário perfeito seria a possibilidade de gravar concomitantemente o sinal acústico e o sinal electrolaringográfico individual de todos os coralistas, de forma a compreender como é que as pregas vocais se comportam num contexto de ensemble em termos de sincronização de vibração.

5.2. IMPLICAÇÕES PARA O FUTURO

Apesar das limitações inerentes, este foi um estudo piloto que pretendeu averiguar os efeitos da prática de exercícios de aquecimento na irregularidade vocal de cada coralista e nas características acústicas do ensemble. Tendo em conta a inexistência de estudos anteriores neste âmbito, torna-se necessário continuar a promover estudos que envolvam temáticas importantes a este nível. Por exemplo, um rumo futuro que esta investigação poderá possuir é o de verificar se estes resultados encontrados poderão também se verificar ao nível da afinação sonora, assim como o grau de uníssono e a sincronização das vozes. Estas são áreas de bastante interesse ao

nível de investigação coral pois fazem parte da otimização artística da performance em ensemble.

A relevância deste estudo é facilmente compreendida se o indivíduo reflectir que um maestro que conheça as práticas vocais mais eficientes do ponto de vista acústico como do ponto de vista da saúde vocal terá maiores probabilidades de tornar o seu coro mais eficiente e logo mais bem sucedido na sua performance (Camp, 1972). Existem vários livros com exercícios de aquecimento já pré-definidos, mas muitos maestros acabam por criar os seus próprios exercícios de acordo com o grupo coral que dirigem, indo ao encontro das suas especificidades e necessidades. O ensaio de um coro deve ser preparado tal como uma aula, pois uma boa organização e estruturação do trabalho a realizar-se torna-o sempre mais produtivo. As estratégias usadas pelo maestro são um factor importante para a rentabilidade do ensaio, por isso é importante que as rotinas que se têm que realizar devam ser diversificadas, como é o caso da sessão de aquecimento. Existe uma grande variedade de exercícios de aquecimento não só vocais mas também físicos que se podem pôr em prática. Deve-se iniciar por activar o corpo e a mente com pequenos exercícios físicos que estimulem a circulação sanguínea e que também relaxem todo o corpo (Robinson & Althouse, 1995). Os exercícios de respiração também são importantes para o relaxamento e para a activação de vários músculos, tal como é o caso do diafragma. Pode-se e deve-se conjugar exercícios respiratórios com exercícios físicos (Ibid). Ao nível do aquecimento vocal sugere-se que este seja iniciado com uma pequena peça ou excerto musical fácil, com uma tessitura cómoda para todos os naipes. De seguida, deve ser realizada uma sucessão de exercícios que tenham como objectivos melhorar a homogeneidade e o balanço das vozes do coro, a afinação e a pureza das vogais (Camp, 1972). Tendo em conta a criatividade e habilidade do maestro, podem-se ir implementando novos exercícios de forma a quebrar a rotina da sessão de aquecimento. Também é comum criar-se exercícios específicos de aquecimento tendo em conta o repertório que se está a realizar. É uma forma de colmatar a dificuldade de uma determinada passagem e também de entrar dentro do espírito da interpretação de determinada peça musical (Ibid).

5.3. CONCLUSÃO

Este foi um estudo que pretendeu avaliar os efeitos do aquecimento vocal no domínio coral. Considera-se um estudo inovador e notável, que portanto deverá informar outros estudos futuros de investigação coral.

Apesar de existirem alguns estudos sobre a importância da prática de exercícios de aquecimento vocal para a voz falada e alguns para a voz cantada solista, a presente investigação constitui o primeiro estudo neste âmbito. Os seus resultados, ainda que com um carácter exploratório, deveriam ser divulgados e discutidos entre a comunidade coral, de forma a incentivarem-se práticas vocais mais eficientes e saudáveis. Cantar em coro é uma actividade musical, mas também social, pelo que se deverá garantir aos seus intervenientes momentos de grande satisfação e alegria, em vez de momentos de esforço e potencialmente condicionadores para a saúde vocal dos coralistas. Compêndios com práticas de exercícios de aquecimento para coros deveriam assim ser criados, com explicação do funcionamento vocal e do que é eficiência vocal, tal como já existem para o treino da voz solista.

CAPÍTULO 6:
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. Referências bibliográficas

- Amir, O., Amir, N. & Michaeli, O. (2005). Evaluating the influence of warmup on singing voice quality using acoustics measures. *Journal of Voice*, 19:252-260.
- Baken, R.J. & Orlikoff, R.F. (2000). *Clinical Measurement of Speech and Voice*. Singular Publishing Group.
- Behlau, M. (2001). *Voz: O Livro do Especialista*. (Vol. I e II). Rio de Janeiro: Revinter.
- Benninger, M., Jacobson, B., Johnson, Alex (1994). *Vocal Arts Medicine – The care and prevention of Professional Voice Disorders*. Thieme Medical Publishers, Inc (New York).
- Bergh, U. & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*. 107:33-37.
- Bishop, D. (2003). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive war up on exercise performance. *Sports Medicine* 33:439-454;
- Burns, E. (1999) *Intervals, Scales and Tuning*. In Deutsh, D. (Ed.) *The Psychology of Music* (2ª ed.). (p. 215-225). San Diego: California.
- Busch, B. R. (1984). *El Director de coro – Gestos y Metodología de la dirección*. Madrid: Real Musical.
- Camp, L. Van (1972). *Choral Warm-ups*. New York: Lawson-Gould music publishers, Inc.
- Clift, S., Hancox, G., Morrison, I. Hess, B., Kreutz, G., Stewart, D. (2007). Choral singing and psychological wellbeing: findings from english choirs in a crossnational survey using the WHOQOL-BREF. *International Symposium on Performance Science*.
- Costa, H. & Silva, A. (1998). *Voz cantada – evolução, avaliação e terapia fonoaudiológica*. São Paulo: Lovise.
- Daugherty, F. (1996). *Differences in choral sound as perceived by auditors and choristers relative to physical positioning and spacing of singers in a high school choir: A pilot study*. Poster session presented at the National Biennial In-Service Conference of the Music Educators National Conference, Kansas City, MO.
- Daugherty, F. (1999). Spacing, formation, and choral sound: Preferences and perceptions of auditors and choristers. *Journal of Research in Music Education*, 47: 224-238.

- Daugherty, F. (2000). Choir spacing and choral sound: Physical, pedagogical, and philosophical dimensions. In B.A. Roberts & A. Rose (Eds.) *Conference Proceedings of the International Symposium sharing the Voices: The Phenomenon of Singing II* (pp.77-88). St. John's Newfoundland: Memorial University of Newfoundland Press.
- Daugherty, F. (2001). Rethinking how voices work in choral ensemble. *Choral Journal* 42: 69-75.
- Daugherty, F. (2003). Choir spacing and formation: choral sound preferences in random, synergistic, and gender-specific chamber choir placements. *International Journal of Research in Choral Singing* 1(1):48-59.
- Elliot, N., Sundberg, J. & Gramming, P. (1995). What happens during vocal warmup? *Journal of Voice* 9:37-44.
- Enflo, L. & Sundberg, J. (2009). Vocal fold collision threshold pressure: An alternative to phonation threshold pressure? *Logopedics Phoniatrics Vocology* 34: 210–217.
- Fitch, W. T. (2006). On the biology and evolution of music. *Music Perception* 24: 85-88.
- Gish, A., Kunduk, M., Sims, L. & McWhorter, A. (2010). Vocal warm-up practices and perceptions in vocalists: a pilot survey. *Journal of voice*. 1(10): 1-10
- Goodwin, M. H. (1980) Directive-response speech sequences in girls' and boys' task activities. In S. McConnell-Ginet, N. Borker & R. Furman (Ed.). *Women and language in literature and society*. Praeger Publishers, (p. 157-173).
- Guimarães, I. (2007). *A Ciência e a Arte da Voz Humana*. Alcabideche: Escola Superior de Saúde do Alcoitão.
- Henrique, L. (2007). *Acústica Musical*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª edição.
- Howard, D. & Murphy, D. (2008). *Voice Science Acoustics and Recording*. San Diego, Oxford Brisbane: Plural Publishing;
- Jers, H. (2005). What Are the Differences Between Amateur and Professional Choirs? *Acoustic Society of America/Noise Conference Meeting*. Minneapolis.
- Jers, H. & Ternström, S. (2005). Intonation analysis of a multi-channel choir recording. *TMH-QPSR, KTH*. 47:1-6.

- Kreutz, G., Bongard, S., Rohrman, S., Hodapp, V. & Grebe, D. (2004). Effects os choir singing or listening on secretory Immunoglobulin A, Cortisol, and Emotional State. *Journal of Behavioral Medicine*. 27(6): 623-635.
- Lã, F., Ledger, W., Davidson, J. W., Howard, D. M. & Jones, G. (2007). The effects of a third generation combined oral contraceptive pill on the classical singing voice. *Journal of Voice*. 21: 754-761.
- Lottermoser, W. & Meyer, J. (1960). Frequenz-messungen an gesungenen Akkorden. *Acustica* 10: 181-184.
- Marston, K., Titze, I. & Druker, D. (1990). Changes in Phonation Threshold Pressure with Induced Conditions of Hydration. *Journal of voice*. 4: 142-151.
- Menaldi, J. (1992). *La voz normal*. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Milbrath, R. & Solomon, N. (2003). Do vocal warm-up exercises alleviate vocal fatigue? *Journal of Speech, Language and Hearing Research*. 46: 422-436.
- Miller, R. (1986). *The Structure of Singing: System and Art of Vocal Technique*. San Diego: Schirmer Books.
- Morfey, C. (2001). *Dictionary of Acoustics*. San Diego: Academic Press.
- Motel, T., Fisher, K. & Leydon, C. (2003). Vocal warmup increases phonation threshold pressure in soprano singers at high pitch. *Journal of Voice*. 17: 160-167.
- Mürbe, D., Pabst, F., Hofmann, G. & Sundberg, J. (2002). Significance of auditory and kinesthetic feedback to singers' pitch control. *Journal of Voice*. 16 (1): 44-51.
- Parncutt, R. (2002). *Science and psychology of music performance*. Oxford: Oxford University Press.
- Pinho, S. (1998). *Fundamentos em Fonoaudiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Pörschmann, C. (2000). Influences of bone conduction and air conduction on one's own voice. *Acustica/Acta Acustica* 86(6): 1038-1045.
- Radionoff, S. (2008.) *The vocal instrument*. San Diego: Plural Publishing.

- Robinson, R. & Althouse, J. (1995). *The complete choral warm-up book*. Florida: Alfred Publishing Co. (USA).
- Rossing, T., Sundberg, J. & Ternström, S. (1984). Acoustic comparison of voice use in solo and choir singing. *TMH-QPSR* 25: 30-43.
- Safran, M. Seaber, A. & Garret, W. (1989). Warm up and muscular injury prevention: an update. *Sports Medicine*. 8: 239-249.
- Sataloff, R., Ackah, Y., Hawkshaw, M. (2007). Clinical anatomy and physiology of the voice. *Otolaryngologic clinics of north America*. 909- 929.
- Sonninen, A. & Laukkane, A-M. (2003). Hypothesis of Whiplike Motion as a Possible Traumatizing Mechanism in Vocal Fold Vibration. *Folia Phoniatica Logopedica*. 55: 189–198.
- Stemple, J. C. (2005). A holistic approach to voice therapy. *Seminars in Speech and Language*. 26: 131-137.
- Sundberg, J. (1987). *The Science of the Singing Voice*. Illinois: Northern Illinois University Press.
- Ternström, S. (1991). Physical and acoustic factors that interact with the singer to produce the choral sound. *Journal of voice*. 5: 128-143.
- Ternström, S. (1993). Hearing myself with the others – Sound levels in choral performance measurements. *TMH-QPSR, KTH*. 34: 103-115.
- Ternström, S. (1993a). Long-time average spectrum characteristics of different choirs in different rooms. *Voice (United Kingdom)*. 2: 55-77.
- Titze, I. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *Journal of Acoustic Society America*. 83: 1536-52.
- Titze, I. (1992). Vocal efficiency. *Journal of Voice*. 6: 135-138.
- Tonkinson, S. (1990). The Lombard effect in choral singing. DMA Thesis, University of Missouri. Kansas City.
- Yumoto, E., Gould, W. J. & Baer, T. (1982). Harmonics-to-Noise as an Index of the Degree of Hoarseness. *Journal of Acoustic Society American*. 6: 1544-50.

APÊNDICES

O GESTO DO MAESTRO

GRAVAÇÕES DO ENSEMBLE

Identificação das faixas	Gravações do ensemble
1ª Faixa	1ª e 2ª sequências sem aquecimento do dia 23 de Maio
2ª Faixa	1ª e 2ª sequências sem aquecimento do dia 27 de Junho
3ª Faixa	1ª e 2ª sequências com aquecimento do dia 23 de Maio
4ª Faixa	1ª e 2ª sequências sem aquecimento do dia 27 de Junho

GRAVAÇÕES INDIVIDUAIS

INDIFICAÇÃO DAS FAIXAS	GRAVAÇÕES INDIVIDUAIS DAS 1ª E 2ª SEQUÊNCIAS DO DIA 23 DE MAIO
Faixa 1	Soprano 1 sem e com aquecimento
Faixa 2	Soprano 2 sem e com aquecimento
Faixa 3	Soprano 3 sem e com aquecimento
Faixa 4	Soprano 4 sem e com aquecimento
Faixa 5	Contralto 5 sem e com aquecimento
Faixa 6	Contralto 6 sem e com aquecimento
Faixa 7	Contralto 7 sem e com aquecimento
Faixa 8	Contralto 8 sem e com aquecimento
Faixa 9	Tenor 9 sem e com aquecimento
Faixa 10	Tenor 10 sem e com aquecimento
Faixa 11	Tenor 11 sem e com aquecimento
Faixa 12	Tenor 12 sem e com aquecimento
Faixa 13	Baixo 13 sem e com aquecimento
Faixa 14	Baixo 14 sem e com aquecimento
Faixa 15	Baixo 15 sem e com aquecimento
Faixa 16	Baixo 16 sem e com aquecimento