

Notação Interativa: Um Estudo sobre o Processo de Criação Musical Compositor-Computador-Intérprete

José Fornari, Igor Leão Maia

Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora (NICS) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Caixa Postal 13.083-872 – Campinas – SP – Brazil

{tutifornari,igorleomaia}@gmail.com

***Abstract.** Here we present a preliminary study on the development of an interactive computer music method to create musical pieces based on the interconnection between a musician performer, a computer model and the interactive material pre-developed by a human composer. The aim is the establishment of a musical composition method, dynamic and in real-time, based on two premisses: 1) the human improvisation on interactive notation 2) the computer-generated sound material, resulting from the interaction between composer-computer-interpreter.*

***Resumo.** Apresentamos aqui um estudo preliminar sobre o desenvolvimento de um processo interativo de música computacional para a criação de peças baseadas na interconexão entre músico intérprete, modelo computacional interativo e material pré-desenvolvido por um compositor humano. Pretende-se com isso estabelecer as bases para um método de composição musical dinâmico e de tempo-real, com base em duas premissas fundamentais: 1) a improvisação sobre a notação interativa e 2) o material sonoro gerado pelo algoritmo, resultante da interação entre compositor, computador e intérprete.*

1. Introdução

É fato que estamos numa época em que os computadores fazem parte do nosso dia-a-dia. A capacidade processual de tais máquinas permite que estas sejam utilizadas pela música computacional como unidades processuais independentes e portáteis, de análise, transformação e síntese de sons com grande complexidade de controle e riqueza acústica. Ao mesmo tempo, vários tipos de interfaces de aquisição de dados gerados pelo movimento corporal – as Interfaces Gestuais – permitem uma enorme gama de controle interativo de tais processos computacionais artísticos, facilitando a comunicação entre humanos e máquinas. Um grande salto foi dado quando, em concomitância ao extraordinário aumento da capacidade de processamento e memória computacional, foram construídas interfaces gestuais com capacidade de aquisição e transmissão de dados em tempo-real e sem-fio (*wireless*).

O processo dinâmico de controle do material sonoro na música computacional pode ocorrer através da manipulação de dados acústicos ou simbólicos. São chamados de dados acústicos, aqueles relacionados diretamente à representação digital de áudio, conforme controlados por modelos computacionais. Os dados Simbólicos, dizem respeito ao controle do processo de geração de símbolos musical, e dizem respeito diretamente à sua notação, ao invés da representação direta do material sonoro organizado em música; os dados Acústicos.

Um processo computacional de notação interativa pode ser utilizado de diversas formas. Uma delas é a possibilidade de gerar material composicional original misto (acústico e simbólico), pela interatividade com um humano, seja este um intérprete instrumentista, um compositor ou um artista de outra modalidade. A geração de material misto em tempo-real, traz a possibilidade de execução a primeira vista, por um interprete, do material simbólico gerado. De certa forma, tal material pode ser visto como uma derivação escrita de uma improvisação – o que nos leva ao conceito de realimentação (*feedback*) de ambas as partes protagonistas deste processo musical: a interação entre o humano e a máquina.

Com a presença da realimentação do material musical gerado entre o humano e a máquina, torna-se difusa a questão autoral de uma obra musical gerada em tal sistema de notação interativa. Poderia-se argumentar que uma composição realizada num sistema dessa natureza, possui ao menos 3 autores: 1) o Compositor do material inicial; 2) o Computador, estratificado no modelo computacional que cria dinamicamente a partitura musical a qual o interprete executa, e 3) o Interprete, que executa a notação e assim acrescenta seus conceitos estéticos e características de performance, o que realimenta o processo geracional da notação computacional interativa. O resultado final é portanto um processo artístico gerado pela tríade humano-máquina-humano (compositor-algoritmo-intérprete) cada qual com as suas próprias peculiaridades, diferentes elaborações, e variações no grau de contribuição de cada parte.

Para a real confecção de um sistema geracional de partituras de notação interativa, deve-se ater inicialmente ao problema de realização em tempo real de uma notação musicalmente coerente. Pode-se dizer que a notação tradicional da música erudita européia é, sob certo aspecto, constituída por uma estrutura gráfica bastante complexa, devido à necessidade de formalizar a maioria dos parâmetros musicais (e.g. altura, dinâmica, duração e timbre) de forma unívoca, inequívoca e coerente. Desse modo, a notação musical tradicional torna-se muitas vezes, do ponto de vista computacional, de alto custo para sua realização processual dinâmica. No entanto, as chamadas “partituras gráficas” muitas vezes exaem maior flexibilidade e menor rigor formal. Estas podem viabilizar as práticas de improvisação livre, ao invés da execução rigorosa de uma composição musical em notação tradicional, formalizada na estrutura fixa de uma partitura musical tradicional.

Dessa forma, necessitamos de uma partitura de fácil realização notacional, ou seja, de baixo custo computacional (para o processamento da máquina) e cognitivo (para a interpretação do músico, uma vez que deve se tratar de uma notação de fácil entendimento); e que ao mesmo tempo permita expressar conceitos musicais com suficiente precisão, no que concerne a execução da prosódia musical intencionada pelo compositor. Neste trabalho exploramos uma notação baseada em tais preceitos.

2. Notações Gráficas

Diversos compositores do século XX exploraram distintas formas notacionais para expressar eventos musicais. Entre tais compositores, destacamos Witold Lutoslawski e Morton Feldman. Suas formas notacionais são aqui consideradas como possíveis soluções de utilização, ou inspiração para a criação de um processo computacional de notação interativa. A Figura 1 mostra dois exemplos de notação gráfica utilizados por estes compositores, realizadas entre as décadas de 1950 e 1960.

The image contains two parts of musical notation. The upper part is a graphic notation consisting of several horizontal lines with rectangular boxes of varying heights and positions. Some boxes are connected by lines, and there are diamond-shaped symbols. The lower part is a traditional musical score for Oboe (Ob.) and Cingalo (c. ing.). It features two staves with notes, rests, and dynamic markings such as 'poco rit.', 'a tempo', and 'p'. A circled number '9' is located on the right side of the score, with a downward-pointing arrow.

Figura 1. Exemplo da Notação Gráfica de Morton Feldman (acima). Excerto da 2ª sinfonia de Lutos awski, evidenciando o contraponto aleatório, indicado pelo número 9 (abaixo).

Morton Feldman foi um importante compositor norte-americano do século XX, pioneiro no uso de notações musicais experimentais. Sua característica marcante é a investigação de inovações notacionais, especialmente desenvolvidas para criar efeitos característicos que expressassem uma liberdade ou fluidez rítmica e melódica, muitas vezes almejando expressar padrões sonoros complexos, cujas sonoridades muitas vezes metaforicamente se assemelhassem ao “fora de foco”, ou do assimétrico [Feldman, 2000].

Witold Lutoslawski foi um renomado compositor europeu, do século XX. Em suas obras “*Chains I*”, “*Mi-Parti*”, “*String Quartet no. 2*”, Lutoslawski utilizou uma técnica composicional por ele concebida, e denominada de “contraponto aleatório” [Rae, 1999]. Através da escrita de passagens musicais inseridas em “caixas” (*boxes*) com notação tradicional, que podiam ser executadas em tempos diferentes, a cada performance. Lutoslawski criou um processo de aleatoriedade controlada, em relação à sincronia temporal dos instrumentos musicais tradicionais, mas sem permitir uma liberdade irrefreada – e portanto caótica – em relação a outros parâmetros notacionais, já que as tais caixas representam trechos com notação tradicional, contendo precisa notação de alturas e rítmicas, mas com duração relativa ao contexto da estrutura notacional representado em cada caixa.

Tem-se também as partituras de escuta visual (*visual listening scores*) criadas por Rainer Wehinger, na década de 1970. Wehinger criou esse tipo de partitura para a peça *Artikulation*, de György Ligeti.¹

Desde a primeira década do século XXI, diversos artistas de música computacional tem utilizado notações gráficas criadas em modelos computacionais de processamento em tempo-real, como forma de representação de peças musicais. Um exemplo típico é mostrado na Figura 2, que exibe um trecho da peça *Solitude*² de Hans-Christoph Steiner, composta em 2004, e escrita em PD (*Pure Data*)³.

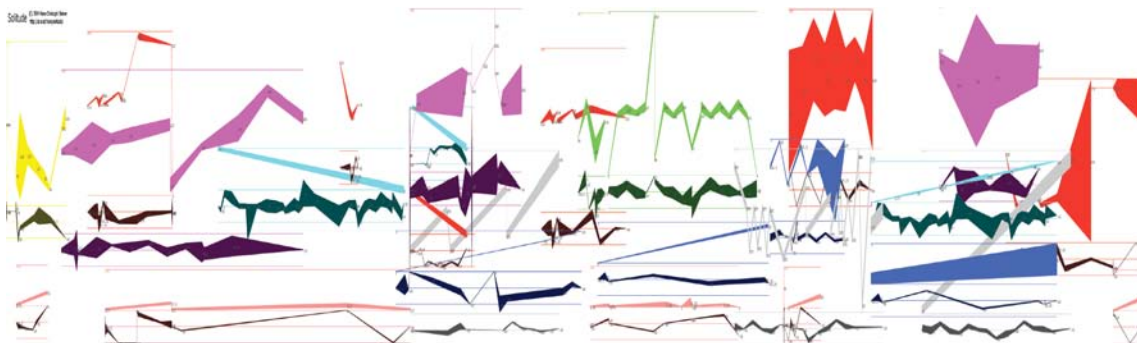


Figura 2. Notação gráfica da peça *Solitude*, de Hans-Christoph Steiner, criada no ambiente computacional do PD.

A partitura gráfica mostrada na Figura 2 assemelha-se à uma extensão natural da notação proposta por Wehinger, para as peças de Ligeti, porém com a vantagem de ser em notação virtual (não em papel, mas na tela de um computador) o que confere total mobilidade e plasticidade a esta estrutura. Tal partitura estabelece os passos processuais do modelo computacional sobre o processamento digital de um material sonoro pré-gravado. As etapas são descritas em estruturas da linguagem PD, através das diferentes cores, que representam os distintos tratamentos processuais da transformação sonora do material original, ao longo da linha do tempo, descrita horizontalmente, da esquerda para a direita, seguindo a mesma orientação gráfica de um espectrograma, bem como da notação musical tradicional ocidental.

3. Notação Interativa

A proposta aqui apresentada para o desenvolvimento de um sistema computacional de notação interativa, trata da criação de uma partitura virtual, a princípio similar àquela mostrada na Figura 2. Esta deve ser de livre acesso, leve processamento computacional e de fácil cognição, de modo que os músicos instrumentistas possam facilmente executá-las à primeira vista, mesmo sendo esta uma obra composta em tempo real. A diferença entre o sistema da Figura 2 e o nosso é que este cria a partitura pela interação do modelo computacional com o interprete, sem a necessidade da sincronização nota-

1 http://www.youtube.com/watch?v=71hNI_skTZQ&feature=related

2 <http://at.or.at/hans/solitude/>

3 <http://www.puredata.info>

por-nota, mas bloco-por-bloco; ou, nos moldes de Lutoslawski, “caixa-por-caixa”, desde que os músicos iniciem cada “caixa” ao mesmo tempo – e para tanto, pode-se utilizar um regente humano, ou um processo computacional que sincroniza cada secção.

Uma partitura de notação interativa pode utilizar diversos tipos de estratégias para contornar alguns problemas implementacionais, como a realização de uma partitura computacional que seja: 1) coerente; 2) completa; 3) de fácil leitura, compreensão, execução; e 4) em tempo real. Aqui apresentamos um estudo preliminar de um sistema que esta em desenvolvimento. Neste trabalho é investigada uma implementação computacional através de segmentos de composição musical. Tais fragmentos simbólicos foram pré-compostos podem ser organizados em “caixas”, afim de facilitar a interação humano-máquina, criando um ambiente onde pode-se explorar os conceitos de: 1) interpretação, 2) improvisação e 3) composição em tempo-real. Para tanto, fazemos aqui uma distinção formal entre Improvisação e Composição. Improvisação é aqui entendida como uma elaboração de conceitos musicais em tempo real, sem a construção final de uma notação formalizada, ao passo que Composição parte do princípio da notação de conceitos musicais elaborados fora do tempo-real (i.e. a estrutura composicional é construída pelo compositor em tempo assíncrono; distinto da execução final de sua obra, por meio de um interprete). Os componentes dessa estrutura são formalizados em notação musical de modo que possa ser compreendida e executada, por um ou mais interpretes. Vale observar que o controle e a decisão do início e fim das secções, bem como a forma da composição, está a cargo do músico interprete (ou do grupo de interpretes), uma vez que tal sistema deve permitir a interação de múltiplos interpretes; interconectados em diversos e distintos modelos computacionais da notação musical interativa.

4. Notação Interativa Auto-Organizada

Em contraste às formas de notação tradicional e gráfica, a notação interativa, tal como proposta neste trabalho, trata de uma notação dinâmica, adaptativa, que é baseada nos aspectos musicais e na interação computacionalmente mediada entre o interprete e o compositor humano. Para tanto, o desenvolvimento de um modelo computacional para notação interativa deve levar em conta tanto os aspectos da música notada quanto os dados gestuais relacionados à sua performance. A música é muitas vezes definida a partir de seu material de criação; nos termos de Edgard Varése, como se tratando da arte do "som organizado". Tal organização sonora é simultaneamente percebida pela mente humana em três níveis: 1) a Percepção sonora, 2) a Cognição musical e 3) a Emoção por esta evocada. A percepção sonora trata dos aspectos relacionados à audição humana, dos limites de sua recepção e do processamento da informação acústica. Esta vem sendo estudada, pelo menos, desde os trabalhos de [Helmholtz, 1912] e se organizou na área da ciência conhecida como psicoacústica. A cognição musical é formalmente estudada, desde a década de 1980, com os processos relacionados ao entendimento da informação musical, tais como: 1) a interpretação, 2) a memória, 3) os aspectos musicais contidos na estrutura composicional de uma peça musical e, 4) na sua performance expressiva. Tais aspectos têm sido estudados em diversos grupos de pesquisa, tais como a *Society for Music Perception and Cognition*⁴, ESCOM - *European Society for the Cognitive Sciences of Music*⁵ e a revista *Music Perception*⁶. Parte desses estudos envolve a criação de descritores, que são modelos computacionais para a predição de aspectos musicais

4 <http://www.musicperception.org/>

5 <http://www.escom.org/>

6 <http://ucpressjournals.com/journal.asp?j=mp>

livres de contexto (psicoacústicos) ou contextuais (cognitivos) da escuta musical. Apesar de cognição musical normalmente tratar do entendimento analítico dos aspectos musicais, uma área de estudo desta que vem despontando recentemente é a emoção evocada pela música [MEYER, 1957]. A emoção musical pode ser de duas categorias distintas: constatada ou evocada. Emoção constatada trata da categoria de natureza primordialmente cognitiva, onde o ouvinte entende facilmente o significado emotivo de uma obra, porém não tem o seu estado emocional alterado por esta. A emoção evocada, por outro lado, trata da categoria de natureza afetiva, onde o estado emocional do ouvinte é alterado pela música, mesmo que este não se conscientize de estar escutando um estímulo musical. A emoção evocada pode estar associada à apreciação, através da escuta de uma peça musical. Também está relacionada ao processo de criação de uma peça musical pelo compositor através de sua estruturação, ou à performance de uma peça musical através de sua execução expressiva ou recriação improvisacional, dada por um músico, ou grupo musical.

Sabe-se que alguns aspectos da emoção evocada estão associados às variações de sinais biológicos involuntários, também chamados de biosinais, tais como: a variação da resistência cutânea (*Galvanic Skin Response - GSR*), a variação de batimento cardíaco, coletada através de um Eletrocardiograma (ECG) e/ou Fotopletismografia (PPG) e a variação do ritmo respiratório. Em termos da cognição musical, tais biosinais podem descrever tanto a variação de estudos emocionais evocados de curta duração (*affects*), como os de longa duração (*moods*). [BLECHMAN, 1990]. *Affects* podem estar relacionados a curtos trechos musicais; em torno de três a cinco segundos de duração, considerado por alguns estudiosos como a sensação do presente, ou “agora” em música. *Moods* são geralmente evocados por exposições mais demoradas à música; uma performance musical mais extensa, como uma sinfonia ou um show musical completo (normalmente com mais de uma hora de duração). Tais efeitos emocionais persistem por longos períodos de tempo e podem ser verificados nas variações de ritmos biológicos, tal como o ciclo circadiano [MOORE, 1982].

O conteúdo informacional, dado pela emoção evocada por música, e correlacionado aos biosinais, permeia e interliga três sistemas interdependentes: a estruturação, a apreciação e a performance. Desta interligação sistêmica, a música derivada da interação compositor-computador-interprete é aqui descrita como um processo auto-organizado emergente das regularidades do fluxo informacional dos aspectos musicais detectados, de onde (e valendo-se dos conceitos de Charles S. Peirce) decorrem hábitos que apontam para um significado musical. A Figura 3 descreve a auto-organização de música através do processo descrito acima.

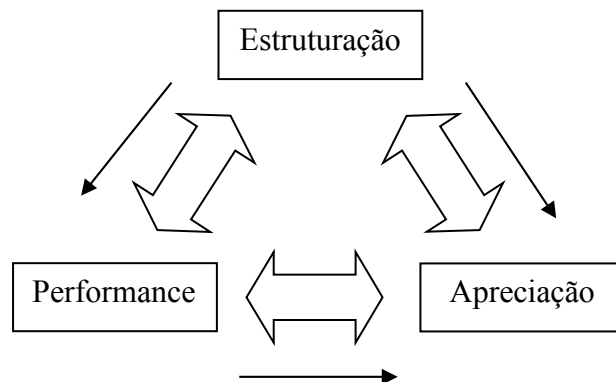


Figura 3. Processo de auto-organização musical através do fluxo informacional da emoção evocada na interação dos sistemas: estruturação, performance e apreciação. As setas finas e unilaterais se referem ao sentido tradicional do fluxo informacional emotivo.

Tradicionalmente a estrutura notacional permanece inalterada enquanto decorre-se a dinâmica da performance e da apreciação. Isto ocorre porque a estruturação advém da auto-organização do sistema constituído pelo universo psicológico do compositor. Tal meio, como um sistema aberto e complexo, sofre a ação de agentes externos (aqui chamados de inspiracionais) que delineiam a forma final da estruturação da composição. No entanto, é possível existirem processos musicais onde a estrutura não é fixa, mas dinamicamente modificada, ao longo da performance. Exemplos de tais processos são encontrados nas improvisações de música popular e do jazz, em *happenings* e até nas composições algorítmicas, tal como o jogo de dados de Mozart [CHUANG, 1995].

5. O Modelo Computacional

Da Figura 3, vê-se que existem quatro elementos a serem considerados para a criação da notação interativa. Estes são: 1) Estruturação, 2) Performance, 3) Apreciação e 4) Fluxo Informacional. O fluxo informacional da emoção evocada é determinado tanto por dados comportamentais (pela sua correlação com os bio-sinais) quanto pelas predições de descritores acústicos. A medição de bio-sinais pode inclusive ser feita não apenas pelos músicos intérpretes mas também pelo público ouvinte, em especial através da aquisição de dados por um sistema eletrônico portátil, não-invasivo e sem-fio. A estruturação poderá ser fixa (tradicionalmente dada por uma partitura) ou dinâmica, através da utilização de programas de software desenvolvidos em ambientes de software-livre que utilizem as medidas dos bio-sinais (referentes ao fluxo informacional) para controlar processos sonoros e/ou re-organizações algorítmicas, numa estrutura da partitura dinâmica, interpretada pelos músicos. A performance será dada pelos músicos instrumentistas, através da execução musical com distintos graus de liberdade, podendo se estender desde as improvisações até a execução de partituras dinamicamente elaboradas pelo modelo computacional. A apreciação pode ser dada tanto pelos músicos quanto pelo público ouvinte.

Para tanto, testamos um sistema de monitoramento cardíaco; um HRMI (*Heart Rate Monitor Interface*). Esta é uma placa externa que se conecta ao computador através de uma porta USB, e que converte sinal ECG captado por uma unidade de transmissão sem-fio, *Polar Electro Heart Rate Monitor* (HRM), que é por fim capturado por um modelo computacional; um algoritmo escrito em PD, conforme descrito abaixo.

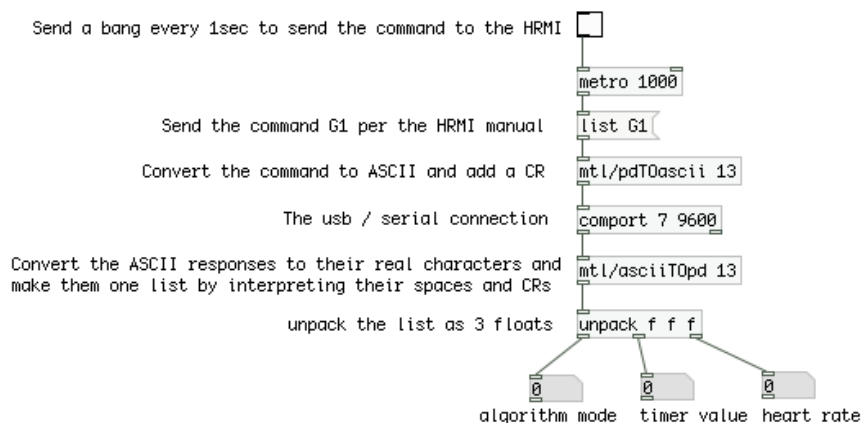


Figura 3. Algoritmo em PD (*Puredata*) de aquisição dinâmica da variação do ritmo cardíaco através de equipamento de HMRI.

Através deste sistema, podemos, por exemplo, controlar um algoritmo de criação de paisagens sonoras através da síntese evolutiva, como descrito em [Fornari, 2011], utilizando os dados dinamicamente coletados de um biossinal (ECG) associado à variação de estado emocional de curta (*affects*) e longa (*moods*) duração. No trabalho aqui apresentado, pretende-se utilizar este dado involuntário, que é associado à variações do estado emotivo do indivíduo monitorado, para parametrizar um modelo computacional de geração de notação interativa. Com isso, esta notação será gerada baseada primordialmente na variação involuntária do estado emocional do interprete, ao invés de ser controlada por dados gestuais voluntários, como são a maioria dos movimentos corporais. Pretende-se com isso criar uma estratégia de retroalimentação do fluxo informacional viabilizando assim a total implementação do sistema descrito na Figura 3. Com isso, teremos um processo dinâmico de geração de notação musical baseado na interatividade entre compositor e intérprete, e intermediado por aparato tecnológico, através de sensores de biosinais involuntários; e computacional, através do processamento de algoritmos musicais.

6. Conclusão

Este trabalho apresenta o projeto em andamento de criação de um sistema de música computacional para notação interativa. Através da interação compositor-computador-máquina, pretende-se utilizar músicos instrumentistas em diversas formações para criar processos de música notacional e improvisacional, de caráter auto-organizado, através da utilização de descritores, para a predição de aspectos de emoção evocada pela musical; e biossinais, associados a reações comportamentais da emoção musical. O processo será intermediado por programas desenvolvidos em PD que criarão estruturas dinâmicas para a execução de obras musicais emergentes do fluxo informacional dado pelos descritores e biossinais, coletados dinamicamente, ao longo da performance artística dos músicos instrumentistas. O resultado musical poderá ser gravado em áudio digital e a estrutura gerada poderá ser posteriormente publicada, na forma de notação musical tradicional, resultando assim numa partitura que, como tal, poderá ser novamente executada, como uma peça tradicional de música, mas que foi fruto de um processo emergente de auto-organização mediado pela interação dinâmica entre compositor, computador e interprete.

Referências

- BLECHMAN, E. A. Moods, Affect, and Emotions. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ. 1990.
- CHUANG, J. Mozart's Musikalisches Würfelspiel. A Musical Dice Game for Composing a Minuet. <http://sunsite.univie.ac.at/Mozart/dice/>. 1995.
- FELDMAN, M. Give My Regards to Eighth Street: Collected Writings of Morton Feldman. Exact change. 2000.
- FORNARI, J., Manzolli, J., Shellard, M. Evolutionary Sound Synthesis controlled by Gestural Data". Journal of New Music Research - JNMR, special volume. "New paradigms for computer music". 2011.
- HELMHOLTZ, H. On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music. 4th Ed., Longmans, Green, and Co. 1912.
- MEYER, L. Emotion and Meaning in Music. Chigado Press. 1957.
- MOORE, Ed, SULSZMAN, M., FRANK M., and FULLER, C. A. The Clocks that Time Us: Physiology of the Circadian Timing System. Harvard University Press, Cambridge, MA. 1982.
- RAE, Charles Bodman. The Music of Lutos awski. 3rd Ed. London: Faber & Faber. 1999.