

**Entoação em instrumentos não temperados:
análise de execuções da Suíte n.1 para violoncelo (BWV 1007) de J. S. Bach**

Cesar Augusto Pereira da Silva¹
UNICAMP/PPGM/DOCTORADO
SIMPOM: *Teoria e Prática da Execução Musical*
rgoldem@iar.unicamp.br/cesaraupereira@gmail.com

Resumo: O trabalho investiga como se dá a entoação em violoncelos, instrumentos musicais de afinação não fixa, mediante uma análise pautada na utilização de recursos computacionais: os programas *Tarsos* e *Temperament*. É apresentada uma breve contextualização a respeito dos conceitos afinação e entoação, e também uma introdução aos principais sistemas de temperamento. O foco da investigação é um estudo de caso, onde são aplicadas as referidas ferramentas computacionais para analisar a execução do Prelúdio da Suíte No. 1 para violoncelo solo, BWV 1007, de J. S. Bach, por violoncelistas profissionais. Adotando-se o referencial dos temperamentos padronizados como base, verifica-se que os maiores desvios ocorrem a partir do temperamento justo, invalidando a afirmativa do senso-comum de que esse seria inerentemente melhor. Os dados indicam que, embora exista uma grande variabilidade de entoação entre os artistas examinados, todos transitam em uma faixa média situada ao redor do temperamento pitagórico e temperamento igual.

Palavras-chave: Entoação; Afinação não fixa; Temperamentos musicais.

Intonation in Non Tempered Instruments: Analysis of Performances of the Prelude from Suite No. 1 for Cello Solo, BWV 1007, by J. S. Bach

Abstract: This paper investigates the intonation of non-pitched musical instruments through an analysis guided by the use of computational resources: the softwares *Tarsos* and *Temperament*. A brief contextualization to the concept of intonation is presented, as well an introduction to the main temperament systems. The investigation focus is a case-study, applying the computational tools to analyze performances of the Prelude from Suite No. 1 for cello solo, BWV 1007, by J. S. Bach. By adopting as referential the three most common standard temperaments, it appears that the largest deviations occur from the just temperament, invalidating the common-sense claim that it is inherently better. The data indicates that, although there is a wide variability in intonation among the selected musicians, all of them move in an average band located around the Pythagorean and equal temperament.

Keywords: Intonation; Non-Pitched Instruments; Musical Temperaments.

¹ Orientador: Professor Doutor Ricardo Goldemberg. Bolsa Capes cadastrada em 09/03/2016.

1. Introdução

A habilidade de se entoar de maneira equilibrada e musical é um dos fatores primordiais na avaliação qualitativa de uma *performance* vocal ou instrumental. Diferentemente da afinação, conceituada como um sistema idealizado de relações entre as frequências de uma escala musical, a entoação refere-se à responsabilidade de tocar afinado. Musicistas utilizam toda espécie de informação auditiva disponível e realizam ajustes finos de entoação, naquilo que, “mais que uma tentativa infrutífera de reprodução e verificação rigorosa de uma frequência física exata, é um compromisso de audição de si mesmo e dos outros, em cada momento, em cada nota” (HENRIQUE, 2002, p. 937).

Ao contrário dos instrumentos de afinação fixa, como o piano e similares, em que a frequência exata de emissão reflete um compromisso exclusivamente expresso pelo temperamento, a modelagem das práticas constituintes da voz e outros instrumentos como as cordas friccionadas e, em menor grau os sopros, constitui-se em um desafio cuja expressão é carregada de pequenas nuances.

Embora esses instrumentos adotem os mesmos referenciais teóricos que os instrumentos de afinação fixa, eles possuem flexibilidade suficiente para fazer pequenas correções na tentativa de combinar intervalos mais importantes do ponto de vista contextual. Trata-se de uma necessidade de ordem psicoacústica, pois “a afinação de uma determinada nota depende em larga medida do intervalo em questão ser melódico ou harmônico, uma vez que percebemos diferentemente os dois tipos de intervalos” (HENRIQUE, 2002, p. 964).

2. Temperamentos Musicais

A história do temperamento musical vem de longa data, assim como a discussão a respeito dos respectivos méritos de cada sistema. Ainda que esteja fora do escopo do presente trabalho fazer uma discussão extensiva a respeito dos muitos temperamentos propostos ao longo do tempo, alguns deles tornaram-se referenciais.

O primeiro deles, denominado pitagórico, mostrou-se perfeitamente adequado para atender as demandas do final da Idade Média. Nele, as quintas justas eram perfeitamente consonantes e sua utilização pautava-se pela “simplicidade e simetria básica, que era considerada uma questão de beleza e ordem” (BERG; STORK, p. 239). Nesse sistema, as quintas são expressas por razões simples das suas frequências², em detrimento de outros

² A proporção para a quinta pura, isto é, sem batimentos, é 3:2 - proporção utilizada tanto no sistema Pitagórico quanto no Justo

intervalos, sobretudo as terças maiores, que são derivadas a partir do ciclo das quintas (por exemplo: a nota mi é obtida numa sucessão de quintas: do-sol-re-la-mi, e por isso a afinação do intervalo do-mi fica desprivilegiada).

Esse fator comprometeu a sua aplicação a partir do século XVI, quando a utilização de terças tornou-se fator preponderante nas cadências finais. Nas experiências de Zarlino, as terças maiores passaram a ser definidas por razões mais simples³, proporcionando maior adequabilidade e oferecendo coerência a uma teoria de consonância em que relações intervalares simples implicam em uma fusão harmônica menos inadequada. Ao sistema de afinação que emprega essas proporções é dado o nome de justo ou natural.

No sistema justo, o som das terças foi ajustado, passando a utilizar as proporções 5:4 e 6:5, proporcionando aos acordes das tríades principais (I, IV e V) uma afinação perfeita para determinadas tonalidades, embora os problemas se agravassem tanto mais se afastasse da “boa” tonalidade. Porém, à proporção que o processo musical tornou-se gradualmente mais complicado, foi necessária a utilização de temperamentos fechados em que todas as tonalidades fossem plausíveis.

Apesar de, no início desse processo, terem surgido muitas possibilidades distintas em função de compromissos de afinação variados, adotou-se de maneira gradual o paradigma vigente do temperamento igual. Nesse sistema, a oitava é dividida em 12 semitons exatamente iguais, constituindo uma escala em que todos os intervalos apresentam pequenos desvios frente ao ideal de uma escala hipoteticamente pura, mas que permite ampla manipulação em termos musicais, sem limitações do ponto de vista de tonalidades e modulações.

3. O Problema

Embora a escolha de um temperamento deva refletir, em princípio, os requerimentos estéticos da música a ser tocada ou os instrumentos a serem usados, muitos argumentam que as relações intervalares do temperamento justo são inerentemente melhores, sobretudo, pelo fato de terem parciais acústicas coincidentes, com um mínimo de batimentos. Essa é a opinião expressa por Helmholtz, eminente cientista da segunda metade do século XIX, cujas opiniões têm sido de grande influência desde então.

Entretanto, o autor não apresentou evidências científicas suficientemente rigorosas para sustentar o seu ponto de vista. Foi apenas a partir da primeira metade do século XX que o problema passou a ser efetivamente investigado; no entanto, autores distintos

³ 5:4 é a razão de frequências para a terça maior pura, e 6:5 para a terça menor pura.

manifestaram opiniões completamente diferentes. Williamson (1942, p. 172) argumenta que, embora o conceito de temperamento justo seja sedutor do ponto de vista acústico, “poucos musicistas já o ouviram e menos ainda o praticaram em algum momento”. Backus (1969, p. 131) alerta para o fato que “ocasionalmente se lê uma crítica de um concerto coral em que o grupo é clamado por cantar com uma entoação ‘pura’ ou ‘verdadeira’; nesse caso, especula-se que afinação o crítico tinha em mente, se é que alguma”.

Na tentativa de elucidar a problemática relativa à entoação praticada por musicistas de instrumentos de afinação não-fixa, diversos estudos experimentais foram realizados. Ward (apud BURNS, 1999, p. 246) sintetiza os resultados de alguns desses estudos ao afirmar que:

Eles mostram uma considerável variabilidade de afinação para um determinado intervalo em uma determinada *performance* (variação de até 78 centos, distâncias interquartis de até 38 centos); não existe uma tendência consistente para a *performance* de intervalos justos ou pitagóricos – a tendência genérica é se tocar todos os intervalos levemente estendidos ao se tomar o temperamento igual como referência, com exceção da segunda menor, que é substancialmente comprimida; não encontram-se diferenças significativas na variabilidade ou tamanho médio dos intervalos musicais em estudos que os mensuraram tanto em situações de *performance* solo como em grupo.

Ainda assim, e apesar dos esforços de vários investigadores, a temática a respeito da prática da entoação por instrumentos de afinação não fixa encontra-se sujeita a muita investigação. O fato é que os avanços têm sido lentos, e os resultados algumas vezes contraditórios, possivelmente pela dificuldade em se lidar experimentalmente com situações reais de *performance* musical, assim como pela natureza intrinsecamente elusiva da atividade musical.

Nesse contexto, o presente trabalho pretende agregar dados à questão da entoação em tempo real mediante uma análise pautada na utilização de recursos computacionais, tendo como foco a *performance* de instrumentistas de corda (e mais especificamente o violoncelo). Pretende-se, com isso, oferecer à discussão patamares analíticos mais modernos e precisos. Em um primeiro momento, dentre as diversas possibilidades de indagações, procurar-se-á averiguar o quão consistentes são as performances de uma mesma peça por artistas distintos, tomando como referencial a abordagem de afinação definida pelos temperamentos padronizados.

4. Materiais e Métodos

Os dados pertinentes à análise proposta foram retirados de performances disponíveis na internet, recorrendo-se ao YouTube (www.youtube.com), conhecido sítio de

compartilhamento de vídeos, e submetidos à análise computacional mediante a utilização de dois programas fundamentais.

O primeiro deles, Tarsos (Disponível em: <http://tarsos.0110.be/>), é tecnicamente descrito como “uma plataforma modular para extrair e analisar alturas e organização de escalas na música” (SIX, Joren; CORNELIS, Olmo 2001, p. 169), e é uma ferramenta especialmente voltada para análise etnomusicológica. O programa de Six e Cornelis, ambos vinculados à University College Guent, Bélgica, extrai e processa automaticamente os dados referentes às alturas de um sinal de áudio, produzindo representações musicais significativas com uma resolução de 1200 centos por oitava.

Dentre os algoritmos de detecção de alturas disponíveis em Tarsos, foi utilizado para este trabalho o algoritmo Yin que, segundo Cheveigné e Kawahara (2002, p. 1 e 11), tem uma taxa de erros aproximadamente três vezes menor que os competidores e clara expectativa de propriedade para lidar com demandas de ordem musical.

Embora a utilização de algoritmos específicos para a análise de sinais de áudio seja tecnicamente acurada, ocorrem limitações quando o sinal torna-se excessivamente complexo. Sob esse ponto de vista, os dados coletados não são plenamente confiáveis em uma análise polifônica, podendo gerar falsa detecção, na maioria das vezes, sob a forma de parciais ou subharmônicos.

Com essa limitação em mente, adotou-se como estratégia a escolha de uma peça que tivesse um caráter eminentemente monofônico, ainda que, do ponto de vista musical, pudesse ter claras implicações harmônicas. Nessa perspectiva, o repertório solo de instrumentos de corda se mostra um candidato claro para a análise pretendida. Mesmo considerando que a eventual utilização de cordas duplas não tenha se mostrado, mediante testes, um fator de risco para a fidedignidade dos resultados, tomou-se o cuidado de eleger uma peça na qual esse elemento é minimizado e que possui ampla disponibilidade de gravações feitas por artistas distintos, devidamente reconhecidos no meio musical.

Dessa forma, a peça escolhida para análise foi o prelúdio da suíte n° 1 para violoncelo de Bach, conhecida por muitos e com grande expressividade interpretativa⁴. Foram analisadas 14 gravações de artistas renomados, devidamente elencadas a seguir:

⁴ Novas pesquisas poderiam elucidar se as mesmas tendências de entoação se manteriam no repertório solo de outros períodos para o instrumento, como nos dos séculos XX e XXI.

Título do vídeo	Endereço no YouTube
Anner Bylisma: Bach Cello Solo Nr.1, BWV 1007 (7.2000)	http://www.youtube.com/watch?v=XL95vwU92qo
Bach: Cello suite no. 1 in G major, BWV 1007 António Meneses	https://www.youtube.com/watch?v=aCOKi4nFjpw
'J.S. Bach - Suite for Solo Cello no. 1 in G major - Prelude' by Denise Djokic	http://www.youtube.com/watch?v=qMRJmrLYVTw
Bach Cello Suite No.1 Prelude G Major BWV 1007. Georg Mertens	http://www.youtube.com/watch?v=V9wFR8ik6K4
Bach - Suite no. 1 in G for cello - Mischa Maisky 1:2 (BWV 1007)	http://www.youtube.com/watch?v=wk8QNzkzwYg&list=PLF736A2551DFB7DA6&index=2
Bach cello suite 1 Natalia Gutman	http://www.youtube.com/watch?v=J7QA7zE5Hg0
Bach's Cello Suite No. 1 Prelude by Nathan Chan, cellist	http://www.youtube.com/watch?v=qBW1s1Zc3-U
Ophélie Gaillard, Bach, Prelude, Cello suite n. 1	http://www.youtube.com/watch?v=poCw2CCrfzA
Pablo Casals plays BACH - Suite no 1 for Cello - part 1	http://www.youtube.com/watch?v=VhcjeZ3o5us
Paul Tortelier plays Bach: Prelude from Suite No. 1 in G major (vaimusic.com)	http://www.youtube.com/watch?v=KYah2xc3Gp0
Pierre Fournier - Bach: Cello Suite No.1 In G, BWV 1007 Complete	https://www.youtube.com/watch?v=YIZr2ERw6Dg
Rebecca Roudman, Video 2, Cello Suite No 1, "Prelude" J.S. Bach	http://www.youtube.com/watch?v=goKdk7jsNOQ&playnext=1&list=PLA0C73E6144B68DA8&feature=results_main
Rostropovich plays the Prelude from Bach's Cello Suite No. 1	http://www.youtube.com/watch?v=LU_QR_FTt3E
Yo-Yo Ma - Bach Cello Suite N°.1 - Prelude (HD)	http://www.youtube.com/watch?v=q2ZHjSA8mkY

Quadro 1: Lista de gravações extraídas de www.youtube.com e respectivos endereços de acesso em 10/01/2016. Fonte: Elaboração Própria.

O segundo programa utilizado para a análise de dados, denominado “temperament” (Disponível em: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/temperament/>), foi desenvolvido há alguns anos por Simon Caplette, na Universidade de New South Wales, Austrália. Ele é relativamente simples, executado em plataforma Java, e permite identificar, calcular e comparar temperamentos diversos.

Os dois programas são gratuitos e encontram-se disponíveis para uso da comunidade acadêmica e interessados em geral.

5. Resultados

Para cada uma das quatorze *performances* sob escrutínio, Tarsos produziu um histograma de *pitch-classes* (classes de alturas), definido como um grupo das frequências fundamentais consolidadas em uma única oitava. Apesar de se ter constatado uma grande variação na afinação das notas emitidas, obtiveram-se valores médios suficientemente recorrentes, permitindo, para cada nota da escala diatônica, um cálculo de desvio em centos a partir do referencial do temperamento igual.

Intérprete/Grau diatônico	1	2	3	4	5	6	7
Anner Bylsma	0	1	-1	-8	2	3	10
Antonio Meneses	0	-17	5	1	-13	-3	4
Denise Diokic	0	4	8	-5	2	12	7
Georg Mertens	0	10	11	13	2	9	7
Mischa Maisky	0	4	2	1	2	9	16
Natalia Gutman	0	4	8	-8	8	6	16
Nathan Chan	0	-2	5	-5	-7	0	1
Ophelie Gaillard	0	-2	2	-5	-1	9	1
Pablo Casals	0	1	23	4	2	21	16
Paul Tortelier	0	1	5	13	2	9	22
Pierre Fournier	0	7	11	1	5	9	19
Rebecca Roudman	0	1	29	13	2	12	19
Rostropovich	0	4	26	19	17	6	16
Yo-Yo Ma	0	7	2	4	8	9	16

Tabela 1: Desvios em centos dos graus diatônicos a partir do referencial do temperamento igual. Fonte: Elaboração Própria.

Em seguida, os dados referentes aos desvios de cada nota da escala diatônica foram inseridos no programa “temperament”, permitindo a comparação e cálculo do desvio-padrão frente ao referencial dos temperamentos igual, justo e pitagórico, além de um conjunto de temperamentos históricos, escolhidos dentre aqueles que já se encontram disponíveis para análise no programa.

	Igual	Pitagórica	Justa	Mesotônica (1/4)	Mesotônica (1/6)	Werkmeister (III)	Vallotti	Kimberger II / III
Anner Bylsma	5	3	10	11	8	8	8	9 / 9
Antonio Meneses	8	8	14	12	10	9	10	14 / 11
Denise Djokic	5	3	12	12	9	9	9	10 / 10
Georg Mertens	4	5	10	9	6	7	6	9 / 8
Mischa Maisky	5	3	12	11	9	8	9	10 / 9
Natalia Gutman	7	4	12	13	11	10	11	12 / 11
Nathan Chan	4	3	10	10	7	7	7	9 / 8
Ophelie Gaillard	4	4	11	10	7	7	7	9 / 8
Pablo Casals	9	7	17	15	13	13	13	15 / 14
Paul Tortelier	7	7	13	12	10	9	10	12 / 10
Pierre Fournier	6	2	12	13	10	9	10	11 / 11
Rebecca Roudman	10	8	17	15	13	13	13	16 / 14
Rostropovich	9	9	13	12	10	10	10	14 / 12
Yo-Yo Ma	5	4	10	11	8	8	8	9 / 8

Tabela 2: Desvios padrão a partir do referencial dos temperamentos igual, pitagórico e justo, além de alguns temperamentos históricos. Fonte: Elaboração Própria.

Discussão e conclusões

Independentemente do fato de se ter utilizado procedimentos de coleta de dados distintos, os resultados mostram-se concordantes com aqueles obtidos previamente por autores como Greene (1937), Nickerson (1949) e Mason (1960). Ao adotarem os três temperamentos mais comumente citados como referências (justo, pitagórico e igual), verificaram que os maiores desvios ocorrem a partir da referência do temperamento justo. Dessa forma, o argumento original de Helmholtz e seguidores a respeito de uma suposta preferência por intervalos justos não se sustenta na prática.

Os dados também oferecem indicações consistentes de que os menores desvios se encontram a partir do referencial do temperamento pitagórico, mesmo que o desvio médio se encontre praticamente equidistante do temperamento igual. Apesar disso, afirmar que existe uma clara preferência por um sistema particular de temperamento é uma colocação grosseira e constata-se uma grande variabilidade de entoação entre os artistas examinados, sendo que todos transitam em uma faixa média que se situa ao redor desses dois temperamentos de referência. Embora fosse plausível inferir que os intérpretes da *performance* historicamente informada seguiriam um paradigma diferente de entoação, as duas performances que seguem esta corrente, a de Anner Bylsma e a de Ophélie Gaillard, se mostraram muito próximas das demais pesquisadas, invalidando tal hipótese. Ophélie Gaillard, por exemplo, é a única que usa $l\acute{a}=415\text{hz}$, e mesmo assim, a sua entoação não contrasta com a dos outros.

Porém, mesmo constatando que a prática da entoação é fortemente modelada pelos ideais teóricos de temperamentos específicos, as evidências oferecem credibilidade à afirmativa de Backus (1969, p. 131) de que: “O fato de se dar valores exatos às frequências da escala não significa que o músico deva tocá-la precisamente; ele é livre para variar uma nota tocada de qualquer maneira necessária para atender as demandas da música”.

Do ponto de vista pedagógico, os resultados indicam que os professores devem reconhecer o potencial das variações em entoação e oferecer aos estudantes elementos que lhes permitam utilizá-la como um componente de *performance* que agrega valor estético próprio. Trata-se de uma constatação de liberdade interpretativa que não implica em falta de limites, mas na existência de uma clara faixa de adequabilidade musical cuja eventual transgressão resulta em uma inaceitável condição de desafinação.

Em termos qualitativos, é possível inferir que a prática da entoação é constituída pelo amálgama de habilidades distintas, desenvolvidas ao longo do tempo, cuja somatória é indicativa da maturidade e grau de proficiência musical. Sob essa perspectiva, elementos

culturais e subjetivos como musicalidade, experiência, familiaridade e preferências de ordem pessoal efetivamente contam, e caracterizam a prática da entoação como uma atividade eminentemente expressiva.

Referências

- BACKUS, John. *Acoustical Foundations of Music*. New York: W.W. Norton, 1969.
- BERG, Richard; STORK, David G. *The Physics of Sound*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
- BURNS, Edward M. Intervals, Scales, and Tuning. In: DEUTSCH, Diana (Ed.). *The Psychology of Music*. 2nd edition. San Diego, CA: Academic Press, p. 215-264, 1999.
- CAPLETE, Simon. A New Application for Temperament and Tuning. In: *Music Acoustics*. University of New South Wales. Disponível em: <<http://newt.phys.unsw.edu.au/music/temperament/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- CHEVEIGNÉ, Alain; KAWAHARA, Hideki. Yin, a fundamental frequency estimator for speech and music. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 111, p. 1917-1930, 2002.
- GREENE, Paul C. Violin Intonation. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 9, p. 43-44, 1937.
- HENRIQUE, Luis L. *Acústica Musical*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.
- MASON, James A. Comparison of Solo and Ensemble Performance with Reference to Pythagorean, Just and Equi-Tempered Intonations. *Journal of Research on Music Education*, v. 8, p. 31-38, 1960.
- NICKERSON, James F. Intonation of Solo and Ensemble Performances of the Same Melody. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 21, p. 593-595, 1949.
- SIX, Joren; CORNELIS, Olmo. Tarsos. In: University College Ghent – Faculty of Music. Disponível em: <<http://tarsos.0110.be/>>. Acesso em: 26 maio 2013.
- SIX, Joren; CORNELIS, Olmo. Tarsos - a Platform to Explore Pitch Scales in Non-Western and Western Music. 12TH INTERNATIONAL SOCIETY FOR MUSIC INFORMATION RETRIEVAL CONFERENCE, p. 169-174, 2011. Disponível em: <<http://ismir2011.ismir.net/papers/OS2-4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- WILLIAMSON, Chas. Intonation in Musical Performance. *American Journal of Physics*, v. 10, n. 4, august, p. 171-175, 1942.