



A influência da configuração do trato vocal na sonoridade da flauta

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

Fabiana Moura Coelho

Universidade de São Paulo – USP – fabianamcoelho@gmail.com

Fernando Iazzetta

Universidade de São Paulo – USP – iazzetta@usp.br

Resumo: As alterações ocorridas na sonoridade do instrumento são, em geral, percebidas empiricamente pelos músicos. Todavia, não há, entre os flautistas, uma visão mais clara e objetiva dos fenômenos ocorridos para que as alterações de timbre se viabilizem. Isso se deve, em grande parte, ao considerável número de variáveis envolvidas. Considerando essas características, foram realizados experimentos que procuraram mostrar com maior objetividade o papel do trato vocal nas alterações de timbre da flauta..

Palavras-chave: Flauta. Trato Vocal. Timbre. Sonologia. Acústica

Measuring The Influence Of The Vocal Tract In The Timbre Of The Flute

Abstract: The main objective of this research is to objectively demonstrate the influence of changes in the configuration of the vocal tract on the sound of the flute. The alterations of the vocal tract configuration are considered an important element of the musical interpretation. Nevertheless, there is not a clear and objective perception among flutists of how the vocal tract works to influence the sound of the flute. In order to achieve the proposed objective, we designed an experiment whose main goal was to demonstrate the existence of vocal tract influence on the timbre of the flute.

Keywords: Flute. Vocal Tract. Timbre. Sonology. Acoustics

1. Introdução

A pesquisa sobre instrumentos de sopro tem seu início marcado em fins do século XIX, quando aspectos acústicos passam a ser alvo de estudo. Entretanto, essas pesquisas destacam-se por terem sido conduzidas fundamentalmente nas áreas das ciências exatas, tais como a física e a engenharia. O presente trabalho se insere na lacuna existente entre a atual produção bibliográfica na área e os músicos.

De maneira geral, os trabalhos que abordam temas relacionados à acústica dos instrumentos musicais são elaborados por profissionais de outras áreas do conhecimento, tais como físicos, matemáticos e engenheiros. São trabalhos especializados, de alta qualidade técnica, mas que não se lançam de forma efetiva ao fazer musical, não alcançando o que, ao que se pode perceber, seriam os destinatários imediatos do entendimento aprofundado dos instrumentos musicais: os próprios músicos.

O trabalho empírico com instrumentos musicais tem se mostrado como uma ferramenta bastante utilizada e com resultados positivos, como observa Oliveira et al. (2007:51)

Muitos trabalhos dedicados à síntese sonora de instrumentos musicais, como, por exemplo, Borin et al., Keefe e Smith, abordam o assunto através da modelagem física. Apesar dos avanços tecnológicos na direção de hardwares mais eficientes, o esforço computacional destes modelos ainda é muito alto. Este fato estimulou a condução deste trabalho numa direção oposta, isto é, obter a síntese de tais instrumentos a partir de um modelo totalmente empírico. (OLIVEIRA et al., 2007: 51)

O artigo “Aeroacoustics of Musical Instruments”, de Fabre et al. (2011), destaca diversos usos de sopradores artificiais, como em questões de qualidade industrial de instrumentos ou para simular como seria tocar instrumentos antigos, que não podem mais ser manuseados. Em adição a isso, destaca Fabre (2011: 4), “há um crescente esforço para se compreender o controle do instrumentista sobre os instrumentos de sopro”.

Nesse mesmo sentido, Wolfe et al. (2013: 323) destaca que o estudo das formas de atuação do instrumentista é mais interessante que o estudo do próprio instrumento e que o entendimento de como tocam os bons instrumentistas poderia auxiliar estudantes e professores de instrumento.

Dessa maneira, nota-se que há hoje um crescente interesse da literatura não apenas pelo funcionamento dos instrumentos, mas, especialmente, pela relação instrumento/instrumentista e a forma como este último é capaz de controlar e modificar o resultado final, ou seja, o som do instrumento.

O presente trabalho se desenvolve a partir dessas perspectivas e tem origem na pesquisa de doutorado da autora, que buscou evidenciar, a partir de experimentos conduzidos de forma objetiva, a relação entre as diferentes configurações de trato vocal e a sonoridade da flauta transversal. Em geral, os flautistas percebem e aplicam essas alterações de forma empírica, a partir de tentativas e erros. As alterações no som da flauta são apontadas pelos músicos como decorrentes de alterações no trato vocal, mas não há uma visão mais objetiva desse fenômeno.

Tais experimentos consistiram de, inicialmente, um mecanismo capaz de gerar sons na flauta, sem que fosse necessário envolvimento do instrumentista. Foi construído um aparato composto por uma fonte de ar (um compressor capaz de fornecer pressão e volume de ar constantes), um tanque/pulmão capaz de equalizar os diferentes volumes apresentados pelos tratos vocais, como se verá adiante, tratos vocais com diferentes configurações, uma embocadura artificial e o instrumento. Posteriormente, foi realizada a medição da impedância dos tratos vocais usados no primeiro experimento, o que possibilitou a comparação dos resultados.

Os resultados e conclusões são obtidos a partir do cruzamento das informações coletadas no experimento realizado com o protótipo, na medição da impedância dos tubos de trato vocal construídos para o primeiro experimento e nas entrevistas com os flautistas. Uma visão resumida do experimento e dos resultados é apresentada no presente texto.

2. Experimento

O experimento consistiu na criação de um sistema mecânico que simula o sistema respiratório e o trato vocal de um flautista para gerar sons na flauta de maneira controlada e sem intervenção do instrumentista. Nesse protótipo, o ar é trazido por um compressor e passa por diferentes modelos de trato vocal construídos em acrílico e acoplados a uma embocadura de látex que leva o ar para a flauta. Assim, foi possível trocar os modelos de trato vocal sem que se alterassem outros elementos do protótipo, o que comprometeria os resultados obtidos.

As peças-chave do experimento são os modelos de tratos vocais, construídos a partir do trabalho de Chiba e Kajiyama (1941) que, partindo de imagens de raios-X, realizaram uma medição da cavidade oral humana e criaram um ressonador equivalente em acrílico. Os modelos criados pelos autores foram avaliados e discutidos posteriormente por Arai (2001), que concluiu que o acrílico se apresenta como um material adequado à construção de tais modelos. Também Maeda *et al.* (2004) e Sondhi (1974) conduziram estudos que validaram os resultados obtidos por Chiba e Kajiyama (1941).

Ao todo, foram reproduzidos modelos de cinco vogais medidas por Chiba e Kajiyama (1941), correspondentes às vogais /i/, /e/, /a/, /o/ e /w/. As medidas obtidas pelos autores formam modelos de trato vocal a partir da sobreposição de 16 anéis de acrílico com medição da furação interna capaz de compor a forma desejada. Na imagem abaixo pode-se visualizar os cinco modelos construídos.

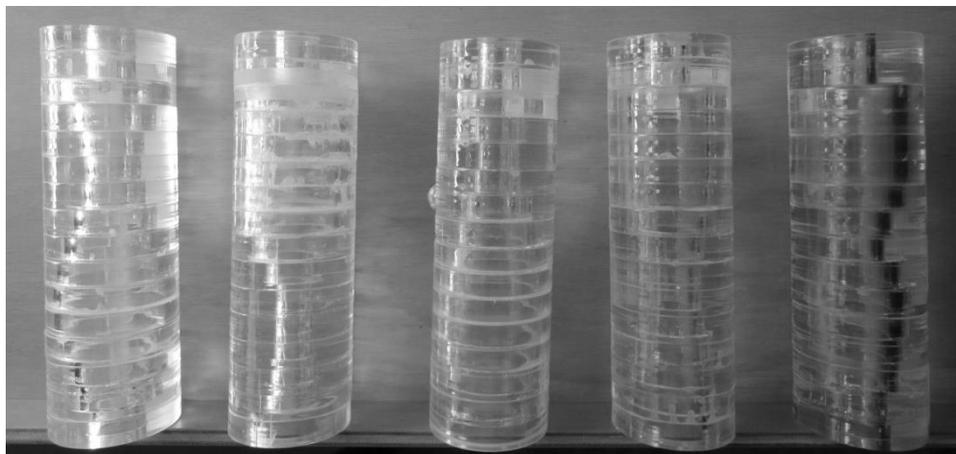


Fig.1: os cinco modelos de trato vocal construídos a partir das medidas fornecidas por Chiba e Kajiyama (1941)

Como os cinco diferentes modelos de trato vocal apresentaram volumes bastante diversos, foi necessário adicionar um tanque/pulmão ao experimento, que, com volume diversas vezes superior ao dos modelos, foi capaz de reduzir a diferenças a valores pouco significativos.

O experimento foi montado a partir dos estudos conduzidos por Fritz (2004) e funcionava de acordo com o esquema abaixo.

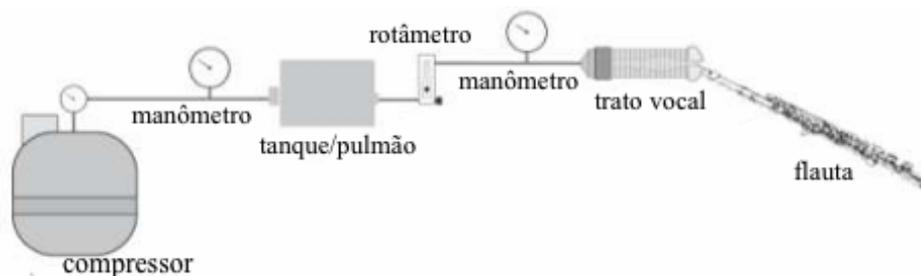


Fig. 2: esquema do experimento

A partir dessa montagem, foram conduzidas gravações do som gerado pelo aparato descrito acima. As gravações foram realizadas por três microfones omnidirecionais de resposta plana a 15 cm do instrumento, em três diferentes pontos: o primeiro, próximo à embocadura do instrumento; o segundo, próximo às chaves, numa porção média do instrumento; e o terceiro, próximo ao final do instrumento. Cento e cinquenta amostras foram recolhidas, todas com as chaves do instrumentos posicionadas para a emissão da nota dó na região média, ou C4. A partir dessas amostras foram conduzidas as análises.

2.1 Medição da impedância dos tratos vocais e entrevistas

Paralelamente ao experimento acima descrito, foi realizada a medição da impedância dos modelos de tratos vocais construídos. As medições foram realizadas a partir das ferramentas desenvolvidas na pesquisa de mestrado de Rodolfo Thomazelli, com orientação da Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli. Foi utilizado o método TMTC (Two-Microphones-Three-Calibrations), desenvolvido por Gibiat and Laloe (1990). Trata-se de um aparato que, a partir de dois microfones e um alto-falante, mede o sinal gerado pelo alto-falante após passar pelo tubo do qual se quer medir a impedância e, a partir das modificações específicas ocorridas nesse sinal, calcula a impedância do tubo. O esquema do aparato pode ser visualizado na figura a seguir.

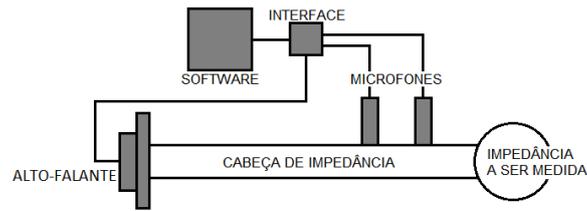


Fig. 3: esquema do aparato de medição de impedância

As medições foram realizadas em duas etapas para cada modelo de trato vocal. A primeira mediu a impedância para as frequências de 200 a 800 Hz. A segunda, para frequências entre 800 e 2500 Hz. Os resultados dessas medições mostraram perfis distintos para cada um dos modelos de trato vocal medido. Buscou-se observar os valores mínimos de impedância, pois a flauta, diferentemente de outros instrumentos de sopro, por ser formada por um tubo aberto nas duas extremidades, atua com valores mínimos de impedância. Os gráficos obtidos são mostrados abaixo.

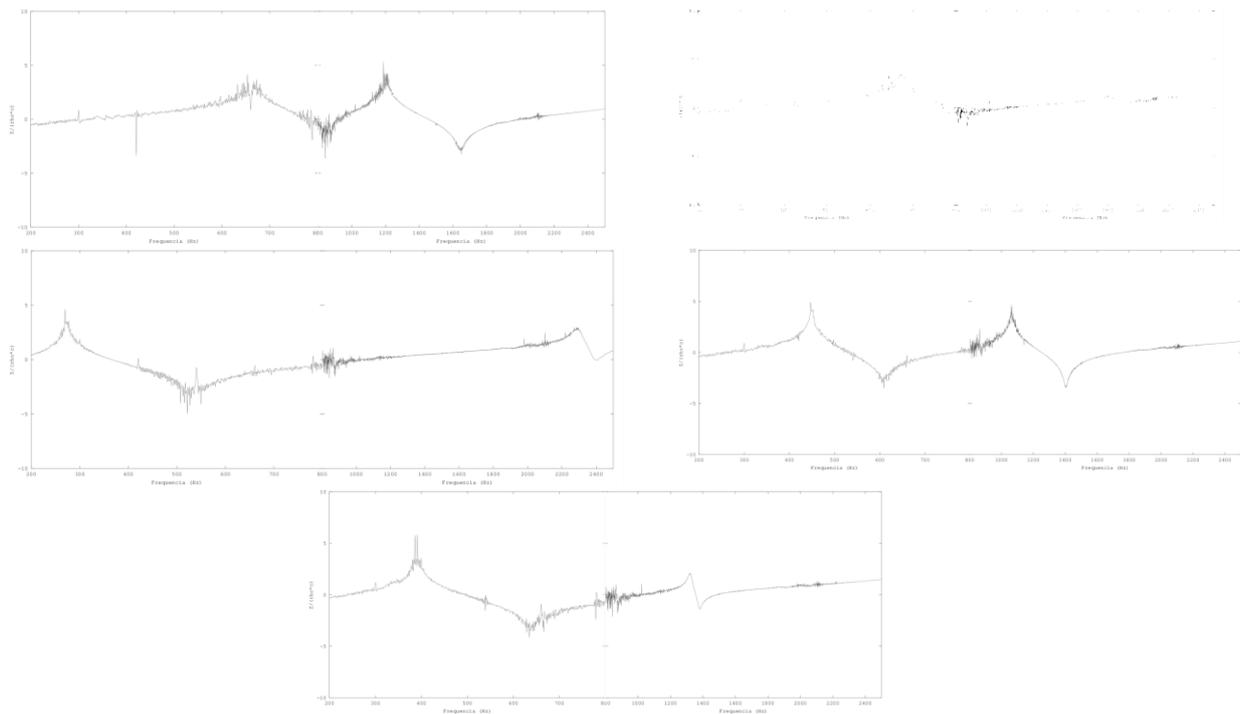


Fig. 4: gráficos da medição de impedância dos tratos vocais. Na primeira linha, da esquerda para a direita, os tratos vocais correspondentes às vogais /a/ e /e/, na segunda linha, /i/ e /o/, e, na última linha /w/.

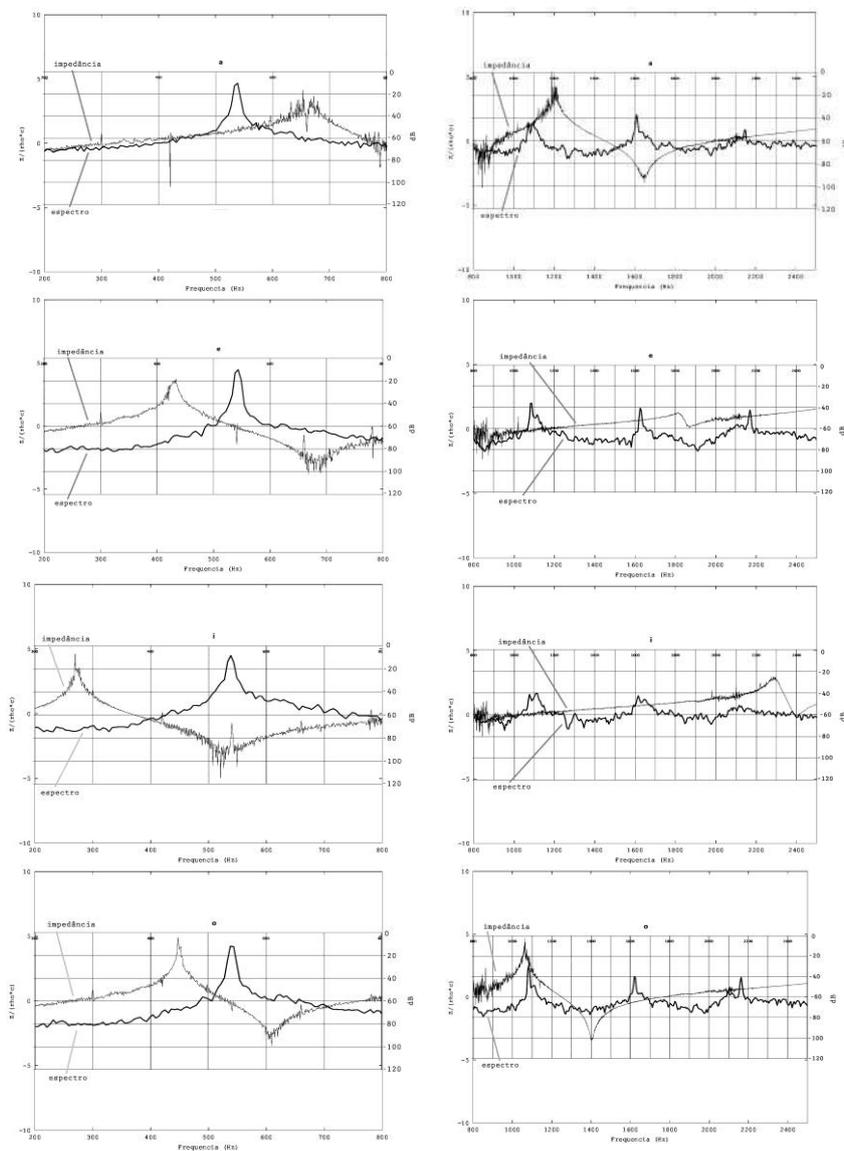
Foram, também, conduzidas entrevistas qualitativas com flautistas profissionais, professores de universidades públicas brasileiras, com experiência de mais de 30 anos no estudo e ensino do instrumento. Os entrevistados foram questionados acerca do uso de diferentes configurações de trato vocal para a alteração da sonoridade do instrumento e de que maneira essas configurações influenciam o som do instrumento. De forma geral, os flautistas

destacaram o uso do trato vocal para modificar a sonoridade do instrumento, especialmente das vogais /i/ e /w/, para adicionar ou retirar brilho do som, respectivamente.

3. Resultados

A reduzida dimensão do presente trabalho comporta apenas a apresentação resumida dos resultados obtidos, bem como das análises realizadas. Para os resultados completos, vide Coelho (2014).

Os gráficos resultantes do espectro de impedância e do espectro das gravações foram reunidos, a fim de possibilitar uma comparação mais clara e imediata dos resultados. As montagens foram feitas respeitando-se as duas etapas de medição de impedância realizadas: primeiro, de 200 a 800 Hz e, em seguida, de 800 a 2500 Hz. A figura abaixo mostra o conjunto da montagem dos gráficos.



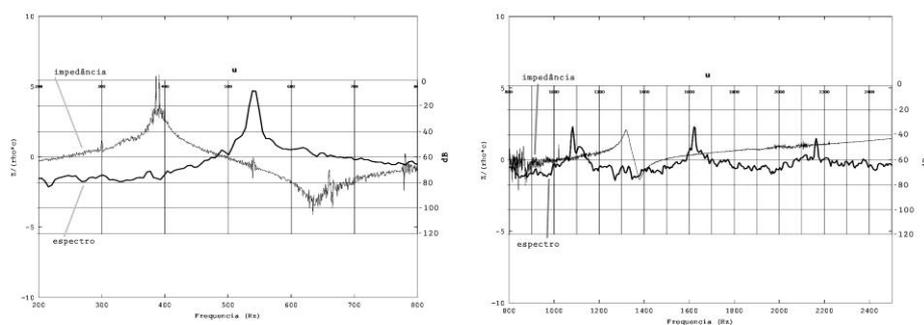


Fig. 5: sobreposição dos espectros da curva de impedância da flauta e das do espectro dos sons gravados durante os experimentos (nota Do). De cima para baixo, gráficos referentes às vogais /a/, /e/, /i/, /o/ e /w/, respectivamente.

A observação dos gráficos evidenciou que ocorreram alterações significativas na sonoridade da flauta a partir da mudança da configuração do trato vocal. De modo geral, a vogal /i/ apresentou o quarto harmônico com a maior intensidade, possivelmente por ser a configuração de trato vocal que mostrou o vale de impedância mais alto dentre todas as configurações medidas. Tal resultado é coerente com o que apontaram as entrevistas com os flautistas, que afirmaram que a vogal /i/ adiciona “brilho” à sonoridade da flauta. Sendo a sensação de brilho intimamente ligada aos harmônicos superiores, é possível que a experiência dos flautistas esteja associada a esse fenômeno.

A configuração relativa à vogal /a/ apresentou o segundo harmônico ressaltado, mas a fundamental e os outros harmônicos tiveram valores médios em relação às outras configurações. Dessa maneira, não foi possível observar um comportamento específico dessa configuração.

A vogal /o/ apresentou o vale de impedância mais pronunciado em relação às demais configurações medidas, seguido pela vogal /a/. Essas duas vogais são, também, as que apresentaram maior volume de trato vocal, 89873 mm³ para a vogal /a/ e 79098 mm³ para a vogal /o/, como apresentado na tabela 8, indicando uma relação entre o volume do trato vocal e a impedância.

A vogal /o/ foi apontada pelos flautistas como uma vogal que traz “corpo” ao som, um som mais “redondo”, num termo recorrentemente aplicado pelos músicos. É possível associar esse tipo de afirmação tanto ao volume interno do trato vocal como ao vale de impedância pronunciado, ambos conferindo maior densidade ao som.

A vogal /w/ apresentou os dois vales de impedância relativamente próximos, sendo que o segundo vale é pouco pronunciado, havendo uma grande curva ascendente que abrange o terceiro e o quarto harmônicos. Isso poderia favorecer as regiões mais graves do instrumento. Há certa relação com o que foi relatado nas entrevistas em relação a essa vogal.

Por sua vez, a configuração relativa à vogal /e/ apresentou um desenho da curva de impedância mais plano, sem vales ou picos muito pronunciados, o que não trouxe uma conclusão acerca dessa configuração.

4. Perspectivas

O presente trabalho buscou evidenciar a relação entre as diferentes configurações de trato vocal e a sonoridade da flauta transversal. Partiu-se da observação e vivência da autora acerca dessa relação, em geral, percebida empiricamente pelos instrumentistas.

A partir disso, foi conduzido um experimento composto de um mecanismo artificial capaz de gerar sons na flauta, no qual se pôde observar com maior objetividade o comportamento da sonoridade do instrumento a partir da mudança de configurações de trato vocal. Os cinco diferentes modelos de tratos vocais utilizados no experimento foram construídos em acrílico, a partir do trabalho de Chiba e Kajima (1941).

Os resultados mostraram que há forte evidência de que as diferentes configurações do trato vocal são capazes de modificar a sonoridade da flauta. Todavia, o estudo de como ocorrem essas alterações e em que medida elas ocorrem pode ser mais aprofundado em trabalhos futuros. As possibilidades de aprofundar esse estudo são diversas. São elencadas algumas delas.

Primeiramente, testar os resultados obtidos em diferentes regiões da flauta poderia auxiliar a realização de um mapeamento das alterações, verificando se há, de fato, como apontado nas entrevistas dos flautistas, determinadas configurações que favorecem regiões mais agudas e/ou mais graves do instrumento.

Nesse sentido, a medição da impedância dos tratos vocais dos flautistas, em situação de execução, como realizado por Fritz (2004) em relação a clarinetistas, poderia fornecer mais informações acerca de como, de fato, os instrumentistas utilizam as diferentes configurações de trato vocal.

Outra perspectiva de aprofundamento desse estudo seria a formalização matemática dos resultados. Scavone (2003) realizou a modelagem do trato vocal para instrumentos de palheta e Oliveira, Goldemberg e Manzolli (2006) propõem a síntese por modelagem física da clarineta. Um modelo matemático poderia auxiliar na medição de um maior número de configurações de trato vocal, fornecendo um escopo praticamente completo das alterações, o que acarretaria um trabalho muito maior e com mais margens de erro se realizado a partir de um protótipo.



Por fim, a pesquisa forneceu subsídios para a investigação da influência do trato vocal na produção dos sons na flauta e, paralelamente, traçou perspectivas para que o estudo possa ser continuado em outros trabalhos.

5. Agradecimento

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo financiamento desta pesquisa, processo nº 2010/06510-2.

Referências:

- SCAVONE, Gary P. Modeling vocal-tract influence in reed wind instruments. In: *Stockholm Music Acoustics Conference*, Estocolmo, p. 1 – 4, 2003.
- Coelho, F. M. *A influência do trato vocal na sonoridade da flauta*. 2014. 121 f. Tese (Doutorado em Música). Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- GIBIAT, V; LALOE, F. Acoustical impedance measurements by the two-microphonethree-calibration (tmtc) method. In: *Journal Acoustic Soc. Am.* 88, 6, p. 2533-2545, 1990.
- FRITZ, Claudia. *La clarinette et Le clarinettiste: Influence Du conduit vocal sur la production du son*. 2004. 215 p. (Doutorado em Acoustique, Traitement Du signal et Informatique Appliqués à la Musique) – Université Paris 6, University of New South Wales, Paris, 2004.
- SONDHI, M. M. Model for wave propagation in a lossy vocal tract. *Journal Acoustic Soc. Am.*, vol 55, nº.5, 1974. p. 1070 – 1075. Disponível em < <http://scitation.aip.org/journals> > . Acesso em 01 set. 2011.
- MAEDA, Eri et al. Comparing the characteristics of the plate and cylinder type vocal tract models. In: *Acoust. Sci. & Tech.* 25, I, p 64 – 65, Jun. 2003.
- ARAI, Takayuki. The Replication of Chiba and Kajiyama's Mechanical Models of the Human Vocal Cavity. In: *Journal of the Phonetic Society of Japan* (5) 2, p. 31 – 38, Ago. 2001.
- CHIBA T.; KAJIYAMA M. *The Vowel: Its Nature and Structure*. Tokyo: Tokyo-Kaiseikan Publishing Company Ltd. 1941. 236 p.
- WOLFE, Joe. ALMEIDA, André. CHEN, Jer Ming. GEORGE, David. HANNA, Noel. SMITH, John. The player-wind instrument interaction. In: *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference*, Estocolmo, 2013. p. 323 – 330. Disponível em <http://www.speech.kth.se/smac-smc-2013/proceedings/SMAC2013_Proceedings_onlineversion.pdf>. Acesso em: 01 ago. 13.
- FABRE, Benoit; GILBERT, Joël; HIRSCHBERG, Avraham; PELORSON, Xavier. Aeroacoustics of Musical Instruments. In: *Annual Review of Fluid Mechanics*, 2011. Disponível em <<http://fluid.annualreviews.org>>. Acesso em set. 2013.
- OLIVEIRA, Luís Carlos de; FURLANETE, Fábio; GOLDEMBERG, Ricardo; MANZOLLI, Jônatas. Modelo Empírico da Sonoridade da Clarineta: Análise e Síntese Sonora. Em: *Anais do 5º Congresso / 11ª Convenção Nacional da AES Brasil*, p. 51 – 57, Mai. 2007.