

Anais

do VIII Workshop de Música Ubíqua (UbiMus)

Proceedings

of 8th Workshop on Ubiquitous Music (UbiMus)

VIII Ubimus

Flávio Luiz Schiavoni
Victor Lazzarini
Luzilei Aliel
Daniel Barreiro

11 a 14 de Setembro, 2018.

September 11th - 14th, 2018.

São João del Rei - Brazil

Anais do VIII Workshop de Música Ubíqua (UbiMus)

Proceedings of 8th Workshop on Ubiquitous Music (UbiMus)

11 a 14 de Setembro/ 2017

São João del-Rei - Minas Gerais - Brasil

Os artigos publicados nestes Anais foram editorados a partir dos originais finais entregues pelos autores, sem edições ou correções feitas pelo comitê técnico.

Editoração

Flávio Luiz Schiavoni
Victor Lazzarini
Luzilei Aliel
Daniel Barreiro

Anais do VIII Workshop de Música Ubíqua (UbiMus)
Proceedings of 8th Workshop on Ubiquitous Music (UbiMus)

ISBN 978-85-8141-114-9

<http://alice.dcomp.ufsj.edu.br/ubimus>

Organização

Coordenação Geral

Flávio Luiz Schiavoni, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Coordenação técnica e artística

Victor Lazzarini, Maynooth University, Ireland

Daniel Barreiro, Universidade Federal de Uberlândia, Brazil

Luzilei Aliel, Universidade de São Paulo, Brazil

Comitê de divulgação

Maria Helena de Lima, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAp), Brazil

Leandro L. Costalonga, Universidade Federal do Espírito Santo (NESCoM), Brazil

Webmaster

Frederico Ribeiro Resende, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Fotografia

Thiago de Andrade Morandi, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Arte

Rodrigo Araújo, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Isabella Melo, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Organização Local

Elder José Reoli Cirilo, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Edimilson Batista dos Santos, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Bruno Soares Santos, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Marcos Edson Cardoso Filho, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Rogério Constante, Universidade Federal de Pelotas, Brazil

Secretaria

Alexandra Caroline Silva

Douglas Dinalli

Daniel Castro Giraldi

Centro Acadêmico de Ciência da Computação:

Bárbara Boechat, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Henrique Jefferson, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Isabella Melo, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Jonas Lara, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Lucas Lagôa, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Sidney Junior, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Cobertura

TV UFSJ

Comitê de programa do UbiMus:

Álvaro Barbosa, University of Saint Joseph, Macao

Andrew R. Brown, Griffith University, Australia

Augoustinos Tsiros, Edinburgh Napier University, Scotland

Cesar Traldi, Universidade Federal de Uberlândia, Brazil

Charlie Roberts, Rochester Institute of Technology,

Damián Keller, Universidade Federal do Acre (NAP), Brazil

Daniel Barreiro, Universidade Federal de Uberlândia, Brazil

Daniel Jacek Smolicki, Malmö University, Sweden

Didac Gil de la Iglesia, Palo Alto Networks, Netherlands

Evandro M. Miletto, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brazil

Flávio Schiavoni, Universidade Federal de São João del Rei, Brazil

Francisco Bernardo, Goldsmiths University of London, England
Gabriel Rimoldi de Lima, Universidade Estadual de Campinas, Brazil
Georg Essl, University of Michigan, USA
Ian Oakley, Ulsan National Institute Of Science and Technology, Republic of Korea
Joseph Timoney, Maynooth University, Ireland
Leandro L. Costalonga, Universidade Federal do Espírito Santo (NESCoM), Brazil
Luca Turchet, Queen Mary University of London, England
Luciano Vargas Flores, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brazil
Marcelo Johann, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LCM), Brazil
Marcelo Milrad, Linnaeus University, Sweden
Marcelo Queiroz, Universidade de São Paulo (IME), Brazil
Marcelo Soares Pimenta, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LCM), Brazil
Marc Jansen, Hochschule Ruhr West, Germany
Maria Helena de Lima, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAp), Brazil
Martha Paz, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAp), Brazil
Mathieu Barthet, Queen Mary University of London, England
Mikhail Malt, IRCAM, France
Mônica Estrázulas, Le@d, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil
Mônica Vermes, Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil
Nelson Zagalo, Universidade de Minho, Portugal
Nuno Otero, Linnaeus University, Sweden
Oliver Brown, The University of New South Wales, Australia
Rick Nance, DeMontfort University, England
Rodrigo Cicchelli Veloso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil
Stefania Serafin, Aalborg University, Denmark
Stephen Barrass, University of Canberra, Australia
Stratos Kountouras, Ionian University, Greece
Teresa Connors, Memorial University of Newfoundland, Canada
Victor Lazzarini, Maynooth University, Ireland

Realização

Universidade Federal de São João del-Rei

Reitor: Sérgio Augusto Araújo da Gama Cerqueira

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: André Luiz Mota

Departamento de Ciência da Computação

Chefe de Departamento: Carolina Ribeiro Xavier

Bacharelado em Ciência da Computação

Coordenador: Daniel Luiz Alves Madeira

Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação

Coordenador: Vinícius da Fonseca Vieira

Programa Interdepartamental de Pós-Graduação Interdisciplinar em Artes, Urbanidades e Sustentabilidade

Coordenador: Adilson Roberto Siqueira

Apresentação

Seja bem vindo! É com grande carinho que recebemos você por aqui e é uma enorme satisfação organizar um evento como este. Nos reunimos para organizar este encontro o Centro Acadêmico de Ciência da Computação (CACOMP) juntamente com a Coordenação do curso, que anualmente organiza a Secomp - Semana da Computação, um evento que tem em sua tradição trazer palestrantes da região e mini cursos de alunos para uma semana de troca de experiência em diversas áreas da computação. Aliou-se a esta organização a Comissão Especial de Computação Musical da Sociedade Brasileira de Computação (CECM - SBC), que tinha como propósito da atual gestão conseguir mobilizar pesquisadores da área para fomentar oficinas e workshops com temas da área interdisciplinar entre computação e música. Somou-se a esta organização ainda o Grupo de Música Ubíqua (G-ubimus), um grupo de pesquisadores que desde 2007 vem promovendo pesquisa e eventos como o UbiMus para discutir e promover a pesquisa em música ubíqua. Desta construção coletiva conseguimos combinar neste evento palestras, mini cursos, oficinas, workshops, apresentações de artigo, apresentações artísticas, mesas redondas e café, itens que julgamos necessários para a construção de um saber interdisciplinar fortemente apoiado pela tecnologia. Agradecemos a todos e a todas que contribuíram para esta construção e esperamos que você aproveite nosso evento.

Cordialmente,
Equipe Organizadora

Contents

Music as a Plastic Art: An ecological strategy facilitating emergence in an instrumental composition ecology Rick Nance	1
Knowledge transfer in ecologically grounded approaches to ubimus: InMesh 1.0 Damián Keller, Ariadna Capasso, María Patricia Tinajero	13
Modelling Expressive Music Performance: The Role of Errors Leandro Costalonga, Eduardo Miranda	25
Utilização do Ambiente Mosaicode como ferramenta de apoio para o ensino de Computação Musical Flávio Schiavoni, Thiago Souto, André Gomes, Frederico Resende, José Sandy	33
Práticas cognitivo-ecológicas em ubimus: Sons do CAP Damián Keller, Maria Helena Lima	45
Playsound.space: An Ubiquitous System in Progress Ariane Stolfi, Alessia Milo, Fabio Viola, Miguel Ceriani, Mathieu Barthez	54
Os registros ubíquos das paisagens: da imagem ao som Thiago de Andrade Morandi, Flávio Luiz Schiavoni	66
Olhar Musical: Uma Proposta de Interface para Expressividade Musical Voltada a Indivíduos com Deficiência Motora Higor Camporez, Anselmo Neto, Leandro Costalonga, Helder Rocha	76
Estudo e avaliação de Linguagens de Programação Musical Rodrigo Araujo, Flávio Schiavoni, José Sandy, Elder Cirilo	86
Desenvolvimento de Instrumentos Musicais Digitais a partir de dispositivos ubíquos Gabriel Lopes Rocha, Avner Maximiliano, João Pedro Moreira Ferreira, Flávio Luiz Schiavoni	98
Pesquisa em ubimus na Educação Básica: Projeto Música Ubíqua no Colégio de Aplicação da UFRGS, abordagens de pesquisa e parcerias com o g-ubimus Maria Helena De Lima, Damián Keller, Evandro Manara Miletto, Marcelo Pimenta, Luciano Vargas Flores, Marcelo Johann, Jean Carlos Figueiredo De Souza	111
(Orchidea) Uma primeira aplicação para práticas musicais coletivas na Orquestra de Ideias Flávio Schiavoni, Eduardo Xavier Da Silva, Paulo Gabriel Nunes Cançado	120
Musical conceptions and strategies in creative activities with mobile devices Daniel Barreiro, Cesar Traldi	132
Addressing Creativity in Network Communication for Computer Music Interaction Flávio Schiavoni, Pedro Henrique de Faria, Jônatas Manzolli	144
Ubiquitous Musical Activities with Smart Musical Instruments Luca Turchet, Mathieu Barthez	157
Ensaio sobre a peça Markarian 335_ Conceitos em Atividades Criativas Ecologicamente Fundamentadas a partir da Perspectiva Gelassenheit Luzilei Aliel, Damián Keller, Silvio Ferraz	165
The Handy Metaphor: Touchless, bimanual interaction for the Internet of Musical Things Damián Keller, Claudio Gomes, Luzilei Aliel	180

Music as a Plastic Art: Strategies for emergent behaviour in instrumental composition

Dr. Rick Nance

De Montfort University

Leicester, UK

RickNance@gmail.com

***Abstract.** This recounts and expands on a method for fixed-sound composers to construct music for solo as well as fixed-sound accompanied instrumental performance. It uses aural models instead of written or graphic systems to stay congruent with concrete studio practice, rarifying the aural feedback cycle. The compositions are realized within this heightened aural environment with the composer situated as an embedded organism. Results gathered in the studio, can be thought of as eigenstates that come from the complex interaction of various perceptual, audible, conceptual, and computer aided mechanisms. These investigations began in my 2007 PhD (funded by De Montfort University).*

1. Prologue

Using concrete methods to compose studio music has often been written about in terms of Gibson's Ecological Psychology, as with Windsor's work on Acousmatic Composition (Windsor, L. 1995). Studio compositions for instrumental music relying on methodologies grounded in principles of Ecological Psychology were introduced with *Parables* (Nance, 2005), *K* (Nance, 2007), and *Analogies of Control* (Nance, 2005).

The first part of this paper explores ecological psychology's dynamic principles as a basis for a formal approach to create instrumental compositions bounded by a 'primacy of the ear' at every stage, from composition, to performer, through performance. The second part discusses how these principles have guided the aforementioned works and are now being applied to present and future works.

2. Concrete sound is direct and plastic

Pierre Schaeffer made early comparisons between painting and *Musique Concrète*, wondering if 'plastic sound' or 'plastic music' might equally be appropriate terms.¹ Claude Levi-Strauss does so again saying "*Musique Concrète* puts itself into a situation

¹ "On sait qu'il s'amusa à se demander si les qualificatifs de 'musique plastique', voire de 'plastique sonore' ne conviendraient pas." (Schaeffer, 1952 p. 115).

"It is amusing to ask if the designations 'plastic music', indeed 'plastic sound', would not be as appropriate." (author's translation with help from Marc Battier)

that is comparable, from a formal point of view, as painting of whatever kind: it is in immediate communion with the given phenomena of nature.” (Levi-Strauss, C., 1970) For a composer, concrete practice, offers a way to create and experience music without mediation via a performer’s interpretation of a visual score. The work as ‘performed’ by the author, in the studio, is presented directly to the audience much the same as painters and sculptors ‘perform’ and present their works.

While both fixed sound and instrumental composers can work with sound in a concrete way, this direct approach, in Western traditions, usually stops before it arrives at the performer. Even jazz solos, while traditionally learned from recordings, are a mixed media approach and are often first written down note-for-note as guidance and preparation for future improvisation.² Working with studio and computer-aided tools, artists still switch modalities, most commonly using Standard Musical Notation (SMN) or developing text-based or graphical-based instructions designed exclusively for that one work and its possible array of extended techniques. Avoiding, or controlling for, this multi-modal approach and developing an internally consistent, creative aural practice, is the goal of this project. Music as a plastic art and sound as a plastic material are applicable to all the works in this project. The notion that it is “...in immediate communion with the given phenomena of nature.” (Levi-Strauss, C.) opens it to discussion as a product of the dynamic, reciprocally resonant, environmental system described in Gibson’s phenomenological psychology.

3. Grains of observation

Ecological psychology describes the relevant scale of observation for perception as the combination of the organism and its environment. The two, although often separated in studies, are functionally “resonating subsystems’ of the ecological whole, while perception is an emergent trait that happens between the two of them, instead of something that happens as a result of the organism gathering information and processing it to ‘figure out’ what is going on. The environment and the organism are tuned to each other. The things that happen between them are ‘lawfully related’ and that their co-evolution endows them with traits that respond to each other’s presence (note that the environment is said to respond as well). Gibson refers to “ambient energy arrays” in the environment to which the organism is sensitive saying that the organism and environment can respond to each other through these structures in a direct manner without having to abstract behavioral logics or conceptual constructs. This doesn’t mean that internal constructs do not exist. An organism’s behavioral predispositions have been physically shaped by its epigenetic history. Knowledge (experience) is a physical attribute of the perceiving system. Further, a musician’s training doesn’t just include her personal time with the instrument, but includes an acquired history of training methods that predate her by generations. This coevolution of instrument, method, and personal

² The same (mixed) methods have long been available for composing modern instrumental music as well. Synthesizers and samplers can be used to give instant access to orchestral sounds so that instrumental music can be explored empirically and then mechanically transcribed to manuscript. Indian classical music, a very different kind of formalized music, is taught by ear.

training is why this research directs its focus to 'classical' instruments, in a bid to access the highly developed practices of musicianship already common in those performer populations.

3.1. The biological substrate of knowing

Our neurons move towards information like plants to the sun and our brain changes shape as it absorbs new experience. That new experience may be as subtle as repeating an already familiar sound in a new context. The new context may be as subtle as the third or the fourth hearing in the same chair in the same room two minutes apart. “. . . cortical maps for somatic sensations are dynamic, not static. Functional connections can expand and retract. The cortical maps of an adult are subject to constant modification on the basis of use or activity of the periphery sensory pathways.”³ (Hebb, 1949) This neural plasticity is the biological substrate of thought. It is that sensitivity and physical response to change that creates in an organism a mutually resonant relationship with the world. A sound will change the brain's shape and the newly molded shape of the brain changes the way we perceive that sound. It is in this resonant space of neural growth in which a continuously recursive network of feedback loops, nested within other loops and fed by more, comprise a system that seeks equilibrium within the world to achieve its goals.

3.2 Neurophenomenology

Information from any sensory modality is impacted at some level by all senses and predispositions, in all parts of the brain (Lloyd, 2004). These processing areas, despite their predisposition toward vision, haptics, kinesthetics, language or any other, add more information to the aural result. Learned predispositions can be so strong, particularly where language is concerned, that one can 'hear' the change between the apparent sound of 'd' to a 'b' by simply covering and uncovering the screen while watching a demonstration of the 'McGurk Effect' (Mcgurk, H. & Macdonald, J. (1976). The Stroop Test (Stroop, 1935) is a powerful example of this as well. Perception is a combination of active searching, extant memory, epigenetic predisposition and environmental circumstance. What we hear relies on our experience and the combined perspectives of multiple senses. It is important to remember that sensory paths are doubled, taking two routes towards perception. The route that physically arrives first determines the emotional characteristics of the scene, prior to our ability to actually understand what is happening. (LeDoux J.E.,1996) It is within this “inexhaustible relata” (Whitehead, 1922) that sounds are chosen, rebuilt and re-related to construct a musical work.

3.3 Auditory Biology

Moving inward from the outside, the ear begins at the pinnae, and extends past the tympanic membrane and ossicles into the cochlea. There, the mechanically amplified vibrations shake the inner hair cells producing nerve impulses. These impulses proceed towards toward the auditory brainstem and olivary colliculus, through the medial

³ For an enlightening window to this, look at Principles of Neural Science Edition 3rd ed. / edited by Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Publisher London ; New York : McGraw-Hill, 1995. Page 680 (but best to read all of chapter 36)

geniculate nucleus in the temporal lobe and spread throughout the brain to join with neuronal bodies it shares with the other senses (eyes, touch, etc.) and is mixed with the traces of all past experience distributed throughout the system. All along the way, fibres continuously feed backward along the path with each area's response to the original signal, back to the cochlea. There, the organism uses the outer hair cells to modulate the reception of the new, incoming sound as it seeks perceptual equilibrium according to pre-existing sensory information including other modalities, long-term extant memories, and probable needs in order to create a useful model of the world around it. The auditory web actively reaches outward via the senses and memory.

3.4. Studio Ecology

The composition studio is a purpose-built environment designed for its special focus on sound and its manipulation. Commonly, microphones are used to gather sounds in the field and/or in the studio and stored to disk. The composer's experience of the sound enters the studio via the body. He has, in effect, recorded that experience, and has been physically changed by it, (Hebb, 1945) and participates in a system already 'weighted' towards his experience with the sound. Digital and analogue transformations are constantly re-evaluated by the composer and the continuous replay and feedback allows further aural consideration. Just as different regions of the brain have specific methods for acoustic signal analysis, (inner ear, basal ganglia, auditory thalamus, etc.) further auditory analyses are made available by studio software and hardware.

3.4.1. Nested reciprocity and semantic networks

Historically, concrete music employed a "closed loop" technique that favoured alternate listening states. Closing a record groove to skip, or making a tape loop and repeating the sound, can cause a temporary loss of semantic meaning and related semantic connections. The sound is still audible however, and the vacuum created by the absent semantic association can make it easier for the listener to explore other aspects of the incoming signal. In our case this would be the spectral traits of the target sound, leading to instrumental listening, less affected by semantic interference, as we decide which tools can be applied best to explore its potential plastic materiality. Balancing or weighing in against the satiation effect is that of semantic priming. In experimental psychology and in neural network research it is more often referred to as 'Spreading Activation'. By "priming" the subject with a word or sets of words, related terms and classes become more accessible to the participant. Spreading activation and saturation are both temporary effects. This is, in this research, a way of instantiating a process of complex, non-linear dynamics using the semantic connections' attractions (the loss of meaning is not all or nothing, but a graded effect) towards sounds with semantic and spectromorphological similarities, various levels of source bonding, and active seeking behavior to elicit new sonic possibilities both and the micro and macro levels.

The studio as an electroacoustic augmentation of the composer's auditory system and its practiced use enhances the perceptual sensitivities of the composer, extending the sonic analysis through its analogue and digital system. This reciprocal resonance is a structural aspect of this work at the psychoacoustic level, the psychological level, and the working method. It is a recursive creative cycle of mercurially shifting audio data reshaping perception, and the whirls and eddies (or eigenstates) are objects themselves, further piquing perception to re-evaluate and further explore the sound, continuing on to

elicit the emergence of new structures; acoustic, perceptual and conceptual, in which the composer can realize the music while continuously being guided by the sound.⁴

Conclusions brought to the fore by reviewing the compositions are used to facilitate subsequent works, which are, in turn, evaluated and used to inform further work. It is creative cycle of a larger orbit that contains the two previously discussed. Whereas the monitor-computer-composer interaction is generally an analysis/resynthesis cycle occurring between seconds and maybe days, the written analysis-composition feedback is occurs over a period of weeks and maybe years. Another, wider and even slower, cycle, the one from social interaction, (Keller and Capasso, 2006) is a component of what Keller has called *behavioral ecology*, and extends beyond the given project both backward and forward in time.

4. The Instrumental Consequences of Plastic Music

4.1. The score

Studio music composition tends to be a proprioceptive act, akin to sculpture or painting. Writing for instruments is primarily a written art. It depends upon highly coevolved and culturally dependent graphic and symbolic communication. With instrument and fixed sound works, composers write and draw the music imagined while fashioning concrete sound by hand and by ear. The two processes are sufficiently disparate it can be described as a type of 'mixed media' production. For an instrumentalist, once assumed to be trained in the same methods of practice as the composer, the methodologies of studio composition can be an alien realm. SMN is no longer reliable common ground. Instrumentalists' training that was once a core aspect of "musicality" is often being marginalized in favor of innovative instrument design and scores idiomatic to a particular work and/or composer (Nance, 2007)

4.2. Auditory ecologies for instrumental music

Ecological psychology's model of "resonating sub-systems" is used in these compositions, as a special case of the organism-environment system in which, by awareness of the system's dynamics, and the system's parts, the system structure itself can be purposefully manipulated, not just reacting within it, but also by using the conceptual model of that system as an organizational tool. It is no coincidence that terminologies that are familiar to systems dynamics appear herein. This compositional method is aligned with the notions of complex systems and emergent qualities in the same ways as Gibson's observations of ecological equilibrium.

4.3. The compositional array

The studio, the sound and their sources, as well as the player and the instrument, are the environmental components in these pieces. Gibson's notions about the systems being tuned to each other apply here and the composer and the performer, as cooperating

⁴ It also reflects the changes in compositional perspective brought about by focused listening. Even the original idea of the piece can change from concept to completion as a result of interacting and accepting both extant and reshaped sounds

artists, respond to these structures in a direct manner. Structure, particularly musical structure, is 'picked up' by the artists and shaped with other perceived structures.

4.4. Refining the signal

Creating scores for instrument and fixed sounds using graphical scores or traditional manuscript and idiosyncratic symbols is fundamentally different from working with plastic sound. It denies the artist's "... immediate communion with the given phenomena" of sound. Visual symbols of any kind used to write for instrument and tape, requires switching back and forth between imagining the sounds, then translating them to graphic, lexical, or SMN, as opposed to experiencing the sounds as material and fashioning it proprioceptively. In the context of this research it is a procedural as well as an aesthetic dilemma. Using instructions on paper with written and graphic symbols to control actions and convey aural concepts to an imaginary performer about imaginary sounds is outside the scope of this project. Here, electroacoustic tools are used to fashion tangible audible materials to be experienced as such by the performer. Instead of alternating between these compositional ecologies, the environment is sensorially unified, (to a degree) placing the performer and the composer under the same aural paradigm.

4.5. The unmediated instrumental composition

By dismissing SMN by composing parts for instruments as aural models instead of written scores, we draw the performer into direct, phenomenal interaction with the compositional environment. For this composer it was also a way to invite instrumental performers into the 'acousmatic situation'. Additionally, since it is, as Levi-Strauss proclaims, "... comparable, from a formal point of view, as painting of whatever kind." and "... in immediate communion with the given phenomena of nature.", considerations of creative ecology are easily brought to bear. We embrace the dynamics of studio composition for instrumental performance as one tier of an organizational cycle that gives rise to another aural environment. The finished product of that creative cycle, can be slightly modified to afford new possibilities for a performer within which to seek new and personal equilibrium. The performer can interact with the composition in a way that highlights the aural nature of studio-based music and takes full advantage of an enormous conduit of information that has remained untapped by conventional instrumental writing.

Auditory integration of the performer-composer ecology brings issues regarding instrumental composition 'in line' with the primacy of the ear. The Western classical model that depends on specific performance instructions, is maintained, but leaps outward taking full advantage of analog, auditory and digital processes in a dynamic systems model through which virtually limitless sonic information can be proffered. Doing so takes advantage of truly complex events and engages both composer and performer in direct access to the phenomenal experience of sound, (Young, 2004). Aural models can ideally reduce the interpretive degrees of freedom to near zero, creating an 'impossible' task, paradoxically producing a bounded yet infinite spectrum of musical outcomes.

5. Compositions

5.1. Plastic models for performance: An aural model

These new instrumental works use auditory models fashioned of plastic sound as an alternative to written instructions allowing the composer to work entirely in a single

medium. Consequently, the concrete nature of creative process applies to the performer as well. This is a logical step forward in the evolution and integration of the performer-composer relationship, as well as the relationship between live and fixed performances. This technique aligns issues regarding primacy of the ear with the requirements of instrumental composition.

5.1.1. Models, analogues and parables

The study set, *Parables*, was conceived as preparation towards, *Analogies of Control (cello)*. They were intended to be a minor step towards a larger goal but turned out to be more important than first thought. The contextual switch to plastic arts in an instrumental situation makes these pieces the first of a kind, if not in practice, but at least in intent. Fixed sound pieces are used in place of a written manuscript.⁵ The performer imitates the sounds heard as accurately as possible. Using aural models conceives and realizes instrumental works entirely within the aural domain. As much as possible, the creative loops that inform the compositional environment are entirely sonic. Still, the model retains one aspect of the traditional written score. It remains a set of instructions for interpretation by a performer. Whereas the written score is supported by many decades of formal instruction and cultural evolution as to what these symbols mean, the aural model relies on aural acuity, technical virtuosity, and the performer's intersection with the instrument's sonic capabilities. The studio compositions in "*Analogies...*" and "*K*" were realized as completed works. Only after were the sound sources separated according to source objects. Sounds derived from the intended instruments were designated for concert hall diffusion and the sounds derived from various heat stressed metals were assigned to the performance model.

This procedure becomes radically obvious in *Parables*, in which only the cellist's rendition of the original signal is heard. These studies (seemingly) turn out to be the first example of this method, said to be a "special case" in electroacoustic composition. (Mooney, 2005) The sound sources for all three works' models are recordings of different shapes and types of metal being stressed by frozen carbon dioxide.⁶ The aural model is delivered via headphones to the performer who is instructed to mimic those sounds. The listeners hear only the cellist's rendition of the models, not the radiating metals. In *Analogies of Control* and *K*, the heat stressed metals were mixed with electroacoustic derivations and physical deconstruction of the target instruments. Again, only after the completion of the acousmatic version of the piece were the source objects separated and placed on three channels; A two-channel pair for diffusion to the audience and a monophonic headphone channel only for the performer. Only the player hears the electroacoustic model.

⁵ Ricardo Climent uses disparate sources to make fixed-sound constructions (called "crunch files") to tease new materials for composition from his performer-composer partners.

⁶ The temperature differences the metal and dry ice was about 180°F and the combination of radiant cold/heat and sublimation gave off spectrally and rhythmically rich chaotic sounds.

5.1.2. Chaos, complexity, and emergence

The performance version explores the physical intersections of the model, the instrument, and the player. The performer is imbedded and embedded in his environment and the renditions are the musical results of seeking equilibrium in that space.

The sound sources and sound samples encourage reciprocal plasticity between the sounds and the concepts they represent. Sounds that are musically useful can be created from combinations and permutations of each work's samples or chosen from stochastic processes or even from accidents. Often extant sounds are 'discovered' to fit the changing context of the developing work. The work's larger form is developed within the context of the existing sounds and, since the sounds that will be used are often yet to be known, the structures of the piece cannot be pre-defined.

These works depend upon emergent qualities and dynamics and a continuous re-evaluation of the extant material to accommodate any new interesting content or context that the system might illuminate. Therefore intent is continuously dependent upon the results of the ongoing analyses of the material, both sonic and conceptual. Compositional constraints are considered to be the materials in the compositional environment and the structure of the environment itself. What differentiates the context and content will vary, dependent upon the scale observed and point-of-view whether semantic, morphological or even kinesthetic, and each piece's materials are intended to have an effect on that point of view. These emergent percepts could all be realized as fully auditory, but will always be affected at some level, overtly or covertly, by non-auditory information, such as semantic, spectromorphological, visual, or kinesthetic qualities.

As an example of alternative ways to manipulate a part of the compositional environment (and define its form), consider the way in which the sources were chosen and gathered in order to experiment with the available 'resonant systems'. Whereas the sources in one work, *Cross Country Runner*, were chosen for their decades long associations of running sounds and related actions, the sources for *Gravity's* began with novice training as a climber. This was with the express intent to discover and gather sounds yet unheard and associated with actions yet unknown, so that my experience with those sounds originated and were strengthened the extensive physical and psychological changes in myself to which they are associated in pursuit of the composition.

In a large scale project by several researchers and artists in Brazil, The Palafito 1.0 study, a highly controlled environment was presented to several (Lazzarini, V., Pimenta, M. S., Lima, M. H. and Johann, M. (2014)) invited artists' in which the modalities, mediums, tools, channels of communication, and subject matter were used as environmental variables that were carefully bounded to develop site-sensitive intermedia artworks.

6. Observations, reviews and (re)considerations

There is a time delay of around a half second between the performer hearing the model and his reaction. As the player continues to learn the part, that time delay will decrease. Eventually the work could be known well enough to anticipate as easily as any memorized written work and the time delay reduced to nothing. Regardless of the level of memorization, the performer is encouraged to continue performing with the model. The more familiar the player is with the material, the easier it is to anticipate the next move, the easier it will be to hear more subtle details in the sounds and in theory come closer to absolute mimesis.

One additional aspect of the piece is a re-emphasis of familiarity with the source of the sounds as an organizing principle. As in *Taut* and *Cross Country Runner*, the performers' neuromuscular constructs and relationships are expected to act as top-down organizing forces in the same way as a narrative or any other analogical methodology might do.

6.1. Confounds and Responses

In the first performance of *Analogies of Control*, the cellist produced an evocative score based on his aural understanding of his part. The original, and arguably primary purpose of eliciting a purely auditory response from the performer was usurped the very first try.

Thomas Gardner's graphic maps, were much like a typical diffusion score. They were quick sketches of gestures in the accompanying part mixed with those of his part, He wanted them for atemporal access to the piece. Part of the reason was the aforementioned time delay between model and response even though the piece was built to accommodate the lag. In retrospect it turns out to be a positive change.

The aural primacy of the process becomes less overt than it was before, but Ricardo Climent argued (personal discussion 2007) that one of the composer's responsibilities to the player is to help facilitate the best performance possible. While I believe that the different versions that I have heard myself have been successful, vibrant renditions, Climent's suggestion has validity. Availing oneself to the full advantage that the player's training has to offer is (very possibly) required, it is one of the primary reasons for staying with classically related instruments, and if expanding the channels of communication can be reasoned as within the boundaries of this form, they will be used.

That does not necessarily mean reverting to SMN or graphical scores, but it does raise the issue of synchrony and a well-trained player's use of an atemporal model of the work. Keeping the performer tightly aligned with the listening situation is still a defining aspect of this music, so using primarily visual channels should stay fully in the service of the auditory. A visual model built through an agent with an intimate, physical knowledge of the target instrument's acoustic signature remains internally consistent with the process. Gardner's descriptive score is his phenomenological reading of the what he hears. Further, his interpretation for his performance is more relevant than if I had made one. Gardner's reading includes a long personal, aural and kinesthetic relationship with his cello, and his hearing will be markedly colored by that history.⁷

From an information processing and biological view, this will add more "neural real estate" devoted to their auditory understanding of the pieces. Just as the eyes help retune the ears in a crowded room, or fingers can inform the eyes on a finely textured sculpture, the other senses can be, and often are, about hearing.

Alternately, cellist Craig Hultgren has largely kept the process fully aural, most often forgoing visual materials. As I have heard several performances and rehearsals and recordings of Hultgren's versions, I will maintain that visual aids are not necessarily required to maintain sufficient relative synchrony.

⁷ The solo studies should be able maintain the original rarified auditory signal loop, and since there are no issues with synchrony, they need not have visual cues and are not dependent upon synchrony, only delivering as much accuracy as possible.

6.1.1. Infinite variation via zero degrees of freedom

This compositional process produces works with two distinct faces. There is an acousmatic/fixed sound piece that can be performed on its own.⁸ And after the parts have been separated and the model is prepared, it becomes a new work with new potentials. The "aural models" offer infinite degrees of accuracy. Each performer's rendition reflects this and each has been markedly different while still adhering to temporal and gestural aspects of the studio versions. The models' deep spectral complexity would be impossible to render accurately on paper or actually to fully mimic, but the honest attempt to do so energizes the performance by digging deeply into the performer's aural, kinesthetic, and most importantly, musical relationship to the ecology of the instrument and the composition.

The diffused parts are being made as before, from samples of the target solo instrument. The player is still the only one to hear the aural model. The sounds the audience hear will be from the performers' instruments and those derived in the studio from that instrument. At first glance this move towards non-aural tools might negate the point of the initial exercise, and it was with some reluctance I went in this direction. As I began to work out some of the details, I have concluded that it is still well within the overall scope of the original intent, and will in fact serve to further integrate music into the plastic arts.

7. Tearing up

The next stage is part of a larger musical project, *Tearing Up*. The new models' sources were partly chosen for their sonic opposition to the former. Whereas the heat radiating metals were frequency rich, chaotic self-energized sounds, the new set, from paper and paper-like sources, are largely white and pink noise type sounds and have hardly any autonomy. Any relation to chaotic systems is minimal at most and every sound is driven by hand. Two short pieces, one from butcher paper and the other from birch bark, have established the preliminary of the sound world. One short model, *Class* has been used for cello and guitar. Both players, (Davey Williams, guitar and Craig Hultgren, cello) have done imitations, as well as several non-imitative responses. The instrumental renditions seem nearly incapable of staying in that staticky (white-noise) state for very long and have been a great way to add pitch to the process. Other sources in the instrumental works will be water, and other 'papyrus' type sources. Butcher paper, newsprint, felted paper, and birch bark all figure in. The water sounds have remained separate from the process so far, but will (likely) be used to add more spectral content to the paper as well as using the word and process of 'papier-mâché' as a semantic link.

The new work continues with traditional acoustic and electric instruments such as guitar, electric guitar, trumpet, cello, and bass clarinet. Although this method can easily be applied to new instruments and performance interfaces this research stays primarily interested in a level of instrumentality that surpasses "affordances" and delves deeper into "effectivities" (Turvey, et. al, 1981). This level of integration is more easily found in populations that take advantage of the co-evolution of instrument and technique which continues to be supported in standard musical pedagogy. "Musicians tend to be

⁸ *Analogies of Control* (acousmatic version) (Bouquet of Sounds CD MTI Research 2007)

interested in and good at is using devices in a manner which operates at the edges of or outside the design brief” (Barrett 2006 as reported by Waters 2007) and this research is so fully outside the ‘design brief’ it should and needs to make full use of the years of proprioceptive fine tuning and musicality that is required of highly trained performers.

The performance instructions are the same as in the early works: The auditory signal is channeled through headphones and the instrumentalist is instructed to imitate the sounds heard as accurately as possible and the resultant sounds are gathered as new material. Try to consider the players in this situation as ‘processors,’ in that, a signal arrives, is analyzed (by a cellist, for example) and changed as it is re-synthesized on strings. The characteristics of that change is determined by the performer’s aural acuity, instrumental expertise and how that maps onto the actual performance.

Future Practice

I am interested in how these performances will change over time should the performers keep these in their repertoires. In theory, the player should be on an ever-developing quest towards perfect mimesis. The original *Parables* have been given to various target instruments with unique auditory profiles. If Judith Mitchell is correct (personal communication, 2006), and perfect mimicry is possible, the difference between a trumpet rendition and a string rendition could conceivably be insignificant. That would be an ideal target (however unlikely), as well as a step forward in instrumental performance technique, even if the potential for truly dynamic differences is diminished. Using aural models in studio practice is a practical and easily adopted method that achieves rich, complex as well as tightly prescriptive outcomes, while simultaneously affording a broad expanse of (somewhat) indeterminable results. If just the few examples of others’ use of it is any indication, (Stanović 2011, and Climent, Morgan & Bzika 2010) it proves at least a practical addition to methods of instrumental composition with fixed sounds.

References

- Ricardo Climent, Manusamo & Bzika (2016) s.laag - for game-audio with 3D body-scanned performer, composer and instrument, Proceedings, *International Conference on Live Interfaces 2016*, 299-300.
- Ferneyhough, B. (2005) The Melting Point: Two European Composers in America, In Conversation with Brian Ferneyhough. *New Music Box*, [online; available from <https://nmbx.newmusicusa.org/the-melting-point-two-european-composers-in-america/> last accessed 6, Sep. 2018]
- Gibson, J. J. (1966) *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Boston, MA, Houghton-Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*, Boston, MA, Houghton Mifflin.
- Gwénaelle S.g., G. A. J. R. H. (200) Auditory amplification: outer hair cells pres the issue *Trends in Neurosciences*, 26, 115-117.
- Hebb, D. O. The organization of behavior : a neuropsychological theory New York : Wiley, 1949 xix, 335

- James, L. (1967) *Semantic Satiation and Cognitive Dynamics*. University of Illinois.
- Principles of Neural Science Edition 3rd ed. / edited by Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Publisher London ; New York : McGraw-Hill, 1995
- Keller, D. (2000) Compositional Process from an Ecological Perspective. *Leonardo Music Journal*, 10, 55-60.
- Keller, D. & Lazzarini, V. (2017). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound* 22 (1), 61–72.
- Kounios, J. (1996) On the continuity of thought and the representation of knowledge: Electrophysiological and behavioral time-course measures reveal levels of structure in semantic memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 265- 286.
- Kounios, J., Holcomb, P.J., & Kotz, S. (2000) On the locus of the semantic satiation effect: Evidence from event-related brain potentials. *Memory & Cognition*, 28, 1366-1377.
- LeDoux J.E. Simon & Schuster; New York: 1996. *The Emotional Brain*.
- Levi-Strauss, Claude (1970) *The Raw and the Cooked*, Chatham, Kent, Pimlico
- Lloyd, Dan (2004). *Radiant Cool: A Novel Theory of Consciousness*. MIT Press.
- Mooney, J. (2005) PhD dissertation “Sound Diffusion Systems for the Live Performance of Electroacoustic Music” Sheffield, University of Sheffield
- Mcgurk, H. & Macdonald, J. (1976) Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746 748.
- Norman, J. (2000) Two Visual Systems and Two Theories of Perception. *Behavioral and Brain Sciences*, (pre-print copy).
- Rauschecker, J. P. (1995) Compensatory plasticity and sensory substitution in the cerebral cortex. *Trends in Neurosciences*, 18, 36-43.
- Smith, L., & Klein, R. (1990) Evidence for semantic satiation: repeating a category slows subsequent semantic processing. *Learning Memory and Cognition*, 16, 852_861.
- Schaeffer, P. (1952) *A la recherche d'une musique concrete*, Seuil, Paris.p. 115
- Stanovic, Adam, (2011) *Calculus - for Alto-recorder and Tape*
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662.
- Turvey, M., Shaw, R. E., Reed, E., Mace, W. (1981) *Cognition*, 9, 237-304
- Wagman, J.-B. Miller. D.-B. (2003) Nested reciprocities: The organism- environment system in perception-action and development. *Developmental- Psychobiology*, 42, 317-334.
- Whitehead, A. N. (1922) *Principle of Relativity*, Cambridge (2005) Barnes and Noble Publishing
- Windsor, L. (1995) *A Perceptual Approach to the Description and Analysis of Acousmatic Music*. PhD dissertation, London, City University.
- Young, J. (2004) Sound morphology and the articulation of structure in electroacoustic music. *Organised Sound*, 9, 7-14.

Knowledge transfer in ecologically grounded approaches to ubimus: InMesh 1.0

Damián Keller, Ariadna Capasso, María Patricia Tinajero

NAP, Federal University of Acre and Federal Institute of Acre, Rio Branco, Brazil

New York University, New York, United States

IDSVA, Portland, Maine, United States

dkeller@ccrma.stanford.edu

***Abstract.** We approach the analysis of the dynamics of knowledge transfer and decision making in ecologically grounded creative practice through a longitudinal study of the exchange processes involved in the elaboration of the installation InMesh 1.0. Grounded on the long-standing reflective approaches adopted in artistic practices data is gathered throughout the design process that is later combined with creative results to target a balance between the aesthetic objectives and the empirical techniques. The first part of the paper outlines a theoretical framework for the analysis of knowledge transfer mechanisms in ubiquitous music projects. We focus on a domain-specific practice but rely on concepts that are also applicable to other contexts. We also describe a set of support strategies that enable remote exchanges for group-based aesthetic decision-making. Finally, we document and discuss the elaboration of the artwork InMesh 1.0, presented in 2014 at the MediaNoche Gallery in New York City.*

Introduction

Current approaches to musical interaction are organized around three perspectives: (1) acoustic-instrumental methods, (2) the algorithmic approach and (3) ecologically grounded creative practices. There is a large body of works that considers creative musical practice as an extension of instrumental performance. This paradigm is rooted in the early interactive music concepts that informed the technologically based expansion of European instrumental music [Machover and Chung 1989; Wessel and Wright 2002; Tanaka 2009] while focusing on the use of acoustic instruments in professional music making settings.

The acoustic-instrumental paradigm does not provide a viable framework for creative processes that do not fit the traditional parameters of individualistic, performance-oriented instrumental composition. Bown (2014) states that the standard model of computational creativity in art, influenced by Margaret Boden's concepts, has not provided a suitable framework to deal with the evaluation of creativity in artistic contexts. To address this, he defends a human-centred view. He proposes that design-based approaches such as interaction design may give computational creativity a stronger empirical grounding [Bown et al. 2011]. The application of empirical methods to support computational creativity may furnish alternative tools to handle aspects of creativity that emerge while participants are engaged in decision-making processes [Keller and Brown 2017].

In this paper we focus on the methodological and conceptual issues brought up by the emerging ubiquitous music (ubimus) practices [Keller et al. 2014a]. Recent technologically-based creative proposals have explored the enhanced access of novices to music making [Blaine and Fels 2003], alongside with the popularization of technological devices in everyday settings [Pimenta et al. 2014]. An important challenge is providing non-musicians with opportunities to engage in creative decision-making while ensuring relevant and original results [Keller et al. 2011]. This is not a trivial task. Technologies that target a single device – conceptualized as musical instruments – face several caveats when deployed in everyday contexts. While the use of musical instruments relies on domain-specific resources such as common-practice musical notation and digital emulations of instrumental timbre, ubimus designs have striven to attain both accessibility and sustainability by fostering embedded-embodied experiences and community-shared knowledge [Lima et al. 2012]. Hence, while acoustic-instrumental designs aim at attaining virtuosic performances [Wessel and Wright 2002], ubimus designs embrace manifestations of everyday creativity and promote audience participation [Keller and Lima 2016; Pinheiro da Silva et al. 2013].

This paper reports the results of InMesh 1.0 [Capasso et al. 2014]. This case is proposed as a replica of the exchange procedures and the data-collection methods used in a previous work, Palafito [Capasso et al. 2012]. Our presentation focuses on the interactions by the creators during the design process. One of the objectives of ubiquitous music research is to gather insights on the relationships between the subjects' creative strategies and the creative outcomes. Participants may engage in creative activities through previously learned techniques. Sometimes, this background knowledge may not be applicable to technologically enhanced environments. So ubimus experiments have adopted parsimonious approaches to increase adoption of new tools that can be applied to previous knowledge [Lima et al. 2012; Keller et al., 2014b]. Tools are opportunities for interaction [Pimenta et al. 2014]. Depending on their profile and on their previous experiences, some subjects take advantage of computationally-based support while others limit their actions to simple forms of sonic manipulation. These procedural aspects are treated as observational variables rather than as given conditions.

Ecologically grounded creativity frameworks

During the late 1990s, Windsor (1995) and Keller (1999a; 2000) laid out an initial framework for embedded-embodied approaches to musical cognition, focusing on creative music-making and music perception. Through an acute and highly critical essay, Windsor (1995) brought several ecological concepts into the realm of musical analysis. His proposal – in line with the demands of studio-centred electro-acoustic practice – highlighted the close affinity between sonic art and ecologically oriented theoretical efforts. Working independently from a complementary perspective, Keller and Truax (1998) proposed a Gibsonian approach to musical creative practice. Ecologically grounded synthesis techniques were presented as a proof of concept of the applicability of the embedded-embodied view for creative music-making. Two ecologically grounded works featured examples of synthesized environmental sonic textures and everyday sound events: “... *soretas de punta*” (Keller 1998; see Basanta 2010 for a thorough analysis of this piece) and *touch'n'go* (Keller 1999; Keller 2000; see also Nance 2007 and Villena 2014 for analytical comments).

Since the initial proposals of the late nineties, ecologically grounded creative practices have expanded on two fronts: (1) the construction of a theoretical framework supported by embedded-embodied cognitive mechanisms [Keller 2000; Keller, 2012; Keller and Capasso 2006; Nance 2007] and (2) the concurrent development of design techniques coherent with this theoretical scaffolding, featuring participation and emergence as the two central creative driving forces [Burtner 2011; Keller et al. 2013b]. While soundscape composition [Truax 2002] brought real-world contexts into the musical work, eco-compositional practices seek to place musical creativity into real-world contexts. One strategy targets music-making as a reenacted experience within its original geographical milieu [Burtner 2011; Keller 2004]. Another strategy entails co-creating with the audience [Keller 2000; Keller et al. 2011a]. Hence, the act of creation has been pushed out of the realm of the studio and the concert hall. Techniques such as accumulation [Capasso et al. 2000; Keller and Capasso 2006], social interaction [Keller et al. 2002] and socio-synthesis [Burtner 2011] may make musical systems more accessible to a broader audience. Consequently, fostering the participation of non-musicians as part of the creative act.

Sonic ecologies – habitats where agents and objects interact producing creative sonic by-products – were proposed as a conceptual framework to ground creative musical endeavours [Keller 2012]. Sonic ecologies encompass at least three dimensions: material resources, human agents and the context within which the creative activity takes place. Two strategies emerge from the relationships established between the local settings – broadly defined as the ecological niche (eco-niche) – and the decision-making process that impacts the choice of material resources for creative action. One strategy targets the use of fixed material resources. The other establishes a dynamic relationship between the contextual dimensions and the material resources.

Five music projects provide contrasting examples of usage of material resources: *It's Gonna Rain* [Reich 1965], *Kits Beach Soundwalk* [Westerkamp 1989], *Metrophonie* [Keller 2002], *Urban Corridor* [Capasso et al. 2000], and *Net_Dérive* [Tanaka et al. 2006]. The analysis of the five creative projects indicates four operations at work: *constrain*, *expand*, *shift* and *nil* (or no operation). The *shift* operation entails a mismatch between the local resources and the creative products. No matter where the sound sources come from, the musical products are created and delivered within an entirely new context and situation, i.e., the composer's eco-niche does not correspond to the listener's eco-niche. When the *shift* operation is employed, the material resources do not match the material context of the work. This is the case with most electro-acoustic works for fixed media. *Kits Beach Soundwalk* [Westerkamp 1989] provides an example of the use of the *shift* operation.

The *constrain* operation is featured in the piece *It's Gonna Rain* [Reich 1965]. When comparing *Kits Beach Soundwalk's* attempt at reconstructing the original soundscape of Kitsilano Beach with Reich's selection of a single recorded voice sample as source material, we see opposite creative strategies at play. *It's Gonna Rain* constrains the material dimension from a complex set of relationships of the local soundscape to a single voice sample. The eco-niche is reduced to the sonic interplay of the collected sample with itself. The interesting aspect of the piece lies in its procedural dimension. While *Kits Beach Soundwalk* sticks to the composer-centred creative mechanics – the dynamics of the compositional system are explicitly constructed by the

artist – *It's Gonna Rain* takes advantage of an autonomous perceptual phenomenon: emergence. In Reich's piece, the creative decisions at a local level are a consequence of the global mechanism previously defined by the composer: the phase difference among the tracks.

Metrophonie provides an example of ecologically grounded methods. First, short samples – or grains – are extracted from the recorded sources. These grains furnish the basic spectral and micro-temporal features of the sounds to be synthesized. Short events – modelled after the characteristics of a class of recorded sound events – are synthesized through modelled granular distributions [Keller 1999]. These models generate events with perceptually related meso-temporal profiles, which are never identical to each other [Keller 2000]. Thus, *Metrophonie* features a continuum of sound sources from the recorded material to the ecologically feasible synthetic events. In more general terms, the eco-niche is extended along materially meaningful dimensions. The synthetic sound classes are just complements of the recorded sounds, highlighting the relationships between the local eco-niche and the composed material. This operation can be defined as *expansion* of the material resources.

While *Metrophonie* proposes the expansion of the material domain, *It's Gonna Rain* provides an example of a constrained eco-niche. Through transparent editing and mixing, *Kits Beach Soundwalk* shows how a *shift* operation can be applied to the material dimension. If we label the original state of the material resources as S_0 , and the final state as S_1 , corresponding to the by-product of the compositional activity, we can see a one-way connection between S_0 and S_1 . These outcomes fit under the umbrella of *fixed use of material resources*, meaning that the profile of the creative process is usually independent from the eco-niche.

In the realm of the studio, “the composerly hand” (a concept coined by Morton Feldman) is too present to allow for materially grounded dynamics to shape the artwork [Feldman 2000]. The mismatch between the eco-niche and the creative procedures seems to sever the link between the composer’s experience of the environment and the listener’s experience of the piece. For many years, Barry Truax and other soundscape composers have worked on techniques to reconnect these two separate realms [Truax 2002]. *Urban Corridor* and *Net_Dérive* signal an alternative approach. *Urban Corridor* creates a setting that enables emergent properties defined by the participants’ behaviours; *Net_Dérive* applies this approach to distributed eco-niches. From very different aesthetic perspectives – *Net_Dérive* being closer to the *musique concrète* tradition [Schaeffer 1966] – both pieces use accumulation as an organizing strategy [Keller et al. 2002]. Their material dimension is shaped by interactions among agents and objects. Event densities and timbre profiles depend both on the visitors’ behaviours and on the system’s responses to environmental input. This exemplifies a process of mutual adaptation: the eco-niche determines the material resources of the piece while the piece also shapes the eco-niche. These processes cannot be separated. Thus, the material dimension is driven by the participants' actions, which in turn are constrained by the physical layout of the material elements of the piece. In ecological terminology, this mechanism can be described as an *adaptive sonic ecology*: a habitat where agents and objects interact producing creative sonic by-products that rely on the local material and behavioural patterns.

Jones, Brown and d’Inverno (2012) propose a creative cycle based on generation and evaluation of resources and products (henceforth the generation-evaluation model). Generation encompasses the activity of gathering materials and the cognitive processes that trigger new ideas [McGraw and Hofstadter 1993]. Evaluation involves selecting the available resources. The generation-evaluation model is aligned with the ecologically grounded view on musical creativity as laid out by Keller (2012). Sonic ecologies involve interactions among human agents and material resources. These interactions can be described by three operations: *expand*, when the pool of resources gets larger (Jones et al. 2012 use the term *amplify*); *constrain*, when the pool of resources gets smaller; and *shift* (or *impose*), when a qualitative change of resources is involved. Jones and co-authors use *no operation* when the resources remain unmodified.

The introduction of the *nil* operator is consistent with the incubation stage proposed by Wallas (1926) and subsequently adopted by multiple musical creativity models (Keller et al. 2014b). It stands for time spent away from the creative activity. Recent findings on the function of the default mental network [Beaty, Benedek, Kaufman and Silvia 2015] indicate that activities that have no impact on the material resources, such as sleeping or doing physical activity, may provide opportunities for reconfiguring the cognitive resources devoted to the creative act. Hence, a more accurate depiction of the *nil* operator is as the enhanced role of subconscious cognitive processes, over solely intentional conscious activity.

Despite Jones et al.’s acknowledgement of the distributed nature of the creativity factors, the generation-evaluation model does not account for phenomena that involve the active participation of distributed agents and resources. Multiple studies have shown [Keller 2000; Burtner 2005; Keller and Capasso 2006] that creative musical activities are embedded. They do not depend exclusively on the participants’ cognitive resources. Eco-grounded musical activities feature emergent properties arising from interactions among material resources and behavioural resources. Behaviours change materials and materials change behaviours, fostering a process of affordance formation [Gibson 1977]. This process impacts the way the resources are employed to support creative activities, yielding dynamic relationships among resources and agents behaviours [Keller et al. 2015a; Keller et al. 2015b].

Creative musical activities are social. This implies that the material resources are not limited by the experiential knowledge of a single creator. Knowledge is accumulated and distributed among all the agents participating in the creative act, sometimes conforming a community of practice [Wenger 2010]. The situated methods that have emerged from ecologically grounded creative practices fit within the context of community-oriented ubimus research [Lima et al. 2012; Pimenta et al. 2014]. While the generation-evaluation model focuses on a single participant, ecologically grounded practices involve the audience as active shapers of the artistic experience [Keller and Capasso 2006; Basanta 2010; Burtner 2011]. A revised notion of agency may be necessary to account for the socially distributed resources involved in community-based creative phenomena.

Activities and resources

Ecologically grounded creative practices promote strategies to facilitate knowledge transfer. Within the context of creative endeavours, *creative surrogates* (or *c-surrogates*) are defined as conceptual externalizations by means of information technology objects. They serve as proxies for the exchange of information during creative activities. C-surrogates may be pictures, sounds, text descriptions or software that depict procedural relationships among materials or processes. They are easy-to-handle replacements for actual materials or processes [Clark 2005; Keller et al. 2015b] that can be characterised as a type of creative by-product. C-surrogates and materials differ in their function. Materials are intended to be part of the creative product. C-surrogates are just scaffolds used to ground creative decisions.

Within an ecologically grounded perspective, creative exchanges can be characterized as four types of activity: dialogic: conceptual exchanges among agents within the context of creative activity; reflective: the production of concepts without triggering material exchanges; epistemic: exchange of textual, visual and sonic materials that contribute to the epistemic space rather than the direct production of creative products; and executive activities: exchange that become part of the end product [Keller et al. 2014c; Kirsh and Maglio 1994]. Executive activities can be understood as the creative counterparts of Kirsh and Maglio's (1994) pragmatic activities, i.e. actions that aim to modify the material environment. Within the context of creative music-making, the most prominent (but not exclusive) product of executive activities is sound. Hence, creative sonic products are directly tied to executive activities.

Knowledge transfer support in InMesh 1.0

In Mesh 1.0 replicated the methods used in Palafito 1.0 [Keller et al. 2014c] to assess the applicability of the longitudinal procedures in other artistic project. The theme, the materials and the space were different. The support procedures and the data-gathering techniques were similar.

Exhibited at MediaNoche Media Gallery in 2014, the multimedia installation InMesh immerses visitors in a three-dimensional synthesis of Amazonian environmental images, sounds and sculptural objects. InMesh's sculptural and audiovisual elements provide an opportunity for audience aesthetic explorations. The spatial affordances of the piece are molded by translucent nets that create a web to entice explorations of the gallery space. Sonic events are diffused, triggering time-varying relationships between sights and sounds. The authors' aim was to provide embedded-embodied experiences and critical views on the sustainable usage of natural resources, fostering a more respectful relationship with the living beings on Earth (Image 1).

Technological support was incorporated through cycles of demand-trial-assessment. Priority was given to repurposing of resources in an attempt to foster sustainable creative practices [Flores et al. 2014; Keller et al. 2013b; Pimenta et al. 2014]. During an eleven-week period, the three subjects' creative activities were monitored using two tools: a virtual forum and a file-exchange repository. The platforms were Evernote for the text exchanges and Dropbox for the media files.

Table 1. Summary of creative activity results in the InMesh 1.0 study

Period	Iterations	Material exchanges	Surrogate exchanges	Proposals
11 weeks	80	59 %	41 %	85 %

Table 1 summarizes the activities and use of time. *Dialogic exchanges* encompassed the entire creative cycle. Some of the exchanges were organisational, while others referred to concepts and methods directly related to the artwork. In terms of *epistemic exchanges*, time-wise, the use of materials and surrogates was evenly spread. Of the 56 initiatives, 23 were surrogates and 33 involved materials. Subject 1 relied more heavily on the exchange of materials, while subject 2 shared both resources. Almost all *executive exchanges* involved proposals (85%). Only 7 of the 48 exchanges were explicit rejections or approvals.



Image 1. InMesh, 2014. Installation at MediaNoche Gallery, NYC.

Discussion

InMesh's aesthetic decisions relied mainly on verbal and conceptual exchanges. C-surrogates constituted over 40% of the epistemic interactions. Despite the viability of the methodological proposal, data gathering remains an unresolved issue. The decision-making strategies adopted by the stakeholders in InMesh avoided any explicit approvals or rejections of the creative products. This observation suggests a mechanism of *consensus building by sifting*, i.e. decisions are made in a collaborative manner, engaging in organic dialogue rather than direct confrontation. A key aspect of the collaboration is building on and expanding each other's ideas. While this is a more efficient strategy than the explicit acknowledgement enforced by the policies adopted in virtual social networks, it reduces the ability of designers and analysts to track the intentions of the stakeholders.

Repurposed existing technology for creative ends makes it difficult to isolate the impact of the tools on the interaction processes. It is possible that the increased importance of verbal interactions during the design of InMesh may have been motivated by the central topic of the piece – the cultural attitude toward animal life. Though, this may also have been an unintended consequence of the support tool chosen for the work, Evernote. Human behaviours are shaped by the resources readily available where the activity takes place. During co-located group activities, body cues and speech intonation

are important sources of information of the other stakeholders' intentions. Text-based communication eliminates these cues and consequently forces the adoption of explicit knowledge transfer mechanisms. What type of support is needed to enable implicit knowledge transfer while making intentions explicit is arguably one of the major issues to be tackled by future ubimus research.

Conclusions

The experience gained through ecologically grounded creative practice together with the theoretical perspectives on creativity suggests future targets for ubimus experimental work. Firstly, rather than focus only on the creative outcomes, experiments can engage with creative potentials encompassing both cognitive and material resources. To attain socially meaningful results, the settings may have to involve ecologically valid contexts. Secondly, time becomes a key variable in assessing performance-based creativity. Behavioural and material resources can be observed and manipulated to gain insights on the dynamics of the creative processes¹. Depending on the temporal frame of the observations, experiments may target: the timbral profile of the sonic events [Keller 2000], the short-term musical activity [Keller et al. 2010] or the longitudinal analysis of design strategies [Keller et al. 2014]. Thirdly, the impact of the creative processes can be assessed by gauging the resources created, used and discarded during the activity as a function of time. The unintended by-products of the creative act become as important as the intentional products. If long observational windows are used, information on the sustainability of the creative approach may also be retrieved. Finally, the creative outcomes can be counterpoised to the resources and potentials assessed at the beginning of the creative cycle.

References

- Basanta, A. (2010). Syntax as sign: The use of ecological models within a semiotic approach to electroacoustic composition. *Organised Sound* **15** (2), 125-132. (Doi: 10.1017/S1355771810000117.)
- Beaty, R. E., Benedek, M., Kaufman, B. S. & Silvia, P. J. (2015). Default and Executive Network Coupling Supports Creative Idea Production. *Scientific Reports* **5**, 10964.
- Blaine, T. & Fels, S. (2003). Collaborative musical experiences for novices. *Journal of New Music Research* **32** (4), 411-428. (Doi: 10.1076/jnmr.32.4.411.18850.)
- Bown, O. (2014). Empirically grounding the evaluation of creative systems: Incorporating interaction design. In S. Colton, D. Ventura, N. Lavrač & M. Cook (ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Computational Creativity (ICCC 2014)* (pp. 112-119). Ljubljana, Slovenia: ICC.

¹ As pointed out by a UbiMus 2018 reviewer, the participants' interactions during the deployment of the installation also provide a wealth of data. This paper does not report on this aspect of the ecological approach, but there are other publications that do (see, for example, Keller et al, 2013).

- Bown, O., McCormack, J. & Kowaliw, T. (2011). Ecosystemic methods for creative domains: Niche construction and boundary formation. In *IEEE Symposium on Artificial Life (ALIFE 2011)* (pp. 132-139).
- Burtner, M. (2005). Ecoacoustic and shamanic technologies for multimedia composition and performance. *Organised Sound* **10** (1), 3-19. (Doi: 10.1017/S1355771805000622.)
- Burtner, M. (2011). EcoSono: Adventures in interactive ecoacoustics in the world. *Organised Sound* **16** (3), 234-244. (Doi: 10.1017/S1355771811000240.)
- Capasso, A., Keller, D. & Tinajero, P. (2000). The Urban Corridor / Corredor Urbano [Ubiquitous Music Work]. Boulder, CO: CU Galleries. (Boulder, CO: CU Art Galleries). Available at: <http://www.capassokellertinajero.com/portfolio/#/urban-corridor/>
- Capasso, A., Keller, D. & Tinajero, P. (2012). Palafito / Palafita / Home-on-stilts 1.0 [Ubiquitous Music Work]. New York, NY: Floor4Art. Available at: <http://www.capassokellertinajero.com/portfolio/#/palafitos/>
- Capasso, A., Keller, D. & Tinajero, P. (2014). Enmarañados / Emaranhados / InMesh 1.0 [Ubiquitous Music Work]. MediaNoche Gallery, New York, NY. Available at: <http://www.capassokellertinajero.com/portfolio/#/inmesh/>
- Clark, A. (2005). Beyond the flesh: Some lessons from a mole cricket. *Artificial Life* **11** (1-2), 233-244. (Doi: 10.1162/1064546053279008.)
- Feldman, M. (2000). *Give my regards to eighth street: Collected writings of Morton Feldman*. Cambridge, MA: Exact Change. (ISBN: 9781878972316.)
- Flores, L. V., Pimenta, M. S. & Keller, D. (2014). Patterns of musical interaction with computing devices. *Cadernos de Informática* **8** (2), 68-81.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (eds.), *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology* (pp. 67-82). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (ISBN: 9780470990148.)
- Jones, D., Brown, A. R. & d'Inverno, M. (2012). The extended composer. In J. McCormack & M. d'Inverno (ed.), *Computers and Creativity* (pp. 175-203). Berlin and Heidelberg: Springer. (ISBN: 978-3-642-31726-2.)
- Keller, D. (1998). "... soretas de punta.". In *Harangue II [Compact Disc]*. New Westminster, BC: earsay productions. <https://earsaymusic.bandcamp.com/track/soretas-de-punta>.
- Keller, D. (1999). *touch'n'go: Ecological Models in Composition*. Master of Fine Arts Thesis, Burnaby, BC: Simon Fraser University. <http://www.sfu.ca/sonic-studio/srs/EcoModelsComposition/Title.html>.

- Keller, D. (2000). Compositional processes from an ecological perspective. *Leonardo Music Journal* **10**, 55-60. (Doi: 10.1162/096112100570459.)
- Keller, D. (2002). Metrophonie [four-channel tape work]. In *CD 541: Music from Stanford, Vol. 1 (2005)*. St. Paul, MN: Innova Recordings.
- Keller, D. (2004). *Paititi: A Multimodal Journey to El Dorado*. Doctor in Musical Arts Thesis, Stanford University, CA, USA.
- Keller, D. (2012). Sonic Ecologies. In A. R. Brown (ed.), *Vol. Sound Musicianship: Understanding the Crafts of Music* (pp. 213-227). Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Publishing. (ISBN: 978-1-4438-3912-9.)
- Keller, D. (2014). Characterizing resources in ubimus research: Volatility and rivalry. In *Proceedings of the V Workshop in Ubiquitous Music (V UbiMus)*. Vitória, ES: Ubiquitous Music Group.
- Keller, D. & Brown, A. R. (2017). Knowledge transfer in ubiquitous musical activities. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Music Research (SEMPEM 2017)*.
- Keller, D. & Capasso, A. (2006). New concepts and techniques in eco-composition. *Organised Sound* **11** (1), 55-62. (Doi: 10.1017/S1355771806000082.)
- Keller, D., Capasso, A. & Tinajero, P. (2015). Creativity-centered design from an ecologically grounded perspective: Activities and resources in Palafito 1.0. *Journal of Cases on Information Technology* (17), 1-19. (Doi: 10.4018/JCIT.2015100101.)
- Keller, D., Capasso, A. & Wilson, S. R. (2002). Urban Corridor: accumulation and interaction as form-bearing processes. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2002)* (pp. 295-298). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Keller, D., Flores, L. V., Pimenta, M. S., Capasso, A. & Tinajero, P. (2011). Convergent trends toward ubiquitous music. *Journal of New Music Research* **40** (3), 265-276. (Doi: 10.1080/09298215.2011.594514.)
- Keller, D., Lazzarini, V. & Pimenta, M. S. (2014). Ubimus through the lens of creativity theories. In D. Keller, V. Lazzarini & M. S. Pimenta (ed.), *Ubiquitous Music* (pp. 3-23). Berlin and Heidelberg: Springer International Publishing. (ISBN: 978-3-319-11151-3.)
- Keller, D. & Lima, M. H. (2016). Supporting everyday creativity in ubiquitous music making. In P. Kostagiolas, K. Martzoukou & C. Lavranos (eds.), *Trends in Music Information Seeking, Behavior, and Retrieval for Creativity*. Vancouver, BC: IGI Global Press.
- Keller, D., Miletto, E. M. & Otero, N. (2015). Creative surrogates: Supporting decision-making in ubiquitous musical activities. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Computation, Communication, Aesthetics and X (xCoAx 2015)*. Glasgow, Scotland: xCoAx.

- Keller, D., Pinheiro da Silva, F., Ferreira da Silva, E., Lazzarini, V. & Pimenta, M. S. (2013). Opportunistic design of ubiquitous music systems: The impact of anchoring on creativity (Design oportunista de sistemas musicais ubíquos: O impacto do fator de ancoragem no suporte à criatividade). In E. Ferneda, G. Cabral & D. Keller (eds.), *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Computer Music (SBCM 2013)*. Brasília, DF: SBC.
- Keller, D., Timoney, J., Costalonga, L., Capasso, A., Tinajero, P., Lazzarini, V., Pimenta, M. S., Lima, M. H. & Johann, M. (2014). Ecologically grounded multimodal design: The Palafito 1.0 study. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2014)* (pp. 1677-1684). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Keller, D. & Truax, B. (1998). Ecologically based granular synthesis. In *Proceedings of the International Computer Music Conference* (pp. 117-120). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Kirsh, D. & Maglio, P. P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science* **18** (4), 513-549.
- Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V. & Miletto, E. M. (2012). Creativity-centred design for ubiquitous musical activities: Two case studies. *Journal of Music, Technology and Education* **5** (2), 195-222. (Doi: 10.1386/jmte.5.2.195_1.)
- Machover, T. & Chung, J. (1989). Hyperinstruments: Musically intelligent and interactive performance and creativity systems. In *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 1989)* (pp. 186-190). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- McGraw, G. & Hofstadter, D. (1993). Perception and creation of diverse alphabetic styles. *AISB Quarterly* **85**, 42-49.
- Pimenta, M. S., Keller, D., Flores, L. V., Lima, M. H. & Lazzarini, V. (2014). Methods in creativity-centred design for ubiquitous musical activities. In D. Keller, V. Lazzarini & M. S. Pimenta (eds.), *Ubiquitous Music* (pp. 25-48). Berlin and Heidelberg: Springer International Publishing. (ISBN: 978-3-319-11152-0.)
- Pinheiro da Silva, F., Keller, D., Ferreira da Silva, E., Pimenta, M. S. & Lazzarini, V. (2013). Everyday musical creativity: Exploratory study of ubiquitous musical activities (Criatividade musical cotidiana: Estudo exploratório de atividades musicais ubíquas). *Música Hodie* **13**, 64-79.
- Reich, S. (1965). It's Gonna Rain [Electroacoustic Music]. In *Compact Disc Steve Reich: Early Works* [Nonesuch 9 79169-2] (1987).
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux: Essai interdisciplines*. Paris: Éditions du Seuil. (ISBN: 9782020026086.)

- Tanaka, A. (2009). Sensor-based musical instruments and interactive music. In R. T. Dean (ed.), *The Oxford Handbook of Computer Music* (pp. 233-257). New York, NY: Oxford University Press. (ISBN: 9780195331615.)
- Tanaka, A., Gemeinboeck, P., Momeni, A., Pognon, L., Lofberg, J. & Tunak, G. (2006). *Net_Dérive* [Performance Art]. Paris: Maison Rouge Gallery
- Truax, B. (2002). Genres and techniques of soundscape composition as developed at Simon Fraser University. *Organised Sound* 7 (1), 5-14. (Doi: 10.1017/S1355771802001024.)
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace and Company.
- Wenger, E. (2010). Communities of practice and social learning systems: The career of a concept. In C. Blackmore (ed.), *Social Learning Systems and Communities of Practice* (pp. 179-198). Springer London. (ISBN: 978-1-84996-132-5.)
- Wessel, D. & Wright, M. (2002). Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer Music Journal* 26 (3), 11-22. (Doi: 10.1162/014892602320582945.)
- Westerkamp, H. (1989). Kits Beach Soundwalk [for spoken voice and two-channel tape]. In *Compact Disc Transformations* (1996).

Modelling Expressive Music Performance: The Role of Errors

Leandro L. Costalonga, Eduardo R. Miranda²

Departamento de Computação e Eletrônica – Universidade Federal do Espírito Santo
BR 101 Norte, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP: 29932540 – São Mateus – ES – Brasil

²ICCMR - Interdisciplinary Centre for Computer Music Research,
School of Computing Communications and Electronics,
University of Plymouth – UK

leandro.costalonga@ufes.br, eduardo.miranda@plymouth.ac.uk

Abstract

Computer-generated musical performances are often criticised for being unable to match the expressivity found in performances by humans. Much research has been conducted in the past two decades in order to create computer technology able to perform a given piece of music as expressively as humans, largely without success. Two approaches have been often adopted to research into modelling expressive music performance on computers. The first focuses on sound; that is, on modelling patterns of deviations between a recorded human performance and the music score. The second focuses on modelling the cognitive processes involved in a musical performance. Both approaches are valid and can complement each other. In this paper, we discuss the role of errors when modelling expressive music performance, which concerns the physical manipulation of the instrument by the performer.

1. Introduction

Musical performance provides a rich domain for the study of both cognitive and motor skills [1]. It is a means of communication involving three actors: the composer, the performer, and the listener [2]. The composer codifies musical ideas into a written notation (score); the performer transforms the score into an acoustic signal; and the listeners recode the acoustic signal back into ideas [3].

The vast majority of contemporary research on musical performance has focussed on perceptual processes of the

listener since this is the focus of all musical activity [4], after all, composition would have no purpose if it were not experienced. The composer's part, the score, has long been studied and scrutinised in terms of its structural aspects such as harmony, melody, form, and instrumentation, as well as studying the composer's intention or the inherent emotional expression [5]. However, the key in modelling music performance lies with the performer.

The performer interprets the symbolic information on the score and produces the sound by using a musical instrument [2]. The performing artist is an indispensable part of the system, shaping the music in creative ways by continually varying parameters like tempo, timing, dynamics (loudness), and articulation, in order to express their personal understanding of the music [6].

To model music performance we must first understand the processes the performer carries out in order to 'interpret' the piece of music. Only then it will be possible to artificially recreate this 'interpretational' behaviour. Two main approaches have been taken in attempting to do this:

The first approach simply searches for patterns of deviations between the information the performer is given (the musical score) and the performance that is produced. The internal processes are not relevant as long as the behaviour can be simulated. We will refer to this approach as Simulation-Based Modelling.

The second approach is concerned with the internal processes of the performer. It attempts to understand the reasoning behind the performance actions either on a cognitive, physiological, or biomechanical level. This too

searches for pattern, however focuses on behavioural patterns. This is where the role errors should be further studied. This second approach will be referred Behavioural-Based Modelling.

2. Simulation-Based Modelling

Structure-expression relationships have been formalised in computational models that apply rules to input structural descriptions of musical scores [7]. In fact, measuring the deviation of the music performance from what is actually written in the score is the most common technique to quantify the ‘expressiveness’ of the performance.

Extensive work has been developed to identify relevant cues for musical expression in audio signals and then, with the aid of score-matching algorithms, compare these findings with the notated score. Such cues include: tempo, sound level, timing, intonation, articulation, timbre, vibrato, tone attacks, tone decays and pauses [8]. This approach is referred to as analysis-by-synthesis.

Another approach referred to as analysis-by-measurement takes empirical evidence directly from measurements of human expressive performances. Both approaches use the musical notation (score) as a reference to quantify deviations.

Whatever the source of the data, some computational techniques have been recurrently used in an attempt to model an expressive performance. These models serve to generalise the findings and have both a descriptive and predictive value [9]. Some of these techniques and models are: Rule-Based approach [10], Mathematical Approach [11], Machine Learning Approach [6]. However, none of those approaches in fact isolates the unintentional from the intentional actions that the performer executes and, therefore, will not be further discussed in this paper.

3. Behavioural-Based Modelling

The act of interpreting, structuring, and physically realising a piece of music is a complex human activity with many facets – physical, acoustic, physiological, psychological, social, and artistic [9].

According to Juslin [12], performance expression is best conceptualised as a multi-dimensional phenomenon consisting of five primary components:

- i. Generative rules that function to clarify the musical structure;
- ii. Emotional expression that serves to convey intended emotions to listeners;
- iii. Motion principles that prescribe that some aspects of the performance (e.g. timing) should be shaped in accordance with patterns of biological motion;
- iv. Stylistic unintended local deviations from performance conventions; and

- v. Random variations that reflect human limitations with regard to internal time-keeper variance and motor delays.

From these five components listed by Juslin [12], only the first one can be investigated using the simulation-based approach. To investigate the other four topics, a multi-disciplinary approach is required involving areas such as psychology, musicology, and biomechanics. On this basis, computational models of music performance are often used to validate cognitive theories rather than to predict values.

In the next sections, we present some of the schools of thoughts behind music cognition and motor control in the context of expressive music modelling.

3.1 (Hidden) Musical Structure Models

Many findings have established a causal relationship between musical structure and patterns of performance expression [13].

The notated music score is but a small part of the actual music. Not every intended nuance can be captured in the formalism of a written musical notation of Common Music Notation (CMN) [9]. Performers must not only decode the symbolic information written in the music score but also interpret its ‘hidden’ structural content in order to adequately communicate the composer’s ideas to the listener [14]. One of the most well documented relationships is the marking of group boundaries, especially phrases, with decreases in tempo and dynamics [15].

Bean [16] however, pointed out a human characteristic acting upon the segmentation strategy: short-term memory capacity. Good sight-readers work with effective chunking (of the score) using short-term memory [17]. Sight reading is especially important in the first stage of the performance plan, that is acquiring knowledge of the music and developing preliminary ideas about how it should be performed. According to Gabrielsson [17], it is also in this first stage that the structural analysis reveals the real meaning of the musical information. The final version of the performance is what the musician intends to replicate in front of the live audience. Would the audience be able to perceive the expression in this performance?

3.2 Perceptual Models

Perceptual invariance has been studied and found in several domains of cognition, including speech [18], motor behaviour [19] and object motion [20]. It has also been the topic of several studies in music perception. Perceptual model tries to predict the degree of expressive freedom a performer has in a music performance before the listener perceives a misinterpretation.

These models attempt to predict when, for example, the rhythm performed with some tempo and timing variations will still be recognisable as such by the listener. Pisoni

[22] found listeners to be able to distinguish temporal differences between two successive acoustic events between 500 Hz and 1.500 Hz signal at a minimum relative of 20 ms. Moore et. al. [23] found that the ability of listeners to detect gaps in a signal was around 6 to 8 ms for signals in the range of 400 to 2.000 Hz.

Whilst the technical component of a skilled music performance is related to the mechanisms of producing fluent outputs, the expressive component is derived from intentional variations in performance parameters chosen by the performer to influence the cognitive and aesthetic effect on the listener [1]. A performer's intentional deviations generally correspond to change in sound level that even non-musical listeners can perceive fairly well, even when underlying acoustic changes are not identifiable [1].

Perceptual models have been the preferred approach to model expressive timing in music performance [21] but this is not the only way to do it. In addition to Perceptual Models, Kinematic Models have also been used in the domain of music cognition. The latter advocates an intimate relationship between musical motion and physical movement.

3.3 Kinematic Models

The relationship between musical motion and physical movements has been studied as a form of modelling music cognition and expression [24]. It focuses on the identification of patterns that are commonly found in music performance, and establishes how these patterns conform to the laws of physical motion. In order to sound natural in performance, expressive timing must conform to the principle of human movement [21] that is based on an internal sense of motion.

This principle reflects upon the notion that music performance and perception have their origins in the kinematic and dynamic characteristics of typical motor actions. For example, regularities observed in a sequence of foot movements during walking or running are similar to regularities observed in sequences of beats or note values when a musical performance changes tempo.

An underlying principle of this school of thinking is that we (humans) experience and make sense of musical phenomena by metaphorically mapping the concepts derived from our bodily experience of the physical world into music. Accordingly, listeners hear the unfolding musical events as shaped by the action of certain musical forces that behave similarly to the forces behind our movements in the physical world such as gravity and inertia [25]. Baily [26] even argues that the performer's internal representation of music is in terms of movement, rather than sound.

Some studies go even further and actually apply the laws of physics to musical events. An example of such a literal interpretation of 'motion' is the work of Das et al. [27] Based on the fundamental assumption, first proposed by Todd [24] that motion in music can be modelled using

Newtonian mechanics, Das [27] performed a statistical analysis of MIDI data and found four basic up-down motion types in music. By motion, Das meant 'a shift of tension that constrained within the dimensions of music time and space and realised through music structure'. Interestingly, it was found that tempo variations in music performance are indeed compared with behaviour of physical objects in the real world.

Arguments against kinematic models suggest that physical notions of energy cannot be equated with psychological concepts of musical energy [21]. Another criticism of the kinematic models is that they are insensitive of rhythmic structure of the musical material [21] Furthermore, if performers have their own specific force and mass then it would not make sense to try to find one general curve that would apply to all performers; this would not correspond to musical reality. An overall curve shape predicted by the rules that come with human motion does not convey enough evidence to support kinematical models of expressive timing [21].

3.4 Internal Time-keeping System (Motor Control) Models

In a music performance, the motor system assumes the role of planning the upcoming movements necessary to execute the task on the basis of internal clocks. The primary role of the internal clock is to regulate and coordinate complex time series such as those produced between hands [28] but it also acts as timekeeper by controlling the time scale of movement trajectories [29].

Fraises [30] suggests that our internal clock operates at a preferred rate of 600 ms at the level of tactus. For instance, people often generate beat patterns around 600 ms in spontaneous rhythmic tapping tasks. Time periods greater than or less than this primary timing level are achieved by concatenating or dividing beat periods [29].

Naturally, most models based on internal-clocks exert their influence at metrical level in a musical sequence [31]. For instance, there is evidence that the timing of musical notes in piece changes according to different tempi in motor exercises as Gabriellsson [17] reported:

- vi. Faster or slower tempi present a higher variability of inter-note intervals than intermediate tempo;
- vii. The velocity of the key-press (piano) increases with tempo;
- viii. Left and right hands present different key-press (piano) velocities, note durations, and overlap between consecutive notes.

Performance timing can also exhibit stability at more abstract hierarchical levels, such as entire musical pieces. The standard deviation of the total piece (35-40 min) duration is about 1% smaller than that of individual movements within the piece [1]. In simple terms, if one movement is shortened, another compensates in duration, which suggests temporal control at a level higher than the

individual movements.

Motor control is responsible for planning and synchronising the movements of the musician but when it comes to physically performing the movement, biomechanical constraints take over. It is due to the muscles, joints and tendons that the performer is most exposed to failures and breakdowns either caused by internal (e.g. fatigue) or external (e.g. temperature) factors.

3.5 Biomechanical Models

Psychological studies of music performance have provided a wealth of information on musical expression and its relationship with the structure of a piece. However, these studies have largely ignored the physical manipulation of the instrument by the performer, even though the mechanics of the performer's body is assumed to play a decisive role in shaping the sound [32].

Performance is traditionally the means through which works of music reach audiences, and it is performance that makes the physicality of the body behind the music immediately evident to listeners [25]. Yet, it is not common for music performance models to consider biomechanical constraints in the generation of music performances.

More often biomechanical models are used in the understanding and prevention of possible injuries resultant of the accumulation of micro traumas when the human physiological limits are exceeded, a common problem for musicians [33]. Nevertheless, Parncutt [31] did use of biomechanical findings extracted from the literature to establish a set of rules that would find the most suitable fingering within a particular musical context in a piano performance. Parncutt's rules considered the stretch of the fingers, displacements, the use of weak fingers (4 and 5) and the thumb.

Although Parncutt's model did manage to predict some of the fingering choices and avoidances when confronted to the fingering preferences of human pianists, his results are questionable because his model ignored crucial cognitive aspects, such as the use of common fingerings for scales and arpeggio, rhythm, tempo, articulation, register and style. More recently, Jacobs [34] identified a number of drawbacks in Parncutt's model and successfully proposed some refinements, most of which were related to the weak-finger rules and a new scoring system based on physical distance range.

Heijink and Meulenbroek [35] also conducted a behavioural study to explore the biomechanical basis of the complexity of the left-hand movement in guitar playing. Three factors were analysed in relation to the notions of postural comfort when playing a sequence of single notes: a) the position of the left-hand on the guitar neck; b) finger span; c) hand repositioning; Their study protocol resorted in a performance-related definition of travel-cost of a movement, proposed by Rosenbaum (Rosenbaum, 1995), which assumes that a guitarist is

likely to choose the fingering that requires the least amount of physical effort when no other overriding cognitive or musical constraints need to be taken into account. A similar approach has been previously tested by this author in an agent-based guitar performance system [36]. In either case, it was found that biomechanical factors played a secondary role in the performer's choice of fingerings. Indeed, biomechanical constraints do limit the available options of possible fingerings, however musical style, personal preference, and other cognitive factors are more pertinent than biomechanical, as also observed by Heijink and Meulenbroek [35].

4. The Role of Errors in a Music Performance

Performers have an impressive ability to replicate the expressive profile of a piece in performance, with a degree of variability in the timing properties of a performance of one percent or less [13]. However, even expert performers will eventually err for variety of reasons [1].

Deviations from the musical notation are expected in Western tonal music as part of a performer's artistic license, and it is often difficult to distinguish these artistic deviations from actual errors [1]. In fact, errors can lead to unexpected musical discoveries that ultimately improve the performer's technique and, as a result, enrich the performance; this effect is known as serendipity.

The problem of distinguishing deviation from errors was first noted by Desain et. al. [37] while he was attempting to produce a more robust score-matching algorithm. Desain [37] mentioned three situations that led score-matching algorithms to perform poorly:

- i. There may be events in the score that are not written out completely (e.g., certain kinds of ornaments);
- ii. In the case of parallel voices, expressive timing may cause the order of events in the performance to be different from the order specified in the score;
- iii. Finally, the performer could omit, insert or change notes by mistake, often resulting in many alternative interpretations, especially in the case of repeated notes of the same pitch.

As Desain [37] observed, performers never play equally. In all human performance tasks, errors seem to be a frequent occurrence and they come from different sources: cognitive, motor or mechanical [38].

Although errors are a frequent occurrence in music performance, there is little documented evidence of this [38]. Perhaps the most influential study of error in music performance is the work of Palmer and Van de Sande [38]. Nevertheless, it is a study of psychology that aims to investigate cognitive plans of music performance; for that reason, motor and biomechanical constraints are

not contemplated.

According to Wickens and Hollands [39], errors can be classified as: mistakes, slips and lapses. Errors of interpretation or of the choice of meaning are called mistakes and originate from cognitive processes. Slips are quite different from mistakes, in a slip the understanding of the situation is correct and the correct intention is formulated, but the wrong action is accidentally triggered due to a motor or biomechanical problem. Lapses overlap these categories; they are the failure to perform an action when a procedural step is missing which could originate at the cognitive, motor or mechanical level.

4.1. Cognitive Errors (Mistakes)

In the field of psychology there is a belief that errors in skilled performance arise due to multiple internal representations of the desired behaviour [40]. Articulatory properties (motor commands produced for a specified sequence of successive events) are believed to be a secondary cause in error production, merely influencing performance plans. Nevertheless, it is acknowledged that the mental plans underlying music performance must consider production constraints in addition to perceptual constraints. For instance, keyboard performances of musical scales suggest a greater range of articulatory control for the right hand than for the left hand [41].

In their investigation of the cognitive errors in music performance, Palmer and Van de Sande [38] adopted a similar error coding scheme to that used in speech error research [42] adapted for the musical domain. A part of this coding scheme is shown in Figure 1.

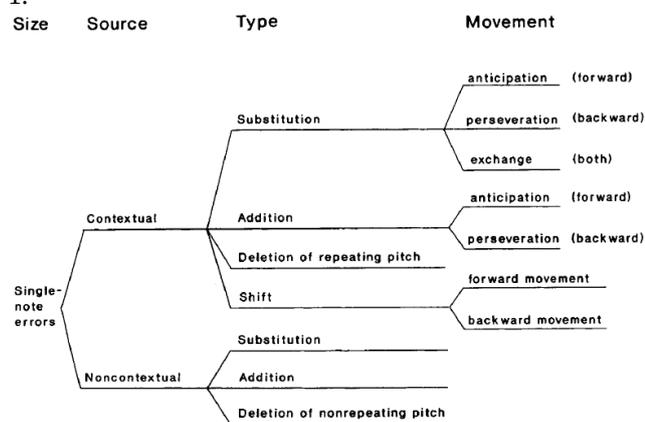


Figure 1: Categories of ‘production errors’

Source: (Palmer and Van de Sande [38] , p.459).

The classification shown in Figure 1 only considers pitch errors. The ‘source’ indicates whether the classification of the error considered the surrounding musical context or not. The error types were: note addition, note deletion, note substitution, and note shift.

A substitution involves a note event replacing a target; an addition involves a note event being added (without replacing a target); a deletion involves a target

being deleted; and a shift involves the movement of a target to a neighbouring location. Finally, contextual errors can reflect the range of influence of different plans in the type of movement, including forward movement (an event performed too early; anticipations), backward movement (an event performed too late; perseverations), or both (events switching neighbouring locations; exchanges).

The results reported by Palmer and Van de Sande [38] show that most errors (98%) involved one size unit (chord or note) and most errors (91%) involved single-notes (whether from part of a chord or from a solitary notated event). Contextual errors made up 57% of the total errors, the greatest percentages of which were substitutions (31%) and contextual deletions (deletion of a repeating pitch, 31%). Of the movement errors (substitutions, additions, and shifts, which comprised 69% of the contextual errors), forward (early) movement was most frequent (52%), backward (late) movement second most frequent (37%), and bidirectional movement (exchanges) least frequent (11%).

The ‘production errors’, as referred by Palmer and Van de Sande [38] indicated different influences of conceptual (melody interpretation), compositional (across- and within-voice associations), and articulatory processes (hand and finger movements) in planning music performance. In addition, the size, harmonic dimension and diatonic dimension of production errors suggest that retrieval of musical elements from memory reflects multiple structural levels and units [38].

Palmer and Van de Sande [38] also reported that articulatory advantages are independent of conceptual processes of interpretation. Evidence shows reduced likelihood of error in the highest frequency voice, which are normally controlled by outer right-hand fingers; the authors accredited this fact to a consistent and well-learned mapping of the melody to outer right-hand finger movements in keyboard performance. Nevertheless, the authors also acknowledge to ergonomic and biomechanical implications in such behaviour.

4.2. Human Factor Engineering, Ergonomics, and Biomechanics Errors (Slips)

Before the birth of human factors or ergonomics, emphasis was placed on ‘designing the human to fit the machine’ [39]. Therefore, it is not unusual to find performers contorting themselves around musical instruments that were designed in the last century, when ergonomics and human factors were not formally taken into consideration when building a musical instrument.

Meister [43] defines human factors as ‘the study of how humans accomplish work-related tasks in the context of human-machine system operation, and how behavioural and non-behavioural variables can affect that accomplishment’ [43]. Ergonomics is a broader scientific discipline concerned with the interaction between humans and artefacts [44].

Both the Ergonomics and Human Factors fields have been concerned to understand the limitation of human abilities independently of its source, be that cognitive, motor, or biomechanical. The fundamental goal is to reduce error, increase productivity, and enhance safety and comfort when the human interacts with an artefact or system [39].

There have been several attempts to classify and model the types of errors that people make during a task in order to predict and avoid them. A well-known technique used in the human factors field to analyse error is the THERP - Technique for Human Error Rate Prediction [45]. THERP provides extensive guidelines for an analyst to identify errors that might occur at each point in a task analysis and assign probabilities to each error. More on the behavioural side, SHERPA - Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach [46] specifies potential psychological error mechanisms and then identifies the resultant error.

A more practical approach was proposed by Reason [47] with GEMS - Generic Error Modelling System. GEMS focus in on the rule-based and knowledge-based behaviours and it has been used to analyse the errors in a variety of industrial situations. Both SHERPA and GEMS are based on the Rasmussen's SRK model [48].

Extensive research has been done to understand the causes of errors at the cognitive, motor and mechanical level, but unfortunately few studies have targeted music performance. Conversely, most of the motor control studies in music performance do recognise the relevance of the error [4] [12].

In order to exemplify the relevance that errors might have in a music performance context we can compare it with the findings of a similar motor task: typing in a word processor. Card and colleagues [49] estimated that the typists make mistakes or choose inefficient commands on 30% HEP. The human error probability (HEP) is the basic unit of human reliability in discrete tasks and it is estimated from the ratio of errors committed to the total number of opportunities for that error [50].

The challenge is to establish when errors are caused by cognitive processes and when they are caused by mechanical and motor limitations of the body. Is the music piece demanding more than is humanly possible? If so, what are the consequences? Would this knowledge be modelled in computer system in order to make computer-generated music more realistic?

5. Conclusion

Music performance provides a rich domain for study of both cognitive and motor skills. It is a non-verbal communication between the composer, the performer, and the listener. The composer and the listener have been psychologically studied in order to understand the impact of the music on the listener. The performer is the link between the composer and the listener and the main focus

in the expressive music performance modelling.

The performer's interpretation of the music is transmitted to the audience through special techniques that aim to highlight the composer's ideas and to convey emotion. The performer is mainly studied from the cognitive side but he can also be studied from the motor and mechanical perspectives.

As in any other human activity, music performance is subject to errors. These errors can be cognitive, motor or mechanical. Normally, errors are not included in music performance models despite being a common occurrence. This is partly because machine learning algorithms do not handle errors very well when searching for patterns in performance data.

Several computational approaches have been used to model expressive musical performance: rule-based systems, mathematical and statistical models, case-based reasoning and, more recently, machine learning. The only work that actually implemented 'noises' from the motor control as part of a music performance is KTH [5]. In a perceptual study of the KTH model, listeners reported to have found computer performances with errors more 'human' but not more musical.

Another important aspect of a realist computer-generated music performance is the sonority produced. To be able to recreate the sounds of performance actions, a synthesiser must allow expressive control of less non-standard musical techniques (e.g. finger rubbing on the guitar's string) and even unwanted noises (e.g. muffled notes or buzzed-notes).

References

- [1] Palmer, C. 1997. Music Performance. Annual Review of Psychology, 48, (1) 115-138.
- [2] De Poli, G. 2004. Methodologies for Expressiveness Modelling of and for Music Performance. Journal of New Music Research, 33, (3) 189.
- [3] Kendall, R. A. and Carterette, E. C. 1990. The Communication of Musical Expression. Music Perception, 8, (2) 129-164.
- [4] Sloboda, J. A. 2000. Individual Differences in Music Performance. Trends in Cognitive Sciences, 4, (10) 397-403.
- [5] Friberg, A., Bresin, R. and Sundberg, J. 2006. Overview of the Kth Rule System for Musical Performance. Advances in Cognitive Psychology, 2, (2-3) 145-161.
- [6] Madsen, S. T. and Widmer, G. 2006. Exploring Pianist Performance Styles with Evolutionary String Matching. International Journal on Artificial Intelligence Tools, 15, (4) 495-513.
- [7] Sundberg, J. 2003. Special Issue: Research in Music Performance. Journal of New Music Research, 32, (3) 237-237.

- [8] Poepel, C. 2005. On Interface Expressivity: A Player-Based Study. *Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression*, 228—231
- [9]Widmer, G. 2004. Computational Models of Expressive Music Performance: The State of the Art. *Journal of New Music Research*, 33, (3) 203-216.
- [10] Gildea, D. L. 2001. Cognitive Emissions of 1/F Noise. *Psychological Review*, 108, (1) 33-56.
- [11] Mazzola, G. 2002. Performance and Interpretation. *Journal of New Music Research*, 31, (3) 221-232.
- [12] Juslin, P. N. 2003. Five Facets of Musical Expression: A Psychologist's Perspective on Music Performance. *Psychology of Music*, 31, (3) 273-302.
- [13] Clarke, E. F. 1988. Generative Principles in Music Performance. *Generative Processes in Music: The Psychology of Performance, Improvisation, and Composition*. Clarendon Press/Oxford University Press, New York, NY. pp 1-26.
- [14] Drake, C. and Palmer, C. 1993. Accent Structures in Music Performance. *Music Perception*, 10, (3) 343-378.
- [15] Henderson, M. T. 1936. Rhythmic Organization in Artistic Piano Performance. In: Seashore, C.E. (Ed). *Objective Analysis of Musical Performance*. Univ. of Iowa Studies in the Psychology of Music, Iowa City: University of Iowa. pp 281–305.
- [16] Bean, K. L. 1939. Reading Music Instead of Spelling It. *Journal of Musicology*, 1, (1) 1-5.
- [17] Gabrielsson, A. 1999. The Performance of Music. In: Deutsch, D. (Ed). *The Psychology of Music*. Academic Press, San Diego, CA, US. pp 501-602.
- [18] Perkell, J. S. and Klatt, D. H. 1986. Invariance and Variability in Speech Processes. Lawrence Erlbaum Assoc Inc, Hillsdale, NJ, England.
- [19] Heuer, H. 1991. Invariant Relative Timing in Motor-Program Theory. *Advances in psychology*, 81, 37-68.
- [20] Shepard, R. N. 2002. Perceptual-Cognitive Universals as Reflections of the World. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, (04) 581-601.
- [21] Honing, H. 2006. Evidence for Tempo-Specific Timing in Music Using a Web-Based Experimental Setup. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, (3) 780-786
- [22] Pisoni, D. B. 1977. Identification and Discrimination of the Relative Onset Time of Two Component Tones: Implications for Voicing Perception in Stops. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61, (5) 1352-1361.
- [23] Moore, B. C. J., Peters, R. W. and Glasberg, B. R. 1993. Detection of Temporal Gaps in Sinusoids: Effects of Frequency and Level. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93, (3) 1563
- [24]Todd, N. P. M. A. 1995b. The Kinematics of Musical Expression. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 1940
- [25] Dogantan-Dack, M. 2006. The Body Behind Music: Precedents and Prospects. *Psychology of Music*, 34, (4) 449-464.
- [26] Baily, J. 1985. *Music Structure and Human Movement*. Academic Press, London, UK. 237-58 pp.
- [27] Das, M., Howard, D. M. and Smith, S. L. 2001. The Kinematic Analysis of Motion Curves through Midi Data Analysis. *Organised Sound*, 4, (3) 137--145.
- [28] Povel, D. J. and Essens, P. 1985. Perception of Temporal Patterns. *Music Perception*, 2, (4) 411-440
- [29] Shaffer, L. H. 1981. Performances of Chopin, Bach, and Bartok - Studies in Motor Programming. *COGNITIVE PSYCHOLOGY*, 13, (3) 326-376.
- [30] Fraisse, P. 1982. Rhythm and Tempo. In: Deutsch, D. (Ed). *The Psychology of Music*. Lawrence Erlbaum Associates. pp 149-180.
- [31]Parncutt, R., Sloboda, J. A., Clarke, E. F., Raekallio, M. and Desain, P. 1997. An Ergonomic Model of Keyboard Fingering for Melodic Fragments. *Music Perception*, 14, (4) 341-382.
- [32] Sundberg, J. 2000. Four Years of Research on Music and Motion. *Journal of New Music Research*, 29, (3) 183-185.
- [33] Ericsson, K. A. 1993. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*, 100, (3) 363-406.
- [34] Jacobs, J. P. 2001. Refinements to the Ergonomic Model for Keyboard Fingering of Parncutt, Sloboda, Clarke, Raekallio, and Desain. *Music Perception*, 18, (4) 505-511.
- [35] Heijink, H. and Meulenbroek, R. G. J. 2002. On the Complexity of Classical Guitar Playing: Functional Adaptations to Task Constraints. *Journal of Motor Behavior*, 34, (4) 339-351.
- [36] Costalonga, L. L., Vicari, R. M. and Miletto, E. M. 2008. Agent-Based Guitar Performance Simulation. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 14, (3) 19-29.
- [37] Desain, P., Honing, H. and Heijink, H. 1997. Robust Score-Performance Matching: Taking Advantage of Structural Information. *International Computer Music Conference*. Thessalonki, Greece. pp 337-340.
- [38] Palmer, C. and Van de Sande, C. 1993. Units of Knowledge in Music Performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and*

Cognition, 19, (2) 457-470.

[39] Wickens, C. D. and Hollands, J. G. 2000. Engineering Psychology and Human Performance (3rd). New Jersey: Prentice Hall.

[40] Norman, D. A. 1981. Categorization of Action Slips. Psychological Review, 88, (1) 1-15.

[41] MacKenzie, C. L. and Van Eerd, D. L. 1990. Rhythmic Precision in the Performance of Piano Scales: Motor Psychophysics and Motor Programming. Attention and Performance Xiii. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA. pp 375-408.

[42] Dell, G. S. 1986. A Spreading-Activation Model of Retrieval in Sentence Production. Psychological Review, 93, (3) 283-321.

[43] Meister, D. 1989. Conceptual Aspects of Human Factors. Johns Hopkins University Press Baltimore.

[44] Salvendy, G. 1987. Handbook of Human Factors. Wiley

[45] Swain, A. D., Guttman, H. E. and others 1983. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. NUREG/CR, 1278,

[46] Embry, D. E. 1986. Sherpa: A Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach. International Topical Meeting on Advances in Human Factors in Nuclear Power Systems. Knoxville, TN.

[47] Reason, J. 1987. Generic Error-Modelling System (Gems): A Cognitive Framework for Locating Common Human Error Forms. In: J Rasmussen, K.D., J Lepla (Ed). New Technology and Human Error. Wiley & Sons Chichester, New Yourk. pp 63--83.

[48] Rasmussen, J. 1986. Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering. Elsevier Science Inc. New York, NY, USA.

[49] Card, S. K., Moran, T. P. and Newell, A. 1983. The Psychology of Human-Computer Interaction. L. Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.

[50] Freivalds, A. 2004. Biomechanics of the Upper Limbs: Mechanics, Modeling, and Musculoskeletal Injuries. CRC Press

Utilização do Ambiente Mosaicode como ferramenta de apoio para o ensino de Computação Musical

Flávio Luiz Schiavoni, Thiago Thadeu Souto Cardoso,
André Lucas Nascimento Gomes, Frederico Ribeiro Resende, José Mauro da Silva Sandy

¹ Departamento de Computação (DCOMP)
Universidade Federal de São João del-Rei
São João del-Rei – Minas Gerais – Brazil

fls@ufsj.edu.br, souto.t@hotmail.com

andgomes95@gmail.com, fredribeiro97@gmail.com, jmsandy@gmail.com

Abstract. *The Computer Music is an interdisciplinary area that involves knowledge of several other areas. Due to the practical work, the teaching of Music Computing may depend on previous knowledge in algorithms and programming. To help novices to implement computer music applications, this work presents the use and evaluation of the Mosaicode, a visual programming environment, as an educational support tool for teaching Computer Music.*

Resumo. *A Computação Musical é uma área interdisciplinar que envolve conhecimento de diversas outras áreas. Devido aos trabalhos práticos, o ensino da Computação Musical pode depender de conhecimentos prévios em algoritmos e programação. Para auxiliar usuários sem conhecimento em programação a implementar aplicações musicais, este trabalho apresenta a utilização e avaliação do Mosaicode, um ambiente de programação visual, como ferramenta de apoio educacional para o ensino de Computação Musical.*

1. Introdução

A **Computação Musical** é uma área interdisciplinar da computação que trabalha a fronteira entre computação e música. Analisando este domínio um pouco mais a fundo, perceberemos que o mesmo é considerado interdisciplinar, por envolver também o conhecimento de diversas outras áreas como Engenharia Elétrica, Engenharia de Áudio, Física, Matemática, Música, Psicologia e Artes em geral [Miletto et al. 2004a]. Além disso, dentro da própria computação, esta área envolve outras áreas como as Realidades Virtual e Aumentada, Processamentos de Sinais, Interface Humano Computador, Sistemas distribuídos e de alto desempenho, dentre outras [Schiavoni and Costalonga 2015].

O ensino de Computação Musical costuma envolver o conhecimento técnico para problemas computacionais cujas soluções utiliza algoritmos de síntese de sons, aritmética de sinais, filtros de áudio, efeitos musicais digitais, criação de instrumentos musicais, processamento e armazenamento de som, desenvolvimento de aplicações para compositores e artistas digitais [Miletto et al. 2004a].

Como lembra Miller Puckette, autor do Pure Data: “O processo de fazer música computacional é, primeiro, escrever um software, e então fazer música com ele” - [Puckette 2002]¹. Por esta razão, o ensino de Computação Musical passa por uma di-

¹“The process of doing computer music is, first, to write software, and then to make music with it.”

ficuldade inerente ao ensino de computação que é o ensino de programação sendo que o objetivo de um curso de Computação Musical não é ensinar a programar, mas:

Introduzir ao aluno o ferramental teórico e prático para o uso de computadores em produções musicais. Este ferramental deve permitir ao aluno analisar, processar e sintetizar sons e estruturas musicais com o apoio de computadores. Incluindo o conhecimento básico de processamentos de sinais e áudio digital, algoritmos clássicos de filtro e síntese, sinais de controle (MIDI e OSC), conceitos de processamento em tempo real e composição apoiada por computadores.²

Assim, torna-se uma política didática educacional adotar uma estratégia que simplifique a realização dos trabalhos práticos de computação musical e que permita o desenvolvimento das técnicas de síntese, controle e processamento por alunos iniciantes em computação como artistas e músicos. Para contornar esta dificuldade, diversas iniciativas surgiram para simplificar a programação por leigos como linguagens de programação musical e ambientes de programação visual para o domínio da computação musical. A Seção 2 deste documento traz uma visão geral destas linguagens e ambientes de programação.

Visando trazer mais uma opção para o apoio educacional e para o ensino de programação para leigos, este trabalho apresenta o ambiente de programação visual Mosai-code, desenvolvido pelos autores deste trabalho. Este ambiente, apresentado na Seção 3, permite o desenvolvimento de aplicações musicais e permite que leigos criem aplicações sem necessitar de grandes conhecimentos em computação.

Este ambiente foi utilizado como ambiente de apoio para a disciplina de Introdução à Computação Musical, uma disciplina optativa do Curso Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal de São João del-Rei, ofertada no primeiro semestre de 2018. Durante este semestre, alunos de computação e da música, com conhecimentos variados em programação e música realizaram tarefas utilizando este ambiente. O histórico desta disciplina está descrito na Seção 4 deste documento. A avaliação deste ambiente por estes alunos é apresentada na Seção 5 e o resultado desta pesquisa é apresentado na Seção 6.

Este trabalho traz ainda na Seção 7 uma discussão entre a eficácia dos resultados, comparando a utilização da ferramenta exposta na Seção 3 com outras linguagens utilizadas durante a disciplina.

2. Trabalhos Relacionados

Aliar o ensino de computação musical e sua teoria com exemplos práticos de programação é uma estratégia adotada em alguns materiais didáticos da área.

O livro “Elements of Computer Music” de Franklin Richard Moore [Moore 1990] possui diversos exemplos desenvolvidos na linguagem CMusic³, de mesmo autor. A linguagem CMusic, originalmente lançada em 1990, foi juntamente com as linguagens CSound e CMix [Pope 1993] desenvolvida para facilitar a codificação de sons e a síntese

²Retirado do Plano de Ensino da disciplina Introdução à Computação Musical do Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de São João del-Rei, disponível em: <https://ufsj.edu.br/ccomp/documentos.php>.

³Disponível em <http://crca-archive.ucsd.edu/~carl/>.

musical. Estas linguagens possuem foco na implementação de algoritmos de processamentos de sinal e são voltadas para a criação musical [Garton and Topper 1997].

O livro “The Audio programming Book” [Boulanger and Lazzarini 2010] dos autores Richard Boulanger e Victor Lazzarini utiliza a linguagem CSound⁴, desenvolvida por Barry Vercoe [Vercoe 1986] para ilustrar seus exemplos.

O livro “Theory and Techniques of Electronic Music” do Miller Puckette possui exemplos usando o ambiente de programação visual Pure Data, ou simplesmente Pd⁵ [Puckette 2007]. O Pd é ambiente de programação visual em tempo real desenvolvido pelo mesmo autor que utiliza o conceito de trabalhar com “dados puros”, permitindo a integração de diversos tipos de dados como áudio, vídeo, imagem e MIDI. Cada objeto é uma unidade que executa uma funcionalidade mínima, que é processar e transmitir dados musicais, matemáticos, gráficos, dentre outros. Mesmo passado mais de duas décadas de sua criação, ele ainda possui muitos desenvolvedores de *patches* ativos, propiciando uma forte comunidade de suporte.

Já o livro “DAFX: Digital Audio Effects” [Zölzer 2011] de Udo Zölzer, disponibiliza seus exemplos de processamentos de sinais para a linguagem MatLab⁶. Estes exemplos podem ser facilmente adaptados para a linguagem de computação Octave⁷, similar ao MatLab mas de código livre.

Além destas linguagens, que são amplamente utilizadas para apoiar o ensino de computação musical por serem disponibilizadas com material didático, há a possibilidade de utilizar outras linguagens de programação musical, como SuperCollider⁸ ou FAUST⁹ ou ainda linguagens de propósito geral, como Python ou C.

3. O ambiente de programação Musical Mosaiccode

O Mosaiccode é um ambiente de programação visual para criação de aplicações de linguagens de domínio específico. Este ambiente permite criar por meio de diagramas protótipos funcionais de aplicações voltadas para algum destes domínios. Este ambiente é um gerador de código e é possível a visualização do código gerado a qualquer etapa desta construção. Cada domínio de aplicação atendido por este ambiente de programação é disponibilizado na ferramenta como uma extensão sendo que as extensões são construídas através de uma biblioteca ou API. Cada extensão é composta por um conjunto de Blocos e suas propriedades, Conexões e um Padrão de geração de código.

Um Bloco é a uma unidade de código que simboliza uma funcionalidade mínima do domínio em questão. Um bloco pode possuir um conjunto de propriedades estáticas definidas em tempo de programação que possibilitam a configuração do código gerado, podendo possuir também propriedades dinâmicas que são configuradas por outros Blocos chamadas de Portas.

A ligação entre a porta de saídas e entradas de Blocos distintos são chamadas Conexões. As Conexões definem o fluxo de comunicação de uma determinada combinação

⁴Disponível em <https://csound.com/>.

⁵Disponível em <http://puredata.info/>.

⁶Disponível em <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

⁷Disponível em <https://www.gnu.org/software/octave/>.

⁸Disponível em <https://supercollider.github.io/>.

⁹Disponível em <http://faust.grame.fr/>.

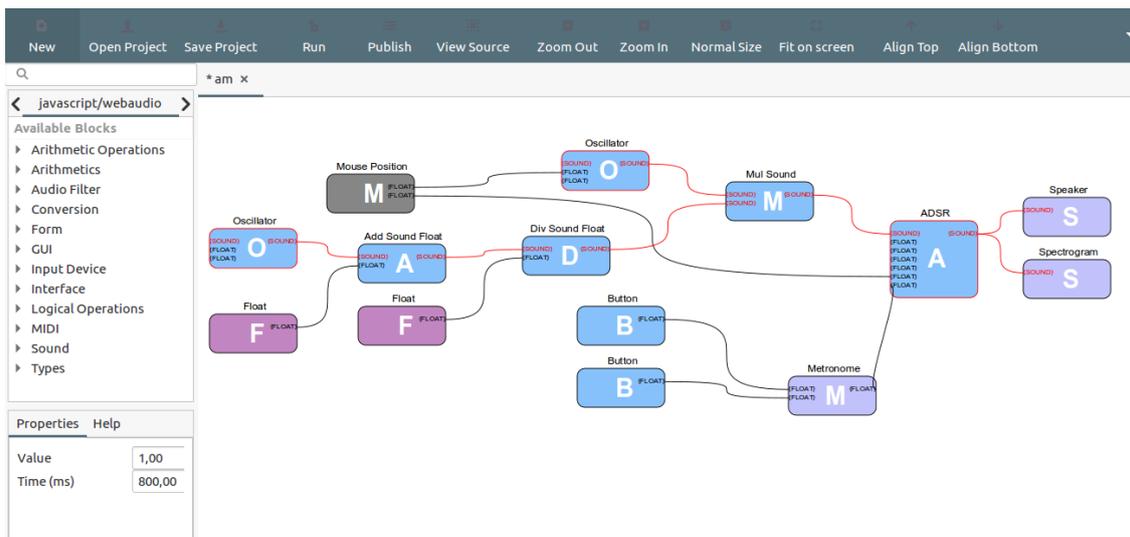


Figura 1. Ambiente Mosaiccode e um diagrama criado dentro da extensão Javascript / Webaudio.

de Blocos definindo a ordem em que cada um deve ser gerado no código fonte. Esta combinação é chamada de Diagrama e é através de um Diagrama que é gerado o código de uma aplicação criada no ambiente. Desta forma, um Bloco pode receber informações, realizar seu devido processamento e por fim, repassar o processamento realizado e os dados gerados para o bloco seguinte no qual está conectado.

Além de gerar o código a partir dos seus Blocos e Conexões, o Mosaiccode permite também a execução do código criado, para facilitar ainda mais e permitir que o usuário não precise compilar e executar em separado o diagrama criado a cada vez que desejar. Na Figura 1, podemos visualizar o ambiente Mosaiccode e um diagrama criado no mesmo.

O Mosaiccode conta atualmente com Extensões para a geração de códigos em C/C++ para Síntese de imagens, utilizando a API OpenGL, visão computacional, utilizando a API OpenCV, síntese e processamento de sons, por meio de uma API própria e também por uma extensão em Javascript baseada na API webaudio.

3.1. Extensão JavaScript - WebAudio

Dentre as extensões criadas para o Mosaiccode, iremos abordar a que trata de síntese musical, através da API Javascript/Webaudio. Voltada para o desenvolvimento de WebArt, nesta extensão, o fluxo de dados transmitido através dos Blocos é o *SOUND*, que pode ser originado de arquivos de áudio, microfones ou de Blocos de síntese, como ruídos e osciladores.

A extensão possui várias categorias de Blocos, como Fontes de Som, Filtros de Áudio, Operações Lógicas e Aritméticas e Dispositivos de Entrada. Na Figura 2, temos um exemplo simples de um diagrama construído utilizando a extensão Javascript/Webaudio.

Há ainda Blocos baseados na API Webmidi, que trazem consigo a possibilidade de detectar entradas de dispositivos que utilizam deste protocolo, permitindo a manipulação e controle de notas, a partir de teclados e outros objetos MIDI. Esta extensão, que

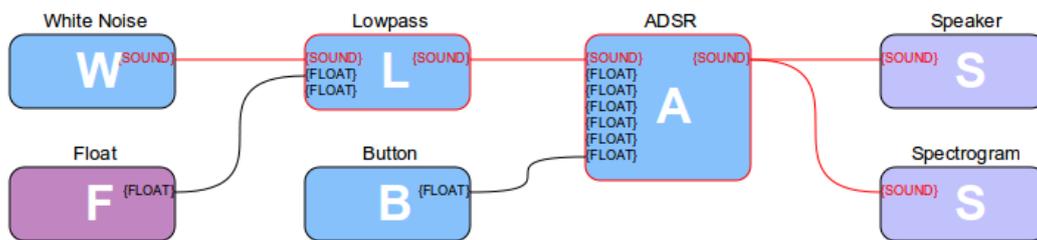


Figura 2. Diagrama utilizando Blocos de ruído, filtragem e envelopamento dentro da extensão Javascript/Webaudio.

conta ainda com blocos para visualização do sinal, GUI para entrada de dados, entrada de dispositivos físicos como mouse, teclado e sensores de celulares entre outras, é o objetivo desta pesquisa e o foco deste artigo. Apesar de haver críticas quanto a utilização da API webaudio para o desenvolvimento de aplicações musicais [Lazzarini et al. 2015], a mesma pode ser utilizada para o desenvolvimento de aplicações ubíquas na World Wide Web [Lazzarini et al. 2014].

4. O Curso de Computação Musical na UFSJ

A disciplina de Introdução à Computação Musical foi criada no Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de São João del-Rei em 2014. Esta disciplina possui como conteúdo a história da computação musical, como realizar síntese de áudio, aritmética de sinais, visualização e análise de sinais, criação de envelopes e efeitos musicais, utilização do protocolo MIDI para construção de música simbólica. No final da matéria, com o conhecimento adquirido durante o semestre, o aluno tem como tarefa construir um instrumento musical digital utilizando diferentes técnicas de síntese e aplicando efeitos de áudio.

Desde sua criação, há interesse de oferecer esta disciplina para alunos de outros cursos interessados em criações musicais, como o Curso de Música, Artes Cênicas, Arquitetura, Engenharia Elétrica, Artes Aplicadas e outros. No entanto, a necessidade de possuir um conhecimento prévio em Computação e programação sempre tornou proibitivo este oferecimento interdisciplinar.

No primeiro oferecimento desta disciplina, em 2014, optou-se pela utilização do ambiente Pure Data como ambiente de apoio ao desenvolvimento dos trabalhos práticos. Este ambiente se mostrou bastante interessante como ferramenta de apoio da disciplina, no entanto, devido ao público da disciplina ter sido alunos do Curso de Ciência da Computação, diversos alunos demonstraram bastante dificuldade de entender a programação visual deste ambiente. Também houve uma grande dificuldade para os alunos em abstrair a programação em Pure Data e entender como seria possível integrar os conceitos aprendidos neste curso com outras linguagens de programação ou outras aplicações. Assim, este ambiente mostrou-se de difícil entendimento para os próprios alunos de computação acostumados com programação textual.

Tentando solucionar esta questão, na segunda vez em que esta disciplina foi ofertada, em 2015, foi utilizado a linguagem C e APIs de desenvolvimento como libsoundfile e portaudio. Esta tentativa foi um tanto frustrante pois os alunos empregaram muita energia resolvendo problemas da linguagem C em vez de se empenhar em entender as técnicas

de computação musical. Além disto, integrar interfaces de controle de usuários (GUI) ou interfaces externas requeriam o aprendizado de várias outras bibliotecas e APIs o que tornou tal integração praticamente impossível.

Em 2016 esta disciplina foi novamente oferecida e desta vez foi utilizado como apoio a API Web Audio em JavaScript. O uso de javascript para a programação musical permitiu o desenvolvimento de aplicações sem o requerimento de nenhuma ferramenta em especial, já que tais códigos podem ser executados em qualquer navegador de Internet, além de permitir integrar de maneira simples componentes gráficos para a interação do usuário. Ainda assim, tal trabalhos práticos exigiam o aprendizado de uma linguagem de programação.

A tentativa de lecionar este curso sem a exigência de programação levou a construção deste ambiente de programação visual, iniciada em 2014 e ainda não concluída. Esta primeira oportunidade, em 2018, de ensinar o conteúdo de Computação Musical e desenvolver as práticas requeridas no ambiente Mosaiccode foi um grande desafio para a equipe envolvida com o desenvolvimento deste ambiente.

5. Metodologia

Segundo [Miletto et al. 2004b], os programas de computador devem ser visto para auxiliar a prática do ensino e enriquecer o ambiente de aprendizado e não para substituir o professor. E é neste contexto que iremos avaliar o ambiente de programação Visual Mosaiccode como ferramenta de apoio na disciplina de Introdução a Computação Musical do Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de São João del-Rei para a execução de uma parte dos trabalhos práticos deste curso no primeiro semestre de 2018. Esta disciplina foi assistida por alunos de dois cursos diferentes: alunos do curso de computação e alunos do curso de música totalizando quase 20 alunos regularmente inscritos. Para este semestre não foi exigido o cumprimento de outra disciplina, como Algoritmos e Estruturas de Dados, para a matrícula no curso de Introdução à Computação Musical.

As aulas foram iniciadas de maneira teórica e expositivas e depois de alcançado um nível inicial de conhecimento sobre processamento de sinais foram ministradas aulas práticas para validar e experimentar o conhecimento teórico adquirido. Nas aulas práticas foram propostos vários exercícios e implementações para os alunos fazerem utilizando o ambiente de programação Mosaiccode e no meio do curso foi aplicado um questionário sobre alguns quesitos de avaliação.

Esta avaliação utilizou um formulário online com 26 perguntas direcionada aos alunos que cursaram esta disciplina. As duas primeiras perguntas tinham por objetivo verificar se nosso entrevistado era realmente o nosso aluno em questão.

1. Você usou o Mosaiccode nas aulas de Computação musical?
2. Em que frequência utiliza o computador diariamente?

As próximas 6 perguntas serviram para verificarmos o perfil dos entrevistados e entender qual o nível de conhecimento destes para atender os exercícios práticos requisitados nesta disciplina.

- Qual seu nível de conhecimento em
 3. Computação?

4. Programação?
5. Música?
6. Criação musical?
7. Computação Musical antes das aulas utilizando Mosaicode?
8. Computação Musical depois das aulas utilizando Mosaicode?

Depois disso, seguiu-se 2 perguntas para entender o nível de dificuldade relacionado a este ambiente ser utilizado como ferramenta complementar deste curso.

- Nível de dificuldade
 9. Para utilizar o Mosaicode?
 10. Para fazer os exercícios com Mosaicode propostos em aula?

As próximas perguntas focaram no esforço para realizar tarefas específicas deste curso:

- Esforço em Tarefas Específicas
 11. Fazer um som qualquer?
 12. Fazer uma síntese aditiva?
 13. Fazer uma síntese subtrativa?
 14. Fazer uma síntese FM?
 15. Fazer uma síntese AM?

O próximo grupo de perguntas buscava entender onde exatamente estaria a dificuldade encontrada em aplicar os conceitos de computação musical, como o de síntese, em um trabalho prático no ambiente.

- O Mosaicode
 16. É intuitivo como a ferramenta funciona?
 17. Possui interface é amigável?
 18. Poderia ser utilizado no próximo semestre?
 19. Atendeu os propósitos estabelecidos?
 20. Apresentou um código gerado que propiciasse aprendizado?
 21. Ajudou a entender os conceitos teóricos de Computação Musical?

Aproveitou-se nesta avaliação para verificar também os critérios de usabilidade da ferramenta e a relação entre dificuldade teórica e prática para a execução das tarefas requisitadas.

- Usabilidade do Mosaicode
 22. Conseguiria utilizar a ferramenta sem o auxílio do professor?
 23. Conseguiria utilizar a ferramenta sem conhecimento prévio de programação?
 24. Conseguiria utilizar a ferramenta sem conhecimento teórico prévio em música?
 25. Conseguiria utilizar a ferramenta sem conhecimento prévio em Computação Musical?
 26. O acesso ao código gerado auxiliou o aprendizado?

Tabela 1. Identificação do público alvo.

	Pergunta 1	Pergunta 2
Nada / Muito pouco	0%	0%
Quase nada / pouco	0%	12,5%
Ajudou / Moderado	37,5%	0%
Quase tudo / Quase sempre	50%	31,3%
Tudo / Sempre	12,5%	56,6%

6. Resultados

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, os alunos participantes do questionário possuem acesso à computadores. A resposta destas questões mostram também que a ferramenta serviu de auxílio para a maior parte da disciplina. Vale notar que alguns trabalhos práticos deveriam ser feitos utilizando outras ferramentas como o editor de áudio Audacity ou o sequenciador LMMS.

O próximo grupo de perguntas, cujas respostas estão apresentadas na Tabela 2, mostra que os alunos participantes da enquete consideram que possuem um conhecimento moderado a satisfatório em computação e programação em geral. Quanto em relação a compreensão sobre música e composição musical, a maioria considera seu entendimento fraco ou moderado, embora tenha um número considerável de pessoas que consideram ter um conhecimento musical.

Tabela 2. Conhecimento dos alunos sobre assuntos acerca da disciplina. As colunas 3 a 8 representam as respostas para estas perguntas no questionário aplicado.

	3	4	5	6	7	8
Fraco	0%	6,25%	37,5%	50%	68,75%	6,25%
Moderado	18,75%	31,25%	18,75%	25%	25%	50%
Satisfatório	62,5%	56,25%	31,25%	25%	6,25%	31,25%
Muito Bom	18,75%	6,25%	12,5%	0%	0%	12,5%
Excelente	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Podemos observar nas colunas **7** e **8** da Tabela 2 a evolução do conhecimento dos alunos sobre computação musical depois do uso da ferramenta. É possível perceber que os alunos alcançaram avanços significativos quanto ao nível de aprendizagem do domínio em questão utilizando a ferramenta. A grande maioria dos alunos iniciou seus estudos com pouco ou nenhum conhecimento em Computação Musical e passou a ter um estado moderado ou satisfatório neste mesmo quesito após o uso da ferramenta, o que significa bons avanços considerando que esta foi a primeira tentativa didática do Mosaicode.

A Tabela 3 apresenta as questões relacionadas a utilização da ferramenta. Nela, é possível observar como o Mosaicode possui um potencial para se tornar uma ferramenta bastante prática e intuitiva para novos usuários. Mais de 60% dos alunos definiram o ambiente com uma usabilidade simples e totalmente funcional para as atividades requeridas, seja em sala de aula, ou nos trabalhos práticos.

Na Tabela 4 foi medido o esforço do usuário ao utilizar a ferramenta quando o

Tabela 3. Nível de dificuldade na utilização da ferramenta. As colunas 9 e 10 representam as respostas para estas perguntas no questionário aplicado.

	9	10
Fraco	12,5%	25%
Moderado	56,25%	37,5%
Satisfatório	18,75%	12,5%
Alto	12,5%	18,75%
Muito Alto	0%	6,25%

professor solicitou alguma implementação específica. Estas perguntas tiveram como respostas que a ferramenta exigiu pouco esforço ou esforço moderado do usuário para a realização das tarefas específicas propostas da disciplinas.

Tabela 4. Esforço em tarefas específicas. As colunas 11 a 15 representam as respostas para estas perguntas no questionário aplicado.

	11	12	13	14	15
Nenhum esforço	50%	0%	50%	68,75%	0%
Pouco esforço	37,5%	37,25%	12,5%	25%	12,5%
Esforço moderado	12,5%	56,25%	56,25%	6,25%	62,5%
Esforço grande	0%	6,25%	18,75%	0%	18,75%
Esforço muito grande	0%	0%	12,5%	0%	6,25%

Em concordância com os dados obtidos pelo terceiro grupo de perguntas do questionário, a Tabela 5 reafirma em termos gerais a praticidade e eficiência da aplicação do Mosaicode nesta disciplina. Os dados mostram o quanto os alunos aceitaram a inovação da utilização de uma ferramenta para realizar os trabalhos práticos. A coluna **18**, que se refere quanto à utilização do Mosaicode na próxima vez em que a disciplina for oferecida, obteve 100% de apoio dos alunos, transparecendo que todos os alunos foram favoráveis à utilização e que o mesmo foi eficiente no que se foi exigido.

Tabela 5. Perguntas gerais sobre o ambiente Mosaicode. As colunas 16 a 21 representam as respostas para estas perguntas no questionário aplicado.

	16	17	18	19	20	21
Discordo Totalmente	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Discordo	6,25%	6,25%	0%	6,25%	6,25%	0%
Não Sei	12,5%	6,25%	0%	6,25%	31,25%	50%
Concordo	56,25%	56,25%	37,5%	43,75%	37,5%	12,5%
Concordo Plenamente	25%	31,25%	62,5%	43,75%	25%	37,5%

É interessante notar que este é um ambiente de geração de código mas que, segundo as respostas da pergunta **20**, esta característica parece ter sido ignorada por grande parte dos usuários. Da mesma forma, é interessante verificar, segundo as respostas da pergunta **21**, que os usuários que conseguiram desenvolver as tarefas requisitadas com pouco ou nenhum esforço não tinham certeza sobre terem entendido os conceitos teóricos de Computação Musical.

A Tabela 6 apresenta algumas questões a serem trabalhadas futuramente. Grande parte dos alunos entrevistados afirmaram que não conseguiriam utilizar a ferramenta sem o apoio do professor. Isto pode revelar dois pontos: ou a ferramenta têm alguns pontos falhos quanto à sua intuitividade ou é impossível criar aplicações de Computação Musical sem um conhecimento mínimo do domínio de aplicação e sua teoria.

Ao que tange a programação, 80% dos alunos afirmaram que não precisariam de conhecimentos específicos de computação como programação para utilizar a ferramenta, algo que faz prova à capacidade do Mosaicode para abranger novos usuários que não estejam diretamente relacionados com computação (como artistas, performistas, músicos).

Tabela 6. Usabilidade do Mosaicode. As colunas 22 a 26 representam as respostas para estas perguntas no questionário aplicado.

	22	23	24	25	26
Discordo Totalmente	6,25%	0%	25%	25%	6,25%
Discordo	31,25%	0%	18,75%	25%	6,25%
Não Sei	31,25%	18,75%	18,75%	31,25%	43,75%
Concordo	12,5%	62,5%	12,5%	12,5%	37,5%
Concordo Plenamente	18,75%	18,75%	25%	6,25%	6,25%

7. Discussões

O resultado deste experimento em sala de aula possibilitou um fazer criativo que permitiu aliar o conhecimento técnico com a prática artística. Os alunos construíram aplicações musicais que poderiam levar um bom tempo de programação apenas inserindo e conectando Blocos e em poucos minutos. Isto permitiu uma maior experimentação do conteúdo dado, pois não há preocupação em construir códigos e consertar eventuais erros. Em diversos momentos o conhecimento técnico foi deixado de lado em favor de uma experimentação livre de códigos que podiam soar bem ou simplesmente não soar. Isto exigiu que o conteúdo programático fosse colocado de lado em favor de entender o que acontecia com o sinal quando alguns blocos do Mosaicode eram combinados de determinada maneira.

Os alunos também tiveram a oportunidade de recombinaar os Blocos em diferentes posições, gerando diferentes códigos finais distintos. Se novamente compararmos o ambiente à programação, esta também é uma tarefa mais simples, pois reposicionar trechos de código pode ser uma atividade complicada, principalmente se tratando de aplicações complexas que exigem alocações de memória e cópia de dados em tempo real.

Os dados coletados nesta pesquisa indicam que o Mosaicode foi extremamente importante na velocidade do processo de aprendizagem de computação musical, pois, trabalhar inserindo e conectando Blocos é uma tarefa bem menos árdua do que programar textualmente (atividade que custaria mais tempo dedicado à lógica de programação do que para síntese musical essencialmente). Em diversos momentos os alunos extrapolaram os conceitos vistos em sala de aula e começaram a requisitar funcionalidades que o ambiente ainda não possuía além de um aprofundamento maior e um entendimento sobre questões de implementação que não estavam previstos no programa da disciplina.

Isto nos levou a reavaliar os blocos disponíveis em nosso ambiente de programação visual e, em muitas vezes, nos deparamos com dificuldades técnicas e requisitos não previstos inicialmente em nossa análise. Um exemplo disto foi a tentativa constante dos alunos em construir um sintetizador polifônico ou construir envelopes com comportamentos diferentes do ADSR. Em diversos momentos tivemos que reavaliar a nossa implementação e propor novos Blocos e soluções para resolver tais requisitos.

Além da vantagem aparente que o Mosaicode nos traz, como a facilidade oferecida pela programação visual, fazendo com que usuários que não tenham um conhecimento aprofundado do domínio consigam criar suas aplicações sem muitas dificuldades, este ambiente apresentou outras vantagens, como a possibilidade que os instrumentos construídos fossem compartilhados em rede. Isto permitiu aos alunos a cooperação e a experimentação de diversos instrumentos criados neste ambiente em sala de aula ou em outros contextos.

Uma questão interessante apresentada neste experimento é que houve anteriormente uma dificuldade em utilizar o Pure Data como ferramenta de apoio deste curso devido ao mesmo ser visual e neste experimento isto não aconteceu. Uma hipótese para esta mudança pode ser o fato de os alunos desta turma não terem obrigatoriamente passado pelas disciplinas mais avançadas de programação que antes eram pré-requisitos para Computação Musical e com isto estão mais abertos a programar visualmente. Esta questão exigirá uma pesquisa para verificar se esta hipótese é mesmo verdadeira.

8. Conclusão

A tentativa de ensinar Computação Musical sem a necessidade prévia de uma bagagem em programação parece um tanto utópica. A disciplina de Computação Musical requer trabalhos práticos de codificação para os alunos, trabalhos estes que lidavam por exemplo com sínteses de som, aplicação de efeitos e criação de instrumentos e isto pode ser um fator limitante e excludente para pessoas que não possuem um pré-requisito de programação.

Este artigo apresentou a utilização e a avaliação do ambiente de programação Visual Mosaicode como ferramenta de apoio para o curso de Computação Musical na Universidade Federal de São João del-Rei no primeiro semestre de 2018. Apesar de ser apenas uma primeira experiência, os resultados apresentados por esta pesquisa parecem bastante promissores e servem como motivação para a continuidade do desenvolvimento desta ferramenta.

Este ambiente conta ainda com extensões para desenvolvimento de aplicações na linguagem C usando APIs como openCV para visão computacional, OpenGL para síntese de imagem e uma API própria para processamento e síntese de som. Estas APIs não foram exploradas nesta pesquisa pois as mesmas não são multiplataforma e dependem da instalação de compiladores e bibliotecas para a execução do código gerado. Isto nos faz perceber que a utilização do webaudio é parte do sucesso deste experimento pois o código gerado costuma ser multiplataforma e fácil de ser distribuído.

Trabalhos Futuros

A utilização apresentada neste trabalho trouxe uma série de novas funcionalidades requisitadas pelos usuários do ambiente e que deverão ser incorporadas no futuro. Uma delas

é a capacidade de criar abstrações e novos Blocos utilizando a própria ferramenta, como ocorre no Pure Data, de maneira a permitir um reuso de código ainda maior dentro do próprio ambiente.

Os instrumentos criados pelos alunos neste curso deverão ser incorporados ao conjunto de aplicações da Orchidea - Orquestra de Ideias, um grupo de pesquisa e prática em artes digital que utiliza plataformas livres para criação artística.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos participantes do Grupo de Estudo em Arte Digital do Departamento de Computação da Universidade Federal de São João del-Rei e aos membros do Arts Lab in Interfaces, Computers, and Everything Else (ALICE.), que auxiliaram nos debates e desenvolvimento deste projeto. Também gostariam de agradecer todos os alunos da disciplina de Introdução a Computação Musical que ajudaram na pesquisa desse trabalho. Os Coautores gostariam de agradecer o apoio financeiro institucional da FAPEMIG, CNPq e da PROAE/PROPE/UFSJ.

Referências

- Boulanger, R. and Lazzarini, V. (2010). *The audio programming book*. the MIT Press.
- Garton, B. and Topper, D. (1997). Rtcmix-using cmix in real time. In *ICMC*.
- Lazzarini, V., Costello, E., Yi, S., et al. (2014). Development tools for ubiquitous music on the world wide web. In *Ubiquitous Music*, pages 111–128. Springer.
- Lazzarini, V., Yi, S., and Timoney, J. (2015). Web audio: Some critical considerations.
- Miletto, E. M., Costalonga, L. L., Flores, L. V., Fritsch, E. F., Pimenta, M. S., and Vicari, R. M. (2004a). Introdução à computação musical. In *IV Congresso Brasileiro de Computação*.
- Miletto, E. M., Costalonga, L. L., Flores, L. V., Fritsch, E. F., and Vicari, R. M. (2004b). Educação musical auxiliada por computador: algumas considerações e experiências. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS.
- Moore, F. R. (1990). *Elements of Computer Music*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.
- Pope, S. T. (1993). Machine tongues xv: Three packages for software sound synthesis. *Computer Music Journal*, 17(2):23–54.
- Puckette, M. (2002). Max at seventeen. *Computer Music Journal*, 26(4):31–43.
- Puckette, M. (2007). *The Theory and Technique of Electronic Music*. World Scientific Publishing Co., Inc., River Edge, NJ, USA.
- Schiavoni, F. L. and Costalonga, L. (2015). Ubiquitous music: A computer science approach. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 17(4):20–28.
- Vercoe, B. (1986). *Csound: A manual for the audio processing system and supporting programs with tutorials*. Massachusetts Institute of Technology.
- Zölzer, U. (2011). *DAFX: digital audio effects*. John Wiley & Sons.

Práticas cognitivo-ecológicas em ubimus: Sons do CAp

Damián Keller¹, Maria Helena de Lima²

¹NAP – Núcleo Amazônico de Pesquisa Musical – Universidade Federal do Acre e Instituto Federal do Acre – Brasil

²CAp – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS – Brasil

dkeller@ccrma.stanford.edu, eu.helena.l@gmail.com

Abstract. *The ecologically grounded approach to ubimus research highlights the observation of the flow of material resources and the temporal investments in creative activities. We highlight the contributions and the limitations of this proposal for everyday musical creativity. Expanding the range of applications of ecologically grounded creative practice, we describe a longitudinal study of creative activities carried out by a group of high school students: Sounds of CAp (Sons do CAp). The results highlight a greater sensitivity of the participants to everyday sounds, supporting the view that creativity is not just problem solving.*

Keywords: ubiquitous music research; eco-composition; everyday musical creativity

Resumo. *O enfoque cognitivo-ecológico na pesquisa ubimus coloca em destaque a observação do fluxo dos recursos materiais e o investimento temporal nas atividades criativas. Elencamos as contribuições e as limitações dessa proposta no suporte à criatividade cotidiana. Ampliando o leque de aplicações do enfoque cognitivo-ecológico, descrevemos um estudo longitudinal de atividades criativas grupais, realizadas por alunos do ensino médio: Sons do CAp. Entre os resultados obtidos, destacamos uma maior sensibilidade dos participantes em relação ao seu entorno sonoro cotidiano, colocando em evidência que as manifestações criativas abrangem aspectos que vão além da solução de problemas.*

1. Introdução

Uma das três perspectivas aplicadas na pesquisa em música ubíqua (ubimus) [Keller et al. 2014] é o enfoque ecológico, também descrito como práticas criativas cognitivo-ecológicas, ecocognitivas ou ecocomposicionais [Keller e Lazzarini 2017]. Desde a sua inepção no final dos anos 1990, as práticas cognitivo-ecológicas deram ênfase para a inserção ativa da audiência nos espaços artísticos [Keller 2000; Keller e Capasso 2006]. A pesquisa ubimus impulsionou a ampliação das possibilidades de aplicação dos conceitos ecológicos para o campo do design de interação e para as práticas educacionais [Lima et al. 2012; Lima et al. 2018].

Para exemplificar a aplicação do enfoque ecológico nas práticas criativas no âmbito do ensino formal de Educação Básica, escolhemos da atividade 'Sons do CAp' [Lima et al. 2017; Lima 2018]. Nas atividades realizadas em contextos informais, discutimos os resultados obtidos numa série de estudos vinculados ao design de uma nova metáfora

para a ação criativa no intuito de fornecer um quadro completo do ciclo de desenvolvimento de suporte tecnológico e de disponibilização dos recursos no contexto educacional.

No contexto de ensino formal na Educação Básica, trazemos uma das atividades realizadas através do Projeto de Pesquisa em Música Ubíqua no CAP¹. Em particular, focamos na atividade 'Sons do CAP', realizada durante a disciplina eletiva Música Ubíqua no CAP, oferecida a alunos do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS. A Disciplina teve como objetivo principal a produção de uma composição coletiva, através da aplicação de estratégias de eco-composição. A atividade de composição foi desenvolvida com um grupo de alunos de Ensino Médio durante o primeiro semestre de 2015, tendo como base as aplicações do enfoque cognitivo-ecológico no campo educacional. Relatamos aqui alguns dos resultados de um estudo longitudinal de atividades criativas grupais, realizadas por alunos do ensino médio no âmbito do desenvolvimento curricular da disciplina [Lima et al. 2017], destacando que os principais resultados apontam para uma maior sensibilização dos participantes em relação ao seu entorno sonoro cotidiano.

2. Práticas criativas cognitivo-ecológicas: a criatividade não é somente solução de problemas!

A partir de uma perspectiva embasada em ecologia, o estudo da criatividade tem como objetivo a contextualização do comportamento criativo, evitando a dissecação ou compartimentalização dos processos [Helson 1988: 58], e situando os produtos criativos, tanto como resultado quanto como matéria prima, no ciclo de uso de recursos para a criatividade. A perspectiva ecossistêmica, introduzida dentro do campo de estudos da criatividade por Isaksen e coautores (1993), foca na criatividade como “a interação de múltiplas variáveis [...] da mesma forma que o ecologista que explora interações entre componentes vivos e inorgânicos dentro de um ecossistema” [Isaksen et al. 1993: 256]. Isaksen e co-autores pensam a criatividade como estratégias de ‘solução de problemas’² [Newell et al. 1958]. No entanto, segundo Runco (2004) “nem toda criatividade envolve solução de problemas e nem toda solução de problemas demanda criatividade”, a criatividade pode ser definida como a resposta útil e efetiva a mudanças evolutivas. Essa definição permite incluir fenômenos que não podem ser caracterizados a priori como 'problemas'.

Um enfoque alternativo ao proposto por Isaksen e coautores coloca o foco na utilização de recursos que condicionam a atividade criativa. O conceito foi introduzido por Harrington (1990), estabelecendo uma dinâmica de fluxo de recursos cognitivos (indicados como *personal*) e de recursos materiais (indicados como *ecosystem*). Harrington dá ênfase aos processos criativos abrangendo o aspecto social da criatividade. Nessa perspectiva, os fenômenos criativos não seriam decorrentes exclusivamente de fatores vinculados à personalidade, mas surgiriam como

¹ Projeto de Pesquisa registrado junto à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS, conduzido no âmbito da Educação Básica do CAP/UFRGS - Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e coordenado pela Prof. Maria Helena de Lima - Área de Música do CAP.

² Essas estratégias dão base para o método teleológico (ver discussões críticas em Fantauzzacoffin e Rogers 2013; Keller e Lazzarini 2017).

propriedades da interação entre os agentes e o ambiente. Essa proposta é compatível com os métodos adotados em ecocomposição [Burtner 2005; Burtner 2011; Keller 1999; Keller 2000; Keller e Capasso 2006; Nance 2007] e em particular com o conceito de ancoragem [Keller et al. 2010].

A performance criativa pode ser aferida pela relação entre dois conjuntos de variáveis: (1) o uso de recursos materiais e o investimento energético na atividade – mensurado através do tempo utilizado pelos participantes – e (2) os resultados criativos obtidos. Dado um conjunto de recursos materiais e uma janela temporal de observação, as diferenças nos produtos criativos mostram o desempenho cognitivo dos agentes no aproveitamento dos recursos materiais disponíveis. No caso da criatividade performática, o produto criativo também pode ser dimensionado temporalmente. Portanto temos três dados quantificáveis: (a) a dimensão temporal dos recursos materiais utilizados; (b) o tempo investido na atividade; e (c) a duração do(s) produto(s) criativo(s).

Diversos estudos realizados dentro do campo da música ubíqua confirmam a aplicabilidade desse enfoque [Keller et al. 2013; Keller e Lima 2016; Lima et al. 2012; Lima et al. 2018]. Por exemplo, Keller et al. (2013) aplicam procedimentos experimentais para analisar a relação entre o local de realização e a atividade criativa. O tipo de ambiente pode ter impacto positivo ou negativo na atividade criativa. Ao observar exclusivamente os aspectos relevantes ao suporte da atividade, os resultados apoiam a segunda hipótese. Porém, ao analisar o impacto do local nas avaliações do produto criativo, e em particular a originalidade³, os resultados são favoráveis à primeira proposta. Em síntese, os resultados desses estudos indicam que ambientes sonoros imprevisíveis fomentam a originalidade mas têm um impacto negativo no desempenho criativo – reduzindo o engajamento, a diversão e as possibilidades de colaboração, e aumentando a demanda cognitiva da atividade.

3. Sons do CAp

Uma das ações do Projeto de Pesquisa em Música Ubíqua no CAp, foi o oferecimento de uma disciplina eletiva semanal para alunos do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, durante o primeiro semestre de 2015 [Lima et al. 2017; Lima 2018]. A disciplina teve como objetivo a realização de uma composição coletiva, *Sons do CAp*, através da aplicação da proposta ecocomposicional [Keller e Lazzarini 2017], e a partir de uma abordagem dialógica e de construção coletiva de conhecimento [Freire 1999; Keller e Lima 2016]. Um total de quinze alunos participaram da disciplina, sendo cinco deles estudantes bolsistas em Iniciação Científica modalidade Ensino Médio (IC-EM), vinculados à Pesquisa em Música Ubíqua no CAp.

A disciplina abordou aspectos teóricos e práticos de ubimus, e foi dividida em duas etapas, sendo a primeira focada em atividades e experiências preparatórias para a segunda etapa que constituiria o processo de composição coletiva. Nessa primeira etapa foram realizadas leituras e discussões sobre temas e conceitos relacionados à música,

³ Nos estudos realizados no campo da música ubíqua, os fatores criativos (relevância ou originalidade, por exemplo) são avaliados desde a perspectiva dos participantes na atividade. Portanto, a interpretação dos dados não aponta a determinar níveis absolutos de relevância, originalidade, etc. O objetivo é aferir o impacto do contexto segundo os critérios determinados pelos participantes.

som, silêncio, criação artística, composição, materiais e recursos sonoros utilizados para a criação musical, o som enquanto fenômeno físico e acústico, e música ubíqua. Durante essa fase foram abordados diversos autores [Keller et al. 2014; Lima et al. 2014; Sacks 2007; Schafer 1977/1991]. Também foram realizadas sessões de apreciação musical de obras musicais - *Tacet 4'33"* [Cage 1952] e *Toco y me voy* [Keller 1999]. Ainda nessa primeira etapa da disciplina, foram conduzidos e realizados testes, análises e avaliações visando a escolha de ferramentas de manipulação sonora para as tarefas de composição. Esses testes foram conduzidos por alunos bolsistas IC-EM matriculados na disciplina, sob a supervisão do professor. Foram testadas e avaliadas as ferramentas CODES [Miletto et al. 2011], Incredibox, Kristal e Audacity⁴ [Mazzoni e Dannenberg 2000]. Nessa fase, os alunos escolheram as ferramentas que utilizariam durante a atividade de composição coletiva.

Na segunda etapa da disciplina, iniciou-se o processo de coleta de áudio usando gravadores e dispositivos portáteis pessoais (telefones celulares). Foram realizados passeios sonoros (em silêncio) pelos vários espaços do Colégio de Aplicação [Schafer 1977/1991]. As sessões de gravação continuaram nos estúdios posteriores em momentos diversos do cotidiano do CAP. O áudio coletado foi convertido e compartilhado pelo grupo de alunos para sua utilização nas fases seguintes da atividade.

Após essa fase inicial de coletas, compartilhamento e conversão, foram iniciadas as sessões coletivas de edição. Essas sessões eram geralmente executadas por dois participantes em dispositivos estacionários disponíveis na sala de música e no laboratório de informática. As edições, feitas pelas duplas ou trios, foram sucessivamente compartilhadas com outros grupos. Esse processo teve como objetivo garantir que os materiais fossem distribuídos entre todos os participantes. Todas as edições eram analisadas e modificadas por todos, assegurando dessa forma a coletividade da autoria da peça e garantindo que ela não fosse apenas um *patchwork composicional* ou um quebra-cabeça de peças isoladas. Com o objetivo de uma concepção de composição / criação coletiva, as escolhas de manipulações sonoras também foram discutidas entre os membros do grupo, corroborando desta forma a abordagem dialógica e a proposta de construção coletiva de conhecimento [Freire 1999] como fundamentais nas práticas em ubimus. Após várias semanas de atividades, o grupo concluiu a composição coletiva 'Sons do CAP'.

Após o processo de composição, os alunos também se envolveram no planejamento e na preparação da configuração do local para a apresentação pública da peça. O envolvimento do grupo nesta tarefa foi intenso. Os alunos selecionaram e testaram a distribuição do equipamento, posicionaram alto-falantes nos quatro cantos da sala, e organizaram um círculo de cadeiras no centro. Também se preocuparam em reduzir a luz externa cobrindo as janelas com folhas de papel. O objetivo era ter o público imerso no som, minimizando as distrações externas.

Nas sessões de apresentação participaram 41 alunos de diversos níveis da Educação Básica (de 6 a 17 anos). Ao final de cada sessão, os alunos puderam falar sobre suas impressões sobre a peça. Eles também foram convidados a escrever ou desenhar (os

⁴ <http://www.incredibox.com/>
<http://www.kreatives.org/kristal/>
<http://www.audacityteam.org/>

mais jovens preferiram desenhar). Após cada sessão de apreciação da composição, os participantes deixaram suas observações através de registros escritos ou de desenhos. Esse material foi compartilhado, analisado e discutido pelo grupo de pesquisadores-estudantes.

4.1. Resultados, reflexões e conclusões sobre os Sons do CAp

O grupo de cinco estudantes de iniciação científica elaborou suas conclusões com base nas observações pessoais e nos dados coletados durante a realização do projeto. As discussões se concentraram em três tópicos: as ferramentas, os processos e os resultados criativos. As discussões também promoveram reflexões sobre as experiências dos alunos como criadores e pesquisadores. Além das observações sistemáticas realizadas durante o estudo Sons do CAp, foram coletadas declarações informais dos pesquisadores participantes. Essas declarações exemplificam os problemas descritos acima e fornecem novos *insights* sobre os processos criativos dos participantes.

Ao lidar com as ferramentas (incluindo os dispositivos, o software e os materiais de suporte), os alunos destacaram a importância do design das interfaces para minimizar a necessidade de tutoriais. Eles notaram que grande parte do software comercial disponível segue uma visão instrumental da criação musical (cf. Tanaka 2009; Wessel e Wright 2002), priorizando a autoria individual e exigindo conhecimentos específicos do domínio instrumental e teórico-musical. Segundo os alunos-pesquisadores, essas características dificultam o uso por leigos e impedem a sua aplicação em diversos contextos de aprendizagem. Eles também salientaram que os programas de criação musical necessitam de interfaces mais simples e intuitivas para aumentar a participação do público leigo em atividades musicais em contextos educacionais. Um recurso importante é o compartilhamento remoto entre usuários nas atividades assíncronas coletivas. Os alunos também sugeriram que ferramentas para plataformas múltiplas podem dar suporte a atividades em vários dispositivos - conectados ou não à rede.

Em relação ao processo criativo, vários estudantes mencionaram que as atividades eco-compositivas estimulam atitudes reflexivas sobre o potencial criativo do cotidiano. As gravações coletadas pelos alunos ao longo do semestre destacaram sua responsabilidade como agentes ativos de múltiplas transformações do meio ambiente. A análise dos dados obtidos nos questionários, das observações *in loco* e das anotações dos estudantes-pesquisadores indicou que a maioria dos participantes avaliou a exploração de materiais e a criação de produtos sonoros como sendo divertidos. Os alunos também observaram o caráter de jogo associado ao uso exploratório das ferramentas, compartilhando ideias e materiais durante o processo criativo.

Os experimentos destacaram as diferenças entre o design de interfaces para músicos e para não músicos. Nenhum dos participantes declarou a necessidade de treinamento musical prévio para realizar suas explorações criativas. Eles observaram que o uso de metáforas associadas a atividades cotidianas pode ajudar no desenvolvimento de aplicações direcionadas a um público mais amplo, não especializado em música, permitindo que pessoas que nunca pensaram em fazer música possam eventualmente ter acesso a experiências criativas. Finalmente, a partir da análise dos dados coletados durante a sessão pública da composição Sons do CAp, os alunos observaram que, apesar de estarem imersos em diversos ambientes sonoros em sua vida cotidiana, a maioria das pessoas geralmente não percebe a paisagem sonora circundante. Eles concluíram que

não estamos cientes dos impacto sonoro das nossas ações em nosso entorno.

5. Conclusões

Com o objetivo de ampliar o leque de aplicações do enfoque ecológico para o campo educacional, desenvolvemos um estudo longitudinal focando a participação de cinco alunos-pesquisadores do ensino médio em atividades relacionadas à pesquisa em música ubíqua. Entre as observações colhidas, tiveram destaque a não necessidade de pré-existência de conhecimentos tanto teóricos quanto técnicos dentro do domínio da música instrumental e o aumento da sensibilidade dos participantes em relação ao impacto sonoro do entorno nas atividades criativas. Esses resultados complementam as observações feitas em diversos estudos de design ubimus, envolvendo técnicas de interação embasadas no enfoque ecológico {Farias et al. 2014; Keller et al. 2010; Silva et al. 2016}.

Dado o conjunto de aplicações do enfoque ecológico em ubimus, colocam-se em evidência as limitações da visão teleológica da criatividade (focada na solução de problemas). Vemos por um lado que o local de realização das atividades pode ter impacto significativo nos resultados e nos processos adotados durante a atividade criativa [Keller e Lazzarini 2017]. Se as manifestações criativas consistissem exclusivamente na identificação e solução de problemas, as estratégias deveriam priorizar o tratamento isolado dos materiais musicais. As observações apontam exatamente no sentido oposto. Os sujeitos tendem a aplicar estratégias de integração dos recursos locais. Por outro lado, observamos que o aumento do investimento temporal na atividade criativa não implica necessariamente no aumento do nível criativo dos resultados [Farias et al. 2014]. Existe um cisma nas propostas estético-musicais voltadas para a criatividade profissional dos últimos 40 anos. Alguns enfoques fomentam a aplicação de procedimentos complexos com o intuito de obter resultados mais criativos. Outros propõem a simplificação dos materiais musicais, argumentando que a redução da complexidade nos procedimentos permite o investimento em aspectos do fazer musical que não estariam relacionados à utilização de um grande volume de recursos. Ainda não existem estudos que foquem a relação entre a quantidade de recursos utilizados e as manifestações criativas cotidianas. Porém, essa problemática dificilmente poderá ser abordada desde a perspectiva teleológica, já que um aspecto importante das práticas musicais é a escolha do foco da atividade (que ajuda a definir o campo epistêmico - Ferraz e Keller 2014). No contexto artístico, esse tipo de escolha precede à formulação de qualquer tipo de problema.

A concepção de sistema dinâmico, adaptativo e dialógico adotada pelo enfoque ecológico, contrasta fortemente com as visões que consideram a criatividade como um processo puramente mental e individual. Através de ciclos dialógicos e iterativos de intercâmbio focados na interação social entre pares, a dinâmica de atividades criativas em ubimus estimula avaliações e reflexões coletivas. A utilização intensa dos recursos locais e a troca de conhecimentos possivelmente encorajam os participantes a aplicar uma visão crítica sobre os seus processos criativos e sobre os produtos musicais compartilhados.

6. Agradecimentos

Os resultados discutidos neste trabalho são fruto de colaborações permanentes entre os autores. Maria Helena de Lima atualmente coordena a Comissão de Pesquisa do CAP-UFRGS. Damián Keller é bolsista PQ Nível 2 do CNPq.

7. Referências

- Burtner, M. (2005). Ecoacoustic and shamanic technologies for multimedia composition and performance. *Organised Sound* **10** (1), 3-19. (Doi: 10.1017/S1355771805000622.)
- Burtner, M. (2011). EcoSono: Adventures in interactive ecoacoustics in the world. *Organised Sound* **16** (3), 234-244. (Doi: 10.1017/S1355771811000240.)
- Cage, J. (1952). Tacet 4' 33". Premiered in Woodstock, NY, 29 August 1952.
- Fantauzzacoffin, J. & Rogers, J. D. (2013). Considering patterns of creative work process in creativity support. In *Proceedings of the ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'13)*. New York, NY: ACM.
- Farias, F. M., Keller, D., Pinheiro da Silva, F., Pimenta, M. S., Lazzarini, V., Lima, M. H., Costalonga, L. & Johann, M. (2014). Everyday musical creativity support: mixDroid second generation (Suporte para a criatividade musical cotidiana: mixDroid segunda geração). In D. Keller, M. H. Lima & F. Schiavoni (eds.), *Proceedings of the V Workshop on Ubiquitous Music (V UbiMus)*. Vitória, ES: Ubiquitous Music Group.
- Ferraz, S. & Keller, D. (2014). Preliminary proposal of the In-group, Out-group model of collective creation (MDF: Proposta preliminar do modelo dentro-fora de criação coletiva). *Cadernos de Informática* **8** (2), 57-67.
- Freire, P. (1999). *Pedagogy of Hope (Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido)*. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra.
- Harrington, D. M. (1990). The ecology of human creativity: A psychological perspective. In M. Runco & R. Albert (Eds.), *Theories of Creativity* (pp. 143-170). Thousand Oaks, CA: Sage Publications. (ISBN: 9780803935440.)
- Helson, R. (1988). The creative personality. In K. Gronhaugh & G. Kaufman (eds.), *Innovation: A Cross-Disciplinary Perspective* (pp. 29-64). Oslo: Norwegian University Press.
- Isaksen, S. G., Puccio, G. J. & Treffinger, D. J. (1993). An ecological approach to creativity research: profiling for creative problem solving. *The Journal of Creative Behavior* **27** (3), 149-170. (Doi: 10.1002/j.2162-6057.1993.tb00704.x.)

Keller, D. (1999). *touch'n'go: Ecological Models in Composition*. Master of Fine Arts Thesis Burnaby, BC: Simon Fraser University.
<http://www.sfu.ca/sonic-studio/srs/EcoModelsComposition/Title.html>.

Keller, D. (2000). Compositional processes from an ecological perspective. *Leonardo Music Journal* **10**, 55-60. (Doi: 10.1162/096112100570459.)

Keller, D. & Capasso, A. (2006). New concepts and techniques in eco-composition. *Organised Sound* **11** (1), 55-62. (Doi: 10.1017/S1355771806000082.)

Keller, D., & Lazzarini, V. (2017). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, *22*(1), 61-72. (Doi:10.1017/S1355771816000340)

Keller, D., Lazzarini, V. & Pimenta, M. S. (eds.) (2014). *Ubiquitous Music, Vol. XXVIII*. Berlin and Heidelberg: Springer International Publishing. (ISBN: 978-3-319-11152-0.)

Keller, D., & Lima, M. H. (2016). Supporting Everyday Creativity in Ubiquitous Music Making. In: Petros Kostagiolas, Konstantina Martzoukou and Charilaos Lavranos (eds.), *Advances in Multimedia and Interactive Technologies*. Vancouver, BC: IGI Global, 78-99.

Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V. & Mileto, E. M. (2012). Creativity-centred design for ubiquitous musical activities: Two case studies. *Journal of Music, Technology and Education*, *5*(2), 195-222. (DOI: 10.1386/jmte.5.2.195_1.)

Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V. (2014). The everywhere music: research on Ubiquitous Music, ICT, Music, Education. In: *Proceedings of the 25th International Seminar of the ISME Commission on Research*, João Pessoa, Brazil, p. 177-193.

Lima, M. H., Keller, D., Flores, L. V. (2018). Eco-composition and everyday creative musical practices: theory and practice experience in ubiquitous music research at UFRGS Application School with high school students in and out of the classroom. In: *Music for and by Children: online proceedings of the international conference musichildren'17*, pp.139-151. Aveiro, Portugal. (ISBN 978-972-789-539-7).

Lima, M. H. (2018). Theory and practice in Ubiquitous Music research at a Basic Education context with high school students in and out of the classroom. In: *Proceedings of the of ISME 2018 – MISTEC - Music in the School and Teacher Education Commission 22nd International Pre-Conference Seminar 8th-12th July 2018*, New York University, Prague, Czech Republic.

Mazzoni, D. & Dannenberg, R. (2000). Audacity. Carnegie Mellon University
<http://audacity.sourceforge.net/about/credits>.

Miletto, E. M., Pimenta, M. S., Bouchet, F., Sansonnet, J.-P. and Keller, D. (2011). Principles for music creation by novices in networked music environments. *Journal of New Music Research* 40 (3), 205-216.

Nance, R. W. (2007). *Compositional explorations of plastic sound*. Doctoral Thesis in Music, De Montfort University, UK.

Newell, A., Shaw, J. C. & Simon, H. (1958). *The processes of creative thinking*. Santa Monica, CA: Rand Corporation.

Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology* 55 (1), 657-687. (Doi: 10.1146/annurev.psych.55.090902.141502.)

Sacks, O. (2013). *Alucinações musicais*. São Paulo: Companhia das Letras.

Schafer, M. (1977/1991). *A afinação do mundo*. São Paulo: Editora Unesp. (*The Tuning of the World*. New York, NY: Knopf.)

Silva, S. L., Keller, D., Pereira, V. S. & Bessa, W. R. B. (2016). Estratégias de aferição da criatividade com público infantil: Utilizando ícones faciais em atividades com a metáfora de marcação temporal. In *Anais do Simpósio Internacional de Música na Amazônia (SIMA 2016)*. Belém, PA: EMUFPA.

Tanaka, A. (2009). Sensor-based musical instruments and interactive music. In R. T. Dean (ed.), *The Oxford Handbook of Computer Music* (pp. 233-257). New York, NY:

Wessel, D. & Wright, M. (2002). Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer Music Journal* 26 (3), 11-22. (Doi: 10.1162/014892602320582945.)

Playsound.space: An Ubiquitous System in Progress

Ariane Stolfi¹, Alessia Milo², Fabio Viola^{3,4}, Miguel Ceriani², Mathieu Barthet²

¹Centro de Música – Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP)

arianestolfi@gmail.com

²Centre for Digital Music (C4DM)
School of Electronic Engineering and Computer Science
Queen Mary University of London (QMUL), London, U.K.

{a.milo,m.ceriani,m.barthet}@qmul.ac.uk

³Advanced Research Center on Electronic Systems (ARCES)
University of Bologna, Bologna, Italy

⁴Department of Computer Science and Engineering (DISI)
University of Bologna, Bologna, Italy

fabio.viola@unibo.it

Abstract. *This paper describes the process of development of the online music making tool Playsound.space, an open platform to play with Creative Commons audio content from Freesound using semantic queries and a selection informed by spectrogram representations. After reviewing the initial interface we present new features aiming to enhance inclusiveness and participation and better support musical creativity by providing users with finer control of audio processing. This includes the integration of a multi-user chat system providing embedded language translation, and a player based on Web Audio allowing real time sound editing and stretching. We also discuss evaluations conducted, and provide directions for future developments of the platform.*

Resumo. *Este artigo descreve o processo de desenvolvimento da ferramenta online para produção musical Playsound.space, uma plataforma aberta para tocar com sons em Creative Commons do Freesound, com buscas semânticas e seleção por espectrográficos. Depois de rever a interface inicial, nós incluímos novos recursos para ampliar a inclusão e participação e prover maior suporte para a criatividade musical, fornecendo aos usuários um controle melhor dos processos sonoros. Isto inclui a integração de um sistema de chat com tradução de línguas e um tocador baseado em web audio que permite edição e alteração da velocidade do som em tempo real. Nós também discutimos avaliações feitas e direções para o desenvolvimento futuro da plataforma.*

1. Introduction

The development of Playsound.space¹ started as part of the PhD research from the main author at the NuSom research group (ECA, Universidade de São Paulo) during a collaboration with the Centre for Digital Music (C4DM, Queen Mary University of London)

¹<http://www.playsound.space/>

and the Audio Commons (AC) project [Font et al. 2016a]. The main objective was to explore the use of web technologies to prototype online music instruments using Creative Commons² audio content with the following Human Computer Interaction design requirements: to develop interfaces that are intuitive, accessible and easy to use, without requiring the installation of software other than a modern web browser. The use of web technologies also enables web-based applications to be accessed from multiple devices, such as laptops, tablets or smartphones, providing grounds for “ubiquitous music”, which as pointed out by Keller, “is not just yet another approach to musical interaction. It is a new way to foster music making in contexts that were previously not accessible to artistic endeavors.” [Keller 2018].

Here we will present the process of development of the tool, present new features developed since the previous related publications, and present new evaluations conducted with some of these new features, added to enhance the musical creativity support, participation and inclusion.

2. Related Works

The platform presented in this paper relates to several areas of research including mobile music [Gaye et al. 2006], ubiquitous music [Pimenta et al. 2014] and technology-mediated audience participation [Wu et al. 2017]. In [Pimenta et al. 2014], the authors proposed the term ubiquitous music (UbiMus) to define “practices that empower participants of musical experiences through socially oriented, creativity-enhancing tools” taking benefits from mobile communication and information devices and their distinctive capabilities of portability, mobility, connectivity and availability. Adjacent to this initiative, mobile music investigates how mobile technology can support music creation or reception often taking advantage of sensor technology for interactive [Essl and Rohs 2009] or context-adaptive experiences (see e.g. location-based music [Hazzard et al. 2015]). Playsound also connects to research on Web Audio, a high-level JavaScript API for processing and synthesizing audio in web applications³. Web Audio can be used to bring features from digital audio workstations (DAWs) to the browser, such as virtual instrument amplifiers [Buffa and Lebrun 2017], sound effects [Bahadoran et al. 2018], or whole collaborative music production platform [Lind and MacPherson 2017].

3. From Open Band to Playsound

3.1. Open Band

Our first project, Open Band (Banda Aberta) [Stolfi et al. 2018b], was designed to support web-based audience participation⁴. Open Band provides a platform for participatory music performance that works as a website letting audience members interact through a web chat. Audience members send anonymous messages that are converted into sounds on the fly. We wanted to experiment with the alphabet, a fundamental technology for cultural development, easy to learn and adjustable to many languages [McLuhan 1994], and how it could be used as a technology for music making.

²<https://creativecommons.org/>

³<https://www.w3.org/TR/webaudio/>

⁴The development was done in collaboration with the software engineer Fabio Gorodscy at Universidade de Sao Paulo: <https://github.com/fabiogoro/bandaserver>.

Various text-to-sound mappings were investigated throughout the development of Open Band: by (i) mapping letters to sounds using sample-based synthesis [Stolfi et al. 2017b] following a procedure of inter-semiotic translation [Plaza 1987], or by (ii) using web audio synthesis following an isomorphic relation between the sound spectrum and the letters [Stolfi et al. 2017a]. In both cases, the mappings between the letters and the sounds were established a priori by the author and experimenters, so the only creative sonic control for the audience consisted in proposing combinations of sounds over time. Although analyses of data collected during performances indicated that the experience was fun and engaging for the audience [Stolfi et al. 2018b], we found that the capabilities of the system to support creative musical composition were limited due to the constraints and limited sonic agency.

3.2. Design motivations

The digitalization of sound, together with web technologies and digital audio databases, opens many creative possibilities, which, as Schnell suggests, may lead to a “promise of perpetual reincarnation of digital sounds through their permanent exchange and transformation” [Schnell et al. 2013]. Collective free music improvisation (CFI) practitioners sometimes find difficult to use digital audio workstations because most of the interfaces are based on a predetermined temporal grid imposing fixed time structures and tempo which do not fit this style, and based on software instruments that restrict the amount of possible sonorities and timbres. After Open Band, we intended to develop interfaces enabling the production of a rich palette of sounds without requiring musical expertise or virtuosity and Playsound (PS) emerged from this desire. Although PS is an accessible and open tool on the web, it was first conceived to fulfill the needs of the first author as a free music improvisation (FMI) practitioner. It can be challenging to locate audio samples in personal audio collections in order to find sonic material to play during free music improvisation [Xambó et al. 2018], especially since FMI requires spontaneous reactions to music produced on the fly [Canonne and Garnier 2011]. This requires performers to know well in advance the nature of the sounds in a given collection which is impractical when the size of the collection becomes large. To alleviate this, practitioners generally choose to rely on subset of their sound collection, which in turn restricts creative possibilities. Playsound is an attempt to address these issues providing performers with an easy access to a large number of sounds. As in Open Band, we choose to keep using text as an input medium, but instead of relying on predetermined mappings from letters to sounds, text serves information retrieval purposes, to be able to fetch audio material from characteristics relating e.g. to semantic meaning (e.g. “peaceful rain”⁵, “crowd noise”⁶, or “raucous cockatoos”⁷). The technological solution consists in a search engine providing access to several hundreds of thousands of sounds with creative commons (CC) licenses available through the Freesound API [Akkermans et al. 2011].

⁵<https://freesound.org/people/RTB45/sounds/162752/>

⁶<https://freesound.org/people/sandyrb/sounds/35748/>

⁷<https://freesound.org/people/kangaroovindaloo/sounds/161640/>

3.3. Development of Playsound

Fig. 1 presents the main stages of development of Playsound from September 2017 to July 2018. The project started with a simple interface⁸ to search the Freesound database, showing the query results as spectrograms. We then included features to make the player capable to overlay multiple sounds and use the platform as a music composition tool.

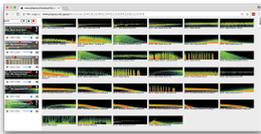
Date	Interface	Features
07/09/2017	Audioquery start 	search engine for Freesound Database showing the spectrograms with the results
19/9/2017	Audioquery multitrack player 	play simultaneous sound files while searching using standard HTML objects URL saving the sounds played
29/11/2017	Audioquery multitrack player 	showing spectrograms of the played files added recording capability adapted to work better in cellphones
27/01/2018	Playsound first version 	new url Playsound.space added loop and individual volume control for each sound sample version tested at C4DM Performance Lab
25/04/2018	Playsound Web Audio 	changed the sound processing to Web Audio API with audio buffer instead of HTML objects. speed control of each sound sample button to queue sounds instead of playing directly started the development of the Chat branch
26/05/2018	Playsound granular synthesis 	version tested with orchestra errante choose loop start and loop end so it's possible to do granular synthesis and sound editing master volume control start to develop recommendation system branch to gather other sound sources (not tested)

Figure 1. Playsound development timeline

In the PS interface, music making starts with typing a text query in an input field. This action results in displaying, as the query changes, a list of sounds and their spec-

⁸For research purposes, we kept a functional version of the old system hosted at: <http://www.codigo.xyz/audioquery/>

trograms retrieved from the Freesound database, together with metadata about name and duration. The spectrograms allow users to analyse the temporal structure of the sounds and their frequency content, helping them to choose them accordingly. They are displayed in a matrix form for easy comparison between sounds. Although this type of visualisation will provide varying degrees of awareness to users depending on their ability to decode spectrograms, we believe implicit learning can take place over time due to perceivable correlations between the visual representation of the spectro-temporal qualities of sounds and their auditory characteristics. When selecting an image, the corresponding sound is added to the playlist on the left of the interface. Sounds can be played back directly upon selection, or be queued in the playlist for further orchestration. The playlist, during and after the selection, is also available as a URL representing a collection of Freesound sound identifiers which can be copied or bookmarked⁹.

The first playable version of PS was based on the HTML Media Element object and its default player, with controls such as playback, pause, looping, volume, delete sound, and download sound. Moreover, the interface allowed the user to record the live performance as a Wave file directly on their device. In the playlist element, changes made to the volume of individual sounds are reflected in a variation of the opacity of their spectrograms, as a form of visual feedback.

3.4. First Evaluations

When the system was judged ready to be used in live performances (‘Audioquery multitrack player’ in Figure 1), we conducted several user evaluations [Stolfi et al. 2018a]. First, we established a small ensemble including musicians playing PS and other musicians playing electronic or traditional instruments such as guitar and effects, piano, percussions, and vocals. In each session, participants were invited to play together an improvisation piece for about 10 minutes, and to discuss their experience after each piece. We examined three sessions with this kind of ensemble, involving 6 musicians in total. Following this study, we improved the interface to provide individual volume control and information about the audio file on the playlist.¹⁰

In another evaluation, PS was tested in controlled lab settings with trios of participants both with and without prior music performance experience. Participants were invited to play three five-minute long free improvisations using the system on their laptops. 15 participants took part in the study (5 females, 10 males, mean±SD age = 32.7±5.4), 8 of them considered themselves as musicians (4 intermediate and 4 experienced), while 7 did not. We measured system usability [Jor 1996] and creativity support [Cherry and Latulipe 2014] using an online survey to be completed just after the performances. We also conducted inductive thematic analyses [Braun and Clarke 2006] from focus group discussions and self-reports related to workflow, hedonic quality, engagement, learning, contexts of use and improvements. The prototype yielded a high usability score (M = 82.5/100, SD = 8.94) and creativity support index (M =71.7, SD =15.6) with no significant differences between non musicians and musicians.

⁹Example: <http://www.playsound.space/sounds=259535,338225,255018,195508,324202>

¹⁰Audio recordings of seven 10 min improvisation pieces are available at the link:<http://finetanks.com/records/puppets/>

The system proved to be inclusive with respect to musical expertise since it enabled creative musical collaborations without training and for users who did not have prior musical skills. We identified design challenges like a will for more control of audio processing (e.g. volume, loop, effects, timing) and increased sense of identification and co-presence between performers. To improve sound retrieval, participants wished to have access to filtering and clustering techniques and to be able to search for sounds by features, e.g. by timbre.

These initial user evaluations were followed by a first live solo performance with PS by the first author at the A'mas event held at the Total Refreshment Centre in London on 25 March 2017 (see Figure 2)¹¹. After a 30 minutes solo performance, the performer also joined a jam session with 8 other invited musicians who played synthesizers and other electronic instruments. During the jam, most of the instruments were connected through a central Midi clock providing beat synchronization. Although PS does not offer this possibility, since it is not grid-based, it was still possible to play live in this format. The performer had to develop a strategy to select in real time sounds that wouldn't conflict with the established rhythm, working with sonic materials such as textures and effects instead of more structured loops. By using this system as part of a public live electronic performance, we acknowledged that it could be used as a basis for real music practice. But as in previous evaluations, the performer also found that the creative control would benefit from enriched audio processing.



Figure 2. Ariane Stolfi during her first solo performance with Playsound (A'mas concert, Total Refreshment Centre, London).

3.5. Improvements

Following users' desire for more expressive control, we added a range of audio editing, processing and mixing capabilities. This included the possibility of queuing sounds in the playlist and manipulating their duration and pitch by varying their playback speed. We also enabled editing by selecting segments and control custom loops during playback. To implement this feature, we used the buffer object from the Web Audio API library which replaced the HTML media element object (despite the HTML media object can start playing upon selection large files while still buffering). We also introduced a panning control for each sound object, allowing to position them in the stereo field. We are planning to introduce a panning control on the master channel e.g. to help musicians from laptop ensembles to identify individual sonic contributions spatially.

¹¹Excerpt from the performance can be found at <https://youtu.be/LmjmpQagBG8>

3.6. Evaluation with Orquestra Errante Improvisation Ensemble

User tests conducted in a lab environment with musicians who had not played together before were useful to compare the system with other tools currently being developed within the Audio Commons Ecosystem [Font et al. 2016b]. However, we are also interested in testing the system with ensembles that are already established. We conducted an evaluation of PS with the Orquestra Errante Ensemble, a free improvisation group directed by the researcher Rogério Costa at the NuSom research group in São Paulo. The dynamics of the group is to be non-hierarchical, where “the creation always happen in a collaborative, collective, shared in real time and unique way” [Costa 2013]. The group always discuss the musical proposals and how they should be developed jointly. The evaluation procedure with this ensemble was hence decided in a participatory way using suggestions made by the players. As it was found more interesting to maximize the short amount of time available to play, an online questionnaire to be completed after the sessions was left optional (the survey was the same than in [Stolfi et al. 2018a] but translated in Portuguese). The procedure that was co-designed involved to play three short pieces of around two minutes in trios, with one PS user and other instrumentalists, and three longer pieces, with two PS users and all the other musicians playing together. For each piece we alternated the performers who used PS in a way that every musician could experiment with the tool, as shown in Figure 3. Before each performance, the new PS players were able to experiment with the system during a short familiarisation stage lasting between 3 to 8 minutes. The recordings of the pieces, which are listed in Table 1, are available at the URL below¹². Three out of 8 participants completed the survey.



Figure 3. Images from the footage of the Playsound user evaluation with free improvisation ensemble Orquestra Errante.

Table 1. Instrument configurations and duration of the pieces during the improvisation sessions with PS and the Orquestra Errante.

Instruments	Time
PS + acoustic bass + violin with effects	2:34”
PS + percussion + voice	3:40”
PS + flute + sax	2:30”
PS + PS + percussion + voice + sax + flute + piano	8:04”
PS + PS + sax + voice + acoustic bass + flute + piano	7:03”
PS + PS + percussion + voice + bass + violin with effects + flute + sax	14:51”

¹²<http://finetanks.com/records/playsound/orquestraerrante>

3.6.1. Analysis of the performances

Audition of the recordings showed that, comparing to the previous tests, most performers from the improvisation ensemble chose to work with fewer sonic materials and spend more time at exploring sound processing instead of using large amount of sound samples. This may be due to the richer amount of expressive controls present in the updated interface, but also a will to closely work with sonorities, which is characteristic of FMI. The performed pieces present a great degree of variation in dynamics and textures, depending on the group configurations. There were interesting musical dialogues between the performers, with question-response situations and different ground-figure relations between PS and traditional instruments. At times, PS players produced accompanying textures and in other occasions, they acted as soloists, as commonly takes place in the practice of the ensemble.

3.6.2. Thematic analysis

We conducted a thematic analysis [Braun and Clarke 2006] on the transcriptions of the group discussion and answers to the survey. We identified the recurrent themes below which were also present in the previous analysis [Stolfi et al. 2018a].

Creativity support and narrative. (10 occurrences) Users commented about the process of playing together (*“the sound you played directly influenced on what I was doing, and the inverse also happened”*, *“I’ve changed the velocity based on what you were playing”*), and about the type of sounds played (*“there were some interesting sounds out of context that we embraced, but sometimes it was almost funny”*).

Relevance and excitement. (7 occurrences) Some users showed excitement to play with the tool (*“can we play!?”*, *“there’s every sound in the universe!”*, *“it’s well resolved in terms of sound”*).

Emotional engagement and playing strategies. (10 occurrences) Users reported about the novelty of the tool which provided a different way to play (*“this generates a specific way of playing”*, *“there are interesting sound samples you can manipulate like a sound object”*, *“the nice thing here is the search through words”*), and about how they used the tool during the performances (*“I was playing, then I changed the tempo, then I started to select excerpts of the samples”*).

Limitations. (9 occurrences) Users reported some issues with the current interface, that had misleading controllers and lack of visual feedback about the sounds being played. During the study, the interface faced a bug preventing the playhead positions to show the current position in each audio sample. Participants also commented on the speed of the response, since the Internet speed was very slow during the test.

Identification of sounds and sources. (3 occurrences) Users reported that they were able to listen to the digital sounds. One participant reported the difficulty to know who was playing what, and another suggested that the performance would be better if everyone had their own pair of speakers.

Improvements. Users suggested some desirable improvements such as: including capabilities for time stretching, synchronization of all sounds, to stop all sounds, to use

a midi controller, to have a fade in/out options for each sound, and interface with other hardware (e.g. Arduino, Raspberry Pi).

In the survey question on what they most enjoyed using PS, users reported on the quantity of sounds available and empowerment (“*I felt a kind of power to have available a huge quantity of sounds to use*”), and about the possibility of combining “*textures with superimposed layers*”. About the type of sounds used, they reported searching for “*Non-musical sounds*” and “*Low pitched sounds, from the nature*”. One of them interestingly reported “*I didn’t search for anything, the sound came to my encounter.*”.

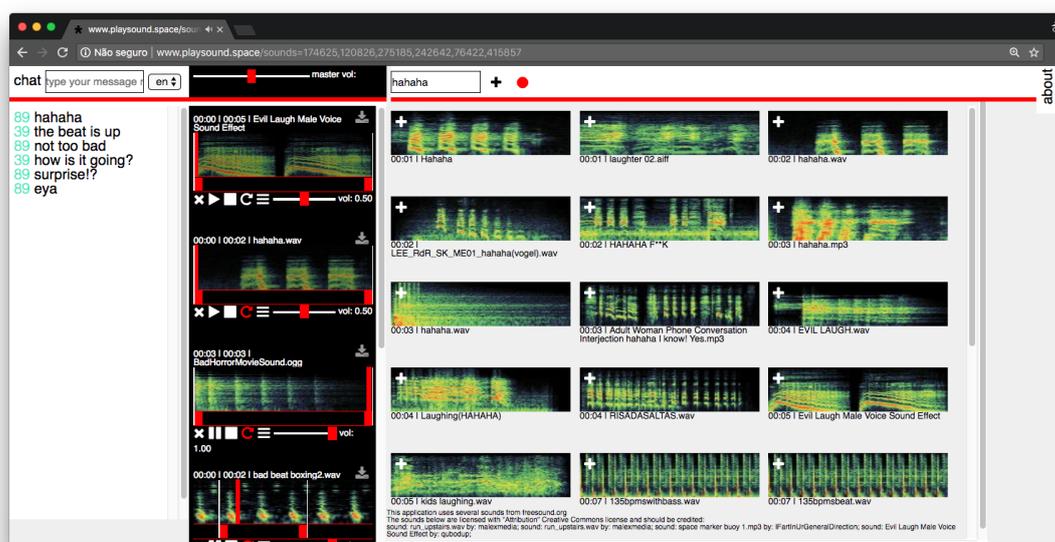


Figure 4. Example of use of the chat interface in Playsound

4. New Directions

Since the last evaluation, we have included new features which will be the object of future evaluations. These features have been developed mostly to enhance participatory processes, by providing a chat environment, and accessibility, through a built-in translation system aiming to let non-English speakers use the tool.

4.1. Chat

At the address <http://www.playsound.space/chat>, the user can type messages that are shared with other users connected to the same address. Moreover, the messages, once sent, become hyperlinks which, when selected, trigger a query in the Freesound database. This in return shows results for the related word. The chat is based on socket communication, implemented in node.js through socket.io. Ids are assigned automatically to the clients accessing the address, and we are currently implementing the creation of user-defined chat rooms.

4.2. Translation

Freesound APIs¹³ propose a text search mechanism that operates by matching tags and other metadata. This simple mechanism (exploited by PS) does not account for mis-

¹³<https://www.freesound.org/docs/api/overview.html>

matches between the language that users employ in their queries and the ones used in tagged Freesound content. As this can impair the inclusion of non-english speakers, it motivated us to implement a translation tool, which now allows the user to select its own language and receive possible translations to English, the main language of the metadata.

Playsound’s translation tool relies on Yandex APIs¹⁴, that supports 90 languages. To simplify the interface, we reduced the range to 17 languages that are more present on Freesound. When users type in a keyword in the research field, PS issues a request to the translate API and propose the results to the users. They are then allowed to click on the suggestion to start the research with the English keyword.

To illustrate how the translation tool can be useful for a user we provide an example based on the Portuguese word “*pandeiro*” (i.e. tambourine in English). At the time of writing, Freesound hosts 52 sounds matching the word “pandeiro”. If Portuguese is set as the input language, PS translation let users query sounds with the English translation of the word, which yields 460 results.

4.3. Tag and Audio Content-based Recommendation

Another feature which we develop in parallel provides recommendations of audio files that sound similar to selected ones [Viola et al. 2018]. This contribution is framed within the EU-funded Audio Commons project that aims at easing the access to Creative Commons audio content to the creative industries. The implemented recommendation mechanism is a complex multi-agent system based on the Semantic Web of Things. It operates through a two-stages approach: in the first stage it looks for audio files with the same tags on Freesound as well as on Europeana and Jamendo (all these three are content providers of the Audio Commons Ecosystem). In the second stage, an audio analysis is performed to reject results that differ too much from the originally selected file (at the moment a simple similarity function is implemented using spectral linear centroid computed with Sonic Annotator and Vamp plugins [Cannam et al. 2010]).

5. Discussion

There are currently three instances of Playsound that are developed in parallel. The main instance can be used as a single user instrument or composition tool. The version including the chat system will be developed to become a fully participatory music making tool. The Playsound recommendation system should include in the future sounds from other resources and be integrated into the other instances upon positive result from testing. While some of the features developed came from necessities identified among the test users, other features followed design choices discussed by the authors to better support inclusion (for example the translation system) and to provide access to the Audio Commons Ecosystem (recommendations). Even though tests were made with different users during different phases of development, the core of the analysis mostly comes from the author’s continuous practice with the system itself. Eventually, we realized that although porting the system to Web Audio buffers may offer more support in music processing, it also makes the system loose part of its real-time playing capabilities, as currently sound buffers need to be fully loaded before playing.

¹⁴<https://tech.yandex.com/translate/>

6. Conclusion

Although Playsound can already be considered a usable music making tool, as shown in several user studies, we still consider it a program in progress. Our current endeavor is to make the system a fully participatory tool, providing sounding chat rooms that could be accessed by multiple users in remote locations for shared networked music performances. We also want to explore more the potentials of the Web Audio API to include features such as filters, effects and time stretching to enhance the power of the system in transforming sound in real time. The search engine and interface can also be improved to research further the associations between sound and meaning that can be inferred using semantic web and semantic audio technologies.

7. Acknowledgments

We acknowledge support from University of São Paulo's NuSom Research group and the CAPES PDSE grant awarded to Ariane Stolfi. This work is also supported by the EU H2020 grant Audio Commons Initiative (No. 688382). We would like to thank Orquestra Errante for testing the system.

References

- (1996). SUS: a 'quick and dirty' usability scale. In Jordan, P. W., editor, *Usability Evaluation in Industry*, chapter Usability, page 252. Taylor & Francis.
- Akkermans, V., Font, F., Funollet, J., de Jong, B., Roma, G., Toghias, S., and Serra, X. (2011). Freesound 2: An improved platform for sharing audio clips. In *Proc. ISMIR*.
- Bahadoran, P., Benito, A. L., Vassallo, T., and Reiss, J. D. (2018). Fxive: A web platform for procedural sound synthesis. In *Proc. Audio Engineering Society Convention*.
- Braun, V. and Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2).
- Buffa, M. and Lebrun, J. (2017). Real time tube guitar amplifier simulation using webaudio. In *Proceedings of the Web Audio Conference*, London.
- Cannam, C., Sandler, M., Jewell, M. O., Rhodes, C., and d'Inverno, M. (2010). Linked data and you: Bringing music research software into the semantic web. *Journal of New Music Research*, 39(4):313–325.
- Canonne, C. and Garnier, N. (2011). A model for collective free improvisation. In *International Conference on Mathematics and Computation in Music*. Springer.
- Cherry, E. and Latulipe, C. (2014). Quantifying the Creativity Support of Digital Tools through the Creativity Support Index. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 21(4).
- Costa, R. L. M. (2013). Na orquestra errante ninguém deve nada a ninguém ou... como preparar um ambiente propício à prática da livre improvisação. *Revista Música Hodie*, 13(1).
- Essl, G. and Rohs, M. (2009). Interactivity for mobile music-making. *Organised Sound*, 14(2).
- Font, F., Brookes, T., Fazekas, G., Guerber, M., La Burthe, A., Plans, D., Plumbley, M. D., Shaashua, M., Wang, W., and Serra, X. (2016a). Audio Commons: Bringing Creative Commons Audio Content to the Creative Industries. Audio Engineering Society.

- Font, F., Brookes, T., Fazekas, G., Guerber, M., La Burthe, A., Plans, D., Plumbley, M. D., Shaashua, M., Wang, W., and Serra, X. (2016b). Audio commons: bringing creative commons audio content to the creative industries. In *Audio Engineering Society Conference: 61st International Conference: Audio for Games*. Audio Engineering Society.
- Gaye, L., Holmquist, L. E., Behrendt, F., and Tanaka, A. (2006). Mobile music technology: Report on an emerging community. In *Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression*. IRCAM—Centre Pompidou.
- Hazzard, A., Benford, S., Chamberlain, A., and Greenhalgh, C. (2015). Considering musical structure in location-based experiences.
- Keller, D. (2018). Challenges for a second decade of ubimus research : Knowledge transfer in ubimus activities. *Revista Música Hodie*, 13(1).
- Lind, F. and MacPherson, A. (2017). Soundtrap: A collaborative music studio with web audio. In *Proceedings of the Web Audio Conference*, London.
- McLuhan, M. (1994). *Understanding media: The extensions of man*. MIT press.
- Pimenta, M. S., Keller, D., and Lazzarini, V. (2014). *Prologue – Ubiquitous Music: A Manifesto*. Springer.
- Plaza, J. (1987). *Tradução intersemiótica*, volume 93. Editora Perspectiva.
- Schnell, N., Eckel, P. G., Rolf, P., and Godøy, I. (2013). Playing (with) Sound: Of the Animation of Digitized Sounds and their Reenactment by Playful Scenarios in the Design of Interactive Audio Applications. (October).
- Stolfi, A., Barthes, M., Goródscy, F., Deusany, A., and Iazzetta, F. (2017a). Open band: Audience Creative Participation Using Web Audio Synthesis. In *Proc. of WAC*.
- Stolfi, A., Barthes, M., Goródscy, F., and Júnior, A. D. d. C. (2017b). Open Band: A Platform for Collective Sound Dialogues. In *Proc. Audio Mostly*. ACM.
- Stolfi, A., Ceriani, M., Turchet, L., and Barthes, M. (2018a). Playsound.space: Inclusive Free Music Improvisations Using Audio Commons. In *Proc. Int. Conf. on New Interfaces for Musical Expression*.
- Stolfi, A., Sokolovskis, J., Goródscy, F., Iazzetta, F., and Barthes, M. (2018b). Audio Semantics : Online Chat Communication in Open Band Participatory Music Performances. *J. Audio Eng. Soc. (in press)*, (1).
- Viola, F., Stolfi, A., Milo, A., Ceriani, M., Barthes, M., and Fazekas, G. (2018). Playsound.space: enhancing a live performance tool with semantic recommendations. In *Proc. 1st SAAM Workshop (in press)*. ACM.
- Wu, Y., Zhang, L., Bryan-Kinns, N., and Barthes, M. (2017). Open symphony: Creative participation for audiences of live music performances. *IEEE MultiMedia*, 24(1).
- Xambó, A., Roma, G., Lerch, A., Barthes, M., and Fazekas, G. (2018). Live repurposing of sounds: Mir explorations with personal and crowdsourced databases.

Os registros ubíquos das paisagens: da imagem ao som

Thiago de Andrade Morandi¹, Flávio Luiz Schiavoni²

¹Mestrando no Programa Interdepartamental de Pós-graduação Interdisciplinar em Artes, Urbanidades e Sustentabilidade, PIPAUS. Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Campus CTAN - São João del-Rei – MG - Brasil

²Professor no Programa Interdepartamental de Pós-graduação Interdisciplinar em Artes, Urbanidades e Sustentabilidade, PIPAUS. Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Campus CTAN - São João del-Rei – MG - Brasil

contato@tmorandi.com.br, fls@ufs.br

***Abstract.** In this text, it is approached in an interdisciplinary way analyzes and possibilities of records of fixed and moving images of landscapes, with emphasis on the sound landscape, by means of ubiquitous mechanical devices (smartphones). Among the subjects discussed are discussions about communication, through the transmission of information and online messages, as well as technological evolution and its interference in social relations and intuition of creative processes.*

***Resumo.** Neste texto é abordado de forma interdisciplinar análises e possibilidades de registros de imagens fixas e em movimento de paisagens, com destaque para a paisagem sonora, por meio de aparelhos mecânicos ubíquos (smartphones). Dentre os assuntos abordados estão discussões sobre comunicação, por meio de transmissão de informações e mensagens online, assim como a evolução tecnológica e sua interferência nas relações sociais e intuição de processos criativos.*

1. A ubiquidade do celular e o acesso à informação

Devido ao avanço tecnológico, o acesso e a difusão da informação se tornaram cada vez mais rápidos e difíceis de ser mensurados. Seja devido ao grande número de imagens e informação que circulam na rede, ou pela facilidade de se criar, capturar e difundir tais imagens e informações pelas redes. Estamos na era da Cibercultura, em que a maioria das relações sociais estão no ambiente online e isto está formando um banco de informações sem precedentes, conhecido hoje como *big data*. É também cada vez maior o número de aparelhos que possibilitam o registro de eventos e sua inserção nas redes, com destaque para os aparelhos celulares, que quase que em sua totalidade carregam em si microfones, câmeras de foto e vídeo com boas qualidades.

Estes aparelhos têm permitido trocas de mensagens instantâneas por meio de aplicativos e redes sociais tornando o rápido acesso e difusão de informações extremamente ágeis, sejam elas noticiosas ou não. Um estudo sobre a comunicação móvel, sobretudo o

conteúdo jornalístico para smartphones, é apresentado por (SILVEIRA, 2017), especialmente o formato de narrativa sistêmica no jornalismo ubíquo.

Neste jornalismo onipresente, que se distingue pouco a pouco graças aos múltiplos sensores e telas que nos rodeiam, a informação sai ao encontro dos usuários, poupando o esforço de buscá-la. Por isso é algo mais do que um simples jornalismo móvel. Não se trata apenas de o usuário ter consigo um dispositivo a partir do qual possa consultar periodicamente a informação; na realidade, o jornalismo ubíquo proporciona uma oferta informativa personalizada e ininterrupta, que se mostra sem a necessidade de que cada usuário a solicite, através das telas que sucessivamente aparecem em seu caminho (em casa, no trabalho, num veículo de transporte, em um hotel...). [...] Os últimos avanços no âmbito da ótica e da internet das coisas apontam exatamente nessa direção: tanto o consumo como a produção de conteúdos jornalísticos se realizará num sistema interconectado de dispositivos que permitirá uma comunicação cada vez mais corpórea com a informação – através da voz, dos gestos, do movimento dos olhos ou, quem sabe, pelo poder da mente – (SALAVERRÍA, 2016a, p. 259-260) (SALAVERRÍA, 2016a, p. 259-260. apud SILVEIRA, 2017, p.79-80)

A maior parte das trocas de mensagem ou acesso à informação por meio dos smartphones vêm acompanhadas de áudios e de imagens, sejam elas fixas ou em movimentos. Seja pela facilidade ou até mesmo incentivo social, cada vez mais estamos registrando e gravando tudo o tempo todo, e claro, compartilhando nossos registros e informações em grupos de família, amigos, sites de notícias e redes sociais, por exemplo.

2. Os aparelhos mecânicos digitais e os registros de imagens e sons

Noticiosas ou não, as informações acompanhadas de imagem têm maior chance e possibilidades de alcances, e assim como para esta finalidade - de difusão de informações - as imagens também têm sido utilizadas para registro de praticamente tudo: os primeiros passos e as primeiras palavras de uma criança, acidentes de trânsito, brigas, celebrações e tradições culturais, por exemplo. Entre estes registros é importante destacar alguns momentos históricos.

O primeiro deles foi o que, segundo a Revista Times, na publicação “100 Photographs: The Most Influential Images of All Time”, foi apontada como a primeira fotografia feita com um celular no mundo. Esta foto, apresentada na Figura 1, é de 1997. Segundo a Time Magazine, Philippe Kahn, preso no tédio de uma maternidade, conectou um celular em uma câmera digital, sincronizada por uma série de linhas de códigos, escritos em seu laptop, realizou a foto de sua filha recém-nascida, e em seguida a compartilhou de forma instantânea para seus familiares. Rapidamente a imagem foi transmitida para mais de 2 mil pessoas. Kahn logo refinou seu protótipo *ad hoc*¹ e, em 2000, a *Sharp Corporation*² usou sua tecnologia para lançar o primeiro celular com câmera integrado comercialmente disponível, no Japão. Os telefones foram introduzidos no mercado norte-americano alguns anos depois e logo se tornaram onipresentes.

¹ *ad hoc* são um tipo de rede de transmissão de dados, em que um ponto determinado transmite dados para outros pontos distintos.

² Sharp Corporation é uma fabricante japonesa de eletrônicos fundado em 1912.



Figura 1. Primeira fotografia feita com um celular, em 1997. Foto: Philippe Kahn



Figura 2. Aparato mecânico, feito por Philippe Kahn para o primeiro registro de uma imagem por meio de um celular, em 1997.

O segundo momento, datado de 2014, foi a vez de uma *selfie*³ entrar em destaque, talvez a mais representativa de todas as *selfies* da atualidade. Durante a premiação do Oscar daquele ano, o ator Bradley Cooper, que segurava o telefone, fez a fotografia junto com Meryl Streep, Brad Pitt, Jennifer Lawrence e Kevin Spacey, entre outros; em seguida a apresentadora daquele ano, Ellen DeGeneres, publicou a foto em seu *Twitter*⁴, e a publicação teve mais 3 milhões de retweets (compartilhamentos feitos no *twitter*). Esta imagem se tornou histórica e importante pelo fato de incentivar o auto registro e o seu compartilhamento nas redes sociais, pois desde a sua divulgação e repercussão, nós somos bombardeados diariamente com milhares de auto retratos.

³ Um autorretrato, ou seja, uma foto feita pela própria pessoa retratada.

⁴ A fotografia original pode ser visualizada no Twitter de Ellen DeGeneres. Disponível em: <<https://goo.gl/1NNyg6>>. Acesso em 03 de julho de 2018.



Figura 3. “If only Bradley's arm was longer. Best photo ever”, publicado no Twitter de Ellen Degeneres, em 2014. Foto: Bradley Cooper

Em 2013, o fotógrafo Joel Silva, que na época cobria conflitos na região de Israel e Egito para o Jornal Folha de São Paulo, registrou com celular imagens em movimento⁵, de um destes constantes conflitos na região. Este foi um dos primeiros registros audiovisuais do tipo. No vídeo o som nos faz sentir no lugar do fotógrafo, toda tensão, tiros, respiração forte e etc, uma verdadeira paisagem sonora imersiva.

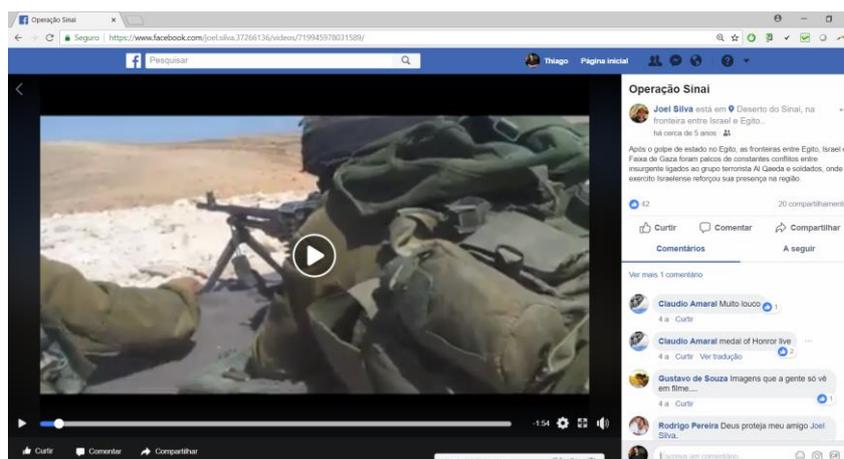


Figura 4. Print da publicação de Joel Silva, no seu perfil do facebook, feita em setembro de 2013 durante uma incursão militar nas proximidades de Egito e Israel.

Estes exemplos históricos trazem registros de imagem e vídeo e servem para ilustrar o avanço tecnológico das últimas duas décadas, com novas possibilidades de captação por meio de câmeras de celulares, cada vez menores com lentes claras⁶ e com potentes sensores. Algo em comum a todos estes registros é sua característica audiovisual e sua relação com as **paisagens**, sejam elas urbanas ou naturais. A velocidade da informação não textual que cerca estes registros e sua materialidade visual é um importante fator histórico. No entanto, nos dois primeiros exemplos, a paisagem é apenas visual. Certamente um apreciador do momento tenderá a ficar instigado por outro registro do momento, a **paisagem sonora**.

⁵ Segundo o Fotógrafo Joel Silva, parte do vídeo foi feita com um celular e outra com uma câmera DSLR. Disponível em: < <https://goo.gl/HLLRrP>>. Acesso em 28 de junho de 2018. Fotos dos conflitos, incluindo do momento em que foram feitas as imagens em movimento podem ser vistas no Portal Folha de São Paulo, disponível em: < <https://goo.gl/gkiZQu>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

⁶ Referente ao diafragma de abertura da lente da câmera.

3. Os Registros de Paisagens Sonoras - Da imagem para o som

Antes de avançarmos nas possibilidades de registros de imagens de paisagens sonoras, precisamos definir um pouco o que compreende este campo de estudo, a sua relação com a computação ubíqua, e a forma com que tem sido transmitida as informações por meio de aparelhos mecânicos ubíquos.

Para SCHAFFER (2001) paisagem sonora corresponde a

(...) qualquer porção do ambiente sonoro vista como um campo de estudos. O termo pode referir-se a ambientes reais ou construções abstratas, como composições musicais e montagens de fitas, em particular quando consideradas como um ambiente. (SCHAFFER, 2001, p. 366)

Portanto tudo que está ao nosso redor pode ser considerado uma paisagem sonora, e consequentemente todos os registros que captamos por meio de smartphones que contém áudio. Podemos assim, identificar a paisagem sonora em que tais imagens estão inseridas.

As imagens em movimento, como no caso do fotógrafo Joel Silva, ganham mais significado quando acompanhadas das paisagens sonoras pois certamente a imagem com o som pode causar efeitos de sinestesia no público receptor e um cruzamento de emoções e sentimentos nas pessoas que visualizam e recebem tais registros. O que também podemos identificar como uma forma de estética relacional, um diálogo entre o que foi transmitido e quem assiste, BOURRIAUD (2009) define este termo especificando as relações entre as obras de arte de galeria e seus espectadores, porém pode ser aplicado em outras áreas do conhecimento.

Estes primeiros estudos sobre as paisagens sonoras (*soundscape*) de Schafer, em meados da década de 1970, foi além da percepção destes sons ambientes, possibilitando uma investigação mais profunda, possibilitando com que fossem realizadas composições musicais por meio de captações destes sons. Uma das primeiras obras musicais compostas foi “The Vancouver Soundscape 1973⁷”, realizado por Schafer, em que registrava sons ambientes de Vancouver, no Canadá. Neste caso uma obra musical de pouco mais de sete minutos nos remete este local, se escutarmos estes sons de forma isolada, de olhos fechados, é como se estivéssemos no local, vivenciando a cidade, sentindo o seu ritmo urbano. Afinal

o ambiente contém numerosas séries de ritmos: os que separam o dia da noite, o sol da lua, o verão do inverno. Embora não possam proporcionar pulsações audíveis, esses ritmos têm poderosas implicações para as mudanças da paisagem sonora. Existe um tempo para todas as coisas. (SCHAFFER, 2001, p.319)

Em 2014, uma produção audiovisual, de Leonardo Dalessandri chamou a atenção e ganhou destaque. Dalessandri utilizou técnicas variadas de captação de imagens em movimento durante 20 dias de uma viagem feita pela Turquia, em que percorreu mais de 3500 km, passando por seis cidades diferentes. A obra “*Watchtower of Turkey*⁸” é acompanhada de uma variedade de ritmos e paisagens sonoras, o que causa no espectador um misto de sensações. Muitos destes sons presentes no filme, apesar de serem “*soundscape*” são inseridos posteriormente, sejam eles compostos exclusivamente para o

⁷ A obra “The Vancouver Soundscape 1973”, de Raymond Murray Schafer, criada em 1973 em Vancouver (Canadá). Disponível em: <<https://soundcloud.com/nnealby/r-murray-schafer-entrance-to-the-harbour-the-vancouver-soundscape-1973>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

⁸ Watchtower of Turkey. Disponível em: <https://goo.gl/JiuJNP>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

filme, por meio de técnicas de *folley*⁹, ou inseridas junto com a músicas na ilha de edição, compondo a trilha sonora como um todo.

A composição de uma paisagem sonora permite a criação da trilha sonora para uma imagem ou vídeo que foi captada sem som, permitindo a criação de sons que nem sempre foram gerados pelos objetos registrados visualmente. Muitos destes sons são produzidos por materiais característicos da região geográfica em que são criados. SCHAFFER (2001) os considera como sons fundamentais, pois “são produzidos pelos materiais disponíveis em diferentes localidades geográficas: bambu, pedra, metal ou madeira” (SCHAFFER, 2001, p.93).

Assim, outros exemplos surgem desta técnica e permitem analisarmos como a criação de uma paisagem sonora pode influenciar uma produção audiovisual. O filme criado pela *Red Bull*¹⁰ em 2017 trazia aos espectadores os sons de duas bicicletas, em que os ciclistas desciam uma montanha e era possível ouvir cada um dos sons, sem interferências de ventos ou outros sons ambientes além dos feitos com a bicicleta e seu movimento. O filme foi uma ação de *branded marketing*¹¹, feita em dois momentos: o primeiro foi divulgado o filme com imagens dos ciclistas, em que a trilha sonora pareciam ser os sons de suas bicicletas e em um segundo momento divulgaram como foram criados e compostos estes sons.

A criação destas paisagens sonoras, seja como prática musical, seja como complemento a um registro imagético, pode ser feita a partir de sons fundamentais captados por dispositivos ubíquos, o que nos leva para uma possibilidade de criação que pode se caracterizar como uma criatividade musical cotidiana, ou seja, “os processos e os produtos criativos sonoros que ocorrem no dia-a-dia de músicos e leigos fora dos ambientes específicos projetados para o fazer musical” (SILVA; KELLER; SILVA; PIMENTA; LAZZARINI, p.65, 2013)

4. Da paisagem sonora para a criatividade cotidiana

As paisagens sonoras também são estímulos para a criatividade e criações artísticas diversas, com destaque para as já citadas: composições musicais e produções audiovisuais. São elas atos intuitivos que surgem para que sejam realizados processos de criação, Fayga Ostrower afirma que

O que caracteriza os processos intuitivos e os torna expressivos é a qualidade nova da percepção. É a maneira pela qual a intuição se interliga com os processos de percepção e nessa interligação reformula os dados circunstanciais, do mundo externo e interno, a um novo grau de essencialidade estrutural, de dados circunstanciais tornam-se dados significativos. Ambas, intuição e percepção, são modos de conhecimento, vias de buscar certas ordenações e certos significados. Mas, ao notar as coisas, há um modo de captar que nem sempre vem ao consciente de forma direta. Ocorre numa espécie de introspecção que ultrapassa os níveis

⁹ Folley é uma técnica utilizada no cinema, em que muitos dos sons do filme são compostos posteriormente, de acordo com a cena em questão, são passos, sons ambientes, portas abrindo e etc. um dos exemplos clássicos desta técnica é o filme, de 1979, “Track Stars.: The Unseen Heroes of Movie Sound1”, do diretor Terry Burke. Em que são mostrados no filme uma tela dividida, de um lado os atores em cena e do outro como foram feitos os sons em estúdio.

¹⁰ Red Bull. Disponível em: < <https://goo.gl/X4R9A3>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

¹¹ Método em que a marca se torna coadjuvante de um ato, ela aparece indiretamente em uma ação.

comuns de percepção, tanto assim que o intuir pode dar-se em nível pré-consciente ou subconsciente. (OSTROWER, 2010, p.57)

Uma das obras recentes de Thiago de Andrade Morandi é o filme “Voz dos Sinos” (2017), um curta metragem de nove minutos, que aborda a linguagem dos sinos e o ofício dos sineiros de São João del-Rei (MG), explorando os aspectos culturais e tradicionais presentes no ato, assim como os sinos enquanto instrumento musical. A constituição deste filme se deu inicialmente por meio de atos intuitivos provenientes das paisagens sonoras emitidas pelos sinos na cidade histórica, que tem a chancela de cidade onde os sinos falam.

Desde 2009, a linguagem dos sinos e o ofício dos sineiros são considerados patrimônio imaterial pelo IPHAN¹². A tradição é proveniente da colonização portuguesa no Brasil e ainda resiste em algumas cidades, a maioria em Minas Gerais e com índice de maior preservação em São João del-Rei. Segundo DANGELO e BRASILEIRO (2013),

A tradição iniciada desde os primeiros tempos da colonização, ainda no transcorrer de todo o século XIX, o sino ainda constituiu-se a verdadeira gazeta popular das cidades brasileiras, dando notícias de caráter religioso e civil, estimulando orações, comunicando óbitos, festas religiosas e até mesmo o toque de recolher. (DANGELO; BRASILEIRO, 2013, p.40)

Desde a fundação de São João del-Rei, no século XVIII, os toques de sinos têm papel fundamental no diálogo comunicacional entre a igreja católica e a população. De acordo com DANGELO e BRASILEIRO (2013) existem na cidade cerca de “quarenta toques, todos muito bem definidos em sua forma sonora e nível de complexidade, não sendo permitido realizar toques diferentes dos já estabelecidos” (p.101). Porém, os sinos, por serem considerados elementos de uma linguagem, os seus toques sofrem alteração, assim como na língua falada. O principal motivo dessas alterações são as formas com que são tocados os toques atualmente, com mais rapidez, dobres, e de forma com que os timbres sejam mais altos em seu volume, fato este apontado e criticado por DANGELO, tanto no seu livro “Sentinelas Sonoras”, quanto em entrevista presente no filme “Voz dos Sinos”, ele diz que essa forma com que os sineiros realizam os toques prejudicam a vida útil dos sinos.

Sonoramente os sinos nos campanários são divididos da seguinte forma: o sino pequeno, o menor de todos tem som agudo e faz a marcação; o sino médio, conhecido como meio pelos sineiros, faz a transição de timbres, preenchendo os repiques e dialogando com o sino grande, que por sua vez é o mais grave e tradicionalmente é o principal sino da Irmandade¹³ ao qual pertence. Somente em algumas torres de igrejas na cidade existem quatro sinos.

Para SCHAFER (2001) o som dos sinos é considerado o sinal sonoro mais significativo para a comunidade cristã, “o sino é um som centrípeto; atraí e une a comunidade num sentido social, do mesmo modo que une homem e Deus” (p.86), demonstrando assim, a influência das paisagens sonoras também nas relações que temos com o cotidiano e consequentemente com a fé.

Ainda sobre a origem das tradições dos sinos, inicialmente o ato de ser sineiro era atividade executada por escravos, na Bahia estes sineiros eram chamados de capoeiras, e

¹² Registro Imaterial do toque dos sinos em Minas Gerais. Disponível em: <<https://goo.gl/kRpUEy>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

¹³ Nas cidades históricas a igreja católica é formada por diversas irmandades religiosas, que realizam festividades, celebrações e tem papel importante na manutenção e preservação de tradições seculares. Em São João del-Rei ainda existem diversas destas instituições.

segundo os pesquisadores DANGELO e BRASILEIRO (2013) muitos escravos fugitivos se escondiam nas torres das igrejas, ainda segundo os pesquisadores “a estrutura dos toques de terreiro de candomblé e a dos campanários são bem parecidas, ou seja, três instrumentos que emitem uma só nota por repercussão, afinados em alturas e timbres diferentes e que variam na sua estrutura em agudo, médio e grave” (p.65). O que nos leva a crer que os primeiros toques herdados são provenientes de religiões de matriz africana.

Citando uma tradição oral de São João del-Rei, podemos comparar um dos toques da cidade, o “Senhora Morta” - que é feito em quatro sinos, na torre direita da Matriz de Nossa Senhora do Pilar, sempre no dia da Assunção de Maria, em 14 de agosto de cada ano – aos sons executados pelas Orquestras da cidade. A oralidade nos diz que este toque foi composto por um ex-escravo conhecido como Francisco, que não podia tocar nas orquestras, mas que tinha vontade de executar obras musicais, portanto, se inspirou na música sacra e executou este toque, que não se tem registro de origem, mas que é considerado pelos sineiros um dos mais belos e difíceis de se executar. Este toque também está presente em um dos trechos do filme “Voz dos Sinos”, entre 7min e 7min40s. O “Senhora Morta” também pode ser visualizado em 360° no canal de filmes de Morandi no Youtube¹⁴.



Figura 5. Um frame¹⁵ do vídeo registrado em 360°, já convertido para que seja inserido no Youtube de forma que possibilite a sua visualização imersiva.

Os sinos, portanto, são instrumentos musicais de uma paisagem sonora, que trazem para a cidade uma comunicação precisa para seus moradores e um espetáculo musical para os visitantes. Se para comunicação os sinos são mensagens informativas, para a paisagem sonora, eles trazem uma relação imagética com cada época do ano, cada festa, cada celebração. No entanto, os sinos passam parte do dia calado, sem compor a paisagem sonora da cidade. Nestas épocas de silêncio, os sinos são imagens dispostas na decoração da cidade, sinos calados que cantam na imaginação coletiva. E muito sobrevive na transmissão de conhecimento de forma oral ou por meio de registros ubíquos feitos com celulares pelos próprios sineiros nas torres.

A página no *Facebook* “Sineiros das Gerais” traz um pouco deste cotidiano das torres, uma página criada e mantida pelos próprios sineiros, em sua maior parte de São João del-Rei. A maioria das publicações em vídeo, por exemplo, são registros de toques em dias

¹⁴ Toque Senhora Morta em 360°. Disponível em: <<https://youtu.be/7HVnyUfPCjo>>. Acesso em 28 de junho de 2018

¹⁵ *Frame* é como se fosse uma foto retirada do vídeo, a cada segundo um vídeo tem em média 24 frames, ou seja, geralmente tem 24 fotos a cada segundo.

de festividades captados por smartphones, alguns incluem até transmissões ao vivo, uma das ferramentas disponibilizadas na rede social *facebook*. Outra rede utilizada pelos sineiros com esta finalidade é um grupo de *whatsapp*, composto atualmente (julho de 2018) por 66 membros, sendo a maioria sineiros, que discutem sobre os horários de toques, e se organizam em dias de festividades, funcionando para eles como um instrumento de comunicação ubíqua para transmissão de informações.

Um levantamento feito por meio de um questionário *google docs*, em meados de 2014/2015 foi levantado que a maior parte dos sineiros 55,6% têm somente Ensino Médio, são jovens e começaram a frequentar as torres ainda crianças, e consideram que os principais fatores para haver a preservação da linguagem dos sinos são: transmissão oral da tradição de geração para geração; registro audiovisual; curso para novos sineiros; e outros registros (texto, áudio, fotografia e etc). Portanto, mesmo sem se darem conta, os próprios sineiros têm registrado de forma ubíqua o cotidiano musical das torres das igrejas de São João del-Rei e compartilhado por meio das redes sociais, o que se torna na prática uma forma de preservação deste patrimônio imaterial e cultural.

Considerações Finais

Neste breve estudo percebemos a influência com que os aparelhos ubíquos, no caso específico os celulares smartphones, tem mudado a forma com que lidamos diretamente com as paisagens e as informações. Hoje eles estreitam distâncias e formas de interação social. Apontamos um pouco da rápida evolução destes aparelhos e as possibilidades de registros de imagens fixas e imagens em movimento, esta última diretamente ligada às paisagens sonoras e como lidamos com elas, seja enquanto artista por um ato intuitivo ou pelo fato de difusão de uma informação e/ou tradição. Também apontamos a inserção da música ubíqua no cinema e produções audiovisuais e a importância que têm na construção narrativa de uma história.

Podemos perceber ainda, que a música ubíqua está muito presente no nosso cotidiano, abrindo espaço para novas discussões e possibilidades de análises, seja no campo da história da comunicação, na forma com que lidamos com as informações, nas criações artísticas, na percepção musical, nas relações sociais, dentre outras diversas possibilidades. Estes aparelhos ubíquos agem ainda, como instrumentos de uma criatividade musical cotidiana, que estão tão inseridos em nossa sociedade, que estamos constantemente criando sem nem ao menos nos darmos conta disso. São as caixas pretas de FLUSSER (1985) da atualidade.

Afinal “todo ato científico, artístico e político visa eternizar-se em imagem técnica, visa ser fotografado, filmado, videoteipado. Como a imagem técnica é a meta de todo ato, este deixa de ser histórico, passando a ser um ritual de magia” (FLUSSER, p.12, 1985), e desta forma também são os registros dos sons e suas paisagens de forma ubíqua.

Referências bibliográficas

BOURRIAUD, Nicolas. *Estética Relacional*. Tradução Denise Bottmann. São Paulo: Martins, 2009.

- BURKE, Terry. “Track Stars.: The Unseen Heroes of Movie Sound”. 1979. In: *Canal Doppelganger The Movie*. 2009. Disponível em: <<https://youtu.be/GyFH9t8JAuo>>. Acesso em 28 de junho de 2018.
- DALESSANDRI, Leonardo. “*Watchtower of Turkey*”. Turquia. 2014. Disponível em: <<https://youtu.be/z7yqtW4Isec>>. Acesso em 28 de junho de 2018.
- DANGELO, André Guilherme Dornelles; BRASILEIRO, Vanessa Borges. *Sentinelas Sonoras de São João del-Rei*. Belo Horizonte: Estúdio 43- Artes e Projetos, 2013.
- DEGENERES, Ellen. “If only Bradley's arm was longer. Best photo ever”. *Twitter*. Disponível em: <<https://goo.gl/1NNyg6>>. Acesso em 03 de julho de 2018.
- FLUSSER, Vilém, *Filosofia da caixa preta* – São Paulo: Hucitec, 1985.
- MORANDI, Thiago de Andrade. *Toque Senhora Morta em 360°*. Documentário. 2016. Disponível em: <<https://youtu.be/7HVnyUfPCjo>>. Acesso em 28 de junho de 2018
- MORANDI, Thiago de Andrade. *Voz dos Sinos*. Documentário. 2017. Disponível em: <https://youtu.be/JWkARHxYY_k>. Acesso em 28 de junho de 2018
- OSTROWER, Fayga. *Criatividade e processo de criação*. 25 ed.- Petrópolis, Vozes, 2010.
- Portal Red Bull. Disponível em: <<https://www.redbull.com/int-en/the-making-of-the-sound-of-speed-eddie-masters-and-dave-mcmillan?wtk=YTRef>>. Acesso em 28 de junho de 2018.
- Portal The Guardian. “*Dan Chung's Olympic smartphone fotoblog*”. Disponível em: <https://www.theguardian.com/sport/2012/jul/27/london-olympics-2012-smartphone?fb=native>>. Acesso em 27 de junho de 2018.
- SALAVERRÍA, R.; AVILÉS, J. A. G. Los medios de comunicación que vienen. In: SÁDABA, C.; GARCÍA AVILÉS, J. A.; MARTÍNEZ-COSTA, M. P. (Coords.) *Innovación y desarrollo de los cibermedios en España*, pp. 255-263. Pamplona: EUNSA, 2016a. In: SILVEIRA, Stefanie Carlan da. *Conteúdo jornalístico para smartphones: o formato da narrativa sistêmica no jornalismo ubíquo*. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Comunicação –ECA/SP – São Paulo, 2017.
- SCHAFFER, R.aymond Murray. “*The Vancouver Soundscape 1973*”. Vancouver (Canadá). 2013. Disponível em: <<https://soundcloud.com/nnealby/r-murray-schafer-entrance-to-the-harbour-the-vancouver-soundscape-1973>>. Acesso em 28 de junho de 2018.
- SCHAFFER, R. Murray. *A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora*. – São Paulo: Editora UNESP, 2001.
- SILVA, F. P. KELLER, D. SILVA, E. F. PIMENTA, M. S. LAZZARINI, V. *Criatividade Musical Cotidiana: estudo exploratório de atividades musicais ubíquas*. *Revista Música Hodie*, Goiânia, V.13 - n.1, 2013.
- The Editors of Time. “100 Photographs: The Most Influential Images of All Time”. *Time Magazine*. 2016.
- Toque dos sinos em Minas Gerais. *Portal IPHAN*. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/kRpUEy>>. Acesso em 28 de junho de 2018.

Olhar Musical: Uma Proposta de Interface para Expressividade Musical Voltada a Indivíduos com Deficiência Motora

Higor Araújo Fim Camporez¹, Anselmo Frizera Neto¹, Leandro Lesqueves Costalonga², Helder Roberto de Oliveira²

¹Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus Universitário, CEP 29075-910 – Vitória – ES – Brasil

²Departamento de Computação e Eletrônica – CEUNES – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus – ES

higorcamporez@gmail.com, frizera@ieee.org,
{leandro.costalonga,helder.rocha}@ufes.br

Abstract. *According to the latest Brazilian demographic census, 13.1 million people have some sort of motor disability. Assistive Technology have been developed to promote accessibility and inclusion for this population. This paper proposes an eye-tracking interface designed for motor impaired user that allows them to perform live music by triggering MIDI messages that, in turn, selects previous prepared sound samples at Ableton Live. Furthermore, an algorithmic sample selection based on k-means and clustering is also proposed so that non-musicians could also benefit from this technology.*

Resumo. *De acordo com o último censo demográfico brasileiro, 13,1 milhões de pessoas se declaram com alguma deficiência motora. As técnicas de Tecnologia Assistiva têm promovido acessibilidade e inclusão a essas pessoas. Este trabalho apresenta uma proposta de interface para expressividade musical voltada a pessoas com deficiência motora. Com o movimento dos olhos é possível controlar uma interface gráfica que comunica (via MIDI) com o software Ableton Live para execução do áudio. Além disso, sugestões de controle são propostas para auxiliar usuários leigos no campo musical, onde essas indicações podem ser configuradas de forma manual ou automatizadas por meio do algoritmo K-means para formação de clusters.*

1. Introdução

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, estima-se que mais de 1 bilhão de pessoas vivem com algum tipo de deficiências (WHO, 2011). No Brasil, o último censo demográfico (IBGE, 2010) mostrou que 45,6 milhões de pessoas, cerca de 23,9% da população em 2010, declararam ter pelo menos um tipo de deficiência, seja ela visual, auditiva, motora ou mental/intelectual. O estudo do IBGE classifica deficiência visual, auditiva e motora em três modos: alguma dificuldade, grande dificuldade e não consegue de modo algum (incapacidade). Assim, as pessoas que se declararam com deficiência motora estão divididas em 8,8 milhões com alguma dificuldade, 3,6 milhões com grande dificuldade e 0,7 milhões com incapacidade.

Independentemente do alto número de pessoas com deficiência, garantir a inclusão é algo de extrema importância para proporcionar o bem-estar desses indivíduos. Em janeiro de 2016 entrou em vigor a Lei Brasileira de Inclusão (LBI), que afirmou capacidade e autonomia para esses cidadãos exercerem seus direitos sociais em igualdade com os demais (BRASIL, 2015). Nesse contexto, A Tecnologia Assistiva (TA) – uma adaptação, ou desenvolvimento específico, de produtos e tecnologias para auxiliar em problemas funcionais de pessoas com deficiência (WHO, 2001) – por meio da acessibilidade, pode proporcionar a inclusão dos indivíduos.

A técnica de rastreamento de íris (*eye tracking*) é utilizada para determinar onde uma pessoa está olhando, o método acompanha os movimentos dos olhos do usuário e observa como as pupilas estão se comportando (POOLE; BALL, 2005). Um trabalho com objetivo de proporcionar, a pessoas com deficiência, o uso do computador através da técnica de *eye tracking* é descrito por (LUPU et al., 2017). O foco do trabalho previamente mencionado está em promover acesso à Internet, podendo-se, por meio do movimento dos olhos, controlar o mouse e ativar funções de um navegador adaptado para obter uma melhor experiência de uso. Outro trabalho que mostra o uso do rastreamento para auxiliar na comunicação de pessoas paraplégicas é demonstrado por (ALVA et al., 2017), onde imagens com atividades diárias, por exemplo comer, são mostradas em uma tela e o indivíduo pode expressar sua necessidade apenas focando sua visão na imagem.

A musicoterapia é definida como uma aplicação científica das múltiplas possibilidades musicais para ajudar nos processos de recuperação psicofísica das pessoas (GANZA, 1988). Na aplicação de musicoterapia também há necessidade de promover acessibilidade. (LOURO; IKUTA; NASCIMENTO, 2005) demonstram algumas adaptações e compensações em instrumentos tradicionais para proporcionar a execução por indivíduos portadores de deficiências, por exemplo, um teclado musical com teclas maiores para que usuário possa usar os punhos quando há dificuldades de usar os dedos. Nesse contexto, o uso da tecnologia assistiva e do computador pode auxiliar nas técnicas adaptativas.

Um trabalho unindo acessibilidade, inclusão, música e técnicas computacionais é descrito por (CORRÊA et al., 2008). Os autores demonstram um jogo musical chamado GenVirtual para reabilitação de indivíduos com necessidades especiais, no qual é possível seguir uma sequência de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. O projeto faz uso de um computador, uma câmera e algumas cartões. Por meio da realidade aumentada, o computador reconhece os cartões e cria objetos no mundo virtual. O indivíduo pode fazer a obstrução do cartão com a mão, ou até mesmo o pé, dependendo da sua deficiência física. Através da imagem da câmera é identificado o cartão obstruído e executa-se um som relativo ao mesmo. Vale ressaltar que o musicoterapeuta pode fazer todo o planejamento de sequências e sons do sistema, além da posição dos cartões para explorar o movimento motor do paciente.

O presente artigo descreve uma interface para expressividade musical controlada pelo movimento dos olhos, com objetivo de promover acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência. Na Seção 2 são apresentados alguns trabalhos que envolvem música e movimento dos olhos. A Seção 3 apresenta a descrição do desenvolvimento da interface do trabalho. Por fim, na Seção 4 são descritos as conclusões e os futuros trabalhos.

2. Pesquisas Anteriores em Música Controlada Pelo Movimento dos Olhos

Além de todo o auxílio da técnica de rastreamento de íris para comunicação de pessoas desabilitadas, no campo da música também pode ser empregada como forma de expressividades musical, possibilitando o uso por pessoas com e sem deficiências.

2.1. EyeMusic

O sistema EyeMusic (HORNOF; SATO, 2004) utiliza um *eye tracker* comercial, onde as coordenadas, referentes ao ponto de foco do usuário, são enviadas para a linguagem de programação MAX/MSP para geração de sons. O usuário controla o cursor, representado por um ponto branco, que mostra o local em que está focando. Com as coordenadas x e y do cursor o sistema cria um sintetizador granular de acordo com o ponto.

2.2. Oculog

O Oculog é um sistema de baixo custo utilizando a técnica de *eye tracking* (KIM; SCHIEMER; NARUSHIMA, 2007). Os dados do rastreamento da íris do usuário são incorporados à linguagem de programação sônica Pure Data para interação das sequências. O campo de visão do sistema é dividido em quatro quadrantes, onde cada quadrante é um gerador de tom em tempo real e cada gerador é controlado por uma sequência cíclica. As coordenadas horizontais e verticais geradas pela movimentação dos olhos são mapeadas em tom (*pitch*) e intensidade (*velocity*), respectivamente. Onde para o eixo horizontal, olhando para a extremidade mais à esquerda produz o *pitch* com valor 0 e mais à direita com o valor 127. Para o eixo vertical, olhando para baixo produz a *velocity* com o valor 0 e para cima com o valor 127.

2.4. EyeHarp

Também utilizando *eye tracking*, tem-se o EyeHarp (VAMVAKOUSIS; RAMIREZ, 2012) que é um projeto com código aberto de interface musical controlada pelo movimento dos olhos. O projeto é dividido em três camadas básicas: (a) *the pEYE menu*, (b) *the Step Sequencer* e (c) *the Arpeggiator*. As interfaces (b) e (c) são utilizadas para construção rítmica e harmônica em segundo plano, já a (a) é usada na construção melódica. A interface *pEYE menu* apresenta grandes botões posicionados de modo a formar um círculo, no qual representam notas em uma escala diatônica. O tamanho dos botões é para evitar possíveis interferências devido a imprecisão do sistema de *eye tracking*. Algumas características foram implementadas para aprimorar a usabilidade, por exemplo, um cursor identificando o ponto de foco em tempo real e os pequenos pontos brancos que ajudam o usuário a concentrar sua visão em um local exato, além de também ajudar identificar a existência de diferentes tarefas.

Apesar do EyeHarp não ser projetado especificamente para pessoas com deficiências, o autor demonstra alguns testes para reabilitação de pessoas portadoras de paralisia cerebral e aponta indícios de que o trabalho pode não apenas aumentar a qualidade de vida desses indivíduos como também ajudar no processo de reabilitação.

3. A Interface Olhar Musical

Este projeto é implementado utilizando a técnica de *eye tracking*, pois a mesma tem se mostrado eficaz para promover inclusão de pessoas com deficiências e no campo musical não é diferente. A Figura 1 ilustra a descrição do projeto em linhas gerais, onde as setas

indicam o fluxo de dados. O projeto se divide em três peças chaves: O dispositivo (*Eye Tracker*) comercial para rastreamento de íris, Tobii EyeX¹; a interface gráfica, desenvolvida com a plataforma para desenvolvimento de jogos Unity² e o software para produção musical Ableton Live³.

O dispositivo de rastreamento envia as coordenadas do ponto em que o usuário está focando para a interface gráfica, que verifica se o ponto condiz com algum elemento de ação da cena, e, se for o caso, envia uma mensagem de controle para o Ableton Live. A mensagem segue o protocolo MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) (MOOG, 1986).

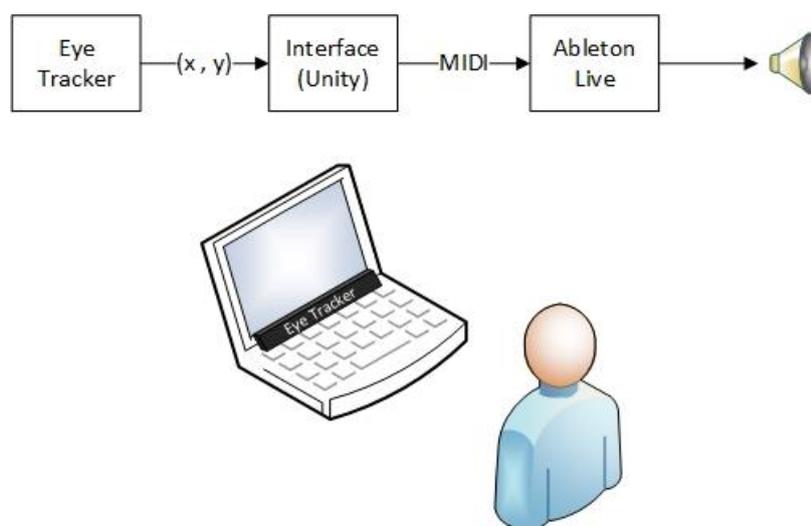


Figura 1. Descrição Geral.

3.1. A Interface

A Figura 2 mostra a principal interface do projeto. No centro tem-se uma matriz, representada por 3 linhas e 3 colunas, onde cada célula contém um determinado evento musical previamente configurado. Os botões “*play*” e “*pause*” são utilizados para iniciar ou parar um determinado evento musical, respectivamente. A combinação da escolha de uma célula da matriz com um dos botões representa uma ação sobre o evento musical da célula. Porém, no lado esquerdo da Figura 2 esses botões têm como objetivo executar o evento fora da performance para que o usuário possa ter conhecimento prévio do mesmo, executando em um canal de saída de áudio específico para esse fim. No lado direito, os botões têm ação direta na performance. Além desses, tem-se o botão “*pause all*”, que tem função de interromper todos os áudios, e o botão de configuração no canto inferior esquerdo (Seção 3.3). O usuário pode selecionar com o movimento dos olhos qualquer elemento da cena, exceto o de configuração, para isso basta focar em um elemento por um tempo de 500 milissegundos, determinado de forma empírica. Vale ressaltar que os pontos brancos, no centro de cada elemento, são para ajudar o usuário focar sua visão no momento da escolha.

¹ TOBII AB. Tobii EyeX. Disponível em: <<https://tobiigaming.com/product/tobii-eyex/>>. Acesso em: 12 jun. 2018

² UNITY. Unity - Game Engine. Disponível em: <www.unity3d.com>. Acesso em: 12 jun. 2018.

³ ABLETON. Ableton Live 10 - Ableton. Disponível em: <<https://www.ableton.com/en/live/>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

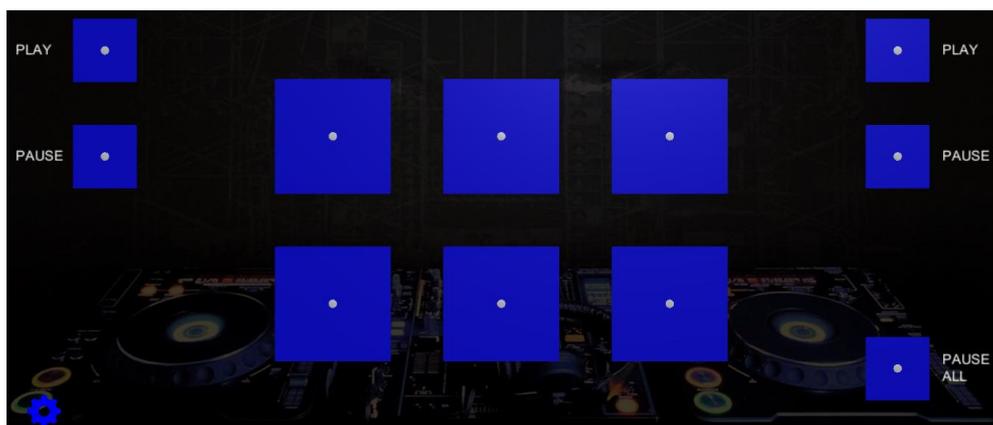


Figura 2. Interface principal.

3.2. Ligação com o Ableton Live

O software Ableton Live vem sendo amplamente utilizados para estudos musicais em todo o mundo (HANTRAKUL; KACZMAREK, 2014; MARTIN et al., 2012; ROBERTSON; PLUMBLEY, 2007), sua vasta gama de ferramentas têm chamado atenção, especialmente para este trabalho. Assim, toda saída sonora é executada a partir do Live, a Figura 3 mostra como é a ligação da matriz com o software. Através das setas pode-se notar que cada célula está ligada com um elemento *Audio Track* para a performance. Cada elemento, de 1 a 6, possui uma amostra (*sample*) configurada previamente para ser executada. Vale ressaltar que os elementos podem ser executados simultaneamente, já as amostras dentro de um mesmo *Audio Track* são executadas de forma excludente. O *Audio Track 7* é utilizado para ouvir o áudio fora da performance principal, cada célula também é ligada uma amostra dentro do mesmo.

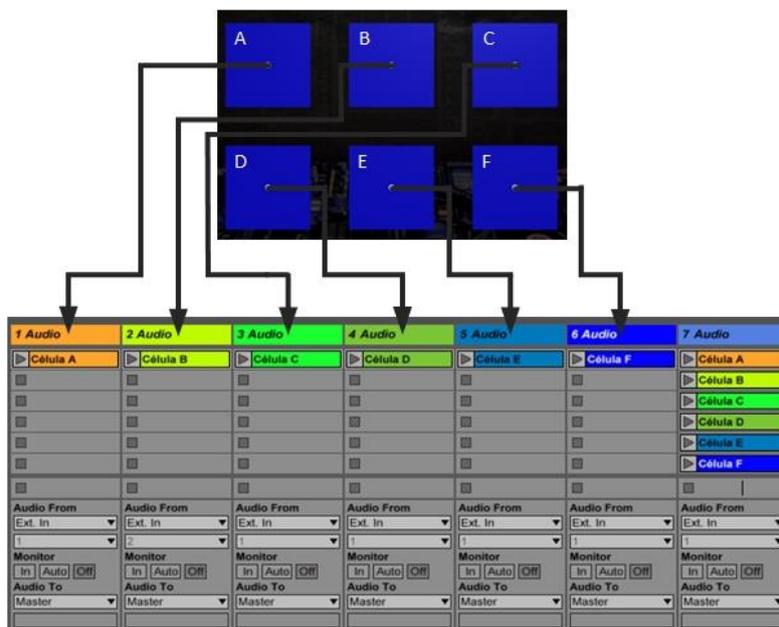


Figura 3. Ligação entre a interface e o Live.

3.3. Configuração dos Caminhos

Para a inclusão de pessoas leigas no campo musical, a interface mostra sugestões para a escolha da próxima célula, ou seja, quando o botão “play” é acionado, os caminhos potenciais são mostrados. Um esquema de seis cores (número máximo de escolhas) foi determinado. Quanto mais escuro for o azul da célula, mais potencialmente adequada é a escolha. Além das cores, é possível desabilitar uma célula, a mesma aparece translúcida. A Figura 4 exemplifica um possível cenário que possui célula desabilitada (primeira célula) até a escolha com maior potencial (última célula).

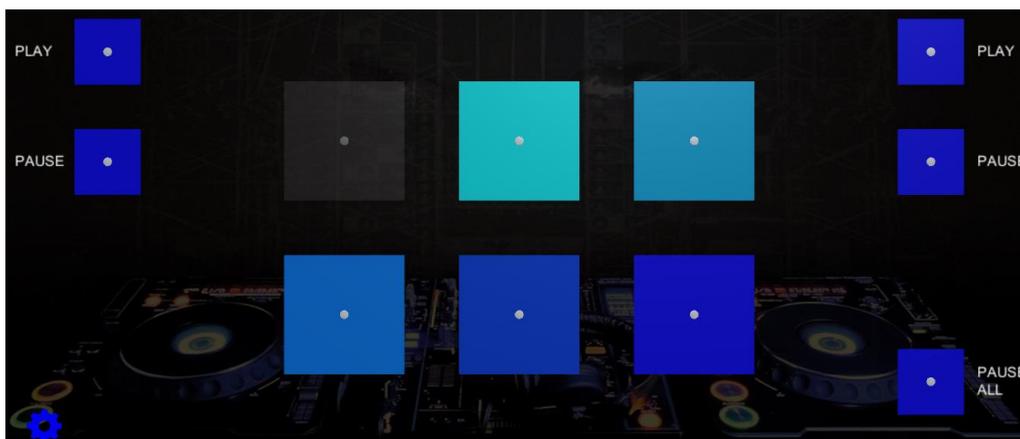


Figura 4. Exemplo de uma cena da Interface com os possíveis caminhos.

Para melhor exemplificar a Figura 4, podemos utilizar um grafo (Figura 5) onde mostra os possíveis caminhos e seus respectivos pesos, quanto maior o peso mais potencial é a escolha. Esta configuração foi obtida a partir da escolha da célula A, nota-se que não há caminhos de A para A o que é representado na Figura 4 como uma célula inativa.

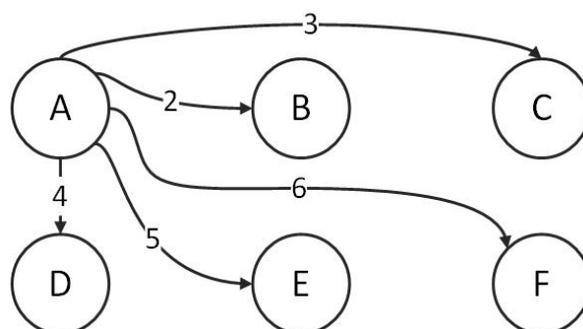


Figura 5. Grafo dos caminhos.

Para a configuração dos possíveis caminhos foi desenvolvida uma outra interface (Figura 6), onde existe uma matriz de configuração para cada célula e o conteúdo das posições da matriz é o peso do caminho. Assim, após a escolha de uma célula, o programa executa a matriz de configuração para mostrar as próximas escolhas possíveis. O grafo da Figura 5 é representado na primeira matriz da Figura 6. Essa configuração é feita de forma manual por uma pessoa capacitada para a tal função, além da escolha das amostras de áudio que executam no Ableton Live.

Configuração dos Caminhos

Célula A		
1	2	3
4	5	6
Célula B		
6	6	6
6	6	6
Célula C		
6	6	6
6	6	6
Célula D		
6	6	6
6	6	6
Célula E		
6	6	6
6	6	6
Célula F		
6	6	6
6	6	6

Save

Figura 6. Configuração dos caminhos.

Para melhor exemplificar os caminhos como um todo, a Figura 7 ilustra a relação entre todas as células, mostrando todos os caminhos e seus pesos de ponderação. Já a Figura 8 mostra como o grafo foi configurado.

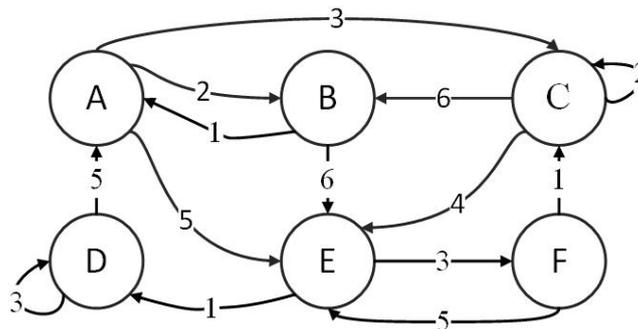


Figura 7. Exemplo dos caminhos.

Configuração dos Caminhos

Célula A		
0	2	3
0	5	0
Célula B		
1	0	0
0	6	0
Célula C		
0	6	2
0	4	0
Célula D		
5	0	0
3	0	0
Célula E		
0	0	0
1	0	3
Célula F		
0	0	1
0	5	0

Save

Figura 8. Configuração da sequência de caminhos.

3.4 Configuração Automatizada dos Caminhos

O auxílio por meio de métodos computacionais para classificação das amostras de áudios e avaliação dos pesos entre os mesmos é de extrema importância para este trabalho. Algumas propostas, ainda em desenvolvimento, são descritas a seguir. Os estudos, totalmente empíricos, buscam similaridade, no domínio da frequência, entre as amostras. Para tal fim, estuda-se a aplicabilidade da Transformada Rápida de Fourier (FFT - Fast Fourier Transforms) (COOLEY; LEWIS; WELCH, 1969) e técnicas de agrupamento como K-means (JAIN, 2010).

3.4.1 Configuração de Pesos por Meio da Distância Euclidiana

A distância Euclidiana é o caminho mais curto entre dois pontos (ANTON; RORRES, 2013), para exemplificar, o cálculo da distância entre $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ e $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, em um espaço com dimensão n , temos a seguinte fórmula:

$$d_{P,Q} = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}.$$

Assim, após aplicar a FFT para as amostras de áudio obtém-se vetores no domínio da frequência, similares aos pontos Q e P supracitados. Com as informações de cada amostra no domínio da frequência pode-se encontrar a distância entre cada uma e usá-la para ponderar a matriz de distâncias, ou seja, quanto menor a distância entre uma amostra maior é o peso para a transição entre elas.

3.4.2 Configuração por Meio de Agrupamento

A criação de um cenário para interface requer seis amostras de áudio (uma para cada célula). Assim, quando a escolha se dá por entre uma extensa lista de opções, pode-se aplicar uma técnica de agrupamento para facilitar a seleção. A técnica chamada K-means, em conjunto com a FFT, está sendo estudada para esse trabalho. Essa técnica tem objetivo de diminuir o erro quadrático nos grupos, onde o erro pode ser calculado através da seguinte fórmula (JAIN, 2010):

$$J(C) = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in c_k} \|x_i - \mu_k\|^2.$$

Onde $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ é um conjunto com m pontos de dimensão d para serem agrupados em K grupos, no qual $C = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}$ representa os grupos, além de μ_k ser o valor médio do grupo c_k . Os três principais passos do algoritmo são: 1) Selecione uma partição com K grupos; 2) Gere nova partição, atribuindo cada ponto ao grupo com centro (μ_k) mais próximo ao mesmo; 3) Calcule novo centro do grupo e 4) Repita 2) e 3) até que os grupos se estabilizem.

Após a formação dos grupos, pelo algoritmo, pode-se escolher amostras de um determinado grupo, uma vez que as mesmas possuem certa similaridade. Com a escolha das seis células, os pesos podem ser determinados pela distância Euclidiana ou de forma aleatória, devido à similaridade entre elas.

Com objetivo de estudo, foi aplicado o algoritmo de agrupamento K-means, de modo a formar seis grupos, em segmentos (0,5 segundos cada) de algumas músicas. Após a formação, as amostras de cada grupo foram novamente concatenadas para constituir um único áudio por grupo, respeitando sua sequência na música original. Com os resultados

é possível observar uma certa linearidade em alguns pontos, ou seja, a música se reagrupou como a original. Os resultados, empíricos, são mostrados em: soundcloud.com/fftmeans/sets.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

O presente artigo apresentou uma interface para expressividade musical controlada pelo movimento dos olhos que promove inclusão de pessoas com deficiência motora. Além disso, uma proposta para incluir pessoas com baixo conhecimento musical.

O dispositivo de rastreamento de íris (Tobii EyeX) se mostrou bastante usual no conceito de fazer música com os olhos, o fato de poder tomar decisões baseado no ponto focal é bastante acessível a pessoas com deficiência motora. A migração da execução do som para Ableton Live propiciou uma ampla gama de possibilidades sonoras, pois o mesmo permite aplicar diversas técnicas já desenvolvidas e homologadas, além de ser bastante utilizado por pessoas envolvidas com música, ou seja, existem vários indivíduos capacitados para o seu uso.

Com o apoio do Grupo de Experimentação Sonora (GEXS) e do Núcleo Espiritosantense de Computação Musical (NESCoM), formado por pesquisadores e alunos de vários centros da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), os trabalhos futuros implicam no estudo de incorporar mais opções de expressividade na interface, montar vários cenários base com diferentes estilos musicais para disponibilizar ao usuário e o estudo de técnicas automatizadas para criar esses cenários. Além disso, aplicação de testes em pessoas com baixa mobilidade, visando buscar melhorias na plataforma e aprovação das mesmas, para que com a aceitação ela possa ser disponibilizada com código fonte, de forma gratuita, a toda comunidade. Outra perspectiva de futuro é trabalhar em conjunto com musicoterapeutas para utilizar a ferramenta em suas terapias.

Referências

- ALVA, M. et al. **An image based eye controlled assistive system for paralytic patients.** 2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications, CSCITA 2017 - Proceedings. **Anais...2017**
- ANTON, H.; RORRES, C. **Elementary Linear Algebra: Applications Version.** 11. ed. [s.l.] Wiley Global Education, 2013.
- BRASIL. **Lei 13146:2015 - Institui a Lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).** **Diário da República, 1ª série - nº 116,** 2015. Disponível em: <<https://dre.pt/application/file/67508032>>
- COOLEY, J. W.; LEWIS, P. A. W.; WELCH, P. D. The Fast Fourier Transform and its Applications. **IEEE Transactions on Education,** v. 12, n. 1, p. 27–34, 1969.
- CORRÊA, A. G. D. et al. GenVirtual: um Jogo Musical para Reabilitação de Indivíduos com Necessidades Especiais. **Revista Brasileira de Informática na Educação,** v. 16, n. 1, p. 9–17, 2008.
- GANZA, V. H. DE. **Estudos de Psicopedagogia Musical.** 3ª ed. São Paulo, Brasil: Summus Editorial, 1988.
- HANTRAKUL, L.; KACZMAREK, K. Implementations of the Leap Motion device in sound synthesis and interactive live performance. **Proceedings of the International**

- Workshop on Movement and Computing**, n. September, p. 142–145, 2014.
- HORNOF, A. J.; SATO, L. EyeMusic: Making Music with the Eyes. **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**, p. 185–188, 2004.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Características Gerais da População, Religião, e Pessoas com Deficiência**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>.
- JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. **Pattern Recognition Letters**, v. 31, n. 8, p. 651–666, 2010.
- KIM, J.; SCHIEMER, G.; NARUSHIMA, T. Oculog: playing with eye movements. **Proceedings of the 7th International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME07)**, n. June, p. 50–55, 2007.
- LOURO, V. S.; IKUTA, C. Y.; NASCIMENTO, M. Música e deficiência: levantamento de adaptações para o fazer musical de pessoas com deficiência. **Arquivos Brasileiros de Paralisia Cerebral**, v. 1, n. 2, p. 11–17, 2005.
- LUPU, R. G. et al. **Eye tracking user interface for Internet access used in assistive technology**. 2017 E-Health and Bioengineering Conference, EHB 2017. **Anais...2017**
- MARTIN, A. et al. **Creative experiments using a system for learning high-level performance structure in ableton live**. Proceedings of the Sound and Music Computing Conference. **Anais...2012**
- MOOG, R. A. MIDI: Musical Instrument Digital Interface. **J. Audio Eng. Soc**, v. 34, n. 5, p. 394–404, 1986.
- POOLE, A.; BALL, L. J. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. **Encyclopedia of Human-Computer Interaction**, p. 211–219, 2005.
- ROBERTSON, A.; PLUMBLEY, M. D. B-Keeper: A Beat-Tracker for Live Performance. **Proceedings of the 2007 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME07)**, p. 234–237, 2007.
- VAMVAKOUSIS, Z.; RAMIREZ, R. Temporal control in the EyeHarp gaze-controlled musical interface. **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**, p. 11–16, 2012.
- WHO, (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Relatório mundial sobre a deficiência**. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70670/WHO_NMH_VIP_11.01_por.pdf?sequence=9>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **International Classification of Functioning, Disability and Health**. International Classification of Functioning, Disability and Health. **Anais...2001**

Estudo e avaliação de Linguagens de Programação Musical

Rodrigo R. Araújo, Flávio L. Schiavoni, José Mauro da S. Sandy, Elder José R. Cirilo

¹Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal do São João del Rei (UFSJ)

rodrigoraraujo94@gmail.com, fls@ufsj.edu.br,

jmsandy@gmail.com, elder@ufsj.edu.br

Abstract. *Music programming languages date back to the early days of computing and have suffered and still suffer a major influence from evolution and researchs in the area of Programming Languages. This influence resulted in an ecosystem of languages with different paradigms but under the same domain, Computer Music. In this article, we present the historical questions of the evolution of these languages, their technical and developmental issues and also an analysis and evaluation of them, taking into account the ease of use and criteria such as readability, expressiveness and writeability. Finally, we present a discussion about this analysis and evaluation that can help artists / programmers in the adoption of these languages.*

Resumo. *As linguagens de programação musical datam dos primórdios da computação e sofreram - e ainda sofrem - uma grande influência da evolução e pesquisa na área de Linguagens de Programação. Esta influência resultou em um ecossistema de linguagens com diferentes paradigmas mas sob o mesmo domínio, a Computação Musical. Neste artigo, apresentamos as questões históricas da evolução destas linguagens, as suas questões técnicas e de desenvolvimento e também uma análise e avaliação das mesmas levando em consideração a facilidade de uso e critérios como legibilidade, expressividade e facilidade de escrita. Por fim, apresentamos uma discussão sobre esta análise e avaliação que pode auxiliar artistas / programadores na adoção destas linguagens.*

1. Introdução

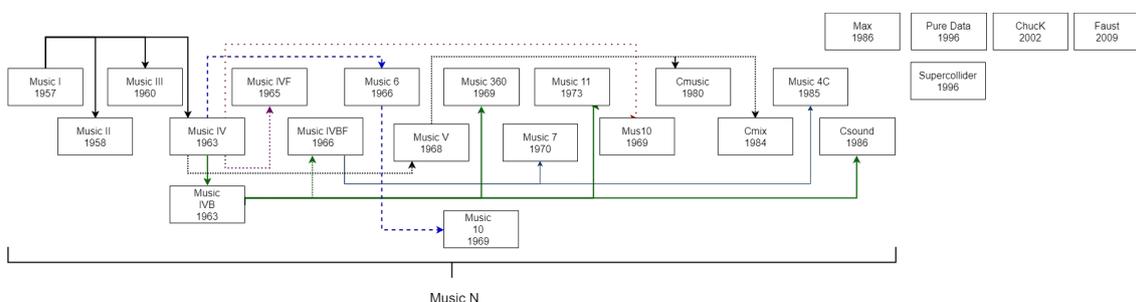


Figura 1. *Timeline*- Linguagens de Programação musical

Computação Musical é uma área da Ciência da Computação interdisciplinar que envolve uma gama de conceitos computacionais como: Interação Humano Computa-

dor [Dix 2009], Inteligência Artificial [Russell and Norvig 2016], Processamento de Sinais Digitais e Linguagens de Programação. O crescente interesse em Computação Musical está relacionado ao desenvolvimento tecnológico, especialmente na aplicação de recursos sonoros para a construção de Jogos e Sistemas Interativos ou para a promoção da Acessibilidade e Arte Digital. A incorporação de áudio gerado eletronicamente em sistemas de software proporciona conseqüentemente um maior interesse em metodologias de desenvolvimento de softwares e a programação direcionadas para a expressão da síntese e processamento de áudio, culminando no surgimento de diversas soluções computacionais não-convencionais.

Esta programação musical pode ser feita por meio de linguagens de propósito geral (*GPL - General Purpose Language*) que permitem o desenvolvimento de sistemas de software para este propósito desde que aumentadas com recursos específicos para esta área que proporcionam ao ambiente de execução a capacidade de acessar os dispositivos de som do computador [Schiavoni et al. 2012]. Há também a possibilidade de se utilizar as linguagens específicas de domínio (*DSL - Domain Specific Language*) que são linguagens elaboradas com base nos conceitos desenvolvidos em arte digital e mais especificamente em computação musical. Este segundo grupo de linguagens, que é o foco do presente trabalho, possui diversas características que as tornam especialmente atraentes para o desenvolvimento de aplicações computacionais para a música. Um exemplo destas características é a capacidade de processamento em tempo real, imprescindível para a sincronização de eventos musicais e nem sempre disponível em linguagens de propósito geral.

Especificamente, as linguagens de programação musical permitem dar ao computador voz e ouvidos. Diversos campos fazem uso constante destas linguagens de programação como a área de processamento de sinais para música, engenharia de áudio, sonificação, produção musical, criação de novos instrumentos musicais, composição musical apoiada por computador, composição algorítmica, análise musical apoiada por computador, criação de instalação, sistemas multimídias, e realidade virtual. A discussão e utilização de linguagens de programação musical é comum nas Artes, especialmente nas áreas que envolvem música e tecnologia, e em alguns nichos da computação e na Música Ubíqua.

É importante salientar que as linguagens de programação musical são quase tão antigas quanto as primeiras linguagens de programação. Music I [Mathews et al. 1969], a linguagem de programação que pioneiramente possibilitou o uso de computadores para a síntese de som, foi concebida em 1957 por Max Mathews [Mathews et al. 1969]. Esta linguagem de programação deu origem a família de linguagens *Music N* [Di Nunzio 2008]. Um breve histórico destas linguagens será apresentado na Seção 2 deste documento.

No entanto, a discussão concentra-se na utilização das linguagens para a criação artística, e pouco vem sendo abordado na literatura sobre seus elementos conceituais, paradigmas e evolução do projeto. No geral, as principais linguagens de programação são desconhecidas nas demais áreas afins da computação e boa parte dos cursos de Ciência da Computação no Brasil não as citam ou as aplicam em seus currículos. Por esta razão, a motivação deste trabalho é apresentar uma caracterização e comparação das principais linguagens de programação musical, conforme apresentado na Seção 3, incluindo suas características, passos iniciais para sua utilização e a relação entre estas linguagens e seus

usuários.

Os tópicos abaixo conduzem a uma discussão sobre programação musical apresentando elementos específicos dessas linguagem de programação, analisando paradigmas e critérios de programação em comparação quanto ao atual momento dessas linguagens e sua relação de seus usuários.

2. Um Breve Histórico das Linguagens de Programação Musical

Os primeiros registros de emissão e reprodução de som de forma eletrônica datam de 1876 com a invenção do telefone por Alexandre Graham Bell [Miletto et al. 2004]. Quase um século após o telefone ter sido criado os avanços tecnológicos relacionados a produção de som e música tornaram possível a produção de som totalmente digital em um IBM704 através de uma linguagem de programação chamada Music I, o que mudou o modo de se elaborar som [Mathews et al. 1969].

O advento da linguagem de programação Music I, criada por Max Mathews, data dos primórdios da computação e marca o início da Computação Musical. A Music I é provavelmente uma das primeiras linguagens de programação de terceira geração da história dos computadores. Nascida como um experimento, ela tem uma linha evolutiva duradoura, como mostra a Figura 1. Posteriormente, aplicações como a manipulação simbólica da música, composição e live coding passaram a ser possíveis com o advento e modernização de novas linguagens de programação musical.

2.1. Estruturas Elementares das Linguagens de Programação Musical

Mesmo após décadas de pesquisa, praticamente todas as linguagens de programação musical modernas podem ser consideradas evoluções da família Music-N. Elas utilizam o mesmo paradigma de programação da pioneira Music-1, isto é, empregam estruturas elementares das unidades básicas geradoras (*Unit Generators - ugens*) de som e de processamento. As *ugens* podem ser configuradas e conectadas para a criação de músicas mais complexas. assim como também, as conexões de *ugens* (fluxo de áudio) podem ser direcionadas para vertedouros: saída de som do computador; arquivos; GUIs; analisadores.

2.2. Sumário das Linguagens de Programação Musical

É apresentado a seguir um sumário das características de projeto das linguagens de programação mais representativas e o impacto das mesmas na Computação Musical

Csound Projeto iniciado no MIT por Barry Vercoe em 1985 derivado do Music 11 também escrito por Barry, o Csound continuou seu desenvolvimento nos anos 2000 liderado por John Fitch na Universidade de Bath[Vercoe et al. 1986]. Diferentemente de seu antecessor o Music 11 escrito em *Assembler*, Barry se aproveitou da portabilidade característica da Linguagem C para criar inicialmente uma transcrição do Music 11 para C. Por ser uma linguagem baseada em C [Kernighan and Ritchie 2017] o Csound manteve seus paradigmas de programação sendo uma linguagem estruturada e procedimental e os seus tipos dos dados mantêm-se Estáticos e de fraca tipagem como no C, concentrando-se no fluxo dos dados. Csound é um *software* livre disponível pela LGPL(*GNU Lesser General Public License*), multiplataforma capaz de rodar em diversos ambientes, como Linux, Windows, e Mac. A última versão do Csound, chamada Csound-6.11, conta com milhares

de geradores de unidades tendo como ponto forte ser modular e extensível pelo usuário. Já há algumas versões o CSound ganhou a capacidade de validação de código em tempo real, o que permite que o mesmo seja utilizado para programação em *live coding*.

Max/MSP Diferente de outras linguagens citadas neste trabalho, o Max é um *software* proprietário, mantido pela Cycling'74¹. Escrito por Miller Puckette inicialmente para o IRCAM (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*) em Paris, em meados de 1986[Favreau and Rowe 1986]. Em 1989, licencia para Opcode System, gerando no ano seguinte a primeira versão comercial do Max com as extensões desenvolvidas por David Zicarelli [Zicarelli 2002]. Em 1997 a Opcode System move a licença para Cycling'74 fundada por Zicarelli. Em 1997, aproveitando-se de sua característica de ser modular e extensível, é lançada a extensão MSP, pacote capaz de manipular sinais de áudio em tempo real, ativada no momento em que se inicia o *software* até o momento em que é fechado, tornando o agora Max/MSP uma linguagem para processamento de sinais com capacidade de controle por MIDI e outros controles em hardware. O Max/MSP é uma linguagem de programação multiparadigma, interpretada em máquina virtual[Myers 1990], reconhecida por sua programação visual, multimídia, com os tipos de dados estáticos ou dinâmicos referente aos tipos de entrada inseridas. A facilidade de alterar a ordem das *ugens* em tempo real faz com que este ambiente seja bastante utilizado para performances de *live coding*.

Pure Data O Pure data, ou Pd, é uma linguagem de programação visual assim como Max, também desenvolvida por Miller Puckette durante durante a década de 90[Puckette 1996]. O Pd é baseado na ideia de blocos/caixas que se conectam, podendo processar dados de áudio, matemáticos, gráficos e mais. Os blocos do Pd são chamados de “objetos” mas esta designação não remete ao paradigma de programação Orientação à Objetos. No processo de elaboração do Pd, Puckette trouxe consigo todas as experiências acumuladas no desenvolvimento do Max para lançar o Pd como *software* livre distribuído pela Licença BSD (*Berkeley Software Distribution*). O Pd é uma linguagem multiparadigma e interpretada em máquina virtual que também possui os tipos de dados estáticos ou dinâmicos referentes aos tipos de entrada inseridas. A implementação do Pd utiliza a linguagem tcl/tk para sua GUI e a linguagem C para seu *engine* de som e suas *ugens* internas. O Pd é extensível por meio de plugins chamados *externals* e isto permitiu que ao passar dos anos outras funcionalidades fossem adicionadas como o poder de gerar imagens 3D, vídeos ou até mesmo controlar hardwares. O Pure Data pode ainda ser estendido utilizando códigos desenvolvidos no próprio Pd, que podem ser encapsulados em novos objetos e reutilizados em outras programações. Esta linguagem também é amplamente utilizada para programação *live coding*.

Supercollider O Supercollider, também chamado SC, foi desenvolvido por James McCartney e é um software livre lançado em 1996 [McCartney 1996] e distribuído pela GPL (GNU General Public License) a partir de 2002 [McCartney 2002]. O SC é constituído por três componentes principais: um servidor de áudio em tempo real, chamado scsynth, uma linguagem de programação interpretada, chamada slang e um editor de slang, chamado scide. O scsynth mais de 400 unidades geradoras para análise, síntese e processamento que podem ser programadas por meio da slang que também pode ser utilizada para

¹Site disponível em: <https://cycling74.com>.

gerenciar a agenda de eventos para produção de som ou criar as GUIs (*graphical user interface*). A linguagem possui ainda interface externa podendo enviar e receber mensagens OSC da rede e MIDI de controladores em Hardware. Supercollider é uma linguagem de programação Orientada a objetos cuja estrutura foi influenciada pela linguagem Small-Talke que também pode operar de maneira funcional devido a mesma ter sido também influenciada pela linguagem Lisp. Por isto, dizemos que a mesma é multiparadigma, com tipagem de dados forte porém dinâmica. Os elementos desta linguagem foram escritos em C++ e seu ambiente é multiplataforma, capaz de executar *live coding* por ser compilada em máquina virtual.

Chuck Uma das mais recentes Linguagens de programação musical a obter sucesso, foi desenvolvida por Ge Wang e Perry R. Cook na Universidade de Princeton em 2002. Usada para auxiliar na execução do projeto PLOrk (*Princeton Laptop Orchestra*) [Trueman et al. 2006] esta linguagem está presente também na implementação do *software* Smule entre outras aplicações. O projeto é um *software* livre disponível pela GPL e permanece aberto. O Chuck é uma linguagem multiparadigma, vagamente orientada a objetos, do tipo C, com os tipos de dados fortemente estruturados. A linguagem é compilada com instruções executadas em tempo real em uma máquina virtual. Essa execução em tempo real torna possível *live coding* e programação em tempo real, uma das principais características do Chuck.

FAUST FAUST (*Functional AUDIO Stream*) é uma linguagem de programação puramente funcional, desenvolvida por Yann Orlarey, Dominique Fober e Stephane Letz [Orlarey et al. 2009] em 2002 na Universidade de Lyon, na França. É a linguagem mais recente dentre as apresentadas neste trabalho. Distribuída com a licença GPL, ela diferencia-se das outras linguagens pela capacidade de gerar códigos para outras linguagens. Um programa FAUST processa sinais através de funções matemáticas que transformam os sinais de entrada em saída. FAUST é uma linguagem textual, mas orientada a diagrama de blocos algébricos, construídos através da composição de funções [Orlarey et al. 2002]. A Linguagem tem os dados com tipagem Forte e Estáticos, exigindo um compilador / gerador de código específico.

Tabela 1. Comparação das Linguagens e seus paradigmas de programação

Linguagens	Modelo de Execução	Paradigmas	Tipo de dados
Csound	Compilado	Estruturada, Procedimental, Orientada por fluxo	Estático, fraco
Max/MSP	Interpretado	Multiparadigma, Visual, Orientada a objetos	Estático ou Dinâmicos
Pure Data	Interpretado	Multiparadigma, Visual, Estruturada	Estático ou Dinâmicos
Supercollider	Interpretado	Multiparadigma, Orientada a objeto, funcional	Dinâmico, forte
Chuck	Interpretado	Multiparadigma, Orientada a objeto, Procedimental	Estático, forte
FAUST	Geração de código	Funcional	Estático, fraco

3. Avaliação das linguagens musicais

Uma vez apresentadas as questões históricas das linguagens de programação musical e uma comparação técnica entre elas, pretendemos analisar de que modo as linguagens mais representativas se aderem a critérios de avaliação como legibilidade, capacidade de escrita e confiabilidade e também o relacionamento da comunidade com o projeto das linguagens estudadas.

Para isto, será utilizada a organização proposta pela metodologia Goal/Question/Metric (GQM) [Basili 1992]. De acordo com esta metodologia, o escopo do estudo pode ser sumarizado como a seguir. Adicionalmente, baseado no objetivo do estudo, é apresentado a seguir as questões de pesquisa.

Analisar Linguagens de Programação Musical
com o propósito de caracteriza-las
com respeito aos critérios de legibilidade, capacidade de escrita, confiabilidade e atuação da comunidade
do ponto de vista dos programadores/músicos
no contexto das linguagens de programação Csound, Max/MSP, Pure Data, Supercollider, ChuckK, e FAUST.

- QP₁: De que modo as linguagens de programação musical estão aderentes aos critérios de avaliação de legibilidade, capacidade de escrita e confiabilidade?
- QP₂: Como a comunidade se relaciona com estas linguagens de programação musical?

3.1. QP₁: Avaliação Técnica das Linguagens de Programação Musical

As linguagens apresentadas foram todas construídas seguindo o mesmo paradigma da linguagem Music N e sua construção por *ugens*. Também atuam diretamente sobre o mesmo domínio que é a computação musical e suas atividades. No entanto, do ponto de vista da construção destas linguagens, as mesmas são bastante distintas. Tais características são apresentadas na Tabela 1.

A primeira questão de projeto está relacionado às mesmas serem linguagens interpretadas ou compiladas. Tal questão está associada diretamente à capacidade de execução em tempo real das aplicações desenvolvidas. As linguagens interpretadas podem garantir um ambiente de execução que garanta a alta disponibilidade do processamento assim como o agendamento das tarefas dentro de um intervalo de tempo compatível com a taxa de amostragem do som gerado. Tal garantia é menor para linguagens compiladas ou geradoras de código. Neste caso, o programador precisa ter conhecimento para configurar seu sistema operacional para a execução em tempo real de maneira a garantir o processamento do áudio sem interrupção. Por outro lado, linguagens compiladas atuam diretamente sobre o Sistema operacional e podem ter um custo mais leve de execução por não necessitar do ambiente de interpretação.

Outra questão que pode influenciar no uso, ensino e aprendizagem destas linguagens está nos paradigmas que influenciaram suas criações. Pure Data e Max/MSP, são linguagens visuais programadas por meio de “caixinhas” e “cordinhas”. Chuck e Supercollider são orientadas a objetos enquanto Csound é uma linguagem procedimental. Já FAUST é uma linguagem totalmente funcional.

Além desta questão, podemos ainda comparar as linguagens de acordo com seus tipos de dados. Pure Data e Max/MSP possuem tipos estáticos ou dinâmicos, FAUST e Csound possuem tipagem estática e fraca enquanto Chuck possui tipagem estática forte e Supercollider possui tipagem dinâmica e forte.

Apesar de ser bastante controverso classificar linguagens de programação, os critérios a seguir são normalmente os mais aceitos entre os métodos acadêmicos utilizados para este fim.

Legibilidade Linguagens visuais, como Pure Data e Max/MSP, tendem a ter códigos simples de ser entendidos em um primeiro momento mas que podem se tornar caóticos com a adição de dezenas ou centenas de objetos. A possibilidade de encapsular parte do

código do usuário em novos objetos pode auxiliar o entendimento e melhorar a legibilidade do código podendo causar também outros problemas como a redefinição de objetos do sistema caso não se respeite o sistema de nomes global. Outro ponto de conflito na leitura do código é que nem sempre conseguimos saber como ocorre a sincronização de uma mensagem de áudio ou de controle do caso de a saída de um objeto estar conectada a outros 2 objetos.

O Csound, por questões históricas, possui nome definido para tipos de variáveis e também parâmetros de compilação passados no próprio corpo do programa. Isto torna sua legibilidade é um tanto comprometida para programadores acostumados com mais liberdade na escolha de nomes de variáveis. Contudo, tal definição auxilia programadores experientes a ler o código já que pelo nome de uma variável é possível saber seu tipo.

O Supercollider também é bastante legível, principalmente quando os programadores utilizam orientação a objeto no código, e possui uma característica interessante. O código do SC é enviado ao servidor para sua execução e isto pode ser feito de maneira não linear, ou seja, o início do código pode ser a última parte do mesmo a ser enviada ao servidor. Isto torna a programação extremamente flexível mas pode comprometer a legibilidade do código e até mesmo impedir a troca de código entre programadores.

O código em ChuckK é bastante legível após uma leitura rápida em sua sintaxe apesar de o mesmo fugir drasticamente da forma de escrever código em diversas outras linguagens de programação. A questão mais aparente desta sintaxe está no fato de o ChuckK se basear em conectar (em tradução livre: “chuckar”!) processamentos e variáveis por meio do conector `=>`. Assim, ao invés de atribuir o valor 5 a uma variável inteira *a*, o programador “chucka” este valor por meio da expressão `5 => inta;`. O FAUST é bastante legível para programadores acostumados com linguagens funcionais e não aparenta ter maiores questões de legibilidade.

Simplicidade global A simplicidade global tanto do Pure Data quanto do Max/MSP é um tanto comprometida dado que o programador precisa saber o nome dos objetos (“caixinhas”) e não há uma paleta para auxiliar a programação. Além disto, a capacidade de estes ambientes serem estendidos por meio de plugins pode comprometer esta simplicidade para casos onde o programador não sabe se um dado objeto está ou não presente em seu ambiente de programação antes de tentar fazer uso do mesmo. Já no Csound, a simplicidade global compete com a quantidade de *ugens* que esta linguagem possui. O fato de possuir milhares de geradores auxilia o programador, que raramente precisará criar um *ugen*, mas complica a simplicidade da linguagem e aumenta sua complexidade pois isto implica em conhecer estas unidades. A Supercollider, apesar de possuir diversos *ugens*, possui uma simplicidade global mais evidente, em parte por utilizar interfaces de programação comum e outros recursos de linguagens orientadas a objetos. Por fim, ChuckK e FAUST não possuem questões maiores em relação a sua simplicidade global.

Tipos de Dados A presença de facilitadores adequados a definir tipos de dados e estruturas é um auxílio notável a legibilidade [Sebesta 2003]. As linguagens de programação musical apresentam um número distinto e característicos de tipos de dados e estruturas. Principalmente por serem DSL’s e trabalharem em prol de domínio inicialmente restrito como Csound, Chuck e FAUST, porém Max/MSP, Pd e Supercollider são capazes de usar essas mesmas estruturas para elaboração de projetos mais complexos. A Tabela1 já apresentou uma comparação quanto ao tipo de dados destas linguagens.

Sintaxe Todas as linguagens aqui apresentadas possuem um fluxo de áudio contínuo que pode ser alterado pela configuração de seus geradores por um sinal de controle. Este sinal de controle pode ser discreto, baseado em eventos, ou contínuo, quando segue um fluxo como o do áudio. Por esta razão, é como se todas as linguagens tivessem embutido em sua programação um laço de repetição para os fluxos de áudio que são configurados pelo programador mas que não dependem da sua instanciação explícita. Entendendo que este conceito é presente em todas, a sintaxe das linguagens textuais aqui analisadas são bastante claras, mesmo tendo diferenças de outras linguagens de programação, conforme apresentado anteriormente. Aqui cabe um comentário sobre a sintaxe das linguagens visuais. Pure Data e Max/MSP possuem o fluxo de áudio e controle separado e a criação de laços de repetição, contadores ou incrementos pode ser bastante complexa. Os objetos desta linguagem possuem entradas, chamadas de *inlets*, que podem ser “quentes” ou “frias” sendo que a alteração do valor de um inlet frio altera o estado interno do objeto mas não propaga esta alteração para os próximos objetos do fluxo conectados em suas saídas, chamadas de *outlets*.

Capacidade de Escrita A capacidade de escrita em todas as linguagens parece ser bastante satisfatória sendo necessário notar que esta capacidade está também associada ao conhecimento específico do domínio em questão. Assim, para avaliar qual destas linguagens seria mais simples implementar, por exemplo, um sintetizador FM, é necessário partir da ideia que o usuário / programador conhece o conceito e sabe implementar este tipo de sintetizador. Vale destacar que todas as linguagens aqui apresentadas possuem capacidade para a criação de abstrações. Tais abstrações muitas vezes extrapolam a produção de som, como no Max/MSP e no Pure Data, e permitem a utilização destas linguagens para criação e processamento de vídeo, por exemplo.

Expressividade A expressividade computacional nestas linguagens está novamente, associada ao domínio de aplicação em questão onde as mesmas são consideradas altamente expressivas. Vale notar aqui que a experiência pessoal dos autores demonstra que muitos usuários / programadores geralmente aprende mais de uma destas linguagens por achar que determinadas tarefas são melhores realizadas em uma ou outra linguagem de programação. Infelizmente não há consenso sobre quais tarefas são mais simples em quais linguagens e não foi possível realizar um mapeamento da expressividade computacional musical nestas linguagens.

Verificação de Tipos As questões sobre tipos já foram apresentadas na Tabela 1, no entanto, cabe aqui trazer uma consideração. Pure Data e Max/MSP possuem tipos de dados e controle sendo que os tipos de controle podem ser variados. Por isto, a verificação de tipos ocorre apenas na execução sendo possível “conectar” objetos cujos tipos não são compatíveis.

Tratamento de Exceção Talvez pelo fato de este tipo de tratamento ser novo na computação, apenas Supercollider traz sintaxe explícita para tratamentos de exceção. A linguagem FAUST faz amplo uso de tratamentos em seu código gerado mas não encontramos como declarar explicitamente um tratamento de exceção nesta linguagem.

3.2. QP₂: Linguagens de Programação Musical e a Comunidade

Um dos quesitos para iniciar e se manter interessado a aprendizagem de uma linguagem de programação vai além dos quesitos técnicos e das capacidades computacionais

da linguagem. Esta seção apresenta uma análise do esforço necessário para se iniciar a utilização das linguagens de programação musical estudadas e a relação das mesmas com as comunidades acadêmica e não-acadêmica.

3.2.1. Passos Iniciais para Utilização das Linguagens

Um meio possível para determinar uma boa escolha ao adotar uma nova linguagem de programação é caracterizar quais as que melhor se aderem as restrições e características impostas pelas necessidades dos usuários. Neste contexto, as linguagens até aqui apresentadas foram avaliadas para determinar quais suas licenças, quais apresentam maior facilidade de instalação e possuem documentação facilmente acessível para auxiliar neste processo iniciatório. Para esta análise foi definido que a linguagem deve funcionar em plataformas Linux, o que impediu a avaliação do ambiente Max/MSP.

A **Licença** foi um quesito inicial de avaliação pois a partir da licença pudemos analisar se as linguagens estão ou não disponíveis gratuitamente com instalador e código-fonte. Este quesito influencia fortemente a portabilidade do código-fonte e a disponibilização da linguagem em diversos Sistemas operacionais além de influenciar a participação da comunidade nos processos de documentação e divulgação das linguagens.

O processo de **Instalação** foi feito em máquinas virtuais diferentes com o intuito de realizar a instalação em ambientes que não apresentavam nenhuma dependência e resquícios de instalações anteriores, e assim, validar o processo de forma mais consistente. Para esta etapa o sistema operacional Linux Ubuntu 18.4 foi utilizado devido a sua vasta adoção e proximidade com o usuário final. De maneira geral, a maioria das linguagens apresentaram grande facilidade no processo de instalação, sendo necessário apenas a utilização da ferramenta de gestão de pacotes do sistema operacional. Isto permitiu avaliar como **Fácil** a instalação das linguagens Csound, Pure Data, Supercollider e Chuck. A linguagem FAUST não se enquadrou neste critério pois sua instalação básica não é complicada mas a mesma requer uma série de outras dependências, o que dificulta o processo de utilização de maneira rápida. Por esta razão, a Instalação do FAUST foi considerada de dificuldade **Média**. Entretanto, a mesma possui uma plataforma online que possibilita o usuário utilizar a linguagem sem a necessidade de instalação.

A **Documentação** de todas as linguagens analisadas podem ser consideradas satisfatórias e há grande material disponível na Internet que facilitam a aprendizagem de forma rápida e consistente através de tutoriais, *howto's*, videoaulas, etc.. Um ponto negativo observado é que não é tão fácil encontrar material que apresente todo o processo de compilação da linguagem FAUST para as diferentes plataformas que ele atua, o que a tornou a linguagem de mais difícil iniciação. Vale ressaltar que ao utilizar o FAUST através da plataforma online que é disponibilizada estes problemas não acontecem, mas que este fato pode dificultar sua utilização em um primeiro momento para usuários que queiram ter o ambiente em suas máquinas.

3.2.2. Relação: Linguagens e usuários

É possível analisar também o ambiente de divulgação destas linguagens utilizando para isto 3 aspectos: a divulgação na comunidade não acadêmica, por meio das redes sociais, a participação da comunidade de desenvolvimento, por meio dos repositórios de código, e a participação da comunidade acadêmica por meio de publicações em meios científicos.

Comunidades não-acadêmicas Uma das variáveis presentes na popularização e distribuição dos *softwares* é o *marketing buzz*, correspondente a divulgação do produto pelos seus utilizadores. Para analisar a popularização destas linguagens em comunidades não apenas acadêmicas coletamos dados das linguagens de Programação musical citadas em grupos e páginas do Facebook. Entre as linguagens a que apresentou o maior número de seguidores/membros foi o Max/MSP com aproximadamente 16.000 membros², seguido pelo Pure Data com aproximadamente 12.000 membros³. O grupo criado para o Supercollider se aproxima de 5.000 membros⁴, e o ChucK com pouco mais de 200 membros⁵. FAUST não possui Grupo mas a página da linguagem conta com aproximadamente 400 seguidores⁶. O único grupo de Csound encontrado é italiano e conta com cerca de 360 usuários⁷. É necessário ressaltar que nenhuma página ou grupo é gerenciada pelos criadores de alguma dessas linguagens.

Comunidades de desenvolvimento Outro mecanismo utilizado para analisar a relação entre os desenvolvedores e seus usuários, são os sites de *hosting service*. Existem três unidades que foram analisadas *Forks*(cópia de repositórios),*branches*(ramificações de atualizações de repositório) e *Pull requests*(pedidos de colaboração para mudanças em um repositório). Começando pelo Csound obtemos 90 *Forks*, pouco menos de 15 *branches* e 2 *Pull requests*; O Pure Data com 78 *Forks* com 23 *branches* e 55 *Pull requests* já o Supercollider 377 *Forks* com 49 *branches* e 42 *Pull requests*, em seguida analisamos o ChucK com 57 *Forks*, 41 *branches* e 8 *Pull requests* e por fim o FAUST com 60 *Forks*, 28 *branches* e 3 *Pull requests*.

Comunidades científicas Por fim, podemos analisar a utilização e presença destas linguagens no meio acadêmico. O Csound é uma linguagem que possui maior amparo da academia e possui tanto uma conferência acadêmica anual, a CSound Conference, quanto uma revista acadêmica, chamada Csound Journal. O Pure Data também conta com uma conferência quase anual, a PdCon. O Supercollider teve uma conferência em 2016 para celebrar os 20 anos da linguagem, chamada Source 2016. O Max/MSP teve algumas conferências isoladas em 2009 e 2011 e o FAUST teve em 2017 sua primeira conferência. Infelizmente não obtivemos o número de submissões / aceites para estes eventos.

4. Conclusão

Este trabalho se propôs a trazer uma visão geral sobre linguagens de programação musical partindo de uma apresentação da área passando por questões históricas, aspectos técnicos, critérios de avaliação até chegar uma análise da relação entre estas linguagens e seus usuários. Esta visão geral demonstra que a existência de linguagens de programação musicais que utilizam paradigmas tão distintos é um aspecto central para esta área.

Apresentadas as principais características de cada linguagem de programação e seus históricos e suas influências, critérios e abstrações, foram avaliados os passos para

²Grupo do Max/MSP disponível em: <https://www.facebook.com/groups/maxmspjitter/>.

³Grupo do Pd disponível em: <https://www.facebook.com/groups/4729684494/>.

⁴Grupo do SC disponível em: <https://www.facebook.com/groups/supercollider/>.

⁵Grupo do ChucK em: <https://www.facebook.com/groups/1593843507578422/>.

⁶Grupo do FAUST disponível em: <https://www.facebook.com/GRAMEfaust/>.

⁷Grupo do CS disponível em: <https://www.facebook.com/groups/49295609818/>.

um primeiro contato com estas linguagens para entender como isso pode ou não influenciar o futuro programador/músico a escolher / adotar uma determinada linguagem. Depois apresentamos números referentes à comunidade de usuários e sua participação na elaboração dos projetos.

Percebe-se uma necessidade dos programadores / músicos de ser parte ativa do processo de criação assumindo para si o papel de desenvolvedor de suas aplicações, composições, instrumentos e instalações. Podemos ver estas linguagens como unidade de conhecimento capazes de gerar representatividade em um grupo, e por isso nossa análise passou pela sua interação com o seu usuário, tornado-o presente nesta pesquisa como um fator determinante de análise das mesmas.

Considerar que linguagens do final dos anos 50 repercutem na formação de áudio digital atual, demonstra o progresso em uma área de pesquisa da computação datada de muito longe e que influenciam o modelo de programação de áudio e outras mídias hoje ou nos próximos anos.

Limitações do Estudo Há ainda, no contexto de programação musical, outras linguagens e ambientes de programação que não foram incluídos neste estudo devido a compatibilidade com o escopo do mesmo. Entre estas linguagens estão linguagens históricas com CMusice CMix, que estão presentes na Figura 1 mas cuja utilização não se mostra atualmente presente. Também não foi incluído o ambiente de programação visual Eyesweb. Este ambiente é similar ao Pure Data em alguns aspectos e pode que ser utilizado para computação musical mas possui o foco em processamento de imagens e visão computacional. Por fim, também não foram abordados os ambiente de programação visual OpenMusic– ambiente focado em composição e que funciona sobre a linguagem LISP – e a linguagem Nyquist– implementa o processamento de áudio e música sobre a linguagem LISP.

Agradecimentos Os autores gostariam de agradecer a bolsa de iniciação científica cedida pela UFSJ / CNPq / FAPEMIG para a realização desta pesquisa e também ao ALICE (Arts Lab in Interfaces, Computers, and Else). A presente pesquisa encontra-se no contexto da criação de um ambiente de programação visual para a área das Artes digitais chamado Mosaiccode, desenvolvida no ALICE. Este ambiente de programação visual possui suporte para a criação de artes sonoras e visuais de maneira a simplificar o desenvolvimento especialmente para programadores leigos tendo mostrado-se eficiente para a criação de aplicações musicais [Schiavoni and Gonçalves 2017]. O Mosaiccode difere das linguagens apresentadas neste artigo por ser uma ferramenta de geração de código a partir de diagramas e se utilizar de GPLs com APIs específicas para a construção de aplicações artísticas. É intenção dos desenvolvedores deste projeto evoluir este ambiente de forma a transformá-lo em uma linguagem de programação para as artes. Assim, contextualizar este ambiente entre as linguagens de programação musical também é parte da motivação deste artigo.

Referências

Basili, V. R. (1992). Software modeling and measurement: The goal/question/metric paradigm. Technical report, University of Maryland at College Park, College Park, MD, USA.

- Di Nunzio, A. (2008). *Genesis, sviluppo e diffusione del software "Music N" nella storia della composizione informatica*. PhD thesis, Bologna University - Philosophy and Letters.
- Dix, A. (2009). Human-computer interaction. In *Encyclopedia of database systems*, pages 1327–1331. Springer.
- Favreau, E., F. M. K. O. P. P. P. M. and Rowe, R. (1986). Software developments for the 4x real-time system. *International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association, pages 43–46.
- Kernighan, B. and Ritchie, D. M. (2017). *The C programming language*. Prentice hall.
- Mathews, M. V., Miller, J. E., Moore, F. R., Pierce, J. R., and Risset, J.-C. (1969). *The technology of computer music*, volume 969. MIT press Cambridge.
- McCartney, J. (1996). Supercollider, a new real time synthesis language. In *ICMC*.
- McCartney, J. (2002). Rethinking the computer music language: Supercollider. *Computer Music Journal*, 26(4):61–68.
- Miletto, E. M., Costalonga, L. L., Flores, L. V., Fritsch, E. F., Pimenta, M. S., and Vicari, R. M. (2004). Introdução à computação musical. In *IV Congresso Brasileiro de Computação*.
- Myers, B. A. (1990). Taxonomies of visual programming and program visualization. *Journal of Visual Languages & Computing*, 1(1):97–123.
- Orlarey, Y., Fober, D., and Letz, S. (2002). An algebra for block diagram languages. In *Proceedings of International Computer Music Conference*, pages 542–547. Citeseer.
- Orlarey, Y., Fober, D., and Letz, S. (2009). Faust: an efficient functional approach to dsp programming. *New Computational Paradigms for Computer Music*, 290:14.
- Puckette, M. S. (1996). Pure data. In *International Computer Music Conference*, volume 1997, pages 224–227, San Francisco. International Computer Music Association.
- Russell, S. J. and Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited,.
- Schiavoni, F. L. and Gonçalves, L. L. (2017). Teste de usabilidade do sistema mosaicode. In *Anais [do] IV Workshop de Iniciação Científica em Sistemas de Informação (WICSI)*, pages 5–8, Lavras - MG - Brazil.
- Schiavoni, F. L., Goulart, A. J. H., and Queiroz, M. (2012). Apis para o desenvolvimento de aplicações de áudio. *Seminário Música Ciência Tecnologia*, 1(4).
- Sebesta, R. W. (2003). *Conceitos de Linguagem de Programação*. 5a Edição. Editora Bookman Companhia.
- Trueman, D., Cook, P. R., Smallwood, S., and Wang, G. (2006). Plork: The princeton laptop orchestra, year 1. In *ICMC*.
- Vercoe, B. et al. (1986). Csound. *The CSound Manual Version*, 3.
- Zicarelli, D. (2002). How i learned to love a program that does nothing. *Computer Music Journal*, 26(4):44–51.

Desenvolvimento de Instrumentos Musicais Digitais a partir de dispositivos ubíquos

Gabriel Lopes Rocha, Avner Maximiliano,
João Pedro Moreira Ferreira, Flávio Luiz Schiavoni¹

¹Computer Science Department
Federal University of São João del-Rei
São João del-Rei - MG - Brazil

{gbr.cdc, avnerpaulo.mg, joaopmoferreira}@gmail.com

fls@uufs.j.edu.br

Abstract. *This paper presents a study on the creation of digital musical instruments from ubiquitous devices. In this study, we applied the process for creating a digital musical instrument starting with the choice of a videogame control and a video camera as input devices. We present the outcome of his implementation, the design decisions taken during this development and also the considerations on how the creative process can influence and be influenced by technological decisions.*

Resumo. *Este artigo apresenta um estudo sobre a criação de instrumentos musicais digitais a partir de dispositivos ubíquos. Neste estudo, aplicamos o processo para criação de um instrumento musical digital partindo da escolha de um controle de videogame e uma câmera de vídeo como dispositivos de entrada. Apresentamos os resultados desta implementação, as decisões de projeto tomadas durante este desenvolvimento e também as considerações sobre como o processo criativo pode influenciar e ser influenciado pelas decisões tecnológicas.*

1. Introdução

A criação de um instrumento musical acústico pode partir da interação artesanal do *luthier* com o material a ser transformado em instrumento tendo como processo criativo a exploração do material pela tentativa e erro até que se chegue a algum resultado musical ou sonoro interessante. Nestes casos, a construção do instrumento musical acústico pode não partir de um som desejado mas no tipo de interação que se deseja com determinado material. Já no Instrumento Musical Digital (IMD), a construção pode iniciar pelo som que se deseja obter ou até mesmo de um som pré-existente e só posteriormente ser decidido como será a relação do músico com ele [Monteiro et al. 2012]. Também é possível partir de uma determinada relação, interface ou gesto, em como será a relação do músico com o instrumento para depois ser pensado em como o mesmo irá soar. Portanto, a construção de um IMD pode ser feita por uma demanda que desassocia o som do material a ser tocado sendo que seu uso específico pode determinar uma construção feita com base em uma necessidade de performance. Este espaço de performance dos IMD leva a entender que os mesmos são parte da criação da performance, “(...) uma espécie de obra aberta ou obra processo em si” [PATRÍCIO 2010].

Podemos então perceber que em instrumentos musicais acústicos, quase sempre a forma de controle (parte gestual) é inseparável da parte de síntese de som (parte mecânica) pois estes instrumentos são tocados na maior parte das vezes por um gesto atuando em seu material vibrante. O mesmo não acontece para instrumentos musicais eletrônicos, pois nestes a parte de interação (as entradas) são separadas da ferramenta de síntese de som. Isso abre espaço para a discussão sobre formas de mapeamentos que liguem esses dois pontos e permite pensar que os instrumentos musicais digitais podem possuir uma estrutura tripartite dividida em: a) a interface de entrada, b) a unidade de geração do som (sintetizador) e c) o mapeamento.

Interface de entrada A interface de entrada é a parte onde o músico se relaciona com o instrumento, é a parte que transpõe o gesto do músico em algo que possa ser tocado. Normalmente esta interface conta com sensores que funcionarão como dispositivos de entrada para o computador.

Unidade de geração do som A unidade de geração do som é um sintetizador digital que permite um *feedback* sonoro do gesto captado pela interface de entrada, e pode utilizar diferentes técnicas de síntese como AM, FM, aditiva, subtrativa, granular e tabela de sons.

Mapeamento Um sintetizador pode ter diversos parâmetros que definem as propriedades do som assim como um a interface física pode ter diversos sensores de entrada. O mapeamento é a parte que possibilita a interconexão entre a primeira e a segunda parte tentando dar um significado semântico sonoro ao gesto. [Hunt et al. 2000] destacam duas abordagens quanto ao papel do mapeamento, como característica específica da composição ou parte integral do instrumento, e duas quanto ao tipo do mapeamento, o uso de mecanismos geradores ou de estratégias de mapeamento explícitas.

Esta estrutura tripartite nos aponta que um IMD pode ter uma total desconexão entre o gesto do músico e o som gerado, de maneira totalmente distinta do que ocorre em instrumentos acústicos, onde um gesto faz o corpo do instrumento vibrar e influencia totalmente no resultado sonoro. No IMD o corpo do instrumento é a interface de entrada e a unidade que gera o som não interage com ele afim de gerar ou modificar o som [PATRÍCIO 2010]. Assim, podemos fazer uma corda vibrante atuar como um sensor e disparar um sintetizador que simula o som de um tambor gerando um resultado “esquisofônico” mas possível.

É importante ressaltar que, durante a história, os instrumentos evoluíram para gerar formas elaboradas de interação musical, nas quais a relação entre gestual e o som gerado são feitas de formas complexas e não lineares. Um piano, por exemplo, apesar de ser um instrumento acústico, não é tocado por um gesto que atua diretamente sobre seu corpo vibrante, no caso as cordas. Este instrumento já é tocado por meio de uma interface de entrada onde cada tecla pode ser mapeada para um determinado som e este som ser dependente de outros parâmetros de configuração do instrumento, como os pedais. Apesar de este ser o mapeamento óbvio e esperado, é possível alterar o piano de maneira a usar a mesma interface (as teclas) e o mesmo sintetizador (as cordas) mas obter outros resultados sonoros por meio de outros mapeamentos [Pritchett 1988]. Da mesma forma, podemos utilizar mapeamentos para a criação de instrumentos digitais de maneira direta, onde cada parâmetro de controle está atrelado a um parâmetro de síntese, ou de forma que parâmetros simultâneos alterem a geração de sons de que um instrumentista habilidoso

possa controlar parâmetros simultaneamente de forma expressiva [Hunt et al. 2000].

Partindo desta divisão tripartite de um instrumento musical, acreditamos que a criação de um IMD pode ser uma tarefa criativa que permite diversas possibilidades de exploração. Pensando nas possibilidades de entradas para a criação de IMD, este trabalho apresenta a utilização de dois tipos de entradas que podem ser comumente encontrados para este propósito: Controles de videogames e câmeras de vídeo. A utilização destas interfaces para a criação de instrumentos não é inédita e outras iniciativas podem ser encontradas na Seção 2.

Estes controles foram escolhidos por suas características ubíquas dados que os mesmos podem ser encontrados facilmente e a um baixo custo. Além disto, acreditamos que boa parte dos usuários de computador teriam familiaridade com ambos os controles mesmo que estes usuários não possuam familiaridade com a prática de instrumentos musicais. Estas interfaces serão melhor apresentadas na Seção 3 deste documento.

Certamente, tanto as câmeras de vídeo quanto os controles de videogame não trazem em si um mapeamento claro e óbvio quando utilizados como instrumentos musicais. A infinidade de combinações e gestos nos levam a diversas possibilidades de mapeamentos e as diferentes abordagens que estas interfaces nos possibilitam. A Seção 3.4 apresenta conceitos como formas de mapeamento, a importância de se evitar mapeamentos um para um, como um mapeamento bem pensado pode alterar a expressividade do instrumento e a impressão causado ao usuário [Hunt et al. 2003].

2. Trabalhos Relacionados

O instrumento desenvolvido por Matthew Blessing e Edgar Berdahl [Blessing and Berdahl] na Universidade do Estado de Louisiana utiliza um controle similar ao deste trabalho. Este trabalho utiliza como interface de entrada um Arduino Micro com cinco alavancas, onde a posição X e Y de cada alavanca determina as alterações de alcance e timbre do som. Como sintetizador, este trabalho usa um Raspberry Pi rodando um *patch* do PureData. Além disto, o instrumento foi montado em um invólucro com interface de entrada, sintetizador de som, mapeamento e caixa de som.

O instrumento desenvolvido por SookYoung Won, Humane Chan e Jeremy Liu [Won et al. 2004] do departamento de música da Universidade de Stanford foi constituído por tubos de PVC alinhados que contém resistores fotovoltaicos no fundo de cada tubo. Este projeto utiliza um microprocessador como unidade de processamento dos dados, que transforma o sinal enviado pelos resistores fotovoltaicos, quando acionados pela incidência de luz, em sinal MIDI. Porém considera os dados vindo dos resistores fotovoltaicos somente como as notas, variando da nota 60 até a 72 inicialmente e mantém a velocidade sempre em 64 como padrão para todas as notas. O projeto conta ainda com a possibilidade de variação de escala, o que eles chamam de “high” e “low”, sendo possível tocar notas de 48 a 60 e 72 a 84. Após o sinal ser transformado em sinal MIDI ele é enviado para o *patch* do PureData, que contém a síntese sonora e em seguida é gerado o som.

Já o trabalho de Michael Shawn Trail, et al. [Trail et al. 2012], propõe a construção de um hiper instrumento utilizando do Kinect da Microsoft para captar gestos realizados pelo músico ao tocar um instrumento de percussão. Com esses gestos são realizadas alterações no som emitido pelo o instrumento acústico, sendo adicionado novos sons ou

variando os sons já emitidos pelo o instrumento. O principal problema relacionado ao Kinect é que por se tratar de um *hardware* especializado seu custo pode não ser acessível a todos.

No trabalho realizado por Phon-Amnuaisuk, et al. [Phon-Amnuaisuk et al. 2009] é apresentada uma abordagem que faz uso da biblioteca OpenCV para a criação de instrumento digital. O instrumento criado simula um instrumento de percussão através de um ambiente virtual e do uso de “baquetas”, que são rastreadas e permitem a interação com o ambiente virtual. A partir da movimentação das baquetas é estimado o som que deverá ser sintetizado. Entretanto a abordagem apresentada pelos autores exige o uso das “baquetas” para que seja funcional, diminuindo assim a liberdade do usuário para interagir com o instrumento.

Nieto e Shasha apresentam em seu trabalho [Nieto and Shasha 2013] a utilização de dispositivos móveis para o reconhecimento de gestos e propõem como possível aplicação o uso desses dispositivos na sintetização de som. O trabalho demonstra a possibilidade do uso de dispositivos móveis na criação de instrumentos digitais, contudo consegue apenas analisar poucos gestos relacionados a mãos.

Há também trabalhos como os propostos em [Phon-Amnuaisuk et al. 2009], [Trail et al. 2012] e [Nieto and Shasha 2013] que utilizam de câmeras de vídeo, e a biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*), para a criação de instrumentos digitais ou hiper instrumentos e o trabalho de [Ariza 2012] que aproveita controles de videogame para criar interações musicais.

3. Dispositivos ubíquos para a construção de instrumentos musicais

Muitos trabalhos que envolvem a criação de instrumentos musicais dependem da utilização de microcontroladores, como Arduinos e Raspberry pi, e diferente sensores. Barômetro, acelerômetro, sensores de torção, botões e demais tipos de entrada já foram explorados para construir instrumentos musicais. No entanto, a construção baseada nestes sensores depende de a) um conhecimento mínimo em eletrônica, b) um conhecimento de programação de microcontroladores e c) a disponibilidade destes sensores em um ambiente de pesquisa. Para evitar tal conhecimento especializado, este trabalho vai focar em dois dispositivos de entrada de fácil aquisição e comumente encontrados no mercado, são eles: Controles de videogame e Câmeras de vídeo. Desta maneira, podemos trabalhar no processo criativo da construção de um instrumento musical usando para isto apenas a programação.

3.1. Controles de videogame

Entre estes controles de videogame disponíveis atualmente no mercado, o modelo de manete popularizado pela Sony chamado DualAnalog (posteriormente Dualshock) com o console Playstation oferece uma série de atrativos. Muitas variantes da sua primeira versão foram lançados por diversas empresas. Neste trabalho, por exemplo, escolhemos para utilização o Controller Double Shock B-Max, que inclui uma conexão Universal Serial Bus (USB) para ser ligada a um Personal Computer (PC). Controles como esse podem facilmente ser encontrados a preços baratos, seja na internet, em lojas especializadas em jogos ou comércios populares. Além disso, é praticamente impossível conseguir essa quantidade de botões e alavancas analógicas disponíveis para mapeamento com um custo tão baixo caso a opção fosse construir tal circuito eletronicamente.



Figura 1. Esquema de controles do Joystick utilizado neste trabalho

Como pode ser visto na Figura 1, o controle possui 8 botões principais de valores discretos, duas alavancas analógicas em que cada uma oferece dois eixos de valores contínuos com o zero na posição central e quatro botões direcionais que oferecem dois eixos de valores discretos. Inclui ainda dois botões discretos, frequentemente denominados como “start” e “select”, e mais dois botões acessados ao se pressionar cada alavanca.

3.2. Câmeras de vídeo

Uma câmera pode reconhecer entre outras coisas objetos presentes em uma cena, cores predominantes, formas e até mesmo posição de pessoas. O algoritmos que possibilitam a extração de informação de uma imagem digital são relacionados a área de Visão computacional e processamento digital de imagens [Gonzalez and Woods 2000]. Dentre as possibilidades citadas acima, é possível observar na Figura 2 o reconhecimento de objeto em uma aplicação clássica de visão computacional.

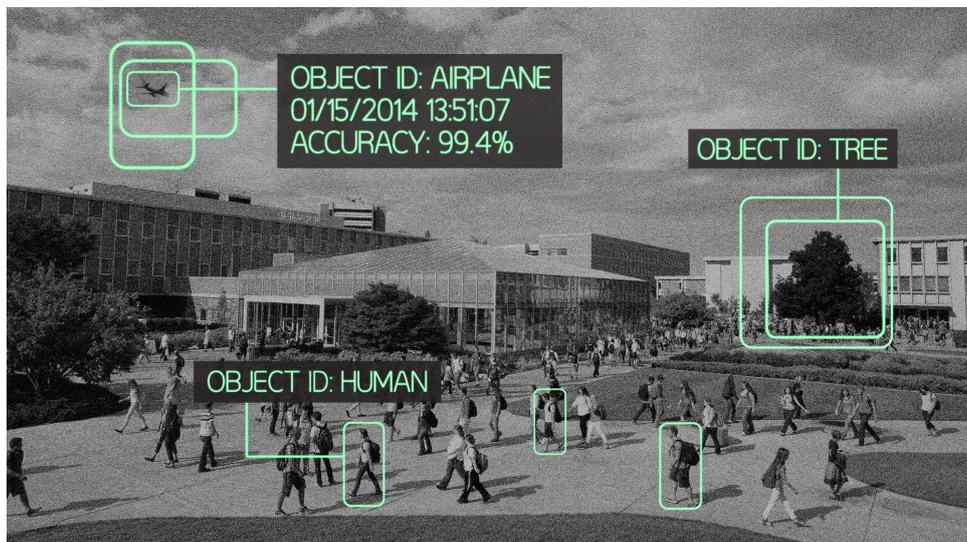


Figura 2. Exemplos de reconhecimento de objetos em uma cena

Recentemente, câmeras especiais passaram a ser utilizadas como controles de videogame, como o Kinect da Microsoft, e permitir a interação de jogadores por esta interface de comunicação. Com técnicas de visão computacional é possível simular, através de câmeras comuns presentes em dispositivos populares, um comportamento similar ao Kinect da Microsoft [Ferreira et al. 2018] e permitir o controle de um console utilizando como interação a posição da mão. Como as câmeras de vídeo tradicionais são mais populares e ubíquas que as especiais para controle de videogame, este trabalho foca no uso destes dispositivos mais comuns.

3.3. Sintetizadores e o feedback sonoro

Na escolha do sintetizador elencou-se duas opções: a) utilizar sintetizadores já existentes em computadores e um protocolo de comunicação de síntese, como o MIDI ou b) desenvolver um sintetizador próprio.

Optou-se nesse trabalho por utilizar o protocolo MIDI e sintetizadores já existentes para permitir a utilização de sintetizadores diferentes para o mesmo mapeamento e dispositivo tornando assim o processo de criação de um IMD mais solto e interessante. Um sintetizador MIDI possui um conjunto de entradas específicas e predefinidas e possui um protocolo de comunicação bem definido baseado em Notas e Dinâmica (velocidade). Apesar de acharmos suficiente para a nossa proposta inicial, entendemos que isto nos dá um conjunto escasso de parâmetros de síntese para trabalhar no mapeamento.

3.4. Mapeamentos

Uma vez que iniciamos a construção de nossos instrumentos partindo da escolha da interface e decidimos utilizar sintetizadores MIDI, é necessário pensar as formas de mapeamento. [Ariza 2012] discute a utilização do controle dual analógico como interface para interações musicais, além de sugerir diversos padrões de mapeamento. [Hunt et al. 2000] discute estratégias de mapeamento de forma mais geral, analisa a literatura disponível sobre o tema e apresenta o conceito de se dividir a forma de mapeamento em subcamadas.

Ao discutir mapeamentos para os dispositivos de entrada aqui propostos, queremos chegar a uma forma que permita tornar o ato de tocar nossos IMDs estimulante e recompensador. A interação musical deve incentivar a exploração e estimular a criatividade. É bem mais difícil pensar em mapeamentos para interfaces que estão muito distantes das utilizadas até então para criar música pois não estamos nos baseando em um instrumento já existente. Então, iremos propor o teste de mapeamentos distintos partindo dos conceitos de complexidade, facilidade de aprendizado e explorabilidade.

4. Implementação

A implementação dos instrumentos aqui propostos partiram de uma construção unindo bibliotecas já existentes para a captura de entrada e a utilização do protocolo MIDI para a interface com sintetizadores genéricos já existentes.

Utilizamos MIDI para a comunicação entre o IMD e um sintetizador compatível com o protocolo devido a simplicidade na compreensão básica e aplicação do protocolo. Além disso, o padrão torna fácil a criação e variação entre diversas formas de mapeamento. Os códigos foram escritos utilizando a biblioteca ALSA MIDI para o Linux. Ela oferece uma estrutura de representação de mensagens MIDI junto com uma série de

funções para a criação, recebimento e manipulação destas. A estrutura básica dos instrumentos produzidos por este trabalho pode ser observada na Figura 3, sendo que a interface de entrada pode ser um joystick ou a câmera dependendo de qual instrumento está sendo utilizado. Além disso foram criados diversos mapeamentos para esse trabalho sobre as interfaces de entrada.

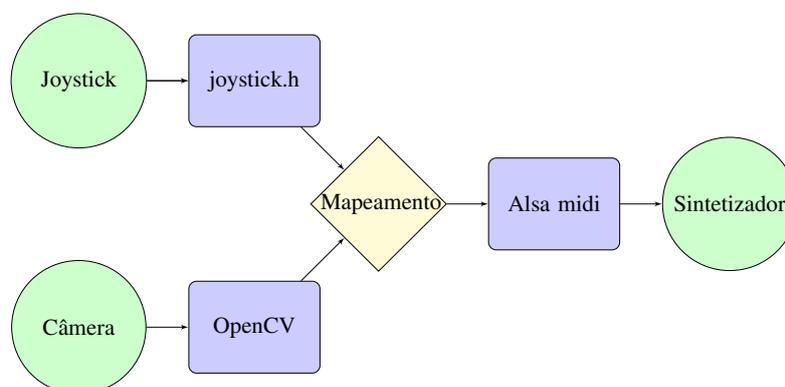


Figura 3. Estrutura da construção dos instrumentos

É muito comum nessa parte que se faça uma associação um-para-um entre os parâmetros de síntese e as entradas disponíveis no dispositivo de controle. Esse comportamento é entretanto desaconselhado pois, em geral, resulta em uma forma de interação com o instrumento pouco expressiva [Hunt et al. 2003]. Em instrumentos acústicos, na maioria das vezes as formas de controle estão associadas de maneira cruzada a diversos detalhes do som gerado e é isso que torna a experiência de tocá-los interessante. Então, mais do que quais ações gestuais desejamos transformar em som e de que forma, também devemos pensar em como estas interagem para enriquecer a performance. São essas escolhas no processo de criação do IMD que dão “vida” ao instrumento e o individualizam. Formas de mapeamento mais complexas e inovadoras também trazem mais possibilidade nas formas de interação. Elas exigem mais habilidade e treinamento, mas os resultados são melhores principalmente para executar tarefas mais complexas [Hunt et al. 2003].

4.1. O controle de videogame como entrada

A biblioteca joystick.h disponível para Linux permite a interação do programa com o controlador. Ela possui uma estrutura que encapsula as informações enviadas pelos botões, ou quando algumas das alavancas analógicas são movidas. Dessa forma, o valor de um botão pode ser discreto, significando apenas se ele foi pressionado ou solto, ou contínuo, indicando o quanto a alavanca foi deslocada. Lembrando que os botões direcionais, apesar de discretos, controlam dois eixos, um horizontal e um vertical, assim como as duas alavancas. É possível ainda captar o tempo em que cada um desses eventos ocorre.

Sobre o controle vale ressaltar que ele possui dois modos. Quando o modo analógico está desativado, os eixos contínuos atribuídos às alavancas não são utilizados. Ao invés disso, a alavanca esquerda controla o eixo discreto dos botões direcionais e a alavanca direita pode ser usada para acionar os botões do lado direito da manete (popularmente conhecidos como “triângulo”, “xis”, “quadrado” e “bolinha”). Essa configuração é interessante pois permite duas formas de se executar o mesmo comando, mas limita a quantidade de comandos disponíveis.

Para facilitar a descrição dos mapeamentos, os botões frontais se referem aos quatro citados acima, os botões superiores referem-se aos normalmente conhecidos como “L1”, “L2”, “R1” e “R2”. Restam os botões direcionais do lado esquerdo da manete e as duas alavancas.

Três estruturas de mapeamento foram pensadas para esse dispositivo de entrada. A primeira segue a visão intuitiva mas pouco aconselhada de se atribuir cada botão principal disponível a uma nota dentro da partitura entendida pelo sintetizador. Desta forma, os quatro botões direcionais e os botões frontais foram atribuídos cada um a uma nota dentro de uma oitava. O botão “select” é usado para selecionar se a oitava utilizada é uma maior ou menor. Entre os botões superiores, os de cima são usados para adicionar ou subtrair um semitom do valor da nota e os de baixo acrescentam ou subtraem uma oitava. Uma possibilidade interessante desse mapeamento é utilizar o modo analógico desligado para que seja possível tocar as notas através das alavancas. Apesar de ser um desperdício usar uma entrada contínua para disparar valores discretos, os resultados adquiridos dessa forma são bem interessantes. Em todo caso, esse mapeamento foi pensado para ser de fácil compreensão, bastante intuitivo, porem pouco explorável.

O segundo mapeamento abstrai a ideia de uma máquina de estados. A posição atual dessa máquina muda a configuração do mapeamento atribuído aos botões frontais. Este é determinado pelos botões direcionais pressionados. Assim, tocar esse instrumento significa entender como estes estados funcionam e saber navegar entre eles para alcançar o som desejado. Os botões superiores permitem navegar pelas oitavas ou semitons para aumentar a amplitude de notas alcançadas. As alavancas analógicas aqui podem ser usadas da mesma forma descrita acima, ou ser atribuídas a controles contínuos MIDI. Pelo menos 8-bits são usados para representar um eixo [Ariza 2012]. Isso permite que até dois controles possam ser manipulados por eixo, com a posição neutra 0 localizada no meio. Esses controles podem ser atribuídos a parâmetros específicos de cada sintetizador para obter resultados diversos. Assim pode-se ter acesso a características do som não codificadas por uma mensagem MIDI.

O terceiro mapeamento foi pensado para ter uma lógica de difícil compreensão para o usuário. Os botões da manete enviam sinais que manipulam os bits que montam a mensagem MIDI a ser enviada para o sintetizador. Dos 14 botões disponíveis, os 7 botões esquerdos foram mapeados para os bits de velocidade, enquanto os 7 botões direitos foram mapeados para os bits de nota. Além disso, cada vez que o botão correspondente à posição de um bit é pressionado, além de alterar o seu valor, aquela posição passa a ser a primeira. Esse mapeamento obteve resultados inesperados e ainda está em desenvolvimento. O seu princípio é mostrar que uma forma de mapeamento muito complexa, apesar de apresentar muitas possibilidades, pode ser frustrante de mais para despertar o interesse do usuário.

4.2. Câmeras de vídeo

Para a implementação do sistema responsável pela interface de entrada utilizando câmeras de vídeo foi utilizada a biblioteca OpenCV. OpenCV é uma biblioteca de código aberto com diversos algoritmos de visão computacional e processamento digital imagens já implementados. Essa biblioteca oferece uma grande vantagem para aplicações que desejam funcionar em tempo real além de ter um grande número de colaboradores e ter sido adotada por grande parte comunidade de pesquisadores sobre o tema [Bradski and Kaehler 2008].

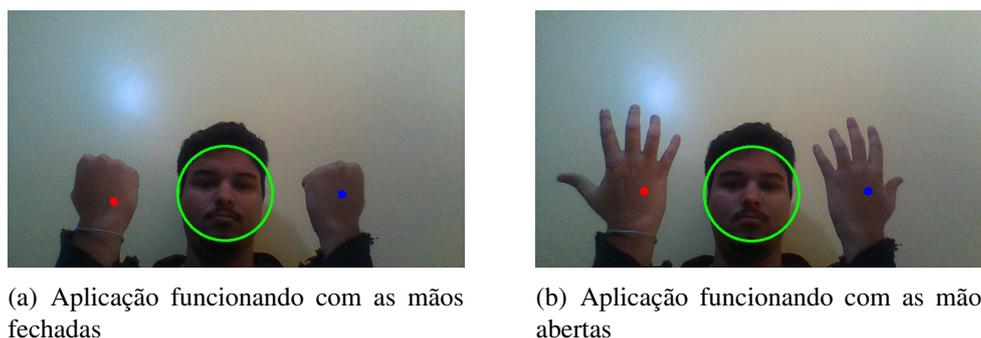


Figura 4. Interface de entrada com *feedback* visual do reconhecimento realizado

A partir desta biblioteca foi desenvolvido para servir de interface de entrada para o IMD um sistema que reconhece uma pessoa e seus membros, como pode ser observado na Figura 4. O sistema é capaz de identificar uma pessoa presente na imagem capturada pela câmera, definir seu rosto e estimar a posição no eixo x e y de sua mão esquerda e direita.

Definido qual algoritmo de visão computacional seria utilizado como a interface de entrada foram realizados dois mapeamentos para este instrumento lembrando que os dados obtidos pela interface de entrada foram mapeados em valores e enviados pelo ALSA MIDI para os sintetizadores MIDI. O primeiro mapeamento seguiu a seguinte lógica, toda vez que a interface de entrada realizava uma leitura era enviado os valores extraídos em x e y para cada mão. Os valores em x de ambas as mãos foram normalizados em valores que representassem notas, os valores em y foram normalizados para representar a dinâmica da nota representada por x , assim a cada leitura da interface de entrada eram enviados 4 sinais para o sintetizador: duas notas representadas pelos valores obtidos na imagem no eixo x , e seus respectivos volumes representados pelos valores obtidos na imagem no eixo y .

O segundo mapeamento foi realizado setorizando a imagem em 4 quadrantes, quando a interface de entrada emite os valores, o mapeamento adota um estado específico para cada quadrante que as mãos do músico se encontram, os valores de x e y são combinados para controlar em cada estado notas e volumes de uma maneira diferente.

5. Discussão

Quando um músico toca um instrumento acústico, peculiaridades da forma como ele explora as interações entre o gestual e o som intrínsecas à composição física deste, individualizam e enriquecem a sua performance. A mesma sensação deve ser transmitida e explorada ao se tocar um IMD e é essa a parte mais desafiadora da criação de IMDs.

As diversas formas de mapeamento apresentadas nesse artigo para os dispositivos de entrada escolhidos servem para reforçar o quanto esse processo é importante na criação de um IMD. Dentro da estrutura tripartite, a alteração de qualquer uma das partes acarreta em um produto final completamente novo. E destas três, o mapeamento é aquele que apresenta mais possibilidades e também é de mais fácil manipulação. E são as estratégias usadas na definição dos mapeamentos que criam a identidade do IMD ao definir como as interações musicais acontecerão, como o gestual será traduzido para a parte sonora. Como

discutido em [Hunt et al. 2003], são essas características que farão com que a experiência de tocar um IMD se aproxime à de tocar um “instrumento de verdade”.

Mapeamentos simples, como os primeiros apresentados tanto para a câmera quanto para o controle, podem parecer interessantes a princípio por serem fáceis de controlar e entender. É esperado entretanto que despertem pouco interesse por parte do usuário, como ocorre com pianos e demais brinquedos sonoros de crianças. Neles não há muito o que se aprender nem habilidades a serem desenvolvidas. A experiência com música e o conhecimento de partituras pode te permitir tocar algumas músicas sem dificuldade mas entendemos que dispositivos de entrada com tantas possibilidades como os escolhidos precisam trazer algo de novo.

A abstração de uma máquina de estados que controla as configurações do mapeamento foi uma proposta que encontramos utilizando uma ferramenta comum da área de Ciências da Computação. Ela permite maior explorabilidade ao se tentar entender como essas mudanças de estado se relacionam com os botões que produzem som. Além disso, apresenta uma dificuldade moderada para o aprendizado, o que é bastante importante. A dificuldade serve também pra despertar interesse e trazer uma sensação de realização ao se alcançar o domínio. Por outro lado, como buscamos explicitar no terceiro mapeamento do controle, a dificuldade em excesso pode ter um resultado contrário.

Como mapeamento influencia diretamente a expressividade da interação musical [Hunt et al. 2003], concluímos ser importante a capacidade de trabalhar com mais características do som. Para isto, não parece ser necessário ou obrigatório programar um novo sintetizador e pode ser possível explorar um pouco mais sintetizadores existentes. Muitos sintetizadores MIDI possuem capacidade de aceitar sinais MIDI de controle para manipular parâmetros de síntese como LFO, característica do envelope, Filtros, entre outros. Mapear estes parâmetros a partir dos controles escolhidos permitiria que os nossos IMDs fossem menos genéricos, mas com mais possibilidades de mapeamentos e descobertas timbrísticas. E ainda, com adaptações pequenas neste, o IMD ainda pode ser utilizado em sintetizadores diferentes.

Além disso diversas formas de mapeamentos podem auxiliar na interação do usuário já que usuários com mais experiência musical, ao receberem o *feedback* sonoro podem compreender melhor o mapeamento, que músicos sem tanta experiência. Porém como os mapeamentos apresentados neste trabalho apresentam uma lógica que programadores estão mais acostumados a encontrar no dia a dia, pode ser que pessoas com facilidade para compreender máquinas de estados possam ter mais facilidade para compreender alguns mapeamentos. Com isso acreditamos que o processo de interação com o instrumento digital estimula a criatividade e permite que os músicos explorem novas maneiras de criar música.

Um problema a ser notado na escolha do joystick como interface musical é que seus botões não possuem nenhum sensor de pressão para ser relacionado ao atributo velocidade (ou intensidade) da nota, que aparece no protocolo MIDI. Isso pede que essa característica seja tratada através de alguma interface ou estratégia de mapeamento, o que foge um pouco do significado semântico de um gesto musical de controle. Nossos experimentos preliminares sugerem que os usuários pressionam os botões com mais vigor esperando controlar parâmetros de dinâmica do som, o que não acontece devido a esta ca-

racterística do dispositivo. Os destaques do controle são com certeza o par de alavancas, pois essas tem grande potencial quanto a expressividade de quem toca o IMD. Um bom mapeamento para esse dispositivo deverá levar isso em consideração.

A utilização da mão no controle usando câmera de vídeo apontou para uma questão do alto processamento envolvido que pode prejudicar a sensação de fluidez do usuário que estiver interagindo com o sistema. Este alto processamento se dá em função da utilização de uma câmera comum para simular funcionalidades presentes em equipamentos especializados como o próprio Kinect da Microsoft.

A opção de desenvolver um sintetizador próprio, permitiria uma maior liberdade para explorar parâmetros mais interessantes e influenciar não apenas duração, altura e dinâmica mas também atributos timbrísticos. Como lembra Miller Puckette, autor do Pure Data: “O processo de fazer música computacional é, primeiro, escrever um software, e então fazer música com ele”[Puckette 2002]¹. Neste momento utilizou-se os sintetizadores disponíveis no Linux Multimedia Studio (LMMS) para o feedback sonoro de nossos instrumentos. Porém, certamente a pesquisa sobre criação de instrumentos deve passar pela criação de sintetizadores e isto deverá trazer diversas novas possibilidades para este trabalho.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou o processo de construção de instrumentos musicais baseados em dispositivos de controles não convencionais para este fim. Este processo se deu como um processo criativo onde decisões locais foram tomadas de maneira a permitir que a criação de um instrumento ocorresse de forma total. Certamente existem outras possibilidades de explorar de maneira criativa a construção de novos instrumentos musicais.

A escolha de ferramentas ubíquas como uma câmera ou um controle de videogame, assim como a utilização do MIDI que já é bastante difundido, permitem que outras pessoas com conhecimento básico de programação possam criar as suas próprias implementações. A utilização de um sintetizador digital para um IMD reforça a capacidade de se adequar a estrutura do instrumento ao som e interação desejada. O sintetizador pode ser escolhido ou até mesmo criado através de programação musical para atender às necessidades do projeto. Posteriormente, no processo de fazer música, os resultados pode indicar a necessidade de modificá-lo ou até mesmo descartá-lo.

As ideias aqui apresentadas servem como base da discussão e os mapeamentos ainda devem ser trabalhados e aprimorados. A facilidade que o MIDI trás para determinar e modificar mapeamentos permite que esse processo seja feito se preocupar com resultados concretos, através da experimentação. Os códigos podem ser criados, modificados e descartados sem muita dificuldade. Não é o foco a princípio criar e popularizar um novo instrumento, mas destacar a possibilidade de, com poucas alterações, criar instrumentos específicos para diversas situações.

O processo de determinar e testar formas de mapeamento para IMDs é com certeza a parte mais interessante e desafiadora de lidar com esse tipo de instrumento. Nele há espaço para que a imaginação se solte e novas formas de interação sejam criadas. Mudanças são fáceis de serem feitas, então não há porque se apegar a códigos prontos. Também

¹“The process of doing computer music is, first, to write software, and then to make music with it.”

é aconselhado que se fuja de senso comum ao se pensar maneiras de tocar. Principalmente nesse caso onde se trabalha IMDs sem nenhuma relação óbvia com instrumentos acústicos. No fim espera-se alcançar um instrumento final capaz de entreter, desafiar e encantar os usuários.

Os autores gostariam de agradecer aos participantes do Grupo de Estudo em Arte Digital do Departamento de Computação da Universidade Federal de São João del-Rei. Este grupo interdisciplinar envolve alunos e professores de vários cursos como Ciência da Computação, Música, Artes Cênicas, Artes aplicadas e Matemática é a base desta pesquisa. Estudamos a possibilidade de incluir esses instrumentos na criação de um espetáculo e integrar este projeto na Orquestra de Ideias, deste grupo de estudo. Os autores gostariam de agradecer também aos membros do ALICE (Arts Lab in Interfaces, Computers, and Everything Else) que auxiliaram nos debates e desenvolvimento deste projeto. Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro institucional da FAPEMIG, CNPq e da PROPE/PROAE/UFSJ.

Os códigos-fonte de todas as aplicações apresentadas neste artigo podem ser encontradas nos repositórios dos autores, disponível em <http://alice.dcomp.ufsj.edu.br>.

Referências

- Ariza, C. (2012). The dual-analog gamepad as a practical platform for live electronics instrument and interface design. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, Ann Arbor, Michigan. University of Michigan.
- Blessing, M. and Berdahl, E. The joystyx: A quartet of embedded acoustic instruments.
- Bradski, G. and Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. "O'Reilly Media, Inc."
- Ferreira, J. P., Dias, D. R., Guimarães, M. P., and Laia, M. A. (2018). An rgb-based gesture framework for virtual reality environments. In *International Conference on Computational Science and Its Applications*, pages 790–803. Springer.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2000). *Processamento de imagens digitais*. Edgard Blucher.
- Hunt, A., Wanderley, M. M., and Kirk, R. (2000). Towards a model for instrumental mapping in expert musical interaction. In *ICMC*. Citeseer.
- Hunt, A., Wanderley, M. M., and Paradis, M. (2003). The importance of parameter mapping in electronic instrument design. *Journal of New Music Research*, 32(4):429–440.
- Monteiro, A. C. et al. (2012). Criação e performance musical no contexto dos instrumentos musicais digitais.
- Nieto, O. and Shasha, D. (2013). Hand gesture recognition in mobile devices: Enhancing the musical experience. *Proc. of CMMR*, 13.
- PATRÍCIO, E. (2010). *Instrumentos musicais digitais—uma abordagem composicional*. PhD thesis, Dissertação (Mestrado)—UFPA-Universidade Federal Do Paraná, Departamento De Artes, Curitiba, 2010. Citado na.

- Phon-Amnuaisuk, S., Rezahanjani, K., Momeni, H. R., and Khor, K. (2009). Virtual musical instruments: air drums. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Information Technology in Asia (CITA 2009)*, Kuching, Sarawak, pages 95–99.
- Pritchett, J. (1988). From choice to chance: John cage’s concerto for prepared piano. *Perspectives of New Music*, pages 50–81.
- Puckette, M. (2002). Max at seventeen. *Computer Music Journal*, 26(4):31–43.
- Trail, S., Dean, M., Odowichuk, G., Tavares, T. F., Driessen, P. F., Schloss, W. A., and Tzanetakis, G. (2012). Non-invasive sensing and gesture control for pitched percussion hyper-instruments using the kinect. In *NIME*.
- Won, S. Y., Chan, H., and Liu, J. (2004). Light pipes: A light controlled midi instrument. In *Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression*, pages 209–210. National University of Singapore.

Pesquisa em ubimus na Educação Básica: Projeto Música Ubíqua no Colégio de Aplicação da UFRGS, abordagens de pesquisa e parcerias com o g-ubimus

Maria Helena de Lima¹, Damián Keller², Evandro Miletto³, Marcelo Pimenta⁴, Luciano Flores⁵, Marcelo Johann⁶, Jean Carlos Figueiredo de Souza⁷

¹ CAP – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Porto Alegre – RS – Brasil

² NAP – Universidade Federal do Acre (UFAC) e Instituto Federal do Acre

Rio Branco – AC – Brasil

³ Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)

Porto Alegre – RS – Brasil

^{4,5,6} LCM – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Porto Alegre – RS – Brasil

⁷ IA – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Porto Alegre – RS – Brasil

helenalima@ufrgs.br, dkeller@ccrma.stanford.edu, carlosjean974@gmail.com

Abstract. *This paper reports ubimus educational research actions and approaches carried out at the UFRGS Application School, targeting activities in basic education. These activities feature the participation of high-school students through a Brazilian undergraduate research programme called “Scientific Initiation.” It also reports collaborative research done by members of the Ubiquitous Music Group (g-ubimus), between the years 2012 and 2018.*

Keywords: ubiquitous music research; eco-composition; everyday musical creativity; music education; basic education.

Resumo. *Descrevemos aqui ações e abordagens em ensino e pesquisa em ubimus no contexto da Educação Básica, desenvolvidas no Colégio de Aplicação da UFRGS, envolvendo a participação de alunos do Ensino Médio através do Programas de Bolsa em Iniciação Científica modalidade Júnior implementadas no Colégio de Aplicação da UFRGS, bem como os trabalhos desenvolvidos em parceria com membros do g-ubimus durante o período de 2012-2018.*

Palavras-chave: pesquisa em música ubíqua; eco-composição; criatividade musical cotidiana; educação musical; educação básica.

1. Introdução: A Música Ubíqua, suas aplicações na Educação Básica

Um dentre os vários enfoques da pesquisa em ubimus, abrange as aplicações e contribuições no campo educacional. Aqui, colocamos como foco a pesquisa em ubimus no campo educacional formal, especificamente no contexto da Educação Básica¹, desenvolvida no Colégio de Aplicação da UFRGS através do Projeto de Pesquisa em Música Ubíqua no CAP.

¹A Educação Básica compreende as etapas e modalidades de ensino, englobando a Educação Infantil, o Ensino Fundamental obrigatório de nove anos e o Ensino Médio. Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB - 9.394/96) [Ministério da Educação 2013].

Descrevemos aspectos relacionados ao processo investigativo, e a aplicação do enfoque cognitivo-ecológico através da prática da eco-composição [Keller et al. 2014a], que tem como proposta central a realização de atividades de criação, composição, colaboração e compartilhamento através da utilização da infraestrutura tecnológica existente nos ambientes e contextos não planejados para a atividade artística.

Desde 2012, várias atividades envolvendo ensino e pesquisa em ubimus, com a participação de estudantes da Educação Básica, têm sido realizadas no CAP/UFRGS - Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - fomentadas pelo Projeto de Pesquisa em Música Ubíqua no CAP, a partir de uma abordagem dialógica e de construção coletiva do conhecimento [Freire 1999], na perspectiva do educador enquanto pesquisador e também fomentador de ações que incentivam o protagonismo dos estudantes enquanto pesquisadores.

Um dos aspectos de pesquisa levantados em ubimus no campo da Educação Básica, constitui a compreensão dos processos de apropriação por parte do público geral (músicos e leigos) de ferramentas cotidianas disponíveis nos seus ambientes para realizar atividades de criação / composição / modificação musical a partir de seus nichos / contextos (e isso inclui tecnologias digitais). As experiências em pesquisa e ensino no campo de ubimus realizadas no CAP têm contribuído para o aprofundamento das discussões e ampliação de possíveis áreas de atuação desse emergente campo de pesquisa na Educação Básica, em especial relacionadas à Criatividade Musical Cotidiana. Desde essa perspectiva, a pesquisa em ubimus tem procurado desenvolver propostas que fomentem a reflexão, e potencializem a fundamentação de trabalhos em educação musical que enfatizem a importância do processo criativo e composicional, e o aproveitamento da infraestrutura tecnológica, e dos recursos existente nos ambientes educacionais (dentro e fora da sala de aula).

2. Criatividade: Práticas criativas cognitivo-ecológicas

Uma das três perspectivas aplicadas na pesquisa em música ubíqua (ubimus) constitui o enfoque ecológico, também descrito como práticas criativas cognitivo-ecológicas, ecocognitivas ou ecocomposicionais [Keller e Lazzarini 2017]. Essa vertente visa a aplicação dos conceitos ecológicos no campo do design de interação e nas práticas educacionais [Lima et al. 2012].

Seguindo um histórico relacionado às perspectivas ecossistêmicas, podemos dizer que inicialmente, essas consideravam a criatividade como o resultado da interação entre múltiplas variáveis, incluindo as interações entre componentes vivos e inorgânicos em um ecossistema, tendo como foco estratégias de “solução de problemas”. Runco (2004), amplia esse foco da criatividade para além da “solução de problemas”, pois nem toda criatividade envolve solução de problemas e nem toda solução de problemas demanda criatividade. Nesse sentido, a criatividade pode ser definida como a resposta útil e efetiva a mudanças evolutivas. Essa definição permite incluir fenômenos que não podem ser caracterizados a priori como “problemas”.

No caso das aplicações em ubimus no campo da Educação Básica, estas estão focadas nos processos, que estão relacionados com o tempo, com o contexto (denominado ecossistema), e com as relações sociais e de conhecimentos que se estabelecem durante a atividade, sendo o produto o resultado natural de todos esses aspectos inter-relacionados que se transversalizam. Portanto - quando a criatividade é pensada como resultante natural de todas as variáveis expostas: tempo, meio, ferramentas, materiais, interações - diminui a importância do produto como resultado de um processo criativo de demanda de solução de problema em si.

A partir dessa concepção ecossistêmica de criatividade como resultante das variáveis expostas, podemos ainda inferir, em relação à pesquisa em *ubimus* no CAP, que este enfoque aplica-se tanto aos processos relacionados às experiências ecompositivas realizadas, quanto aos processos de pesquisa dos participantes envolvidos (professores e alunos). Além disso, acreditamos que as abordagens de pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar adotadas ampliam o leque de aplicações do enfoque cognitivo-ecológico.

3. Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade na pesquisa em *ubimus*

A partir do enfoque cognitivo-ecológico de pesquisa em *ubimus*, abordagens de pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar podem configurar-se como opções que atendem de maneira mais abrangente as demandas e caminhos tomados durante o processo educacional, pensando na própria pesquisa enquanto processo de formação no campo da Educação Básica.

Realizar pesquisas tendo alunos da Educação Básica como parceiros pesquisadores constitui um desafio. O ambiente escolar onde os estudantes passam a maior parte do tempo, apresenta-se, em sua diversidade e complexidade, como um espaço rico em oportunidades de aprendizagem e convivência, e ao mesmo tempo desafiador em função mesmo dessa complexidade.

Domingues (2012) ressalta que tanto a interdisciplinaridade quanto a transdisciplinaridade oferecem visões mais plásticas da educação, no sentido de favorecer experimentações e transgressões disciplinares. Para Nicolescu (2000) a pesquisa interdisciplinar está relacionada à transferência de métodos de uma disciplina para outra, mas sua finalidade também permanece inscrita na pesquisa disciplinar. “Já a transdisciplinaridade, como indica o prefixo ‘trans’, [...] diz respeito àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina. Seu objetivo é a compreensão do mundo presente, para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento” [Nicolescu 2000, p. 11]. Nesse sentido, a pesquisa transdisciplinar é complementar embora radicalmente distinta à pesquisa interdisciplinar, pois sua finalidade constitui: “[...] a compreensão do mundo presente, impossível de ser inscrita na pesquisa disciplinar” [Nicolescu 2000, p. 13].

O transdisciplinar, consiste na tentativa de ir além e através das disciplinas, possui uma índole transgressiva de quebra das barreiras e regras disciplinares, de confronto entre disciplinas, da não busca pelo conhecimento disciplinar, mas da pretensão do abrir todas as disciplinas, do atravessar e ultrapassar estas [De Freitas, Morin e Nicolescu 1999].

Para Klein (2004), a transdisciplinaridade tem como objetivo fornecer sínteses teóricas abrangentes capazes de unificar o conhecimento, a exemplo da teoria dos sistemas, e da complexidade. Trata-se de um novo paradigma, não apenas de uma atitude, de um método ou de um olhar. Também não há uma inevitável progressão da multidisciplinaridade, passando pela interdisciplinaridade, até a transdisciplinaridade [Jordan *apud* Pombo, Guimarães e Levy 2006, p. 94].

A abordagem em pesquisa e iniciação científica com jovens no contexto escolar tende a se beneficiar com enfoques interdisciplinares e transdisciplinares, no sentido de que o aprender a conhecer, segundo Nicolescu (2000), significa ser capaz de estabelecer pontes entre os diferentes saberes, entre esses saberes e seus significados para a vida cotidiana, entre esses saberes e nossas próprias referências individuais. Assim, a abordagem transdisciplinar pode ser um complemento indispensável do procedimento disciplinar, pois ela conduz ao surgimento de indivíduos capazes de se adaptarem às exigências cambiantes da vida profissional e dotados de uma permanente flexibilidade sempre orientada em direção à atualização de suas potencialidades interiores [Domingues 2012].

A adoção de uma abordagem interdisciplinar e transdisciplinar em pesquisa em *ubimus* no contexto da Educação Básica no CAP, tem como meta buscar uma visão ampliada e plástica da pesquisa musical relacionada à criatividade musical cotidiana. Do ponto de vista da pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar, entendemos a produção musical como um fenômeno complexo envolvendo aspectos sociais, científicos, técnicos, educacionais que podem ser estudados como fenômenos mensuráveis e computáveis, e ao mesmo tempo enquanto um fenômeno semanticamente complexo. Ao estabelecer relações estreitas entre áreas de conhecimento, a visão sobre o conhecimento musical dos alunos é aprimorado e fundamentado em experiências.

4. A experiência de Iniciação Científica em *ubimus* com alunos do Ensino Médio do CAP

Atividades de pesquisa na modalidade Iniciação Científica são oferecidas a alunos do Ensino Médio através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PIBIC, PIBIC-CNPq, FAPERGS) promovido pela Pró-reitoria de Pesquisa da UFRGS e implementado exclusivamente junto a alunos do Colégio de Aplicação, através da Comissão de Pesquisa do CAP. Através desse Programa, vários estudantes, ainda na Educação Básica, têm a oportunidade de desenvolver, sob orientação docente, pesquisas especializadas e coordenadas por professores-pesquisadores de diversas áreas e unidades da UFRGS. O Projeto de Pesquisa em Música Ubíqua no CAP constitui um dos Projetos que vêm implementando, de forma expressiva, oportunidades de participação de alunos em pesquisas e estudos vinculados ao tema.

Desde 2014, vários alunos bolsistas ICJr têm passado pela experiência de pesquisa em *ubimus*, com resultados sistematicamente apresentados no principal evento de pesquisa da universidade, o Salão de Pesquisa da UFRGS / Salão UFRGS Jovem, e em eventos de pesquisa promovidos pelo próprio CAP. Os resultados também têm sido publicados e divulgados em eventos em Educação Musical, e Pesquisa em Música no Brasil e no exterior, como a ISME - International Society for Music Education, Musichildren - Music for and by Children: Perspectives from Children Composers, Performers and Educators, e ANPPOM - Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música.

As atividades de pesquisa dos alunos compreendem tanto momentos individuais como coletivos. Os momentos coletivos, incluem seminários de pequena escala, envolvendo a introdução de temas e leituras relacionadas à (tecnologia, técnica e ciência; complexidade, interdisciplinaridade, transdisciplinaridade; ética, sociedade; mente e música; música, composição, criatividade), incluindo leituras de tópicos relacionados à pesquisa em música ubíqua. Através da introdução de temas transversais essas atividades propiciam uma ampliação da visão dos alunos em pesquisa e música. Também durante os momentos coletivos, são realizadas discussões sobre os temas específicos de pesquisa desenvolvidos por cada aluno-pesquisador. Nestes momentos, os alunos têm a oportunidade de apresentar e compartilhar suas próprias pesquisas e dados coletados, resultados obtidos, questões e demandas com os colegas. Nesses momentos, os alunos também têm oportunidade de ouvir sugestões sobre as pesquisas e estratégias de ação coletiva e planejamento de experimentos, escolhas de métodos, e organização de protocolos para aplicação de experimentos e coleta e análise de dados.

Durante os momentos individuais de pesquisa, cada aluno concentra-se em seu assunto específico, dedicando tempo para realizar anotações, fazer revisões bibliográficas e planejar estratégias de pesquisa visando o design de experimentos de *ubimus*.

Durante todo o processo de pesquisa os alunos são motivados a: (1) realizar suas próprias intervenções e experiências criativas partindo da ideia de que somos não apenas receptores de som, mas também co-autores de nossos próprios ambientes sonoros; (2) explorar as possibilidades criativas de intervenção sonora no seu cotidiano / nicho, incluindo as ferramentas e tecnologias disponíveis, para realizarem suas próprias composições / criações musicais (ecocomposição); (3) relacionar as atividades, experimentos individuais e em grupo, e conhecimentos desenvolvidos em ubimus, com outras áreas do conhecimento; (4) compartilhar experiências através da apresentação de suas pesquisas em seminários de pesquisa no CAp e no Salão UFRGS Jovem.

Atividades relacionadas ao período de pesquisa com alunos de IC: (1) discutir conceitos relacionados a tecnologias, mídias cotidianas, som, música, ubiquidade computacional e musical; (2) manusear e explorar possibilidades criativas em música de tecnologias e mídias cotidianas: compor, produzir, criar sons e composições, trilhas sonoras através do uso conjugado de tecnologias; (3) replicar, criar, construir experimentos e protótipos musicais e compartilhar essas experiências.

A pesquisa em ubimus tem, ao longo dos anos, abordado a prática interdisciplinar. O Projeto de Pesquisa em ubimus no CAp, tem procurado aplicar abordagens de pesquisa interdisciplinares, e as possibilidades de discussão e abordagem da perspectiva transdisciplinar. Ambas as abordagens permearam todo o processo da pesquisa, e são tema de estudos e seminários com o grupo de bolsistas.

5. Parcerias, projetos, resultados

Várias reflexões e resultados oriundos das ações da pesquisa em ubimus no contexto da Educação Básica, têm sido apresentados e publicados. Alguns trabalhos foram realizados em parceria com membros do g-ubimus, envolvendo a participação de alunos bolsistas em Iniciação Científica Jr (modalidade Ensino Médio).

Desde 2012, várias parcerias têm sido realizadas entre membros do g-ubimus e o Projeto de Pesquisa em ubimus no CAp-UFRGS. Essas parcerias acontecem através de ações pontuais (reuniões, palestras), projetos, experimentos e compartilhamento de informações, e também através da publicação de resultados dessas ações em comum.

Algumas ações pontuais contaram com a participação de membros do LCM - Laboratório de Computação Musical da UFRGS. Alunos bolsistas ICjr vinculados à pesquisa em ubimus no CAp visitaram o LCM, e puderam compartilhar suas pesquisas temáticas, trocar informações, ideias e referências com pesquisadores do g-ubimus. Uma das atividades realizada através do LCM nesse período, foi a oficina sobre síntese sonora.

Durante o IV Workshop em Música Ubíqua, realizado em 2014 e promovido pelo LCM - Instituto de Informática da UFRGS em parceria com o CAp-UFRGS, alunos do Ensino Médio que participavam de atividades em ubimus no CAp tiveram a oportunidade de encontrar com membros do g-ubimus e trocar ideias e informações.

Uma das iniciativas que envolveu vários membros do g-ubimus e alunos-pesquisadores bolsistas do Projeto ubimus CAp, constitui o projeto interdisciplinar denominado CODES - COoperative Musical Prototyping DESign [Miletto et al. 2011]. O projeto CODES pode ser considerado como uma plataforma musical para usuários comuns da Web, não-músicos, realizarem experimentos musicais colaborativos. Um dos objetivos do CODES, segundo Miletto e coautores (2011), é a criação de uma comunidade de compartilhamento de experiências de prototipação musical via Web. Integrando conceitos de Computação Musical, Interação Humano-Computador (IHC) e Trabalho Cooperativo apoiado por Computador

(CSCW - Computer Supported Cooperative Work), o Projeto CODES teve como intenção projetar a interação e a interface de modo a criar um sistema útil e usável mesmo por leigos em música, através de uma interface gráfica com uma representação musical alternativa e simplificada. Durante o período de 2014 e 2015, o CAP foi parceiro com o IFRS - Campus Porto Alegre e o LCM-UFRGS. Os bolsistas ligados à pesquisa em ubimus no CAP, participaram de reuniões de discussão do Projeto de Pesquisa CODES em conjunto com os desenvolvedores do IFRS - Campus Porto Alegre. Os alunos-pesquisadores contribuíram com vários dados coletados através de experimentos educacionais utilizando o CODES, implementados no CAP, compartilhando também suas impressões, análises e ideias baseadas em estudos por eles protagonizados, como contribuição para a implementação deste. Segundo Miletto e coautores (2015), CODES é ainda um protótipo e precisa ser remodelado, atualizado e re-implementado para possibilitar o seu uso efetivo em diferentes contextos. O desenvolvimento do projeto em parceria, entretanto, motivou a conclusão de 2 TCCs e de uma dissertação de mestrado, além de auxiliar na produção de artigos.

Desde o princípio das ações de pesquisa em ubimus no CAP, acontecem de forma sistemática interlocuções e trocas de informações com membros do NAP – Núcleo Amazônico de Pesquisa Musical, sediado na Universidade Federal do Acre e no Instituto Federal do Acre. Essas interlocuções vêm acontecendo através de projetos realizados por alunos e através de experimentos com ferramentas desenvolvidas pelo NAP como o *mixDroid* e o *SoundSphere* [Bessa et al. 2015; Farias et al. 2014], bem como através de trocas de referências sobre ferramentas de coleta de dados (ISE e CSI) utilizados durante experimentos realizados no contexto de Educação Básica no CAP.

Experimentos de criação de protótipos musicais utilizando a ferramenta Arduino (2018) também têm sido implementados pelo Projeto de Pesquisa em Ubimus no CAP, em parceria com o CTA – Centro de Tecnologia Acadêmica ligado ao CAP e ao Instituto de Física da UFRGS. A realização de trabalhos com Arduino tem como base a concepção em ubimus de criação musical utilizando tecnologia acessível e disponível, e de baixo custo.

6. Conclusões

Neste artigo apresentamos diversas ações e abordagens em ensino e pesquisa em ubimus no contexto da Educação Básica, desenvolvidas no CAP-UFRGS através do Projeto de Pesquisa em ubimus no CAP, envolvendo a participação de alunos do Ensino Médio através do Programas de Bolsa em Iniciação Científica modalidade Júnior, bem como parcerias com membros do g-ubimus durante o período de 2012-2018.

As pesquisas desenvolvidas pelos bolsistas ICjr junto ao Projeto, desde uma perspectiva interdisciplinar e transdisciplinar, procuram abranger aspectos relacionados e transversais a diversas áreas do conhecimento: tecnológicas, humanas e linguagens (computação, física, matemática, sociologia, filosofia, educação, psicologia, música).

Desde o início do projeto, temos visto uma demanda crescente de estudantes do ensino médio para pesquisas relacionadas ao campo da música e suas conexões com a tecnologia. Os experimentos do ubimus são implantados dentro e fora da sala de aula com colegas, professores e alunos de pesquisa. O foco das sessões experimentais não é apenas a tecnologia, mas a experiência do design tecnológico para fins criativos [Lima et al. 2012]. As informações são coletadas e tabuladas. Os resultados são compartilhados e discutidos entre os pesquisadores-estudantes. Além disso, os pesquisadores-estudantes colaboram com pesquisadores de outras instituições e contextos, incluindo os membros do grupo ubimus.

Através de experimentos realizados no contexto escolar, foram coletados dados e informações que foram analisados em conjunto com os alunos do Ensino Médio bolsistas de

Iniciação Científica vinculados ao projeto. Os aspectos levantados a partir dos experimentos remeteram às possibilidades educacionais a serem exploradas e desenvolvidas envolvendo música, tecnologia, computação, música ubíqua no campo da Educação Básica. Uma das metas constitui a reflexão sobre aplicações educacionais relacionadas à criatividade musical, incluindo composição, eco-composição e as possibilidades de uso de tecnologias cotidianas para estes fins. Os experimentos realizados envolveram a participação de alunos desde as Séries Iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio e professores do CAP, e ocorreram em diversos momentos do cotidiano escolar. Alguns experimentos contaram com a parceria do Centro de Tecnologia Acadêmica junior – CTAjr – como por exemplo, o trabalho temático sobre aplicações musicais com Arduino. Frisa-se que, embora a pesquisa tenha abordado o uso de tecnologia na criação musical, o foco da avaliação deteve-se sobre as experiências criativas como um todo e não sobre as ferramentas em si.

Através da Iniciação Científica, os alunos tiveram a oportunidade de serem protagonistas em pesquisas temáticas individuais e ao mesmo tempo trabalhar de forma colaborativa através de trocas entre os pares de pesquisadores. Além disso tiveram contato direto com pesquisas e pesquisadores de instituições parceiras e diferentes níveis de ensino (graduação e pós-graduação) que conduzem investigações relacionadas à música e suas interfaces artísticas, sociais, científicas e tecnológicas.

A abordagem interdisciplinar, transdisciplinar, complexa e dialógica possibilitou ações, discussões e investigações relacionadas aos processos criativos de produção musical (fazer, compartilhar e pensar sobre música) associada à infra-estrutura tecnológica cotidiana, à produção de tecnologia musical e sonora, à música enquanto um fenômeno acústico e físico mensurável, ao fazer musical como uma atividade social, exercida, compartilhada, realizada em diversos espaços e tempos (não apenas nos espaços “oficiais” do fazer musical).

A partir do estudo das abordagens de pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar, objetivou-se que os alunos visualizem a música como um campo de investigação complexo - social, científico, técnico, educacional - que pode ser estudado enquanto fenômeno físico, mensurável, computável, mas ao mesmo tempo também constitui um fenômeno social e semântico complexo. Portanto, a pesquisa ubíqua não se propõe como uma área do conhecimento isolada, mas como um campo de abordagens diversificadas, abertas a múltiplas associações, potencialmente inter e transdisciplinares. Esse ponto de vista está relacionado com a abordagem dialógica de Freire (1999), que ressalta a importância das referências, do contexto, dos conhecimentos, do cotidiano dos estudantes (escola, comunidade, lar) e as conexões, diálogos e reflexões compartilhadas durante suas experiências de pesquisa.

As experiências envolvendo pesquisa e ensino realizadas pela Pesquisa em Música Ubíqua no Colégio de Aplicação da UFRGS têm contribuído para o aprofundamento das discussões e ampliação de possíveis áreas de atuação e suas intersecções com a Educação Básica. Durante o período, vários artigos, resultados das parcerias com membros do g-ubimus, foram escritos, publicados em jornais, revistas e livros, como o *Journal of Music, Technology and Education* [Lima et al. 2012; Lima et al. 2017] e também apresentados em eventos nacionais e internacionais, além de uma tese de Doutorado [Lima 2013]. Nesse contexto, têm destaque as múltiplas participações do grupo de pesquisa nos congressos da International Society of Music Education [Lima et al. 2013; Lima et al. 2014; Lima 2018] e o painel dedicado a música ubíqua apresentado no Congresso da ANPPOM 2014 [Keller et al. 2014b].

Agradecimentos

Agradecemos à Pró-reitoria de pesquisa da UFRGS e ao CNPq por oportunizarem a alunos, ainda na Educação Básica, serem protagonistas de pesquisas com o auxílio de bolsas de

Iniciação Científica júnior. Damián Keller desenvolve atividades com o apoio de uma bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (2015-2018).

Referências

Arduino (2018). *Arduino - Home*. <https://www.arduino.cc>, julho.

Bessa, W. R. B., Keller, D., Farias, F. M., Ferreira, E., Pinheiro da Silva, F. & Pereira, V. S. (2015). SoundSphere v. 1.0: Documentation and analysis of the initial tests (SoundSphere v. 1.0: Documentação e análise dos primeiros testes). In F. Z. Oliveira, D. Keller, J. T. de Souza Mendes da Silva & G. F. Benetti (eds.), *Anais do Simpósio Internacional de Música na Amazônia (IV SIMA)*. Porto Velho, RO: UNIR.

De Freitas, L., Morin, E. & Nicolescu, B. (1999). *O Manifesto da Transdisciplinaridade*. São Paulo: TRIOM.

Domingues, I. (2012). Multi, Inter and Transdisciplinarity - where are we and where are we going? In *Pesquisa em Educação Ambiental*, vol. 7, n. 2, p. 11-26.

Farias, F. M., Keller, D., Pinheiro da Silva, F., Pimenta, M. S., Lazzarini, V., Lima, M. H., Costalonga, L. & Johann, M. (2014). Everyday musical creativity support: mixDroid second generation (Suporte para a criatividade musical cotidiana: mixDroid segunda geração). In D. Keller, M. H. Lima & F. Schiavoni (eds.), *Proceedings of the V Workshop on Ubiquitous Music (V UbiMus)*. Vitória, ES: Ubiquitous Music Group.

Freire, P. (1999). *Pedagogy of Hope (Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido)*. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra.

Keller, D., Lazzarini, V. & Pimenta, M. S. (eds.) (2014a). *Ubiquitous Music, Vol. XXVIII*. Berlin and Heidelberg: Springer International Publishing. (ISBN: 978-3-319-11152-0)

Keller, D., Lima, M. H. & Fornari, J. (2014b). Round table: Challenges in ubiquitous music research (Painel: Desafios da pesquisa em música ubíqua). In *Proceedings of the XXIV National Association of Research and Graduate Studies in Music (Anais do XXIV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música) (ANPPOM 2014)*. São Paulo, SP: ANPPOM.

Keller, D. & Lima, M. H. (2016). Supporting everyday creativity in ubiquitous music making. In P. Kostagiolas, K. Martzoukou & C. Lavranos (eds.), *Trends in Music Information Seeking, Behavior, and Retrieval for Creativity*. Vancouver, BC: IGI Global Press.

Keller, D. & Lazzarini, V. (2017). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, 22(1), p. 61-72. (DOI: 10.1017/S1355771816000340)

Klein, J. T. (2004). *Interdisciplinarity and complexity: An Evolving Relationship*. E:CO, v. 6, n. 1-2, p. 2-10.

- Lima, M. H. (2013). *Diásporas Mentais e Mentas Diaspóricas: Emergências, Novas Tecnologias, Educação*. Tese de Doutorado em Educação, Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lima, M. H. (2018). Theory and practice in Ubiquitous Music research at a Basic Education context with high school students in and out of the classroom. In: *Proceedings of the of ISME 2018 - MISTEC - Music in the School and Teacher Education Commission*, 22nd International Pre-Conference Seminar 8th-12th July 2018, New York University, Prague, Czech Republic.
- Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V. & Mileto, E. M. (2012). Creativity-centred design for ubiquitous musical activities: Two case studies. *Journal of Music, Technology and Education*, 5(2), 195-222. (DOI: 10.1386/jmte.5.2.195_1)
- Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S. & Lazzarini, V. (2013). O Grupo de Pesquisa em Música Ubíqua e as perspectivas de trabalho em composição e novas tecnologias da informação e comunicação no campo da educação musical. In C. P. Lagos (ed.), *Proceedings of the 9th Latin American and 2nd Panamerican Conference on Music Education (Anales de la 9a Conferencia Regional Latinoamericana y 2a Conferencia Panamericana de Educación Musical - ISME Chile 2013)*. Santiago, Chile: ISME.
- Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S. & Lazzarini, V. (2014). The everywhere music: Research on Ubiquitous Music, ICT, Music, Education. In *Proceedings of the 31st World Conference on Music Education (ISME 2014)*. Porto Alegre, RS: ISME.
- Lima, M. H., Keller, D., Flores, L. V. & Ferreira, E. (2017). Ubiquitous music research: Everyday musical phenomena and their multidisciplinary implications for creativity and education. *Journal of Music, Technology and Education* 10(1), p. 73-92. (DOI: 10.1386/jmte.10.1.73_1)
- Mileto, E. M., Pimenta, M. S., Bouchet, F., Sansonnet, J.-P. & Keller, D. (2011). Principles for music creation by novices in networked music environments. *Journal of New Music Research* 40(3), 205-216.
- Mileto, E. M., Rogowski, M. V., Kimieciki, I. A., Oliveira, E. L. & Flores, L. V. (2015). Rumo à uma Biblioteca de Sons Aberta para Experimentação Musical Coletiva na Web. In: *6º Computer on the Beach*, 2015, Florianópolis. Anais do Computer on the Beach. Itajaí: Univali, v. 1., p. 440-442.
- Ministério da Educação (2013). *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília: MEC, SEB, DICEI. 562p. (ISBN: 978-857783-136-4)
- Nicolescu, B. (2000). Um novo tipo de conhecimento - Transdisciplinaridade. In: *Educação e Transdisciplinaridade*. unesdoc.unesco.org/images/0012/001275/127511por.pdf
- Pombo, Guimarães & Levy. (2006). *Interdisciplinaridade. Antologia*. Porto: Campo das Letras, Col. Campo das Ciências, 303p.

(Orchidea) Uma primeira aplicação para práticas musicais coletivas na Orquestra de Ideias

Flávio Luiz Schiavoni, Eduardo Xavier da Silva,
Paulo Gabriel Nunes Cançado¹

¹Departamento de Computação - DCOMP
Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ
São João del-Rei - MG - Brazil

fls@ufsj.edu.br, eduardo_xavier_silva@hotmail.com

paulo.g_cancado@yahoo.com.br

Abstract. *The collective musical practice by the means of computing devices is popular, as it can be seen in the Laptop Orchestras. This paper presents the development of an application to create the Orchidea, an orchestra of ideas, that intends to help musicians to play cooperatively or collaboratively using the cellphone as a musical instrument. The architecture of a first application is presented in this paper as a layered architecture and each layer is decomposed into several components. This paper also presents some project decision and the implementation of the application.*

Resumo. *A prática musical coletiva por meio de dispositivos computacionais já é popular, como é o caso das Orquestras de computadores portáteis. Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação para a criação da Orchidea, uma orquestra de ideias, que pretende auxiliar a prática musical colaborativa utilizando celulares como instrumento. A arquitetura de uma primeira aplicação é apresentada neste artigo bem como uma arquitetura em camadas e cada camada é decomposta em seus diversos componentes. Este artigo traz ainda as decisões de projeto e implementação desta aplicação.*

1. Introdução

A prática musical em conjunto por meio de dispositivos computacionais já é popular, como é o caso das Orquestras de computadores portáteis (“Laptop orchestra” - LOrc) [Wang et al. 2009]. Estas orquestras têm permitido a pesquisa e criação de novos instrumentos em diversas Universidades no mundo em projetos de pesquisa que transitam na fronteira interdisciplinar entre computação, engenharia e música. Com a evolução da tecnologia móvel, os aparelhos celulares e “*smartphones*” se tornaram computadores portáteis presentes na vida cotidiana de muitas pessoas. O objetivo inicial destes dispositivos era a comunicação e hoje os mesmos cumprem este papel ultrapassando a simples comunicação de voz e permitindo a comunicação por outras mídias como textos, fotos, documentos e vídeos. A expansão de tais limites comunicacionais foi possível graças à evolução da capacidade dos dispositivos principalmente no que tange a conectividade, a capacidade de processamento aliada a possibilidade de manipulação de materiais multimídia e sua capacidade de armazenamento.

A partir desta evolução surgiu a possibilidade de implementação de aplicativos que transformam dispositivos móveis e ubíquos em instrumentos musicais permitindo, por meio desta convergência, o surgimento da área de pesquisa chamada Música Ubíqua (ou Ubiquitous Music - Ubimus) [Keller et al. 2014]. Dentro do ecossistema das práticas musicais em dispositivos ubíquos, vários aplicativos musicais surgiram e encontram-se disponíveis para dispositivos móveis sendo, porém, que a maioria dos mesmos só oferece suporte a interação individual ou são focados para serem utilizados por um único usuário.

A utilização de aparelhos celulares para práticas musicais é vista como a evolução das orquestras de computadores portáteis (*Laptop orchestras*) devido à simplicidade, capacidade e praticidade de tais dispositivos. Estas orquestras serão apresentadas na Seção 2 deste documento. No entanto, há uma carência de pesquisa e desenvolvimento de aplicativos que permitam a interação de músicos por meio de dispositivos móveis em tempo real.

Diante deste cenário, este trabalho apresenta a criação de uma primeira ferramenta para a **Orchidea** (“Orchestra of ideas”) uma grupo que pretende promover a orquestração de dispositivos móveis para práticas musicais interativas.

2. Orquestras Digitais

A incorporação dos computadores ao ambiente musical ocorreu somente após a quarta geração de computadores, marcada pelos microprocessadores e computadores pessoais devido ao barateamento dos componentes do mesmo. Isso possibilitou que os computadores pessoais fossem amplamente difundidos no mundo, inclusive no ambiente musical. O surgimento da capacidade computacional para a criação musical na segunda metade do século XX [Mathews 1963] despertou o interesse para a criação de música colaborativa que utiliza redes de computadores para o intercâmbio de informações entre músicos. A música, como prática social, humana e cultural costuma ser uma atividade coletiva e a incorporação dos computadores para práticas musicais não alterou este cenário.

Nesse contexto, surge em 1978 o grupo musical “*The League of Automatic Music Composers*”. Precusores na incorporação de computadores pessoais e circuitos eletrônicos na música, o grupo musical atuou na Bahia de São Francisco difundindo esse novo método de criação musical.

Posteriormente, iniciou-se a iniciativa de criação de Orquestras de Laptop (*LOrc*) principalmente no meio acadêmico. Uma das primeiras orquestras de computadores foi criada em 2005 por Perry Cook e Dan Trueman utilizando um conjunto de quinze meta-instrumentos baseados em computadores portáteis. Esta orquestra, conhecida como “Princeton Laptop Orchestra” ou simplesmente PLOrk [Trueman 2007], surge com o intuito de explorar o papel da tecnologia na música colaborativa além de suplantando as dificuldades intrínsecas do emparelhamento de *laptops*.

Dan Trueman compara uma orquestra tradicional com sua orquestra de *laptops* e afirma que, mesmo a orquestra de *laptops* sendo um tanto quanto diferente, seu objetivo não se difere em nada de uma orquestra tradicional no que tange a capacidade musical alcançada por ambas. Um concerto da PLOrk pode ser visto na Figura 1.

Este modelo de orquestra digital foi amplamente difundido no meio universitário por ser uma oportunidade de integrar, em um mesmo projeto, cientistas da computação,



Figura 1. Concerto da Orquestra de Laptops de Princeton (PLOrk).



Figura 2. Orquestra de celulares de Stanford.

engenheiros, técnicos e músicos. Por esta razão, diferentes Universidades possuem uma prática coletiva similar onde busca-se alcançar a interdisciplinaridade entre música e tecnologia, como por exemplo: “Stanford Laptop Orchestra” [Wang et al. 2009] (SLOrk), “The Carnegie Mellon Laptop Orchestra” [Dannenberg et al. 2007] (CMLO), “Linux Laptop Orchestra” [Bukvic et al. 2010] (L²Ork) (Virginia Tech), “Collaborative Improvisation and Laptop Ensembles” [Lee et al. 2011] (LOLC), e “Concordia Laptop Orchestra” [Tsbary 2014] (CLOC), entre outras. É importante notar que em várias destas Universidades a LOrc é utilizada para integrar atividades de pesquisa, ensino e extensão.

Estes grupos possuem em comum a característica de explorar a tecnologia de maneira diferente tentando extrair o máximo de possibilidades de seus computadores pessoais sendo uma prática comum integrar a seus laptops sensores, comunicação em rede e atuadores. Além disto, algumas destas orquestras também iniciaram pesquisas para a utilização de “*smartphones*” como meta-instrumentos musicais.

Estes dispositivos móveis, apesar de terem menor capacidade de processamento que *laptops*, possuem diferentes interfaces com o usuário devido a quantidade de sensores que os mesmos possuem. Assim, é possível que o músico utilize em sua performance musical não apenas o teclado e mouse como interfaces para interação mas câmeras, sensores de proximidade, acelerômetros, magnetômetros, telas sensíveis ao toque, microfone, sensor de brilho, giroscópios e demais sensores [Essl and Rohs 2007] [Keefe and Essl 2011] [Tanaka 2004] [Roberts et al. 2013].

Devido a estes sensores e processamento, a utilização de telefones móveis como instrumentos musicais também é uma prática já existente. Um dos pioneiros na área de desenvolvimento de instrumentos utilizando telefones celular foi Greg Schiemer [Schiemer and Havryliv 2005] em seu Pocket Gamelan. Nesta performance, o citado autor utilizou o *bluetooth* dos dispositivos móveis para a interação entre dispositivos e a ligação *wireless* como mecanismo para o envio da musica que está sendo executada.

Há atualmente algumas orquestras digitais baseadas em tecnologias móveis, como a “Mobile Phone Orchestra” da Universidade de Stanford [Oh et al. 2010], apresentada na Figura 2, e compor peças musicais para a execução exclusiva nesta plataforma tem se tornado um desafio para compositores [Wang et al. 2008].

3. Proposta da Orchidea

A Orchidea é uma proposta de criação de um grupo artístico / musical que utiliza tecnologias acessíveis para suas práticas artísticas na Universidade Federal de São João del-Rei. O grupo pretende permitir que pessoas interessadas em práticas musicais assistidas por computador possam se reunir para a composição e performance musical. Entre nossos objetivos está permitir a criação de música colaborativa por um conjunto de pessoas, sendo estas músicos ou não músicos, por meio de seus dispositivos cotidianos. Utilizando a música para tal interação, cada participante poderá se conectar à orquestra com um instrumento e trocar dados musicais em tempo real de maneira a permitir a criação coletiva.

Este grupo tem um intuito de poder levar a criação sonora colaborativa para qualquer lugar fazendo uso de tecnologias ubíquas como a estrutura de uma rede local. Um requisito desta proposta é que os protocolos de comunicação das aplicações sejam o mais aberto e compatível possível com aplicativos musicais já existentes em algumas plataformas. Isto permitirá que outros instrumentos como notebooks e computadores *desktop* possam fazer parte da orquestra ampliando com isto as possibilidades estéticas.

Também é importante que as ferramentas desenvolvidas sejam elaboradas de maneira que quaisquer mudanças que virem a ser necessárias sejam feitas de forma bem simples. Outro requisito listado inicialmente é que as ferramentas possam garantir a prática individual com o instrumento digital, sem a necessidade de haver demais usuários conectados.

Com isto, podemos enumerar os seguintes requisitos de nosso grupo:

- permitir que os participantes troquem materiais sonoros no caso de estarem tocando em redes,
- permitir que os usuários utilizem instrumentos distintos,
- que as ferramentas sejam abertas e utilizem tecnologias livres,
- que as arquiteturas permitam modificações nas ferramentas de maneira simples e
- que os usuários possam utilizá-las também individualmente.

4. Arquitetura da primeira aplicação

Como um passo importante para a criação da Orchidea, este trabalho apresenta uma primeira proposta de aplicação. Esta aplicação proposta tem por objetivo permitir que um conjunto de pessoas, utilizando a mesma rede, possam se conectar e interagir de forma musical. Para atender as propostas apresentadas anteriormente, este trabalho partiu de uma arquitetura de sistema que pudesse atender as características consideradas necessárias para este projeto. Para atender a simplicidade de manutenção futura do código o modelo arquitetural escolhido utiliza uma arquitetura em camadas para a definição do aplicativo. Além disto, a utilização deste modelo permitiu descrever os componentes que compõem as camadas propostas mantendo um baixo acoplamento no sistema e permitindo a escolha de tecnologias específicas para a implementação de cada funcionalidade.

Com isto, o sistema foi pensado inicialmente em três camadas: Uma camada de GUI para a interação com o usuário, uma camada de aplicação para o controle das mensagens de síntese e uma camada de comunicação para a troca de mensagens entre os usuários. Esta arquitetura será apresentada a seguir.

4.1. Camada de Interface Usuário/IO

Na arquitetura proposta, a Camada de Interface Usuário/IO é responsável por garantir a interação do usuário com o sistema. Para isto, esta camada mapeou os sensores do *smarthphone* e responde às entradas do usuário tanto graficamente em sua GUI quanto sonoramente por meio da emissão de sons. Por esta razão, esta camada possui três componentes: Sensores, GUI e Sintetizador.

Sensores é o componente responsável por mapear a interação do usuário e gerar eventos para o Gerenciador de Eventos na Camada de Aplicação. Um instrumento específico utiliza um ou mais sensores do dispositivo, o que implica em registrar-se junto a este componente para a escuta destes sensores. É importante notar que nem todo instrumento irá utilizar todos os sensores disponíveis em um aparelho e que a utilização de um instrumento específico implica em um ou mais sensores estarem disponíveis em um determinado aparelho. Também é responsabilidade deste componente definir as restrições (*constraints*) dos sensores pois diferentes dispositivos podem possuir diferentes limitações. Assim, mais do que verificar um toque na tela em determinada posição, é necessário que o instrumento faça um mapeamento deste evento em relação ao tamanho da tela de maneira a gerar um evento com significado semântico podendo afirmar, por exemplo, qual tecla do piano foi pressionada por este toque na tela [Schiaivoni 2016].

A **GUI** é o componente responsável por dar *feedback* visual ao usuário e refletir ao usuário a utilização do instrumento. Este componente recebe eventos com significado semântico do Gerenciador de Eventos de forma a refletir um evento local levando em consideração as restrições do dispositivo utilizado.

O último componente desta camada é o **Sintetizador**. Este componente é o responsável por dar *feedback* sonoro a todos os eventos que acontecem no ambiente.

4.2. Camada de Aplicação

A Camada de Aplicação é responsável por gerenciar os eventos que ocorrem no aplicativo. Esta possui um componente chamado Gerenciador de Eventos, que é o responsável local pela troca de mensagens entre os demais componentes do sistema.

O **Gerenciador de Eventos** é o centro da aplicação e funciona da mesma maneira para todos os instrumentos desenvolvidos comunicando-se tanto com a Camada de Interface Usuário / IO quanto com a Camada de Comunicação. Ao receber um evento dos Sensores, o Gerenciador de Evento dispara uma mensagem de rede que sinaliza ao ambiente o evento local e dispara um evento para que a GUI reflita a interação do usuário. Desta maneira, o desenvolvimento de um Instrumento possui um baixo acoplamento entre seus Sensores e sua GUI, o que permitiu um desenvolvimento modularizado destes componentes. Ao receber uma mensagem de rede, o Gerenciador de Evento comunica esta mensagem ao Sintetizador que será responsável por refletir sonoramente um evento do ambiente.

4.3. Camada de Comunicação

A Camada de Comunicação é responsável pela comunicação em rede. Para realizar esta tarefa foi definido 2 componentes, envio de mensagens e empacotador/desempacotador.

O **Empacotador/Desempacotador** é o componente de software responsável por definir as mensagens em um formato de rede de maneira a garantir a compatibilidade entre as mensagens do ambiente. Ao pensarmos na arquitetura de referência do protocolo TCP/IP, este componente definirá um protocolo de aplicação, especificando formatos de mensagens de maneira que aplicações distintas possam se comunicar por meio de um protocolo comum. Desta maneira, a definição de um instrumento também implica em definir quais mensagens o mesmo terá e como as mesmas serão empacotadas para a distribuição em rede.

O **Envio de Mensagens** é o responsável por enviar e receber as mensagens para / de os demais dispositivos conectados na rede. Tal componente, na arquitetura de referência do protocolo TCP/IP, possuirá uma implementação de um protocolo de transporte que garanta a comunicação em rede das mensagens já empacotadas.

5. Desenvolvimento

Uma vez definidas as funcionalidades necessárias para o desenvolvimento da aplicação por meio da definição dos componentes de cada camada, foi possível analisar um destes componentes e definir quais tecnologias seriam utilizadas para o desenvolvimento de cada parte do sistema. A plataforma Android foi escolhida inicialmente como plataforma a ser utilizada devido a sua popularidade entre os acadêmicos da Universidade Federal de São João del-Rei. A pesquisa quanto a qual plataforma de celular é a mais utilizada entre os alunos foi realizada pelo Núcleo de Tecnologia da Informação (NTInf) da Instituição.

5.1. Sintetizador

Foram elencadas algumas possibilidades para a geração de som na plataforma Android, como as classes nativas da linguagem Java, Sound Pool e Media Player. Como uma das propostas iniciais da ferramenta é garantir a simplicidade da evolução, consideramos a possibilidade de utilizar uma biblioteca não nativa que permitisse a síntese sonora. A libpd extrai a funcionalidade do ambiente de programação musical Pure Data¹ e o torna disponível como um *callback* de processamento de áudio em dispositivos Android. Entre as bibliotecas pesquisadas, a **libpd** [Brinkmann et al. 2011] mostrou-se bastante adequada como *engine* de síntese.

Com a utilização da libpd podemos desacoplar a *engine* de síntese do aplicativo e permitir que usuários deste ambiente de programação musical criem seus próprios sintetizadores a partir de um conjunto de mensagens definidas na aplicação. Com isto, a síntese e mixagem de todos os sons da orquestra de dispositivo fica sob a responsabilidade de um motor de síntese bastante maduro e eficaz.

5.2. GUI e Sensores

Os dispositivos Android têm um hardware limitado e uma tela de pequeno porte sendo geralmente equipados com um grande número de sensores e dispositivos de comunicação, como um microfone, wi-fi, *Bluetooth*, receptor GPS, tela *touchscreen*, sensores de

¹Pure data é um ambiente de programação musical com o capacidade de processamento em tempo real [Puckette et al. 1996]. Mais informações podem ser encontradas em <http://puredata.inf>.

inclinação, câmera, entre outros. A fim de otimizar a gestão de todos esses recursos e lidar com as limitações do *hardware*, o sistema Android implementa um modelo de processo *multithread* em que apenas uma única *thread* pode acessar a interface de usuário, enquanto as outras funcionalidades são executadas em segundo plano [Amalfitano et al. 2011].

Nesta plataforma, o componente responsável por apresentar uma interface de usuário visual para cada tarefa é chamado Activity. As tarefas de um aplicativo Android incluem geralmente uma ou várias classes de Activity que estendem a classe base do desenvolvimento. A interface de usuário mostra cada atividade na tela e é construída usando outras classes de estrutura, tais como View, ViewGroup, Widget, Menu, diálogos, etc.

Na etapa de desenvolvimento da interface de usuário foi visto que a cada instrumento do aplicativo necessita de uma activity diferente pois mesmo que as telas não tenham muita diferença gráfica entre uma é outra, suas tarefas serão diferentes. Por esta razão, deixamos sob a responsabilidade de cada Instrumento definir sua GUI e sua comunicação com os sensores disponíveis em um dispositivo.

5.3. Comunicação

As decisões de projeto quanto a comunicação em rede envolveu duas questões principais: o método de endereçamento de rede a ser utilizado e a estrutura de dados para o empacotamento das mensagens de rede.

Existem alguns métodos de endereçamento para transmissão de mensagens em rede como Unicast, Broadcast e Multicast. Mensagens Unicast são trocadas entre *hosts* específicos, como um computador pessoal e um servidor Web, mensagens Broadcast são enviadas a todos os usuários de uma rede e mensagens Multicast são enviadas a apenas uma parte específica de usuários em uma rede.

Dados estas opções e o contexto deste trabalho, optamos por utilizar a comunicação em grupo (broadcast/multicast) como método de endereçamento evitando, com isto, o registro e manutenção de listas de usuários e demais detalhes necessários para a comunicação unicast.

Quanto à estrutura de dados para o empacotamento das mensagens de rede, alguns formatos poderiam ser utilizados no contexto desta aplicação como XML, JSON, OSC e texto plano. Apesar da popularidade dos formatos XML e JSON para aplicações web, o OSC (Open Sound Control) é um formato de mensagens focado no controle de aplicações musicais de tempo real [Schmeder et al. 2010]. Este foco em comunicação em tempo real evita a conversão de valores inteiros e ponto flutuantes em textos, como nos formatos XML e JSON, diminuindo com isto a largura de banda necessária para o envio de uma mensagem e aumentando a velocidade de entrega de um pacote de rede.

OSC é ainda um formato de mensagem utilizado para a comunicação em redes em diversas aplicações musicais e ambientes de programação musical, como Pure Data, Supercollider, CSound entre outros. Com isto, podemos garantir que a ferramenta seja conectável com aplicações existentes, conforme foi requisitado inicialmente.

6. Implementação

Uma vez definida a arquitetura do sistema e tomadas as decisões de projeto necessárias para a implementação do aplicativo, o próximo passo foi a implementação.

As camadas e componentes representados na arquitetura proposta foram implementados por um ou mais objetos neste primeiro protótipo. A camada de Interface de Usuário/IO, por exemplo, foi implementada pelos objetos Sensores e pela interface Instrumento. O objeto Sensor é o responsável por, ao iniciar a aplicação, mapear todos os sensores presentes no dispositivo. Baseado nos sensores presentes no dispositivo, o aplicativo pode apresentar ao usuário quais instrumentos podem ser utilizados neste dispositivo para que o usuário possa escolher qual instrumento deseja utilizar, como mostrado na Figura 4. Vale notar que alguns instrumentos podem não estar disponíveis ao usuário devido ao sensor utilizado pelo instrumento não estar disponível em seu dispositivo. No entanto, a síntese deste instrumento não depende de seus sensores e por isto a mesma estará disponível caso este instrumento venha a ser utilizado por outro usuário da rede.

Um dos pontos importantes de nossa implementação em relação aos requisitos propostos é a capacidade de ampliar o sistema e adicionar novos instrumentos quando necessário. Para atender a este requisito foi criada uma interface Instrumento. A interface Instrumento traz a abstração do que significa um Instrumento para o ambiente e os instrumentos desenvolvidos implementam seus métodos. Estes instrumentos são responsáveis por gerar sons baseado nos eventos recebidos do “Gerenciador de Eventos” e devem estar presentes em todas as instâncias do aplicativo. Os Instrumentos também são responsáveis por definir suas mensagens e gerenciar suas interfaces gráficas. Uma destas interfaces pode ser vista na Figura 5.

Na Interface Instrumento o método “Tocar Solo” é o responsável por permitir que o usuário toque individualmente. Já o método “tocar” é o responsável por permitir com que diversos usuários toquem utilizando uma rede local, simulando uma orquestra. Esta escolha pode ser feita no início da aplicação, como apresentado na Figura 3.

A camada de Comunicação da arquitetura proposta foi implementada na classe Rede. A classe Rede é responsável por fazer o envio das mensagens de sons para os demais dispositivos conectados na rede e é também responsável por receber as mensagens enviados por outros dispositivos. Para a primeira implementação as mensagens enviadas seguem o seguinte padrão: instrumento/nota, sendo que todos os instrumentos conectados tocam eles mesmos e os demais conectados. Assim, o instrumento local utiliza a interface de rede para enviar uma mensagem entre sua interface de usuário e seu sintetizador.

7. Resultados parciais

A proposta deste projeto traz uma lista de requisitos funcionais e não funcionais que a ferramenta almejada apresentar para atender às necessidades impostas. Partindo destes requisitos o próximo passo foi partir para um desenho arquitetural do aplicativo desacoplando as funcionalidades desejadas em componentes específicos.

Uma vez que as funcionalidades foram desacopladas, foi possível pensar em soluções específicas para o desenvolvimento de cada uma delas. Nesta etapa foram escolhidas as seguintes tecnologias, a) a plataforma Android como o sistema operacional a qual foi desenvolvida a aplicação, escolhido por ser uma plataforma aberta e bem documen-



Figura 3. Possibilidade de escolha entre execução solo ou em grupo.

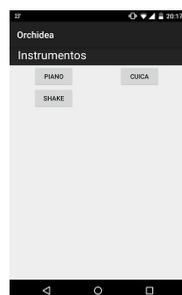


Figura 4. Seleção de instrumentos disponíveis para o dispositivo.

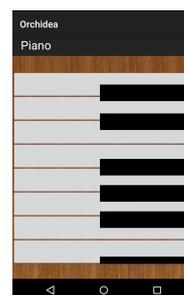


Figura 5. Piano, instrumento tocado utilizando o touchscreen.

tada para os desenvolvedores; b) libpd como a biblioteca para geração sonora e síntese, escolhida por desacoplar a síntese, geração de sons e mixagem de todos os instrumentos; c) Multicast para a transmissão de mensagens, por permitir a comunicação de rede em grupo sem aumentar consideravelmente o tráfego na rede; d) o modelo OSC para o empacotamento de mensagens por ser um formato de mensagens focado no controle de aplicações musicais de tempo real compatível com diversas ferramentas existentes para práticas musicais.

Entre as decisões de projeto apresentadas, a opção pelo endereçamento multicast, julgada inicialmente a mais adequada, se mostrou inviável pois vários dispositivos trazem uma limitação de fábrica que impede a comunicação por este modo de endereçamento. Por esta razão, tal decisão não foi seguida na implementação deste projeto sendo incluídas as possibilidades de endereçamento usando broadcast e também por meio de um servidor centralizado endereçado com unicast.

A partir do desenho arquitetural e das decisões de projetos os componentes propostos foram divididos em classes e métodos, conforme apresentado no diagrama de classe da implementação. Alguns componentes que no inicialmente foram vistos como classes foram implementados como classes ou métodos de uma classe em um refinamento da proposta arquitetural.

A implementação foi feita para duas funcionalidades diferentes o usuário poder tocar individualmente apenas com o seu próprio “*smarthphone*” e a implementação onde o usuário pode tocar com outros usuários em uma rede local, estas denominadas como Solo e Multicast da tela inicial do projeto.

8. Conclusão

É possível notar que o método de síntese musical, estilos e pluralidades culturais estão intrinsecamente ligados a época e a sua geração. A Geração Z, também conhecida como geração dos nativos digitais, influenciou no processo de criação e manuseio da música, incorporando os dispositivos móveis nesse processo. A possibilidade de integrar pessoas por meio de aplicações musicais para dispositivos móveis remete ao objetivo inicial destes aparelhos: a comunicação, mas amplia os limites desta comunicação permitindo e possibilitando a comunicação musical. Este artigo apresentou o projeto da ferramenta, uma aplicação para execução musical colaborativa / cooperativa em redes de computado-

res. Foi apresentado a proposta inicial da ferramenta, o modelo arquitetural proposto, a implementação desta arquitetura e as decisões de projeto e a implementação deste aplicativo².

Findado o desenvolvimento inicial, novos desafios surgem para que a Orchidea seja uma realidade musical e não apenas tecnológica. O desenvolvimento desta aplicação deverá fortalecer uma pesquisa interdisciplinar envolvendo musicista e leigos na criação de uma orquestra de celulares na Universidade Federal de São João Del Rei como um projeto de pesquisa entre os cursos de Ciência da Computação, Música, Artes Cênicas e Artes Aplicadas. Nesse contexto, orquestra de ideias é uma metáfora para a proposta transdisciplinar de integração artística por meio da tecnologia onde a utilização de computadores e “smartphones” como instrumentos dessa orquestra, transdisciplinaridade esta que não se propõe a uma apropriação dos ritos e organizações de uma orquestra mas que pretende possibilitar a criação de música colaborativa, cotidiana [Keller 2018] que proporciona aos ouvintes uma atuação direta no processo de criação.

Diversas pessoas tem demonstrado interesse em participar da Orquestra e algumas propostas artísticas já estão em desenvolvimento. O próximo passo desta pesquisa é explorar ainda mais a portabilidade, conectividade e ubiquidade da tecnologia móvel de forma a atender prontamente os questionamentos artísticos dos participantes destes grupos. Entre as propostas estéticas e artísticas a serem implementadas estão intervenções musicais em espaços públicos, concertos que deverão contar com a participação da plateia e a utilização do corpo na dança para a criação sonora baseado nos sensores dos dispositivos móveis. Com isto, pretendemos difundir a possibilidade de criação artística musical também entre leigos e permitir que a música ubíqua se torne uma realidade no dia a dia das pessoas.

Trabalhos Futuros

Apesar de a arquitetura aqui proposta propiciar um baixo acoplamento de código, ainda é necessário conhecimento em programação para adicionar novos instrumentos a esta aplicação. Pretendemos criar uma arquitetura de plugins que permita adicionar e remover instrumentos de maneira mais simples a esta aplicação de modo que não seja necessário a distribuição de uma nova versão da aplicação para a adição de novos instrumentos. É intenção também que a criação de novos instrumentos possa ser feita por leigos e não apenas por programadores experientes.

As possibilidades iniciadas com este projeto não se encerram no desenvolvimento deste aplicativo. A recente utilização desta aplicação trouxe a tona a dificuldade de disponibilizar e instalar esta aplicação nos dispositivos móveis dos participantes do projeto, especialmente para o público, o que levou a discussões sobre alternativas viáveis para a participação de membros externos nas apresentações de nosso grupo. Entre estas possibilidades encontramos a utilização de sintetizadores e meta-instrumentos criados em HTML5 e webaudio, que funcionam de maneira regular na maioria dos dispositivos testados, e que não requer instalações ou atualizações extras nos dispositivos dos participantes. Por outro lado, esta opção não permite a comunicação em rede dos participantes e a criação colaborativa, foco inicial deste projeto.

²Esta ferramenta encontra-se disponível no endereço
<http://www.bitbucket.org/eduardox/poc-definitivo.git>

Uma possibilidade futura é utilizar o ambiente de programação visual Mosaiccode [Schiavoni and Gonçalves 2017], desenvolvido neste mesmo laboratório, para gerar os meta-instrumentos e coordená-los. O Mosaiccode é uma ferramenta de programação por blocos, propiciando um ambiente de computação musical livre de linguagem de programação. Este ambiente já possui capacidade para o desenvolvimento de aplicações com HTML5 e Javascript e pode ser estendido para o desenvolvimento de outras aplicações, como novos instrumentos para a Orchidea.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos participantes do Grupo de Estudo em Arte Digital do Departamento de Computação da Universidade Federal de São João del-Rei, especialmente os Professores Adilson Siqueira e Rogério Tavares, e aos membros do ALICE (Arts Lab in Interfaces, Computers, and Everything Else) que auxiliaram nos debates e desenvolvimento deste projeto. O Coautor gostaria de agradecer o apoio financeiro institucional da FAPEMIG e da PROPE/UFSJ.

Referências

- Amalfitano, D., Fasolino, A. R., and Tramontana, P. (2011). A gui crawling-based technique for android mobile application testing. In *ICST Workshops*, pages 252–261. IEEE Computer Society.
- Brinkmann, P., Inc, G., Kirn, P., Lawler, R., McCormick, C., Roth, M., and christoph Steiner, H. (2011). Embedding pure data with libpd. In *in Proceedings of the Pure Data Convention, Weimar*.
- Bukvic, I., Martin, T., Standley, E., and Matthews, M. (2010). Introducing l2ork : Linux laptop orchestra. In Beilharz, K., Bongers, B., Johnston, A., and Ferguson, S., editors, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 170–173, Sydney, Australia.
- Dannenberg, R. B., Cavaco, S., Ang, E., Avramovic, I., Aygun, B., Baek, J., Barndollar, E., Duterte, D., Grafton, J., Hunter, R., et al. (2007). The carnegie mellon laptop orchestra. In *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference, vol II*, pages 340–343. The International Computer Music Association.
- Essl, G. and Rohs, M. (2007). Shamus – a sensor-based integrated mobile phone instrument. In *IN PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC CONFERENCE (ICMC)*, pages 27–31.
- Keefe, P. O. and Essl, G. (2011). The visual in mobile music performance. In Jensenius, A. R., Tveit, A., Godoy, R. I., and Overholt, D., editors, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 191–196, Oslo, Norway.
- Keller, D. (2018). Challenges for a second decade of ubimus research: Knowledge transfer in ubimus activities. *Música Hodie*, 18:147–165.
- Keller, D., Lazzarini, V., and Pimenta, M. S. (2014). *Ubiquitous music*. Springer.
- Lee, S. W., Freeman, J., Colella, A., Yao, S., and Troyer, A. V. (2011). Collaborative musical improvisation in a laptop ensemble with lolc. In Goel, A. K., Harrell, D. F.,

- Magerko, B., Nagai, Y., and Prophet, J., editors, *Creativity and Cognition*, pages 361–362. ACM.
- Mathews, M. V. (1963). The digital computer as a musical instrument. *Science*, 142(3592):pp. 553–557.
- Oh, J., Herrera, J., Bryan, N. J., Dahl, L., and Wang, G. (2010). Evolving the mobile phone orchestra. In Beilharz, K., Bongers, B., Johnston, A., and Ferguson, S., editors, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 82–87, Sydney, Australia.
- Puckette, M. et al. (1996). Pure data: another integrated computer music environment. *Proceedings of the second intercollege computer music concerts*, pages 37–41.
- Roberts, C., Forbes, A., and H'ollerer, T. (2013). Enabling multimodal mobile interfaces for musical performance. In Yeo, W., Lee, K., Sigman, A., H., J., and Wakefield, G., editors, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 102–105, Daejeon, Republic of Korea. Graduate School of Culture Technology, KAIST.
- Schiavoni, F. L. (2016). Event-based ubiquitous music interaction with mcm: A musical communication modeling methodology. In *International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research*, pages 284–298. Springer.
- Schiavoni, F. L. and Gonçalves, L. L. (2017). Programação musical para a web com o mosaicode. In *Anais do XXVII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música*, pages 1–6, Campinas - SP - Brazil.
- Schiemer, G. and Havryliv, M. (2005). Pocket gamelan: A pure data interface for mobile phones. In *Proceedings of the 2005 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, NIME '05, pages 156–159, Singapore, Singapore. National University of Singapore.
- Schmeder, A., Freed, A., and Wessel, D. (2010). Best practices for open sound control. In *Linux Audio Conference*, Utrecht, NL.
- Tanaka, A. (2004). Mobile music making. In Nagashima, Y., Ito, Y., and Furuta, Y., editors, *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 154–156, Hamamatsu, Japan.
- Trueman, D. (2007). Why a laptop orchestra? *Organised Sound*, 12(2):171–179.
- Tsabary, E. (2014). Music education through innovation: The concordia laptop orchestra as a model for transformational education. *INTED2014 Proceedings*, pages 657–664.
- Wang, G., Bryan, N., Oh, J., and Hamilton, R. (2009). Stanford laptop orchestra (slork). In *International Computer Music Conference*, Montreal.
- Wang, G., Essl, G., Telekom, D., and Penttinen, H. (2008). Mopho: Do mobile phones dream of electric orchestras. In *Proc. Intl. Computer Music Conference (ICMC 2008)*, page 29.

Musical conceptions and strategies in creative activities with mobile devices

Daniel Luís Barreiro, Cesar Adriano Traldi

Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Artes - Núcleo de Música e Tecnologia - Av. João Naves de Ávila, 2121 – Santa Mônica – Bloco 1V, Sala 1

{dlbarreiro,ctraldi}@ufu.br

***Abstract.** The article establishes a dialogue with researches in Ubiquitous Music (Ubimus) through considerations on musical composition and performance with mobile devices experienced in two works carried out by the authors: 1) a composition that presents sections performed with mobile applications; and, 2) the development of a mobile application using Pure Data and MobMuPlat. The musical ideas/conceptions were the main elements that operated as catalysts and guides in the elaboration of the technological and creative processes, enabling creation and performance activities with new technologies by people who are not specialized in this kind of approach.*

1. Introduction

This article presents considerations on two different works carried out in the Music Technology Research Group (NUMUT) at Uberlandia Federal University (UFU, Brazil) involving the use of mobile devices in music composition and performance.

The technological development experienced in the late 20th century and in the beginning of the 21st century has modified and expanded the possibilities of musical composition and performance. According to Rowe (1993), the development of electronic media in the late 20th century made it possible for computer music systems to modify their behaviour in real time. The specialization in music composition and performance with new technologies is increasingly common, which has led to the creation of innovative musical works and performances. According to Traldi and Manzolli (2006: 221),

(...) the need for knowledge about the devices used in the performance and the strong presence of improvisation in the works put the performer in the role of a co-creator. The performer (...) assumes the role as a cohesive element in the work. The instrumentalist departs from a specialist approach in order to acquire an interactionist vision in which, through adaptation, he/she becomes shaped by each work.

In this respect, the questions we came up with were: how to create music with everyday technology? Would it be possible to use new technologies in the musical context without the need for training and in-depth knowledge of technological aspects?

In this sense, it can be argued that there is currently no more common technology than mobile phones. A considerable percentage of the population carries one of these devices throughout the day. In fact, among the reasons that justify the adoption of mobile devices in music creation activities, Pimenta et al. (2015: 64-65) enumerate the ease of access to the devices and their comparative low cost, the mobility they offer (since they do not need to be constantly connected to the electrical network), the fact

that they are always “at hand” and the familiarity people have with them – which potentially speeds up the learning curve of their use. In short, they present the characteristics of “portability, mobility, and connectivity, and (...) accessibility to the general public” [Flores et al., 2010: 122].

Initially, mobiles were used for making calls and did not present great possibilities of application in musical creation. However, even then there were musical experiments with mobile phones. According to Bowen (2013: 108),

before the advent of the smartphone, most mobile music pieces tended to leverage the networking features of phones to allow users to place phone calls or SMS text messages to trigger sound events. If the phone was used as the primary sound source, the sound producing options were either limited to ringtones or to the mic and speakers designed for phone calls. *Telephony* (2000), *MobilSymfoni* (2001), *Spring Cellphony* (2001), *Dialtones: A Telesymphony* (2001), *SIM-phone-ya (New Ring Cycle)* (2002), *Drumming Hands Orchestra* (2003), *Wählt die Signale!* (2003), and *Concertino for Cellular Phones and Symphony Orchestra* (2006) are all ringtone-based works triggered by placing phone calls.

However, in recent years mobile phones have undergone a huge evolution. Smartphones have emerged as devices that are equivalent to laptops.

In the last five years, the evolution of mobile devices (in particular, mobile phones) and services has been fast and disruptive. Today, a very large part of the population owns a mobile phone, many of which are smartphones, devices that allow, among other things, to connect to the internet, listen to music, and run small applications and games. Following a trend in PC- and console-based video games, several interactive music mobile applications and games appeared that became instant best-sellers [Fabiani et al., 2011: 01].

We recognize that musical performance with new technologies imposes new approaches and interpretative challenges. However, would it be possible to use technology as a performance facilitator by means of a musical conception that works as a creative guide?

In order to address these questions, we will present the two following works by the authors:

- 1) *Alucinações Sonoras*: a composition for an instrumental ensemble containing sections in which some of the performers play with mobile applications;
- 2) the development of a mobile application for musical composition and performance using Pure Data and MobMuPlat.

These works deal with the four patterns of interaction proposed by Flores et al. (2010) and Pimenta et al. (2015) in the field of Ubiquitous Music, which will be discussed later on this paper.

2. *Alucinações Sonoras*

This work, composed by the second author, was commissioned by the Graduate Program in Music from Rio Grande do Norte Federal University (UFRN, Brazil) to be premiered by the students within a module focused on collective music practice. The instrumentation was thought for a group comprising: singer (tenor), acoustic guitar,

viola, cello, bassoon, two trumpets, two horns, trombone, piano, vibraphone and tam-tam. The work was premiered in December 2017 in a concert held at Rio Grande do Norte Federal University (UFRN, Brazil).

A second version of the work was written in the beginning of 2018 for a reduced ensemble comprising: string quartet (two violins, viola and cello), piano, vibraphone and tam-tam.

2.1. Musical design

The music presents five sections:

- 1) Introduction: performed by four musicians playing mobile phones;
- 2) Letter A: section that merges mobile phones with instrumental sounds;
- 3) Letters B and C: instrumental sections focused on the exploration of procedures such as rhythmic addition, polyrhythms and variation of accentuation.
- 4) Letter D: recapitulation of Letter A;
- 5) Letter E: end of the work when the sounds of mobile phones gradually disappear.

Note that the Introduction is mirrored in Letter E since the increment of density heard in the Introduction now happens in the form of a reduction in density. This aspect, added to the recapitulation of the Letter A in Letter D, makes the piece as a whole to assume an arch-form.

In this paper we focus on the use of mobile phones in the composition. Therefore, the instrumental part will not be addressed here. In order to make the analysis easier we use the second version of the work, written for a smaller ensemble.

According to the instructions presented in the score, in the beginning of the piece the string quartet performers should play mobile phones around the audience as presented in Figure 1. They may connect the mobile phones to portable loudspeakers if needed¹.

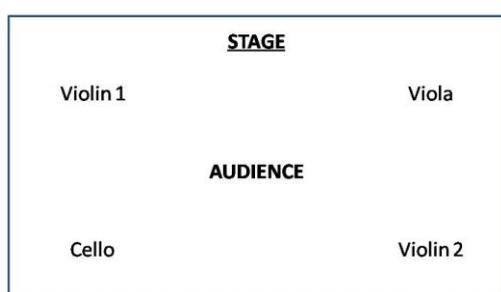


Figure 1. Position of the performers in the beginning of the piece

2.2. Description of the technology

The following applications should be installed on the mobile phones:

¹ The authors recommend the use of one small portable loudspeaker per mobile phone connected with an audio cable. Although portable loudspeakers are usually connected to mobile devices via Bluetooth, tests performed by the authors demonstrated that audio cables present a more robust alternative and provide better sound quality when compared to Bluetooth. Since they can be carried along with the mobile phone, the portable loudspeakers will amplify and improve the sound quality of the mobile phones without disturbing or limiting the movement of the performers in the space.

- Iphone: TonePad or TunePad
- Android: Tone-Matrix²

These applications were chosen because: a) they are freeware; b) they provide a control interface that is easy to manipulate, thus avoiding the need for long-term musical training; and, c) they produce musical results that are consistent with the composer's goals.

These applications work in a similar way. They are pentatonic sequencers that produce minimalistic music patterns. Figure 2 presents a matrix in which the performers can activate sounds based on the pentatonic scale (marked as white squares) by touching the screen. The software constantly scrolls the events from left to right. The vertical axis refers to pitch and the horizontal one refers to pulse (enabling the creation of rhythmic patterns).

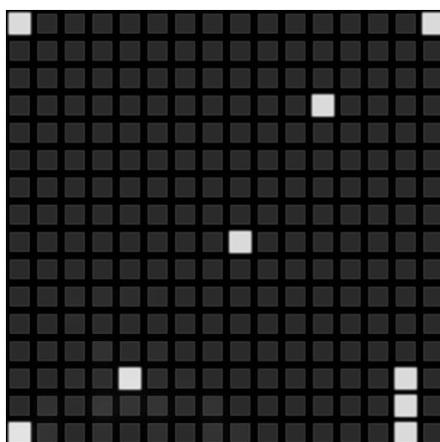


Figure 2. Screen of the applications

In the score, 1, 2, 3 and 4 indicate the number of squares (sounds) that should be activated in the application. Each sound must be activated in a different region of the screen. The performer must imagine four regions on the screen and choose the order in which such regions are activated.

1	2
3	4

Figure 3. Example of regions on the application screen

Therefore, each performer will activate only four sounds at the most which will generate a total of 16 sounds. Since the performers are required to be positioned around the audience (Figure 1), the sounds will be spatially distributed in the performance space.

In this section of the piece, the composer seeks a musical context based on the repetition of rhythmic-melodic patterns that are gradually altered and densified. In

² Available online: tonematrix.audiotool.com

addition, the tempo difference between the mobile phones generates a phase-shifting process (see Reich 1981). The spatial conception is also an important aspect, allowing the audience to notice that the rhythmic-melodic patterns are distributed in the performance space, thus providing an immersive sound environment.

2.3. Performance aspects

The work begins with a sound played by one of the performers and becomes denser until the end of the Introduction (measure 8) when 16 sounds are heard. Figure 4 shows the Introduction (measures 1 to 8).

Figure 4. First eight measure of *Alucinações Sonoras*

As can be seen in Figure 4, the initial tempo is noted as Free (*Livre*). In the sections with free tempo each measure should last between 15 and 30 seconds and the conductor will indicate the change to the next measure. Thus, this section lasts for something between two and four minutes approximately.

As previously stated, in Letter A (measures 9 to 18) sounds of mobile phones are overlapped with instrumental sounds, so musicians who are not playing mobile phones perform the score on their instruments. During the repetition of this section the performers who are playing mobile phones should walk towards the stage carrying the phones with them, which makes the sounds move towards the stage. As a result, the spatiality of the sounds produced by mobile phones present three different moments:

- 1) Square configuration: with performers positioned around the audience (Figure 1);
- 2) Movement: the performers – and, therefore, the sounds – slowly move towards the stage;
- 3) Frontal configuration: with performers on stage.

At the end of this section the volume of the mobile phones is reduced to zero, without deactivating the sound patterns, which will be resumed at the end of the work.

After the instrumental sections (Letters B and C), at the beginning of the Letter D (measure 48) the mobile phones are played again by the same performers through a gradual increase of the volume while the instrumental part presented in the Letter A is resumed by the other performers.

In the last section, the four sounds that had been activated by each performer are now gradually deactivated towards total silence. The deactivation is indicated in the score by an "X" in front of the numbers (Figure 5). The order of the sounds to be

deactivated must be random and preferably different from the one that was used in the Introduction. Again, each measure should last between 15 and 30 seconds.

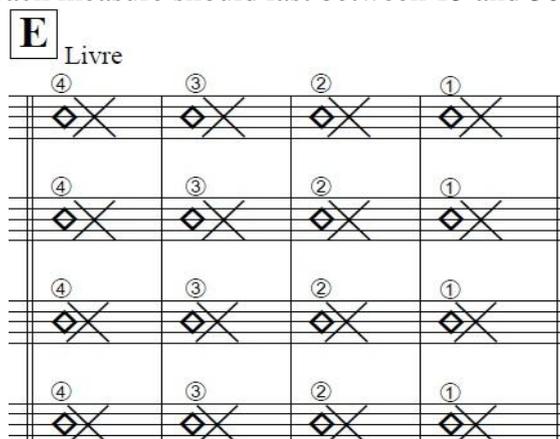


Figure 5. Four last measures of *Alucinações Sonoras* (measures 58 to 62)

3. The development of a mobile application for musical composition and performance

In the second semester of 2016, we taught a module in the Graduate Program in Music at Uberlândia Federal University (UFU, Brazil) focused on musical creation and performance with digital devices. The module was delivered in partnership with Graduate Programs in Music from Campinas State University (UNICAMP, Brazil) and Parana Federal University (UFPR, Brazil), with lessons shared by videoconference. The students from UFU were required to compose and perform musical works with a mobile phone using an application that had been developed by the first author with Pure Data (Pd) and MobMuPlat (Mobile Music Platform)³.

MobMuPlat (see Iglesia, 2016) makes it possible to use Pd on mobile devices⁴. It consists of an editor, which runs on computers, and an application, which must be installed on the mobile device. The editor is used for designing interaction screens to control the Pd patches. Both the Pd files and the file developed in the MobMuPlat editor are then exported to the mobile device. The interaction screen, loaded into the MobMuPlat application, can communicate either locally (with a Pd patch loaded into the mobile phone itself) or remotely via IP (with a Pd patch open in a computer). The latter option was chosen for our implementation.

3.1. Musical design

A musical process based on the increase and reduction in the density of materials in simultaneous sonic layers was the main musical idea guiding our implementation – which is close to processes of accumulation approached by Barreiro and Keller (2010), for example. Keeping this layering compositional design in mind, students were required to record sound samples to be used with the application. Taken as a whole, the group of sounds had to present a varied range of durations and spectromorphological characteristics⁵. The samples were edited, selected and classified by the students with

³ <http://danieliglesia.com/mobmuplat/>

⁴ Another example of an Ubimus work using MobMuPlat can be seen in Aliel et al. (2018).

⁵ See Smalley (1997).

the supervision of the authors. Such activity enabled the students to describe, analyze and classify the samples according to their sonic features and potential for musical exploration.

Three sonic layers were conceived for the implementation:

- Layer 1 (short sounds and foreground figures) - events with defined pitch and short duration generated with MIDI instrument banks;
- Layer 2 (foreground figures) - streams of short pre-recorded sounds from various sources;
- Layer 3 (background) - mixing of long pre-composed sounds.

Four MIDI instrument banks were chosen for Layer 1: harpsichord (program change: 7), glockenspiel (program change: 10), bells (program change: 15) and string pizzicato (program change: 46).

For Layers 2 and 3, three long sounds (brought by the authors) and samples that had been selected in class (recorded by the students) were initially used. The main criterion for sound selection was variety – in terms of sound source characteristics. The following five short samples were chosen for Layer 2: the sound of a *reco-reco*; two percussive sounds; a high-pitched note played on the recorder and the singing of a rooster. The following five long samples were chosen for Layer 3: a long note played on the recorder and the violin; a long note played on the recorder; and three sound textures obtained with granular sampling techniques – one concentrated on the low frequency range and two on the medium and high frequency range.

After performing improvisations, the first author decided to create a newer version by changing the sound samples used in Layers 2 and 3. The sonic exploration for this version was broadly linked to the notion of soundscape composition (see Barreiro and Keller, 2010: 108-109) in the sense that various sound sources were meant to be integrated, through listening, into an imaginary natural environment that could be perceived as something sonically cohesive. The chosen sources were all linked to the image of a natural environment such as a forest. Five different bird songs were chosen for Layer 2. Three textures based on water sounds, a texture based on sounds of insects and frogs, and another texture based on sounds of birds and insects were chosen for Layer 3.

The presentation of both versions to the class allowed the authors to discuss the nature of the implementation with the students, dealing with issues that involved the design of the interaction screens, the sound qualities that could be produced by each version and the musical idea (sonic layering) that supported the whole implementation.

3.2. Description of the technology

The interaction screen developed to run in the MobMuPlat application was a prototype. One important guideline was to use a relatively varied – though not excessive – number of control options. Therefore, sliders, buttons and a two-dimensional plane (XY) were used – see Figure 6.

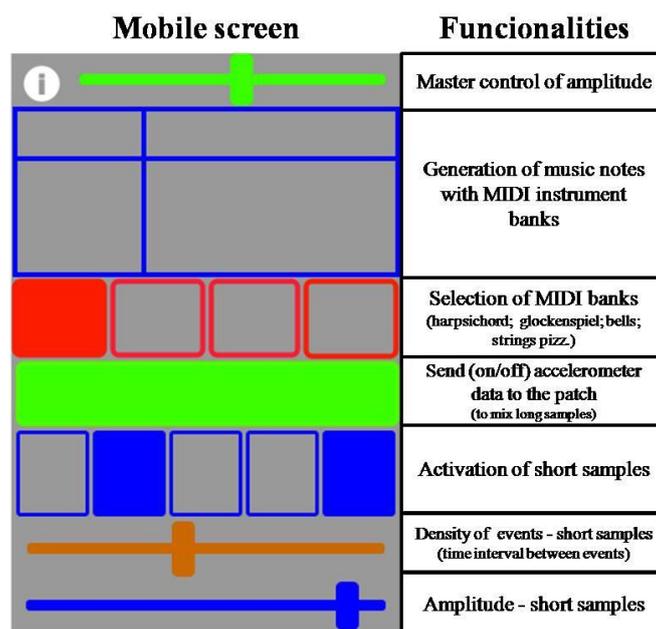


Figure 6. Interaction screen designed on MobMuPLat and description of its components

Figure 6 presents the description of the interaction screen components. There are some additional considerations to be done, however.

The two-dimensional plane (in blue at the top of Figure 6) controls the production of notes with MIDI instrument banks and generates, therefore, the sonorities that make up Layer 1. The position of touch on the X axis of the plane determines pitch. Short touches produce isolated short notes and continuous movements (by dragging the finger on the plane) produce a stream of notes (*glissandi*). The faster and more extensive the finger movement is on the plane, the greater is the amplitude (dynamic range) of the notes produced. On the other hand, the slower and shorter the movement is, the smaller is the amplitude.

The green button (at the center of the screen in Figure 6) allows the performer to enable and disable the Pd patch to receive information from the mobile's accelerometer. Movements of the mobile in the three spatial axes allow the performer to mix the five long sound samples (by controlling the amplitude of each one of them), which determines the sonority of Layer 3. Thus, the rotation of the mobile phone completely to the left increases the amplitude of one of the samples in relation to the others. The complete rotation to the right, on the other hand, increases the amplitude of another sample while decreasing the amplitude of the others, and so on.

The five blue buttons and the two sliders located at the bottom of the screen (Figure 6) are used to control aspects related to the production of Layer 2. Unlike the other layers, Layer 2 is partially controlled by the performer since it is also dependant on processes that are randomly determined in the patch. The orange slider allows the performer to control the density of events in the layer. The exact moment at which a sample is played back, however, is randomly determined. Another operation that is determined by a random process is the selection of the sample that will be played back at a certain moment (among those that had been enabled by the performer). Each one of the blue buttons controls the possibility of a particular short sample to be played back.

By turning each of them on and off, the performer determines not only whether the corresponding sample can be played back or not, but also defines whether there will be a smaller or larger variety of sonic materials in Layer 2 - considering the quantity of samples that are enabled at any given moment. An additional factor that contributes to assigning greater variety to the sound result in Layer 2 is that each sample can be presented with a different speed of playback each time – therefore transposing the sound.

3.3. Performance aspects

Based on the study and the experimentation of sonic and performative possibilities with the implementation, each student composed a piece, produced a score and performed it. In addition, there was a discussion about the musical, notational and interpretative aspects involved in each piece.

Five works were composed in total. Although each student created a particular kind of notation, the scores generally contained graphical elements and sections that were open to improvisation with the indication of duration in seconds. Here is an example: start with a long sound and perform it with *crescendo* for 30 seconds; play short sounds spaced from each other in piano (dynamics) for 30 seconds, gradually increasing the dynamics and the number of attacks; perform MIDI harpsichord sounds throughout the first two sections; etc.

Another example, composed by a student, is shown in Figure 7. The score is divided into five modules that present graphical notations and indications of dynamics. The performer is allowed to choose the order in which the modules are played.

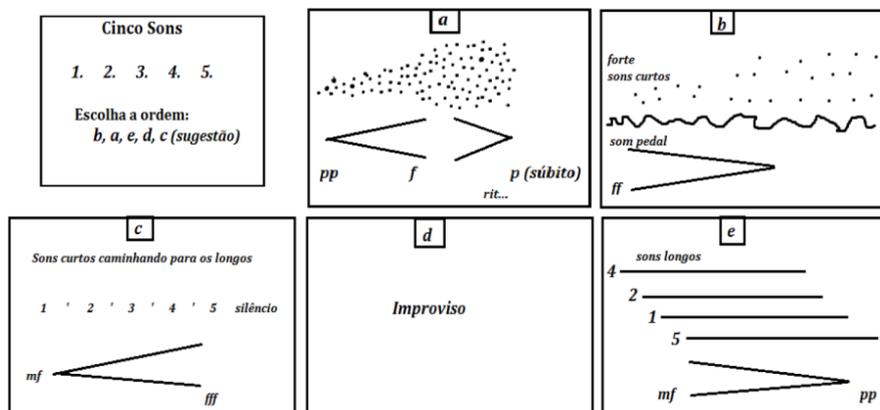


Figure 7: Score of the work composed by one of the students.

In all the compositions presented in class, the performative challenges first arose from the adaptation to a new instrument and, secondly, from the need to follow a score that was open to improvisation to a certain extent. Although the scores had a certain degree of indeterminacy, the student were required to produce them in order to think musically and organize the sound possibilities made available by the digital instrument beforehand. In addition, the fact that there was a score to be followed forced the students to study the instrument and develop skills to make the performance –

something that would not necessarily happen in case they were required to make free improvisations⁶.

4. Discussion of results and final considerations

In the works presented here, mobile devices were used in performances by musicians and/or music students who are not specialized in this kind of approach. The use of an everyday object – the mobile phone – in a situation different from the usual one generated great engagement of the participants. Pimenta et al. (2015: 64-65) mention that the increasing use of mobile phones, especially by a young literate public, demands “a greater sense of control and freedom for the user, a greater involvement in casual activities and a great attraction for playfulness” (p. 65). In fact, the playful character was paramount in the works reported here, which became evident from the engagement that the students manifested in the accomplishment of the compositions and performances.

The works presented here deal, as a whole, with the four patterns of interaction elaborated by Flores et al. (2010) and Pimenta et al. (2015) in their conceptual framework in the field of Ubiquitous Music.

We consider that, in *Alucinações Sonoras*, the most evident pattern of interaction is Event Sequencing, in which the user/performer organizes the musical events on the work timeline – thus acting in the scope of the Time Tagging metaphor (see Keller et al. 2010; Pimenta et al. 2015: 67; and Flores et al., 2010: 124). The musical idea underlying the work is also focused on the handling of space, which happens through the occurrence of short sounds initially dispersed around the audience that gradually become denser and move towards the stage. Therefore, there is a strong component related to the exploration of the space of performance in the conception of the work.

The implementation with Pd and MobMuPlat was based on the musical idea of overlapping sonic layers, which caused the works composed by the students to dialogue with this conception. In this case, the most obvious pattern of interaction is Sound Mixing (see Pimenta et al., 2015: 67; and Flores et al., 2010: 125-126), which consists of selecting, triggering and mixing simultaneous sound materials. In the performances presented by the students, the Sound Mixing approach became evident both in the relationships established between the three sonic layers and, more emphatically, in the manipulation of Layer 3, which allows the user/performer to mix five sound samples through the movement of the mobile in the three spatial axes. Considering that the actions of the user/performer in the context of Layer 2 control the parameters of the sound generation algorithms (based on controlled randomness), we can also identify the occurrence of the pattern of interaction named Process Control (see Pimenta et al., 2015: 67; and Flores et al., 2010: 125). Layer 1, in turn, is generated by short strokes or continuous finger movements on the mobile phone screen, which can be considered as an analogy to percussive gestures and the performance of *glissandi* (on a keyboard instrument, for example). These types of gestures and the fact that there is a clear correlation between the gestures and the acoustic results make us consider that the interaction that happens in Layer 1 has a strong connection with the pattern of Natural

⁶ See Keller and Lazzarini (2017) for a discussion on musical creativity in the context of Ubimus researches.

Interaction, in which “all musical gestures that we might regard as ‘natural’ may be explored herein: striking, scrubbing, shaking, plucking, bowing, blowing, etc.” [Flores et al., 2010: 124]. In other words, this is a context “that imitates real interactions with a sound-producing object” (Pimenta et al., 2015: 67), configuring a pattern of interaction that relates to the metaphor of musical instrument manipulation (see Flores et al., 2010: 124).

Besides the issues of interaction that have been discussed so far, these works enabled the practical exploration of musical concepts related to sound morphology, spatiality in music and the relationships between foreground and background musical events in the composition with simultaneous sonic layers.

Although the use of new technologies brings new compositional and performative challenges, it can also be used in contexts with less technical complexity from the instrumental point of view, making it possible for people to produce musically interesting performances with little study time. Therefore, digital technology can be very useful for musical creation.

Based on the works presented here, we would like to stress that, more than the technological apparatus, it was the elaboration of musical ideas related to sound spatiality and the composition with sonic layers that acted as catalysts and guidelines for the technological and creative exploration experienced in the examples discussed in this article. The experience gained with these works and activities showed us that the musical idea/conception underlying each project delimited the compositional space⁷ that directed not only the subsequent dynamics of musical creation and performance, but also the conception and implementation of the technological apparatus itself, allowing the use of new technologies to facilitate the creative process⁸.

Acknowledgments

We are grateful to FAPEMIG and CNPq for supporting our research.

References

- Aliel, L.; Keller, D.; Costa, R. (2018). “The Maxwell Demon: a proposal for modeling in ecological synthesis in art practices”. *Revista Música Hodie*, v.18(1), p.103-116.
- Barreiro, D. L. and Keller, D. (2010). “Composição com modelos sonoros: fundamentos e aplicações eletroacústicas”, In: *Criação Musical e Tecnologias: Teoria e Prática Interdisciplinar*, Edited by Damián Keller and Rogério Budasz, Goiania/Brazil, ANPPOM, p.97-126.
<<https://www.anppom.com.br/ebooks/index.php/pmb/catalog/download/2/3/36-1?inline=1>>

⁷ The concept of compositional space is related to that of epistemic space, discussed by Ferraz and Keller (2014). Regarding the delimitation of a compositional space during the creative process, Barreiro and Keller (2010: 110) mention that, based on the interaction between pragmatic and epistemic actions, “the composer gradually delimits his/her compositional space through the collection of material, the choice of control variables in the processes of sound manipulation and his/her experience before and during the compositional activity”.

⁸ The authors believe that such a conclusion opens space for future developments, including, for example, an approach based on the criteria proposed by Keller and Lazzarini (2017) for the analysis of creative models.

- Bowen, N. (2013). Mobile phones, group improvisation, and music: trends in digital socialized music-making. Doctor of Philosophy, The City University of New York. <http://sites.uci.edu/camp2014/files/2014/05/NathanBowen_Dissertation_Deposit_Chapter3.pdf>
- Fabiani, M.; Dubus, G. and Bresin, R. (2011). “MoodifierLive: interactive and collaborative expressive music performance on mobile devices”, NIME’11, 30 May–1 June 2011, Oslo, Norway. <<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:419092/FULLTEXT01.pdf>>
- Ferraz, S. and Keller, D. (2014), “MDF: Proposta preliminar do modelo dentro-fora de criação coletiva”, *Cadernos de Informática*, v.8(2), p.57-67. <<http://seer.ufrgs.br/cadernosdeinformatica/article/download/v8n2p57-67/28648>>
- Flores, L. V.; Pimenta, M. S.; Miranda, E. R.; Radanovitsck, E. A. A. and Keller, D. (2010). “Patterns for the design of musical interaction with everyday mobile devices”, *Proceedings of the IX Symposium on Human Factors in Computing Systems*, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil — October 05 - 08, 2010, Brazilian Computer Society, Porto Alegre, Brazil, p.121-128.
- Iglesia, D. (2016). “The mobility is the message: the development and uses of MobMuPlat”, In *Pure Data Conference (PdCon16)*, New York. <<http://www.danieliglesia.com/mobmuplat/IglesiaMobMuPlatPaper.pdf>>
- Keller, D., Barreiro, D. L., Queiroz, M. and Pimenta, M. S. (2010). “Anchoring in ubiquitous musical activities”, *Proceedings of the International Computer Music Conference 2010*, Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library, p.319-326. <<http://quod.lib.umich.edu/cgi/p/pod/dod-idx/anchoring-in-ubiquitous-musical-activities.pdf?c=icmc;idno=bbp2372.2010.064>>.
- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017). “Theoretical approaches to musical creativity: the Ubimus perspective”, *Musica Theorica, TeMA*, 201701, p.1-53.
- Pimenta, M. S.; Flores, L. V.; Kuhn, C.; Farias, F. M.; Keller, D. and Lazzarini, V. (2015). “Música Ubíqua: suporte para atividades musicais em dispositivos móveis”, *ScientiaTec*, V.2(2), Porto Alegre, Brazil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. <<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/download/1469/1227>>
- Reich, S. (1981). “Steve Reich: Music as a Gradual Process, Part. II”, *Perspectives of New Music*, v.20 (Autumn), p.225-286.
- Rowe, R. (1993). *Interactive Music Systems*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Smalley, D. (1997). “Spectromorphology: explaining sound-shapes”, *Organised Sound*, v. 2(2), p.107-126.
- Traldi, C. A.; Manzolli, J. (2006). “Interação e Cognição no Processo de Interpretação Mediada da Marimba”, *Proceedings of the I Encontro Nacional de Cognição e Artes Musicais*, Curitiba, Editora do Departamento de Artes da Universidade Federal do Paraná, p. 268-269.

Addressing Creativity in Network Communication for Computer Music Interaction

Flávio L. Schiavoni¹, Pedro H. de Faria², Jônatas Manzolli²

¹Computer Science Department
Federal University of São João del-Rei
São João del-Rei - MG - Brazil

fls@uufs.j.ue.br

²Interdisciplinary Nucleus for Sound Studies (NICS)
Department of Music
University of Campinas
Campinas - Brazil

pedro.faria@nics.unicamp.br, jonatas@nics.unicamp.br

Abstract. *This paper draws analogies between computer network communication and real time collaboration in music. Computer networks have different addressing methods (namely broadcast, unicast and multicast), these addressing methods are directly related to music performance interaction through existing network communication objects in Pure Data. These analogies and recommendations envisage assisting in the development of new collaborative music creation and performance which may explore the different possibilities that each model delineates. Specific artistic applications will be used as examples to benefit musicians and composers to apprehend network music performance potentialities.*

1. Introduction

Music is traditionally seen as a collaborative and cooperative art field. This applies for orchestras, chorals, bands, rock'n'roll groups, duos or even a guitar playing accompanied by voices. Most part of musical practices are not individualistic and represent and express human forms of interaction and communication. Since the development of the Internet, computer networks propagated new forms of human interaction communication. The computer is now one of the most powerful tools for music creation [Iazzetta 2010] and computer networks can be used to expand this instrument and create several new models for music interaction [Malloch et al. 2008]. Computer music can explore this concept and propose new approaches to enhance collaboration and cooperation in music. Computer network concepts may be associated with music interaction models, such as addressing methods, data flow and communication roles, leading to efficient results in computer music interaction.

These concepts will be discussed in a theoretical point of view and relate them with music interaction scenarios in a computer music environment tool called Pure Data. Pure Data¹ (aka Pd) is a free graphic programming environment widely used in real time

¹Available on <http://puredata.info>

music performances. Pd supports network communication by means of an object collection that suits specific protocols, data flow and addressing tasks. A set of musical scenarios will be described in order to elucidate how these objects can be used to perform collaborative music. The related computer network theory will be mapped to music interaction models. Such scenarios consider decisions regarding fundamental aspects of an artistic project that may directly intervene in the choice of a specific tool and network configuration setup, namely the overall number of performers, their disposition in sections and hierarchy for guidance, interference and interaction of sonic material.

Therefore this paper provides a technical and compositional background of relevant topics related to computer music performance interaction in the context of network and ubiquitous music based on a collection of free and accessible technological tools. Such approach may help musicians to better understand how to create computer music groups and how to address it using computer networks in a creative and technically consistent way.

The remainder of this paper is structured as follows: section 2 discusses the theoretical approach to network communication; section 3 discusses Pure Data as an accessible tool for network music interaction; section 4 presents and discusses three projects by the authors that serve as technical and artistic implementations of the concepts and tools regarding computer music performance and computer network.

2. Network Communication

In computer networks, communication is initiated by one party and another party responds to it. Network communication uses two terms to define these roles: server and client. The client program initiates the conversation while the server responds. Together, server and client create a distributed application [Donahoo and Calvert 2009, p. 7].

Despite the terms, these roles are associated only with communication start up. Servers wait for a client connection while clients need to know the server address to connect to. Once the connection is done, these roles are replaced by an application protocol that defines the data flow and how resources will be shared through a network.

Although there are other communication protocols, UDP [Postel 1980] and TCP [Postel 1981] are the most used transport protocols in the TCP/IP stack². Unlike UDP, TCP uses a “handshake” when the communication begins, confirming message reception (through ACK messages) and the client connection. Because of these details, UDP is known as a connectionless, unreliable protocol while TCP is a connection oriented reliable protocol.

Compared to existing forms of human communication, TCP is similar to a telephone call, where the communication is only possible if both sides are connected. UDP is similar to a mail service, where one can send information and not be sure it reached its destination. Using this mail analogy, the receiver is like the server and the sender is like the client because the sender needs to know previously the receiver address to initiate a communication. This feature allows UDP to use different addressing methods, presented in the following section.

²SCTP and DCCP are also transport protocols in the TCP/IP stack.

2.1. Addressing Methods

Addressing methods are the associations between the destination address and a network endpoint. In network communication, the addressing can be one-to-one or one-to-many association. A one-to-one association is called Unicast and is defined by a connection addressing form such that a sender can reach only one endpoint in a data transmission. Broadcast (sender sends to all connected clients) and Multicast (receivers choose if they want to receive from the sender) use a one-to-many association where in a single transmission one sender can reach multiple endpoints.

2.1.1. Unicast

Unicast communication is a peer to peer model. In a simple unicast connection, the server has one client only. Both protocols, UDP and TCP can use this addressing methodology.

In a unicast communication, the client needs to know the server's IP address and port to connect. The server can, if necessary, learn the client's addresses information when it receives the initial communication from the client.

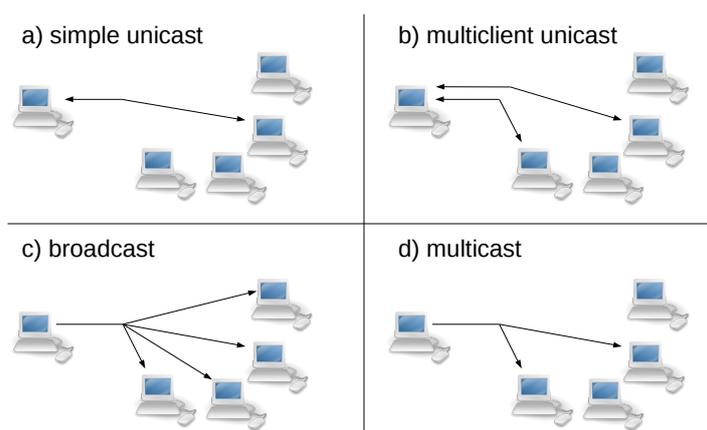


Figure 1. Network addressing methods

As shown in Fig.1.a, unicast is a one-to-one association and only two peers can be part of the communication.

2.1.2. Multiclient Unicast

The simple unicast communication does not support multiple clients. However, it is possible to implement a multiclient unicast server that accepts several clients. The server can send or receive different data to / from different clients, as presented in Fig.1.b. The server can also send the same information to every client looping the list. In this case, if a client is slower than others it can create an undesirable network bottleneck, slowing down the entire network. Despite the multiclient feature, multiclient unicast still a unicast communication and can be implemented with UDP or TCP.

2.1.3. Broadcast

In electrical engineering and communication, broadcast is a data transmission to a dispersed audience, such as in radio or TV. The sender transmits the data through a particular channel and several receivers can be connected on this channel and receive the transmitted data. In this way, broadcast is useful when a host needs to communicate without knowing the receiver addresses.

It is also possible to use broadcast on TCP/IP networks. In this case, the broadcast comes from a set of local area network (LAN) reserved addresses. The data sent to the broadcast reserved address (e.g. 255.255.255.255 to IPv4 LAN) is received by every computer in the same subnet [Mogul 1984]. TCP/IP broadcast can use different ports to identify a data channel. Thus, every server that wants to receive broadcast data creates a socket that listens to a broadcast port.

Similar to TV stations, a broadcast sender does not know who is receiving the data, how many receivers are listening to the associated port, or even if there is a receiver waiting for data. Unlike TV stations, it is acceptable to have several senders emitting broadcast data to the same port at the same time. Since broadcast is connectionless, it is not possible to implement this communication with a connection oriented protocol, namely TCP.

It is important to note, as presented in Fig.1.c, that every computer in the LAN will receive every broadcast message, even if they do not have a socket waiting for the data. In the latter case, all the received data is discarded locally. Instead of the large broadcast utilization, IPv6 has no broadcast addresses. Their function were superseded by multicasting addresses [Hinden and Deering 2006].

2.1.4. Multicast

Broadcast is a powerful communication paradigm but if most of the receivers are just discarding packets locally, it unnecessarily floods the network. Multicast is the solution to solve this conflict.

Similar to broadcast, network multicast communication is a set of reserved network addresses. Unlike broadcast, multicast uses an address range, from 224.0.0.0 to 239.255.255.255 in IPv4 [Cotton et al. 2010]. Also differently from broadcast, multicast clients will only receive a stream of packets if they have previously joined the specific multicast group address.

In order to receive multicast messages, every receiver has to subscribe in a multicast group. A network device, such as a server, router, switch or access point, has to be responsible for managing the multicast groups. It can also provide information about who is listening in the multicast group.

Unlike multiclient unicast, multicast is a one-to-many association. As presented in Fig.1.d, the same message reaches every receiver subscribed in a multicast group. For this reason multicast is very useful to network discovery services or to communicate with unknown devices [Malloch et al. 2008].

Since multicast avoids message retransmission for each client, it saves on network bandwidth and its usage is recommended for high bandwidth network services such as audio and video transmission.

3. Pure Data Network Objects

Pure Data provides a set of objects for network communication that are accessible and free to use. These are part of the implementation on the creative projects of the next section. In the current section Pd network objects will be introduced in order to illustrate how to implement general music communication using the addressing methods previously described. All of the above mentioned addressing methods are available for music interaction.

Table 1 displays a set of Pd objects developed specifically for this goal. In addition to the library name we present server and client instances, the protocol, the data flow and the addressing methods. Assuming that the client must know the server address to start the communication, receivers are displayed as servers and senders as clients.

Table 1. Pure Data network objects

Library	Server	Client	Protocol	Data flow	Addressing
Vanilla	netreceive	netsend	UDP / TCP	client sends	multiclient unicast, broadcast ³
Maxlib	netserver	netclient	TCP	bidirectional	multiclient unicast ⁴
iemnet	udpserver	udpclient	UDP	bidirectional	multiclient unicast, broadcast ⁵
iemnet	udpreceive	udpsend	UDP	client sends	unicast, broadcast ⁶
mrpeach	udpreceive	udpsend	UDP	client sends	unicast, broadcast, multicast

Pure Data also has objects to transmit audio streams, video streams and some TCP specific objects. Because TCP objects are always limited to unicast or multiclient unicast addressing methods we didn't include them here.

4. Creativity and Network Communication in Computer Music Interaction

A desired music interaction scenario can lead musicians and composers to a particular protocol, data flow and addressing method choice. Even though any network connection could be used in music performance, issues such as role definition, connection ease, and network environment configuration are decisive factors in determining best practices for the interaction performance [Obici and Schiavoni 2011]. Another important aspect is the proper technology selection and design during the project creation and execution [Rottondi et al. 2016, Gabrielli and Squartini 2016].

The different solutions presented here can assist musicians in selecting the best network connection for a specific network music performance scenario. In network music it is possible to map various data flow types between musicians: control, symbolic, audio

³It is possible to address the connection to a broadcast address, e.g. 255.255.255.255.

⁴Netserver can send / receive different data to different clients and identify which client sent which message. The broadcast message documented in the help is only multiclient unicast sending.

⁵If connected to broadcast address, the data flow is not bidirectional and just the client sends information. The broadcast message documented in the help is only multiclient unicast sending.

⁶It is possible to achieve broadcast addressing the connection to 255.255.255.255.

signals etc. The implementation of this data flow leads one to decide who should send data and who should receive the data as well as how many participants should send and receive data simultaneously.

Another important aspect refers to the participation of the audience in such artistic projects. The interactivity can be highly enhanced and new musical results may emerge if the audience can collaborate in a musical performance or becomes an active user of a multimedia installation system. This is a very important discussion when dealing with creativity in contemporary art [Wu et al. 2017], multimedia installations and ubiquitous music [Keller and Lazzarini 2017].

Decisions concerning specific musical parameters are typically determined by the main goal of each artistic project. These decisions, and also aesthetic implications for each of the various musical setup scenarios described below, are not the focus of this discussion up to this point.

Research in network communication for music collaboration frequently explores music creation, performance and diffusion through the Internet [Jordà 1999]. Experimentation of models for local communication that enables or enhances music interaction between machines and humans in a local network context are not much explored, and generally laptop orchestras are the most frequent users of such models [Rebelo and Renaud 2006].

In order to improve the discussion, we provide a series of three recent implementations about collaborative works of the authors, all related to these artistic practices in different technical network and ubiquitous music contexts.

4.1. D.S.C.H.

D.S.C.H. (acronym for Dmitri Shostakovich and also related to the musical motive used by the composer in his works) consists of an immersive interactive sound installation, where up to eight users are connected through wi-fi network in order to intuitively control audio triggering, processing and diffusion on an octophonic system from their mobile devices. The implementation is based on two free software platforms: MobMuPlat⁷ and Pure Data (Pd).

The developed mobile application provides the user with several interaction possibilities with the system through his/her personal device (either Android or iOS, phone or tablet). MobMuPlat provides network communication through a set of protocols, *D.S.C.H.* is solely based on a multiclient unicast, where all clients (mobile users) send their data only to the server computer, therefore clients do not communicate between themselves directly through data. This choice enhances musical immersion of the users by stimulating an accurate listening and reaction to other users choices of excerpts and processing.

The application is designed to allow an intuitive control of parameters that are sent to a server computer (where all processing and sound diffusion happens), therefore there is no technical restriction regarding the memory or processing capabilities of the user's device. Each user has an independent set of controls, associated to spatialization, audio sample triggering (an algorithmic selection of excerpts based on the musical character

⁷MobMuPlat is a free software available at: <http://danieliglesia.com/mobmuplat/>

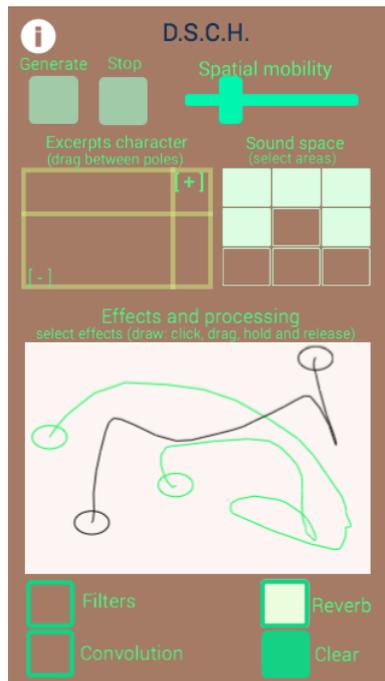


Figure 2. User control interface developed in MobMuPlat. The use of drawings and sliders enhance an intuitive control of parameters.

desired) and a conjoined set of three sound processing units divided between *reverb*⁸, *filters*⁹ and *convolutions*¹⁰.

Furthermore, a new interaction model, which is currently in development, foresees adding eight ultrasonic sensors (built using Arduino) closely to each audio speaker. This set of sensors will provide the specific location of users in the interactive space. The localization data collected by the sensor will be the input of two algorithms that will allow the exploration of additional layers of interaction:

- (a) a cellular automata algorithm based on a matrix that represents the spatial distribution of users. The platform sound will accompany the user as he/she moves in the installation space and a set of rules will guide the users as well. For example: the overpopulation (accumulation of several users) in a specific area of the installation will be responsible for the progressive "death" of the audio in that particular region;
- (b) a game theory (zero sum game) algorithm where users may gain direct access to control neighbors' sound processing and/or audio excerpt character, users scores in the game is based on their behavior in the space compared to other users. For example: users responsible for the "death" of the audio in a region will receive a lower score and then may loose the control of their respective mobile devices, that is given to another user with higher scores.

In terms of network communication, this new implementation will require an ad-

⁸Implemented with the *freeverb* object in Pd, check the documentation for details.

⁹Three filters were used: high-pass, low-pass and a voltage control filter.

¹⁰Four types of convolutions based on FFT processing were used: phase, amplitude, cross and complex convolutions.

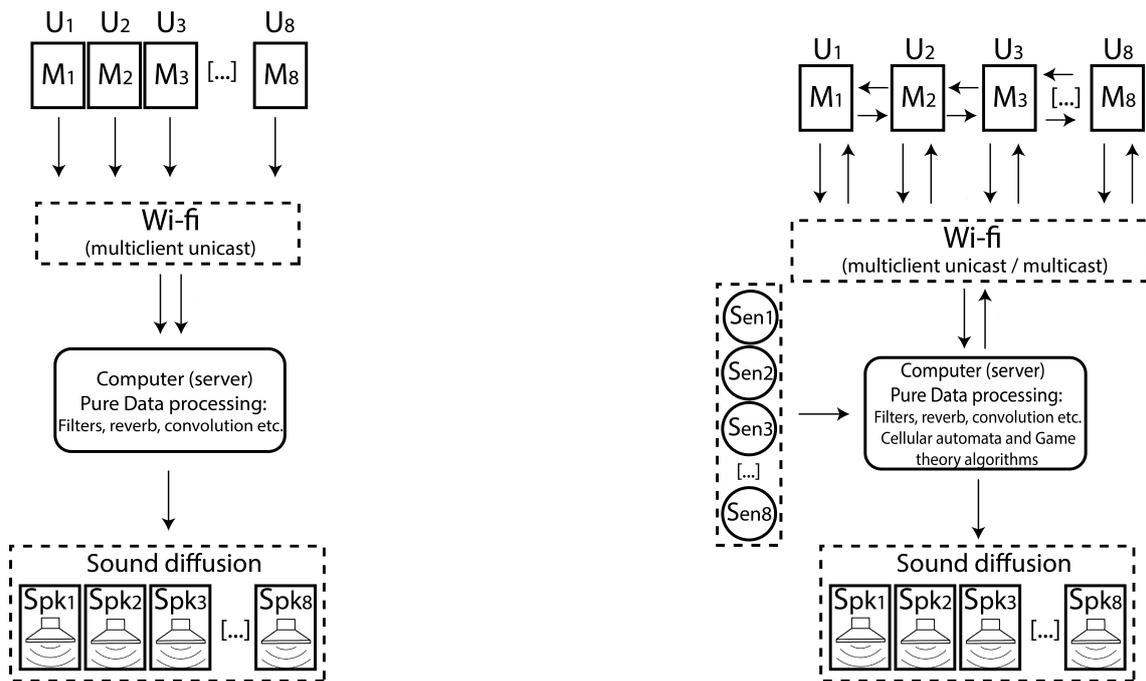


Figure 3. Current (left) and in development (right) implementations of *D.S.C.H.*

ditional many-to-many communication protocol in MobMuPlat called *Ping & Connect*, where "each client pings out its player number and IP address via multicast. Each client keeps track of other clients on the network, and may send unicast messages to all clients, or to individual clients by player number" [Iglesia]. Figure 2 presents both implementations discussed for *D.S.C.H.*, where *U* is an "user", *M* is a "mobile device", *Sen* is a "sensor" and *Spk* is an "audio speaker".

4.2. CromaCrono \approx

In order to explore meaningful relationships between agents and environmental stimuli in a virtual space and understand their interaction with animations and sound-generative processes in real time, CromaCrono \approx was created with the notion that interactive media within mixed/virtual reality environments induces an agent coupling with the space, it is defined as the *sensing of Presence* [Wasserman et al. 2003, Sanchez-Vives and Slater 2005, Dubois et al. 2009].

CromaCrono \approx can be seen as an interactive system for audio-visual improvisation that produces digitally synthesized sounds and images in real time [Manzoli 2015]. Departing from observations on the way sensory processes are integrated with the environment, it exploits the interaction of space and time from the human agent perspective. Simple geometric shapes and computer-synthesized sounds support an audio-visual textural architecture (see figure 4). The Boids algorithm is used to control several parallel processes generating sounds and animating graphics in real time [Reynolds 1987, Reynolds 1988]. The Boids trajectories are used to control the display of hundreds primitive geometric shapes that vary in shape, color, speed and dispersion in space. All this variations produce the audio-visual texture that is coupled with generative rules for controlling sounds and interactions with local and remote agents. We also acquire that in

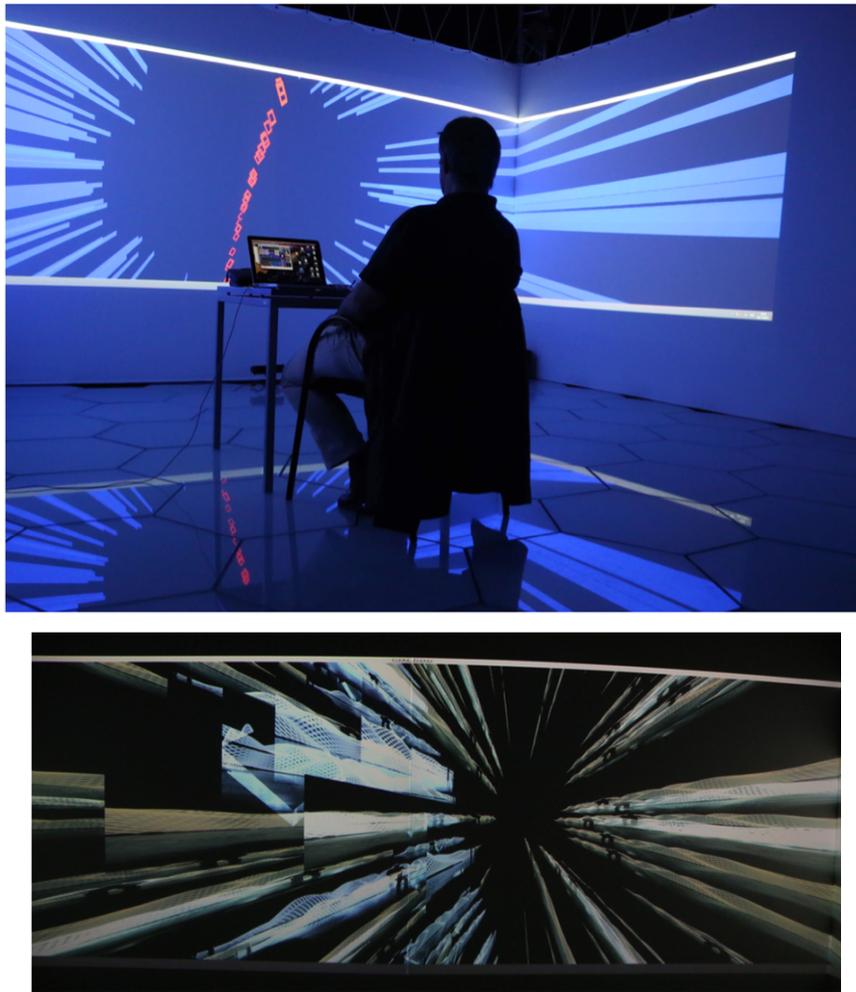


Figure 4. Two images generated by CromaCrono \approx environment illustrating the visual produced by the system in real time. It is a texture of interwoven processes which density increases as much as they are interconnected.

these processes the computer acts as an autonomous adaptive sentient guide that assists humans to explore creative spaces and discover novel patterns driven by the man-machine interaction. Moreover, the user's parametric control on the computer GUI is defined here as *explicit interactions*, complementary, and *ubiquitous interaction* is that of a remote agent interaction over the Internet.

The entire system works as a unified generative process that digitally synthesizes sounds and images, receive GUI control parameters and remote control from the Internet, and in turn generate audio and image outputs (see figure 5). Despite of many processes controlled simultaneously, the system is designed to operate in a loop of 14 parameters. They are organized in a "Composition Curve" with 10 iterated-sections, 140 parameters in total (see figure 6). The economical representation allows fast broadcasting over the Internet. That is, a small set of compositional operations, makes it possible to evolve and share in real time compositions/improvisations via Internet. Local and remote agents control together the generative process of CromaCrono \approx ¹¹

¹¹The operation of CromaCrono \approx and the audiovisual texture generated in real time can be seen at

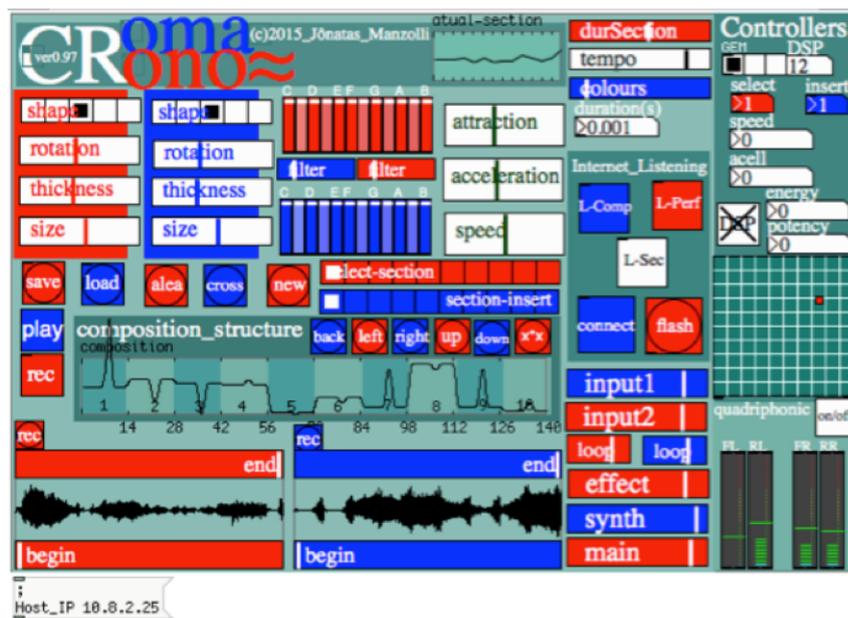


Figure 5. GUI of CromaCrono~ showing all the integrated control parameters of the system.

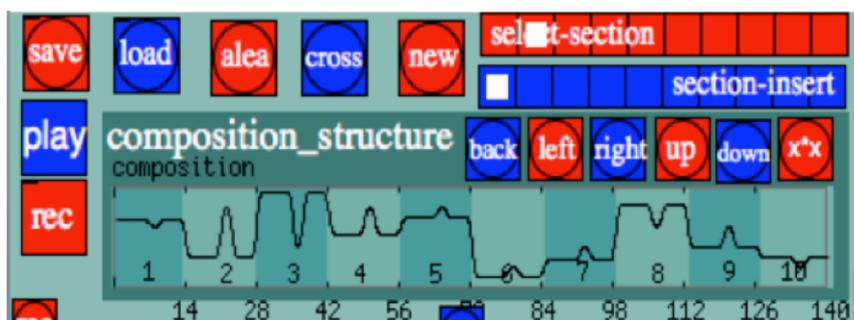


Figure 6. In detail the “Composition Curve” and the buttons to apply genetic and structural operations over the curve. A remote user can also “press” the buttons using a mirror program in a location via a VPN connection.

4.3. Concerto para Lanhouse

Concerto para Lanhouse (Lanhouse Concert) is an audiovisual installation for computers connected to a Local Area Network - LAN, presented in Figure 7. Lanhouse is how Internet Cafe is popularly called in Brazil, commercial venues provided with a LAN connection with Internet [Obici and Schiavoni 2011]. This creation used Pure Data to combine synthetic sounds and visual effects with GEM (Graphics Environment for Multimedia) creating an immersive environment of synchronized performance. The synchronization was implemented using Pd network objects and a control machine, apart from those in performance space, attains the role of a conductor, responsible to send commands to every machine regarding how to perform. These commands can be thought as a network score and has informations concerning sound synthesis and visual effects.

The instrument programming had two implementations, one using net-
<https://vimeo.com/145326063>



Figure 7. The Concerto para Lanhouse installation.

send/netreceive and other using netclient/netserver. Since the first approach used broadcast addressing, the same commands were sent to every machine by the conductor. Every machine was identified by a number and it was used to select the received commands and to determine if the machine should follow or ignore the instruction. The amount of network traffic was very high and it was not easy to really synchronize the machines using this approach. A second approach, using netclient/netserver was implemented using a multiclient unicast connection. Thus, the conductor could send independent commands to each machine, resulting in a higher processing demand but requiring a lower network traffic.

5. Conclusion

The discussion considered attributes related to connectivity, addressing methods that are crucial for the creation and implementation of interactive network music. These attributes are a necessary foregoing step for every network music interaction system proposal.

Three representative artistic works created using these theoretical concepts and computational tools were presented. These works used different addressing solutions which were specific to the creative and artistic demands of each project. Each of them explored different aspects within the context of network interaction and ubiquity. Table 2 presents the summarized technical information about the three artistic projects previously discussed.

Table 2. Details regarding projects implementation

Project	Server	Client	Protocol	Data flow	Addressing
D.S.C.H. (1)	netreceive	netsend	UDP	client sends	multiclient unicast
D.S.C.H.(2)	udpreceive	udpsend	UDP	client sends	multicast
CromaCrono≈	udpreceive	udpsend	UDP	client sends	multicast
Lanhouse Concert(1)	netreceive	netsend	UDP/TCP	server sends	broadcast
Lanhouse Concert (2)	netserver	netclient	TCP	server sends	multiclient unicast

As pointed along the article, the addressing methods and computational tools must be chosen according to a given aesthetic and practical necessity in the context of an artistic project. Using unicast, broadcast or multicast in a music collaboration scenario depends

on several aspects, including the fraction of network hosts interested in receiving the data, the knowledge of the communicating parties and how exclusive a network message is.

Comparing the technical summary for the three artistic applications in Table 2, some important observations emerge. Firstly, it is possible to notice that different musical demands may use the same set of Pd objects to implement them, but with different addressing. For instance in the usage of `net send/receive` object for multicasting in D.S.C.H. (version 1) and broadcasting in *Concerto para Lanhouse* (version 1). Secondly, same musical demands may use different sets of Pd objects given the system technical setup requirements, for instance the UDP multicasting in D.S.C.H. (version 2) is locally networked, while UDP multicasting in *Cromacrono* communicates remotely through VPN over the internet, requiring another set of musical objects to implement a similar musical function for the users.

The technical setups approached to convene a specific computer music interaction scenario of an artistic project, generally emulates music interaction in standard acoustic music practice and also may expand the usual boundaries of the common practices. Therefore, the standard conceptions regarding creativity in music interaction in terms of performance and compositional demands are also expanded.

To illustrate the presented concepts, a set of Pure Data network objects were presented and classified based upon their protocols, addressing methods and data flow. Pure Data was chosen for this discussion given that it is a free software that provides a consistent straightforward programming vocabulary for musicians, and a large community of developers and users. Furthermore, this tool was applied in the creation of the three examples presented in this paper. Even though all examples for data flow operation were presented as Pd messages, it is important to state that the same procedures are valid to other types of data, such as OSC and audio/video streaming, among others.

Since Pure Data is an open source software, the source code of the listed objects is available, therefore attainable to read, explore its working structure and implement such features in other applications or platforms. The set of models presented are standard but not exhaustive, other possibilities may emerge depending on the necessity of specific artistic schemes.

References

- Cotton, M., Vegoda, L., and Meyer, D. (2010). IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments. RFC 5771 (Best Current Practice).
- Donahoo, M. J. and Calvert, K. L. (2009). *TCP/IP Sockets in C Bundle: TCP/IP Sockets in C, Second Edition: Practical Guide for Programmers (Morgan Kaufmann Practical Guides)*. Morgan Kaufmann.
- Dubois, E., Gray, P., and Nigay, L. (2009). *The engineering of mixed reality systems*. Springer Science & Business Media.
- Gabrielli, L. and Squartini, S. (2016). *Wireless Networked Music Performance*. Springer Singapore.
- Hinden, R. and Deering, S. (2006). IP Version 6 Addressing Architecture. RFC 4291 (Draft Standard). Updated by RFCs 5952, 6052.

- Iazzetta, F. (2010). *Música e mediação tecnológica*. Perspectiva, São Paulo - Brazil.
- Iglesia, D. MobMuPlat Rough Documentation. Project Website. Available at <http://danieliglesia.com/mobmuplat/doc/index.htm>.
- Jordà, S. (1999). Faust music on line: An approach to real- time collective composition on the internet. *Leonardo Music Journal*, 9:5–12.
- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017). Theoretical approaches to musical creativity: The ubimus perspective. *Musica Theorica*.
- Malloch, J., Sinclair, S., and Wanderley, M. M. (2008). A network-based framework for collaborative development and performance of digital musical instruments. In Kronland-Martinet, R., Ystad, S., and Jensen, K., editors, *Computer Music Modeling and Retrieval. Sense of Sounds*, pages 401–425. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Manzolini, J. (2015). Multimodal generative installations and the creation of new art form based on interactivity narratives. In *Proceedings of 18th Generative Arts Conference*, Florence.
- Mogul, J. (1984). Broadcasting Internet Datagrams. RFC 919 (INTERNET STANDARD).
- Obici, G. L. and Schiavoni, F. L. (2011). Concerto para lanhouse. In *Proceedings of the Linux Audio Conference*, pages 170–174, Maynooth, Ireland.
- Postel, J. (1980). User Datagram Protocol. RFC 768 (INTERNET STANDARD).
- Postel, J. (1981). Transmission Control Protocol. RFC 793 (INTERNET STANDARD). Updated by RFCs 1122, 3168, 6093, 6528.
- Rebelo, P. and Renaud, A. B. (2006). The frequencyliator: distributing structures for networked laptop improvisation. In *Proceedings of the 2006 NIME*, NIME '06, pages 53–56, Paris, France, France. IRCAM ; Centre Pompidou.
- Reynolds, C. W. (1987). Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. In *ACM SIGGRAPH computer graphics*, volume 21, pages 25–34. ACM.
- Reynolds, C. W. (1988). Not bumping into things. *Computer Graphics*, page G1.
- Rotondi, C., Chafe, C., Allocchio, C., and Sarti, A. (2016). An overview on networked music performance technologies. *IEEE Access*, 4:8823–8843.
- Sanchez-Vives, M. V. and Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4):332.
- Wasserman, K., Manzolini, J., Eng, K., and Verschure, P. (2003). Live soundscape composition based on synthetic emotions: Using music to communicate between an interactive exhibition and its visitors. *IEEE MultiMedia*, 10(4):82–90.
- Wu, Y., Zhang, L., Bryan-Kinns, N., and Barthelet, M. (2017). Open symphony: Creative participation for audiences of live music performances. *IEEE MultiMedia*, 24(1):48–62.

Ubiquitous Musical Activities with Smart Musical Instruments

Luca Turchet¹, Mathieu Barthet¹

¹Centre for Digital Music, School of Electronic Engineering and Computer Science,
Queen Mary University of London
Mile End Road, London E1 4NS, United Kingdom

luca.turchet@qmul.ac.uk, m.barthet@qmul.ac.uk

Abstract. *The research field of ubiquitous music (UbiMus) investigates musical activities that are supported by ubiquitous computing concepts and technology. A recent field intersecting with UbiMus is the Internet of Musical Things (IoMusT), which refers to a system of interconnected embedded computers enabling users to produce, interact with or experience musical content (Musical Things). Musical Things embed electronics, sensors, data forwarding and processing software, and network connectivity enabling the collection and exchange of data serving a musical purpose. Smart musical instruments (SMIs) are a class of Musical Things that constitutes one of the building blocks of the IoMusT paradigm. SMIs are an emerging family of musical instruments characterised by embedded sensors, actuators, wireless connectivity, and on-board processing. We posit in this paper that SMIs have the potential to enable a wide range of ubiquitous musical activities. To support our claim, we present current trends in research on SMIs and we provide examples of use cases of SMIs in UbiMus contexts.*

1. Introduction

Ubiquitous music (UbiMus) [Keller et al. 2014] is a branch of the sound and music computing field which develops and analyse musical activities supported by ubiquitous computing concepts and technology [Satyanarayanan 2001, Weiser 1991]. A recent field intersecting with UbiMus is the Internet of Musical Things (IoMusT) [Keller and Lazzarini 2017, Turchet et al. 2017b]. Besides UbiMus, IoMusT originates from the integration of many lines of existing research including the Internet of Things [Borgia 2014], new interfaces for musical expression (NIME) [Jensenius and Lyons 2017], networked music performance systems [Rottondi et al. 2016], music information retrieval [Burgoyne et al. 2016], human-computer interaction [Rowland et al. 2015], and participatory music [Wu et al. 2017].

A definition of IoMusT was proposed in [Turchet et al. 2017b] as “*the network of physical objects (Musical Things) dedicated to the production, interaction with or experience of musical content. Musical Things embed electronics, sensors, data forwarding and processing software, and network connectivity enabling the collection and exchange of data for musical purpose*”. Keller and Lazzarini discussed a vision of the IoMusT in the context of a theoretical frameworks for UbiMus, where the IoMusT is seen as part of an ubiquitous music ecosystem [Keller and Lazzarini 2017].

The IoMusT technological infrastructure enables ecosystems of interoperable devices that connect musicians with each other, as well as with audiences. This multiplies

the interaction possibilities between e.g., performers, composers, conductors, studio producers, live sound engineers, and audience members, both in co-located and remote settings. One of the building blocks of the IoMusT paradigm are the so-called “smart musical instruments (SMIs)” [Turchet et al. 2016], an emerging class of musical instruments characterised by embedded sensors, actuators, wireless connectivity, and on-board processing. The relationship between SMIs and UbiMus has thus far not been addressed by the NIME or UbiMus research communities. This position paper aims to fill this gap. We posit that the new class of SMIs has the potential to enable ubiquitous musical activities and involve audiences in creative processes. To support this claim we present current trends in research on SMIs and provide examples of use cases of SMIs in UbiMus contexts.

2. Instances of smart instruments

A proposal for a smart musical instruments family was formulated by Turchet and colleagues in 2016 [Turchet et al. 2016]. According to this proposal SMIs result from the integration of a variety of technologies and concepts such as sensor- and actuator-based “augmented instruments” [Miranda and Wanderley 2006, Turchet 2018] (e.g., [McPherson 2015, Overholt et al. 2011]), embedded acoustic and electronic instruments [MacConnell et al. 2013, Berdahl 2014], networked music performance [Rottondi et al. 2016], Internet of Things [Borgia 2014], as well as methods for sensor fusion [Pardue et al. 2015], audio pattern recognition [Dannenberg and Hu 2003], semantic audio [Slaney 2002], and machine learning [Fiebrink and Caramiaux 2016].

An example of SMI is the Sensus Smart Guitar developed by MIND Music Labs [Turchet et al. 2016]. It consists of a hollow body guitar augmented with several sensors embedded in various parts of the instrument, on-board processing, a system of multiple actuators attached to the soundboard, and interoperable wireless communication (using state-of-the-art protocols for wireless transmission and reception such as Wi-Fi and Bluetooth, as well as for exchange of musical data such as MIDI and OSC). The internal sound engine is based on the ELK music operating system¹ and affords a large variety of sound effects and sound generators, and is programmable via dedicated apps on desktop PCs, smartphones, and tablets.

Another instance of SMI, which has been developed within the context of academic research, is the Smart Cajón described in [Turchet et al. 2018a]. This instrument consists of a conventional acoustic cajón smartified with sensors, Wi-Fi connectivity and motors for vibro-tactile feedback. The Bela board is used for low-latency audio and sensors processing [McPherson et al. 2016] and runs a sound engine providing sampling and various audio effects. A peculiarity of the embedded intelligence is the use of sensor fusion and semantic audio techniques to estimate the location of the players’ hits on the instrument’s front and side panels, and to map this information to different sound samples simulating various percussive instruments [Turchet et al. 2018b].

3. Features of SMIs enabling ubiquitous musical activities

The term ubiquitous music (UbiMus) has been proposed to relate to “practices that empower participants of musical experiences through socially oriented, creativity-enhancing tools” taking benefits from mobile communication and information devices

¹<https://www.mindmusiclabs.com/ELK>

and their distinctive capabilities of portability, mobility, connectivity and availability [Keller et al. 2014]. The features of smart instruments can facilitate various types of human-human and human-machine interactions: interactions between musicians and their instruments, between musicians and audience members, and/or between musicians. Such technologically-mediated interactions may occur not only in co-located settings but also remotely thanks to the Internet. Ubiquitous musical activities may be developed leveraging these possibilities. We discuss below three SMIs features that can contribute to facilitate UbiMus activities:

SMI self-contained nature. In contrast to other digital music interfaces (DMIs) such as augmented instruments [Miranda and Wanderley 2006, Turchet 2018], SMIs embed several components in a unique standalone device. Such a self-contained nature provides benefits which could not be obtained with the large amount of equipment otherwise needed to create a similar setup (e.g., by combining a soundcard, cables, microphones, loudspeaker, MIDI controllers, laptop). These benefits include easiness of setup, portability, reduction of required space, and freedom of movement which are aspects all deemed important by musicians. SMIs limit the amount of devices to connect and turn on. Musicians can simply turn on the SMI ready to use and easy to carry when traveling.

SMI connectivity. The wireless connectivity options embedded in a SMI enables the transmission and reception of content communicated via local and remote networks. Such a connectivity can be used to support collaborative music making from any locations provided with Internet networks (both with other musicians and audience members). This provides usage of ubiquitous resources such as online audio repositories and services [Font et al. 2016, Stolfi et al. 2018], cloud computing or ubiquitous musical interactions through web-based social networks.

SMI embedded intelligence.: The intelligent systems embedded in SMIs can provide useful proactivity and context-awareness capabilities for ubiquitous musical activities. Compared to augmented instruments, SMIs switch from being reactive to what the musicians play to being proactive, for example by assisting musicians to take musical decisions. To illustrate how UbiMus activities may benefit from proactivity and context-awareness features from SMIs, we describe two speculative scenarios: 1) *an SMI which proposes songs to play to the musician based on the musical tastes of the audience as characterised from Spotify profiles retrieved from smartphones*, 2) *a SMI which is aware of the audience's activity, as characterised from inertial measurement unit data from audiences' smartphones, and makes suggestions of tempo or styles of songs to play to the performer.*

4. Examples of use cases of SMIs in ubiquitous musical activities

This section describes two use cases of SMIs in the context of ubiquitous musical activities, which may be considered as examples of “ecologically grounded creative practice” as described by Keller and Lazzarini in [Keller and Lazzarini 2017].

Smart Instruments as hubs for collaborative music making. SMIs may be equipped with an embedded loudspeaker or a system that mechanically acts on the vibrating components of the instrument which radiate the sound (such as a system of multiple actuators attached on a guitar's soundboard). This feature, coupled with the capabilities of exchanging data with connected Musical Things as well as processing and generat-



Figure 1. A schematic representation (left) and a picture in a real setting (right) of a jam between three musicians involving the Sensus smart guitar and dedicated apps running on an iPad Air 2 and an iPhone 6s.

ing audio signals, enables the ubiquitous use of a SMI as a hub for collaborative music making (such as jam sessions). A connected Musical Thing may transmit to the SMI messages that interactively control a sound generator (e.g., synthesizers or drum machines), the sounds of which are reproduced by the SMI itself when the player is playing it. More than one Musical Thing can be connected to the same SMI so different performers could jam together thanks to a unique SMI.

Such a use case has been implemented with the Sensus Smart Guitar. In [Turchet et al. 2017a], the authors report that an app running on both Android- and iOS-based smartphones and tablets was created to enable jamming with the Sensus guitar (see Figure 1). The app allowed participants to wirelessly stream audio content and/or musical messages (via OSC or MIDI) towards the instrument. Such data were fed into the instrument's sound engine and then reproduced by its sound delivery system, while the performer was playing on the instrument. More than one smart devices running the app were used simultaneously, which allowed multiple players to take part to the jam session. In turn, the smart guitar player by acting on the instrument's sensor interface could change the behaviour of the app running on one or more smart devices from users (by changing presets and/or the interface layout).

Cloud-based smart instruments interaction. Thanks to their wireless connectivity features, SMIs can receive and reproduce audio signals streamed from remote repositories. This may be achieved either via a direct connectivity of the instrument to the Internet, or by leveraging another Internet-enabled smart device as a bridge towards the cloud (e.g., a smartphone). This may allow SMI players: (i) to play over downloaded audio content, while reproduced by the instrument (e.g., for improvisation or rehearsing purposes), or (ii) to select sounds that can be used as tones produced by the instrument through sample-based synthesis. The Internet provides access to very large amount of digital audio content, from instrument samples and sound effects, to human- and nature-related environmental sounds and produced songs ready to use in performance. An emerging online community has forged fostering a culture of sharing of creative artefacts (video, audio, photos, etc.). Creative Commons (CC) appears as a legal framework enabling the reuse and remix of creative artefacts. The Audio Commons Ecosystem (ACE), developed



Figure 2. A schematic representation of the interaction between smart instruments and the cloud. Each smart musical instrument (Sensus Smart Guitar on the left, Smart Cajón on the right) is capable of communicating and exchanging online audio information with cloud platforms such as Spotify, Facebook and Freesound.

as part of the European project Audio Commons² [Font et al. 2016], refers to the network made up of interconnected audio content, users (e.g. creators, consumers) and software systems for audio retrieval and processing. Such ecosystem can be of benefit for SMIs leading towards UbiMus activities involving the repurposing of online audio content. Figure 2 provides a conceptual representation of two use cases discussed below.

An example of this use case is reported in [Turchet et al. 2017a] to find backing tracks with the Sensus Smart Guitar. An application running on iOS-based smartphones was implemented, which streamed towards the Sensus guitar some songs selected from Spotify via Bluetooth. The smart guitar players could jam on top of the tracks of their favorite artists thanks to the instrument capability of reproducing (via the actuators attached to the soundboard) both the downloaded audio and the performed guitar sounds. In addition, thanks to recording features accessible through the switch buttons embedded in the instrument, the players were enabled to record their jam and stream the resulting audio file back to the smartphone. Such file could then be shared on Facebook.

Along the same lines, the Smart Cajón [Turchet et al. 2018a, Turchet et al. 2018b] has been used in interaction with the Freesound³ online audio content repository [Font et al. 2013] to expand the sound palette of the instrument and create backing tracks. Thanks to a Python module leveraging interfaces from the EU Audio Commons project [Font et al. 2016] and a GUI displayed on the touchscreen of the instrument, players can send requests to the Freesound database to download specific sounds. The downloaded

²<https://www.audiocommons.org/>

³<https://freesound.org/>

audio content can then be looped and structured in various layers so that players can jam with it. This approach is complementary to the one reported in [Stolfi et al. 2018] which presents a web-based application (Playsound.space) to compose music with sounds from Freesound using semantic queries and spectrogram selection on a screen-based interface. SMIs offer a gesture-based approach to interact and repurpose online audio content turning musicians into audio *prosumers* (producers and consumers).

5. Discussion and conclusion

This position paper explored some of the relationships between the UbiMus and smart musical instruments fields. To date, ubiquitous musical activities have mostly involved mobile devices such as smartphones or custom-built devices according to do-it-yourself practices typical of the maker community [Keller et al. 2014, Lazzarini et al. 2015, Brown et al. 2018]. The authors' endeavor here is to provide arguments showing how SMIs can support ubiquitous musical activities. In Section 3, we presented three SMIs features (self-contained nature, connectivity and embedded intelligence) that we deem well suited for ubiquitous musical activities. The UbiMus research community has so far mostly targeted creative practices involving non-professional musicians, and focused a great part of its vision on accessibility aspects [Brown et al. 2018]. In a complementary way, SMIs enable UbiMus activities that can target professional performers using smartified versions of traditional instruments. Although SMIs are not ubiquitous yet, they can be used in conjunction with ubiquitous technologies such as smartphones. Contrary to mobile devices such as smartphones, SMIs based on traditional instruments benefit from the improvements made to the instruments over the years through lutherie and which provide musicians with great control intimacy, an aspect often limited in current digital music interfaces [Wessel and Wright 2002].

To date, only a handful of SMIs have been developed in industrial contexts and only little academic research has been conducted in this area. This implies that SMIs-based UbiMus activities have been less widespread compared to other approaches relying on smartphones. Interesting use cases for SMIs can be envisioned in UbiMus contexts such as technology-mediated audience participation [Hödl et al. 2017, Wu et al. 2017]. For instance, SMIs could be used to create performer-audience interactions by letting the audience produce accompaniment according to musical information sent from SMIs to connected smartphones.

Several challenges remain to be solved to enable the seamless integration of SMI technology in UbiMus activities including interoperability, the development of intelligent services using Artificial Intelligence, the miniaturization of embedded systems and latency. It is the authors' hope that this work can stimulate further discussions on this topic and that researchers and practitioners in the two fields can develop new SMIs and apply them to UbiMus activities.

Acknowledgments

Luca Turchet acknowledges support from the EU H2020 Marie Curie Individual fellowship (749561) and Mathieu Barthet acknowledges support from the EU H2020 Audio Commons grant (688382).

References

- Berdahl, E. (2014). How to make embedded acoustic instruments. In *Proceedings of the Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 140–143.
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54:1–31.
- Brown, A. R., Keller, D., and de Lima, M. H. (2018). How ubiquitous technologies support ubiquitous music. *The Oxford Handbook of Community Music*, pages 131–151.
- Burgoyne, J., Fujinaga, I., and Downie, J. (2016). Music information retrieval. *A New Companion to Digital Humanities*, pages 213–228.
- Dannenberg, R. B. and Hu, N. (2003). Pattern discovery techniques for music audio. *Journal of New Music Research*, 32(2):153–163.
- Fiebrink, R. and Caramiaux, B. (2016). The machine learning algorithm as creative musical tool. In Dean, R. and McLean, A., editors, *Oxford Handbook of Algorithmic Music*. Oxford University Press.
- Font, F., Brookes, T., Fazekas, G., Guerber, M., La Burthe, A., Plans, D., Plumbley, M. D., Shaashua, M., Wang, W., and Serra, X. (2016). Audio commons: bringing creative commons audio content to the creative industries. In *Audio Engineering Society Conference: 61st International Conference: Audio for Games*. Audio Engineering Society.
- Font, F., Roma, G., and Serra, X. (2013). Freesound technical demo. In *Proceedings of the ACM international conference on Multimedia*, pages 411–412. ACM.
- Hödl, O., Fitzpatrick, G., and Kayali, F. (2017). Design implications for technology-mediated audience participation in live music. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, pages 28–34.
- Jenseniuss, A. and Lyons, M. (2017). *A NIME Reader: Fifteen Years of New Interfaces for Musical Expression*. Springer.
- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, 22(1):61–72.
- Keller, D., Lazzarini, V., and Pimenta, M. (2014). *Ubiquitous music*. Springer.
- Lazzarini, V., Keller, D., and Pimenta, M. S. (2015). Prototyping of ubiquitous music ecosystems. *Journal of Cases on Information Technology*, 17(4):73–85.
- MacConnell, D., Trail, S., Tzanetakis, G., Driessen, P., Page, W., and Wellington, N. (2013). Reconfigurable autonomous novel guitar effects (RANGE). In *Proceedings of the International Conference on Sound and Music Computing*.
- McPherson, A. (2015). Buttons, handles, and keys: Advances in continuous-control keyboard instruments. *Computer Music Journal*, 39(2):28–46.
- McPherson, A. P., Jack, R. H., and Moro, G. (2016). Action-sound latency: Are our tools fast enough? In *Proceedings of the Conference on New Interfaces for Musical Expression*.

- Miranda, E. and Wanderley, M. (2006). *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*, volume 21. AR Editions, Inc.
- Overholt, D., Berdahl, E., and Hamilton, R. (2011). Advancements in actuated musical instruments. *Organised Sound*, 16(02):154–165.
- Pardue, L., Harte, C., and McPherson, A. (2015). A low-cost real-time tracking system for violin. *Journal of New Music Research*, 44(4):305–323.
- Rotondi, C., Chafe, C., Allocchio, C., and Sarti, A. (2016). An overview on networked music performance technologies. *IEEE Access*, 4:8823–8843.
- Rowland, C., Goodman, E., Charlier, M., Light, A., and Lui, A. (2015). *Designing connected products: UX for the consumer Internet of Things*. O’Reilly Media, Inc.
- Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: Vision and challenges. *IEEE Personal communications*, 8(4):10–17.
- Slaney, M. (2002). Semantic-audio retrieval. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, volume 4, pages 4108–4111.
- Stolfi, A., Ceriani, M., Turchet, L., and Barthes, M. (2018). Playsound.space: Inclusive Free Music Improvisations Using Audio Commons. In *Proceedings of the Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pages 228–233.
- Turchet, L. (2018). Some reflections on the relation between augmented and smart musical instruments. In *Proceedings of Audio Mostly Conference*.
- Turchet, L., Benincaso, M., and Fischione, C. (2017a). Examples of use cases with smart instruments. In *Proceedings of Audio Mostly Conference*, pages 47:1–47:5.
- Turchet, L., Fischione, C., and Barthes, M. (2017b). Towards the Internet of Musical Things. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, pages 13–20.
- Turchet, L., McPherson, A., and Barthes, M. (2018a). Co-design of a Smart Cajón. *Journal of the Audio Engineering Society*, 66(4):220–230.
- Turchet, L., McPherson, A., and Barthes, M. (2018b). Real-time hit classification in a Smart Cajón. *Frontiers in ICT*, 5(16).
- Turchet, L., McPherson, A., and Fischione, C. (2016). Smart Instruments: Towards an Ecosystem of Interoperable Devices Connecting Performers and Audiences. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, pages 498–505.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific american*, 265(3):94–105.
- Wessel, D. and Wright, M. (2002). Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer music journal*, 26(3):11–22.
- Wu, Y., Zhang, L., Bryan-Kinns, N., and Barthes, M. (2017). Open symphony: Creative participation for audiences of live music performances. *IEEE MultiMedia*, 24(1):48–62.

Ensaio sobre a peça *Markarian 335*: Conceitos em Atividades Criativas Ecologicamente Fundamentadas a partir da Perspectiva *Gelassenheit*

Luzilei Aliel¹, Damián Keller², Silvio Ferraz¹

¹ Escola de Comunicações e Arte – (Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil)
Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 443 - Vila Universitária, São Paulo - SP, 05508-020
– São Paulo – SP – Brasil

² Núcleo Amazônico de Pesquisa Musical – Campus Universitário de Rio Branco
Rodovia BR 364, Km 04, B: Distrito Industrial - Rio Branco – AC CEP 69.915-900
luzaliel@usp.br, dkeller@ccrma.stanford.edu, silvioferrazmello@gmail.com

Resumo. Neste ensaio focamos as formas-pensamento que embasam o conceito de *Gelassenheit* [Heidegger, 1966] nas práticas criativas fundamentadas na cognição ecológica. Heidegger interpreta formas-pensamento em dois casos: o pensamento calculista e o pensamento meditativo. No primeiro a tecnologia é usada como um fetiche. No segundo o pensamento humano procura transcender suas limitações através da incorporação de eventos imprevistos. Descrevemos e discutimos projetos artísticos multimodais recentes [Aliel et al, 2017; Aliel, 2017]. Com base nas anotações de Heidegger, sugerimos contribuições para a incorporação dos instrumentos acústicos nas práticas cognitivo-ecológicas [Keller, 2014], utilizando a imprevisibilidade para provocar desafios aos processos de estruturação sonora.

Abstract: In this essay, we generate a parametrization between the thought-forms (calculative/meditative) of the general concept of *Gelassenheit* (Heidegger, 1966) and ecologically grounded creative practice. Heidegger interprets thought-forms, in two cases, the first, where technology is used as a fetish, not as an indispensable resource. And a second, that human thought transcends itself, indicating that it is open to unforeseen events. Through a discussion and presentation of some recent multimodal works of art (Aliel et al, 2017 and Aliel, 2017), we draw idiosyncrasies to Heidegger's annotations and suggest contributions to expand the acoustic-instrumental paradigm (Keller, 2014) subverting it into an acoustic-instrumental paradox, where unpredictability causes challenges in a context guided by the adaptability process.

1. Introdução

A ampliação do acesso às ferramentas tecnológicas tem impactos positivos e negativos no fazer artístico. O desenvolvimento tecnológico traz inúmeras possibilidades de geração, produção e compartilhamento de recursos. Porém, por vezes as possibilidades criativas são limitadas e os seus conteúdos acabam sendo trivializados [Eagleton et al.,

2008]. O processo de design pode determinar quem e como se faz música, em alguns casos eliminando os aspectos complexos da manipulação do material sonoro e até mesmo cerceando as maneiras de pensar as práticas criativas. Deixando de lado o proselitismo de marcas ou de empresas tecnológicas, mesmo no caso do software livre tende-se a trabalhar com ferramentas que condicionam as estratégias criativas, incorporando a assinatura estética da ferramenta no conteúdo sonoro.

A pesquisa em música ubíqua (ubimus) fornece alternativas teóricas e metodológicas às propostas centradas nos conceitos e na adaptação tecnológica dos instrumentos acústicos. Tem destaque as aplicações no campo educacional, abrangendo tanto atividades voltadas para a educação formal [Brown et al., 2014; Lima et al. 2012] quanto o desenvolvimento de estratégias de suporte para atividades musicais nos espaços informais [Ferreira et al., 2014]. Os resultados desses trabalhos apontam caminhos para superar os empecilhos na transferência de conhecimentos quando as atividades envolvem participantes sem treinamento musical. Outro enfoque que vem recebendo atenção renovada na pesquisa ubimus visa o aproveitamento e a implementação de infraestrutura tecnológica fora dos espaços tradicionais para o fazer musical [Pimenta et al., 2012]. Entre as novas aplicações dessa estratégia, podem ser mencionados os trabalhos que utilizam métodos DIY para desenvolver mecanismos de controle e de processamento de áudio que previamente só ficavam acessíveis dentro do âmbito do estúdio. Recentemente, também houve avanços na incorporação da Internet das Coisas nas atividades musicais [Keller e Lazzarini, 2017]. Essa frente de trabalho demanda novas estratégias de interação e abre alternativas para a incorporação dos ambientes domésticos no fazer musical. Por último, um enfoque ubimus que talvez tenha um impacto de peso no fazer artístico envolve a aplicação dos conceitos e dos métodos embasados nas perspectivas da cognição ecológica. Essa perspectiva abrange a implementação de obras envolvendo a participação ativa da audiência [Basanta, 2010; Connors, 2015; Keller, 2000; Keller e Capasso, 2006], a utilização criativa de recursos locais através do suporte tecnológico [Burtner, 2005; Gomes et al., 2014], e o desenvolvimento de estratégias de utilização de fontes sonoras instrumentais [Aliel et al., 2015; Nance, 2007]. No entanto, existe um campo de aplicação - na fronteira entre as práticas improvisatórias e os métodos fundamentados em ecologia - que ainda apresenta desafios conceituais e procedimentais. Esse campo foi recentemente definido como a prática comprovisatória vinculada à cognição ecológica¹ [Aliel, 2017; Aliel et al., 2015]. Iniciamos a exposição discutindo as limitações do paradigma acústico-instrumental, uma perspectiva que apesar de ser amplamente divulgada no campo da interação musical vem mostrando limitações quando o foco é o fomento à criatividade. Sugerimos como alternativa a adoção de métodos embasados no enfoque ecológico, introduzindo os conceitos formulados por Heidegger que têm relevância para as práticas musicais ubíquas. Em particular, focamos o desenvolvimento de estratégias

¹ Comprovisação é um termo ainda em processo de definição que envolve composição e improvisação sonora em modo misto. Entende-se que os métodos têm relações não hierárquicas, embora alguns pesquisadores utilizem técnicas composicionais determinísticas enquanto que outros adotam estratégias improvisatórias. Para informações mais específicas, consulte [Aliel, 2017].

comprovisatórias através da descrição dos procedimentos utilizados na obra *Markarian* 335.

2. Limitações do paradigma acústico-instrumental

Etimologicamente, o termo paradigma tem origem no grego *paradeigma* que significa modelo ou padrão, correspondendo a algo que vai servir como exemplo a ser seguido em diversas situações. As normas orientadoras de um grupo estabelecem limites e determinam como um indivíduo deve agir dentro desses limites. Frequentemente, paradigmas são estabelecidos como dogmas que podem ser transmitidos por motivos políticos ou meramente copiados nas interações humanas para aumentar a coesão social. No caso específico do paradigma acústico-instrumental - cf. discussões críticas em Bown et al. (2009), Keller (2000), Keller et al. (2014) - trata-se de um conceito normativo, provavelmente oriundo do século XIX nos países centrais da Europa e Norte América, que tem impacto nas práticas criativas. Esse processo normativo tem base na invenção do gênio (revisão crítica em Weisberg, 1993) e nos conceitos da prática performática vinculada aos instrumentos acústicos [Wessel e Wright, 2002]. Parte dessa visão envolve crenças. Através da genialidade e de habilidades incomuns, com destaque para o virtuosismo, alguns indivíduos teriam a capacidade de atingir objetivos musicais que estão fora do alcance da maioria. Estabelece-se, portanto, uma agenda centrada nos objetivos da prática instrumental, relegando a um segundo plano as manifestações culturais que não encaixam nesse tipo de prática. Segundo Wishart (2009), o uso da tecnologia tornou-se essencial para a procura de produtos criativos puramente sonoros, fomentando uma visão da música voltada para o fenômeno acusmático. Entretanto, a construção de ferramentas centradas nos modelos instrumentais tende a reduzir o papel do corpo humano e dos recursos materiais locais nas decisões estéticas, induzindo a produção de conteúdos desvinculados do contexto local. A ênfase é dada ao software, ao sistema, ao algoritmo, à máquina ou ao instrumento (cf. o foco nos instrumentos e na auto expressão dos tópicos da conferência *New Instruments for Musical Expression*). O instrumento musical digital torna-se um novo fetiche. Os recursos tecnológicos servem de acessórios para velhas práticas acústico-instrumentais voltadas exclusivamente para as possibilidades sonoras dos instrumentos. Nessa mesma linha de raciocínio, pode-se argumentar que o "software amigável" - voltado para indivíduos sem conhecimentos técnico-musicais (como os DJs, por exemplo) - não contribui para o avanço das práticas criativas. A trivialização das ferramentas impulsiona a uniformização do material sonoro [Truax, 2015], limita as possibilidades criativas dos agentes e tende a produzir resultados musicais alinhados aos padrões comerciais, eliminando as características culturais locais.

Práticas criativas cognitivo-ecológicas

No final do milênio, surge uma metodologia que descreve as ações criativas como subprodutos de ciclos de ação-percepção [Keller, 2000]. Nas práticas criativas ecocomposicionais, a atividade criativa é concebida a partir da interação entre agentes e objetos [Burtner, 2005; Keller e Capasso, 2006]. A criatividade não é atribuída exclusivamente a fatores individuais ou pessoais. Portanto os resultados criativos não são pensados como os produtos de um "gênio" isolado. Na visão ecológica, a prática criativa tem tanto uma dimensão social quanto uma dimensão material [Keller et al.,

2011]. Portanto, a troca de conhecimentos através da interação social é um fator importante na preparação dos processos e dos produtos criativos. Concomitantemente, o contexto no qual acontece a atividade criativa pode fomentar ou limitar os tipos de resultados [Keller et al., 2013; Pinheiro da Silva et al., 2013], dando destaque para a função do suporte material nas decisões criativas. Os enfoques situados-corporizados enfatizam o caráter fluido das manifestações criativas, impulsionando o desenvolvimento de novas estratégias de suporte para a criatividade. Nance (2007: 15) cita a obra *touch'n'go* [Keller, 1999] na qual “pela primeira vez os conceitos ecológicos foram empregados para compor uma obra musical (com suporte computacional). A abordagem é construir modelos composicionais que utilizam o tempo em amostras segmentadas a partir de eventos [...], constituindo um sistema que é reconfigurado quando encontra novas informações”. A prática ecomposicional explora formas de orientar (e de se guiar) pelos resultados de fenômenos *emergentes*, dando ênfase para os aspectos multimodais do fazer musical. “Esses processos podem ser executados na modalidade sonora, porém sempre são afetados, aberta ou veladamente, por informações não sonoras, incluindo as qualidades semânticas, espectro-morfológicas, visuais ou cinestésicas [da prática musical]” [Nance, 2007: 16].

Nas práticas ecomposicionais são explorados os recursos ambientais [Burtner, 2005], incorporando o *lugar* como fator criativo, com destaque para a interação com o ambiente como eixo central do processo composicional. Além do fator *lugar*, concebem-se estratégias de interação social entre os artistas e a audiência. Desta maneira, propõe-se uma organização aberta do material musical para transformar músicos [Nance, 2007] e público [Keller e Capasso, 2006] em participantes ativos do processo criativo. Ao trazer o ambiente e a audiência para o centro das experiências estéticas questiona-se o paradigma acústico-instrumental que adota a divisão de funções alinhada com a atividade profissional e com a tradição do palco italiano [Bown et al., 2009; Keller et al., 2014]. A participação na atividade criativa não demanda conhecimentos específicos do domínio musical. Porém, surge a necessidade da procura de métodos para lidar com os recursos materiais locais e com o fomento à participação ativa do público nas experiências estéticas. Barrett (2000), Opie e Brown (2006) e Harris (2007) propõem técnicas de extração de dados para lidar com a complexidade dos recursos locais em atividades musicais. Burtner (2005) explora o uso de técnicas de síntese em ambientes abertos como fonte de recursos criativos, propondo o conceito de sócio-síntese. Di Scipio (2008) foca nas propriedades acústicas do ambiente como um recurso a ser incorporado nos sistemas síncronos de composição. Nance (2007) propõe o uso de *partituras sonoras* para aumentar a flexibilidade na utilização das fontes sonoras instrumentais. Basanta (2010) aplica estratégias ecológicas com o intuito de aumentar a participação da audiência nas suas instalações artísticas. Todas essas iniciativas contribuem para a consolidação dos métodos atualmente agrupados como práticas criativas fundamentadas na cognição ecológica, denominadas práticas criativas cognitivo-ecológicas ou ecocognitivas [Keller et al., 2014; Keller e Lazzarini, 2017].

No cerne das propostas ecomposicionais temos: (1) a interação social como eixo dos processos criativos [Basanta, 2010; Keller e Capasso, 2006], (2) a utilização dos ambientes cotidianos como âmbito ideal para a prática artística [Keller et al., 2014], e (3) o incentivo à atividade exploratória através do uso de recursos locais [Burtner, 2005] e do suporte tecnológico [Aliel et al., 2015; Keller et al., 2014]. Nance (2007) mostra a

aplicabilidade do enfoque ecocomposicional para viabilizar a participação assíncrona de compositores e intérpretes. Porém, ele não trata da criatividade síncrona e distribuída entre múltiplos participantes. A ampliação das práticas criativas ecocognitivas fomenta a incorporação dos instrumentos acústicos, gerando novos desafios conceituais e técnicos [Connors, 2015]. Em particular, a improvisação instrumental é um âmbito que até recentemente não tinha sido abordado desde a perspectiva ecológica.

Gelassenheit

Na tentativa de explorar alternativas ao paradigma acústico-instrumental, aplicamos o conceito *Gelassenheit*. *Gelassenheit* é um termo cunhado por Heidegger (1966), sua tradução literal ao português seria algo como *serenidade*². Heidegger sugere que *gelassenheit* é um estágio a ser alcançado através de uma abertura a novas formas de pensamento. Nessa esteira, o autor propõe duas formas de pensamento. O pensamento calculista possibilita o desenvolvimento de um "método científico-artístico" para medir, recriar e experimentar. Segundo Heidegger, as novas tecnologias estão centradas no pensamento calculista. No entanto, além dos aspectos estritamente técnicos ou dos resultados estéticos, a prática artística indica que os processos criativos são fundamentais para viabilizar as experiências artísticas. As práticas artísticas tendem a ficar abertas a ações imprevisíveis, adaptando e modificando suas estratégias a partir da auto-reflexão [Donald, 2006]. Quando a experiência é o foco, não há questões hierárquicas de conhecimento, ou técnicas essenciais, uma vez que estas se limitam à necessidade de um resultado "x" não contemplado por essa abordagem. Quando lidamos com esse conceito que vai além da essência do cálculo artístico, tentamos encontrar momentos singulares no processo criativo em que o controle é eliminado ou reduzido, possibilitando condições imprevisíveis. Segundo Boden e Edmonds (2009) no campo da arte gerativa as obras podem ser geradas a partir de um conjunto de regras ou de restrições específicas, porém evitando os processos determinísticos. Para entender este ponto, Boden e Edmonds (2009) fornecem uma ilustração via conceitos de programação. Quando um programa é escrito passo a passo (processo determinístico), o programador instrui o computador a "fazer A", então "fazer B", então sob certas condições "fazer C", caso contrário, "fazer D" e assim por diante. Na abordagem passo-a-passo, o programador direciona explicitamente as ações do computador (e portanto adota uma forma-pensamento calculista). Ou seja, as conseqüências das ações do algoritmo têm relação direta com os efeitos produzidos. Alternativamente, quando os programadores escrevem *algoritmos por restrições*³ (*constraints*), por exemplo, eles

² Adotamos o substantivo equivalente a *entidade* para introduzir a ideia de *gelassenheit* como agente capaz de provocar mudanças nos processos criativos. Mas segundo o texto em alemão, o conceito está vinculado a um "estado de experiência sem preconceitos." O conceito é ambíguo, já que a palavra se refere a diversas maneiras de pensar e agir. A tradução ajuda na compreensão do problema, mas ao mesmo tempo prejudica a honestidade científica já que estamos adaptando um conceito de um campo (filosofia) para outro (prática artística). A tradução literal não reflete a profundidade do conceito e não parece haver sinônimos em outros idiomas.

³ O termo é oriundo da matemática, os algoritmos de ordem restrita (em alguns contextos chamada otimização por restrição) é o processo de otimização de uma "função objetivo" em relação a algumas variáveis na presença de restrições sobre essas variáveis. A função objetivo é uma função de custo ou função de energia, que deve ser minimizada, ou uma função de recompensa ou função de utilidade, que deve ser maximizada. As restrições podem ser restrições rígidas, que estabelecem condições para as variáveis que devem ser satisfeitas, ou restrições brandas, que possuem alguns valores de variáveis que

dizem ao computador que "Z sempre deve ser maior que Y" ou que "X nunca deve ser igual a W". Desta forma, o sistema computacional participa na tomada de decisões. Na abordagem baseada em *restrições* (analogamente à forma-pensamento *Gelassenheit* - exemplo dois), a tradução das regras especificadas para ações computacionais não são predeterminadas. Em vez de produzir um efeito totalmente controlado com base em um procedimento causal, existe um fator de aleatoriedade no conteúdo gerado (*output*)⁴. A questão proposta é como os artistas podem explorar os recursos materiais fomentando estratégias lúdicas para a descoberta de materiais artísticos significativos. A pergunta é complexa porque empurra as práticas criativas para fora da tradição do pensamento acústico-instrumental. Mesmo no caso dos instrumentos implementados em dispositivos portáteis, frequentemente o design tenta reproduzir as características dos instrumentos acústicos (por exemplo, o teclado do piano, as cordas do violão, os componentes da bateria, etc). As relações de associação entre instrumentos acústicos e estruturas simuladas torna a experiência mais familiar.

3. *Gelassenheit* nas Práticas Musicais

De acordo com Koutsomichalis (2011), a aplicação do conceito de *Gelassenheit* no campo musical trata da capacidade de descrever a qualidade particular de uma massa sonora.

Gelassenheit em sua terminologia heideggeriana original representa o espírito particular de "deixar ser", que nos permite experimentar as coisas de um modo não representacional, valorizando a incerteza e o mistério. Aqui, o termo é usado para descrever a qualidade da música para inserir a consciência em sua materialidade. Não existe uma regra prática sobre como alcançar isso em termos práticos, pois depende do conjunto específico de condições; [...] Portanto, a capacidade de decifrar um conglomerado de sons e de ouvir o seu potencial [criativo] é crucial.⁵ [Koutsomichalis, 2011].

Apesar de que Koutsomichalis aborda assuntos complexos, difíceis de definir ou de expor, não concordamos com sua visão técnica do conceito. Segundo ele, *gelassenheit* é um recurso composicional e não uma estratégia conceitual. A redução da complexidade da proposta de Heidegger parece desnecessária. As formas-pensamento *gelassenheiten*, principalmente as voltadas para o pensamento meditativo, fornecem uma interpretação da invenção artística que não está necessariamente vinculada aos procedimentos analíticos. A partir da reflexão sobre o pensamento calculista como gerador de recursos materiais e do pensamento meditativo como estratégia procedimental, surge a

são penalizados na função objetivo se, e com base na extensão em que, as condições nas variáveis não estão satisfeitos.

⁴ Quanto maior a restrição, menos possibilidades de indeterminismo e vice-versa. Por exemplo: "se 1 gera números de 1 a 2" ou "se 1 gera números de 1 a 500", a proporção de indeterminismo está diretamente ligada à construção de linhas de comando (escolha humana). No entanto, mesmo com mais ou menos restrição, o resultado do controle será variável e dependerá das decisões efetuadas pela máquina.

⁵ "Gelassenheit, in its original Heideggerian terminology, stands for the particular spirit of 'letting-be-ness' which permits us to experience things in a non-representational way, blurred in uncertainty and mystery (see Heidegger 1966 for more on *gelassenheit*). Here the term is instead used to describe the particular quality of music to submerge consciousness into its very materiality. There is no rule of thumb on how to achieve this in practical terms, as it heavily depends on each distinct set of conditions; [...] Therefore, the ability to decipher a conglomeration of sounds into its utmost and listen for what they ask for is crucial."

possibilidade de incorporar *gelassenheiten* nas práticas criativas ecologicamente fundamentadas.

A etimologia do termo paradoxo tem por base a palavra latina *paradoxum*, também encontrada em textos em grego como *paradoxon*. A palavra é composta do prefixo *para-*, que quer dizer "contrário a", "alterado" ou "oposto de", conjugada com o sufixo nominal *doxa*, que quer dizer opinião. Nas práticas criativas, os paradoxos envolvem simulacros onde a mudança de paradigma visa um processo de adaptação a novas condições fomentando oportunidades para a acomodação dos comportamentos e dos materiais. Portanto, o objetivo não é aumentar o domínio técnico ou metodológico para a garantir repetição exata do que foi planejado como acontece no virtuosismo instrumental. A cada passo na direção de complexidade gerenciada pelo controle calculista, menor o número de indivíduos capazes de executar ou de se relacionar de forma criativa com esses conteúdos. Quanto mais controle o artista tiver, suas criações terão mais resultados comuns ao seu universo conceitual. Isso significa que quanto mais reconhecível for para o artista as relações acústico-instrumentais, mas este tentará buscar traçar estratégias dentro de paradigma no qual foi treinado.

Por exemplo, se o processo criativo pretende usar sons naturais como é feito nas composições baseadas em *soundscape* [Schafer, 1977; Westerkamp, 2002] que utilizam gravações de recursos naturais que pode ser manipulados em tempo diferido. Nos procedimentos dos compositores de paisagens sonoras, encontramos um processo de gravação e manipulação de condições em tempo diferido (estúdio), ou seja, o conteúdo parte de um pressuposto de transformar um ecossistema complexo em algo "controlável". Obviamente, que as escolhas dos materiais que serão gravados possuem um grau de imprevisibilidade e de tomada de decisões. Entretanto, esse material pode não ser desejável no conteúdo final, sendo removido ou transformado. Aparentemente, tanto Schafer quanto Westerkamp partem do pressuposto de que o processo artístico deve ser controlado e deve estar diretamente vinculado aos conteúdos de escuta que estes consideram criativos [Westerkamp, 2002]. Um exemplo a ser citado seria *Kits Beach Soundwalk* - Westerkamp [1989] onde o processo criativo dos sons naturais está plenamente condizentes as frases ditas durante a peça. O processo nesta construção é claramente calculista, onde o sons naturais foram escolhidos de forma específicas para criar a sensação de "trilha sonora" para o texto, aparentemente não permitindo conteúdo divergentes ou incongruentes com a fonte principal, o texto (a voz).

Como alternativa, propomos adotar a via pensamento meditativo de Heidegger visando gerar paradoxos acústico-instrumentais. A introdução da falta de controle atua como o ímpeto para chegar a resultados inesperados para o artista, quem deve adaptar seu comportamento aos novos contextos. Com a ausência de controle, o artista tem espaço para introduzir uma concepção divergente dos resultados preexistentes.

5. Markarian 335

Nas propostas improvisacionais são utilizados conceitos baseados em diretrizes e contingências [Aliel, 2017]. As ações estocásticas podem ser introduzidas como mecanismos de *Gelassenheit*, permitindo uma proximidade às condições dos ecossistemas biológicos. Ao introduzir algoritmos estocásticos, simulam-se fatores *Gelassenheit*. *Markarian 335* é uma peça para contrabaixo acústico e eletrônico. A peça

é inspirada na descoberta pela NASA de um objeto desconhecido que foi capturado via fotografia se distanciando do buraco negro Markarian 335. Esse objeto ainda não foi catalogado e os estudos ainda não sabem informar o que é. A teoria geral da relatividade introduziram o conceito de que nada, nem mesmo a luz, poderia escapar de um buraco negro. No entanto, o evento ocorrido em Markarian 335 estabeleceu novas condições, ainda que inexplicáveis. Usamos essa premissa como inspiração artística. O contrabaixo acústico tenta "escapar" da massa sonora gerada pela máquina. No entanto, a massa sonora é controlada (em geral) pelo próprio baixo. Nesta luta entre massas sonoras acústicas e eletrônicas, encontramos uma retroalimentação de gestos e sons que permitem uma profunda imersão sonora. Esta peça está no viés da comprovação (composição + improvisação), pois combina material composto que deve ser seguido tanto pelo intérprete quanto pela máquina (algoritmos - *modo restrito*), além de permitir uma expressão improvisada por parte do intérprete.

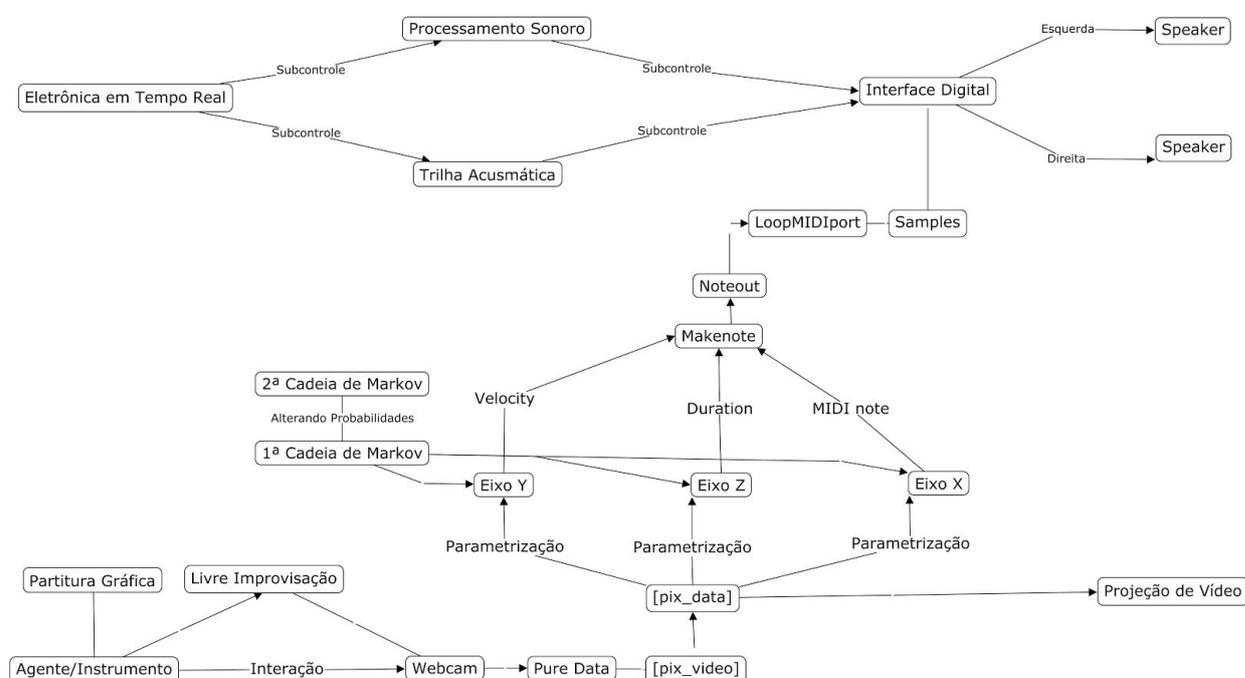


Fig. 1 - Fluxograma do Sistema Complexo de *Markarian 335*

Markarian 335: Forma-Pensamento Calculista

Suporte para processos improvisatórios. O sistema foi desenvolvido em Pure Data (PD) [Puckette, 1996] e utiliza princípios de algoritmos estocásticos com variações a partir das questões de probabilidade de segunda ordem, baseado nos pressupostos da *cadeia de Markov*⁶, referentes a processos de tempo contínuo sem referência explícita (como vistos em *Analogique A e B* do compositor Xenakis, [1992]). O que ocorre em *Markarian 335* é uma captura visual pela webcam em três eixos, sendo "x" (horizontal)

⁶ A cadeia de Markov é um processo estocástico com a propriedade de Markov. O termo "cadeia de Markov" refere-se à sequência de variáveis aleatórias, tais um processo move-se através de, com a propriedade de Markov definindo a dependência de série única entre períodos adjacentes (como em uma "cadeia"). Assim, pode ser usado para sistemas que seguem uma cadeia de eventos ligados, onde o que acontece em seguida depende apenas do estado atual do sistema descrevendo.

"y" (vertical) e "z" (aproximação ou profundidade em relação à webcam). Cada eixo gera uma saída de dados variando de 0,1 a 1. Esses dados são alvos de expressões matemáticas que fornecem uma variação numérica que é codificada pelo protocolo MIDI. Nós usamos principalmente os objetos *[pix_video]* e *[pix_data]* da biblioteca GEM do PD. A construção do algoritmo de *Markarian 335* é consistente com os postulados de Boden e Edmonds [2009], a fim de desenvolver um sistema complexo na forma de sistemas de *restrição*. O sistema desenvolvido contempla um procedimento estocástico que fornece aos eixos (x, y, z) variações aleatórias baseadas em expressões que controlam duração, velocidade e altura. Quando os gestos são capturados via *webcam*, cada dado/eixo (x, y, z) sofre variações de diferentes expressões matemáticas (parametrização), que permitem apenas variações mínimas e máximas dentro do protocolo MIDI. No entanto, não existe uma relação linear entre os três eixos, ou seja, cada um opera independentemente, sem dependência ou interferência de cada dado/eixo. O sistema ainda é duplamente afetado por mudanças na probabilidade de eventos através da cadeia de Markov (explicada nos procedimentos) ao projetar o simulacro *Gelassenheit*.

Procedimentos. A construção formal de *Markarian 335* apresenta pequenas subdivisões de aproximadamente 30 a 60 segundos. São utilizados recursos como partitura gráfica, improvisação livre, trilha acusmática e processamento sonoro em tempo real. Também introduzida nestas camadas há uma *webcam* acoplada ao contrabaixo. Ao longo da performance, há uma projeção de vídeo em tempo real baseada na captura da *webcam*, que proporciona uma camada adicional ao trabalho, promovendo uma maior imersão do público nos aspectos interativos da peça. Esse acoplamento nos permite usar uma *webcam* para capturar a maioria dos gestos do artista. O pensamento estocástico sistêmico (via restrições) parte do princípio da máquina integrando o controle (não intencional) do resultado sonoro do intérprete. Ao envolver a *webcam*, o artista pode produzir novas fontes de som que vão além daquelas encontradas fisicamente no contrabaixo. No entanto, essas novas fontes de geração de som não são um recurso no nível geral de gerenciamento de intérpretes. Embora o intérprete seja a fonte de ativação do novo material, ele não saberá que tipo de material, qual o seu significado ou, em casos extremos, se realmente ocorre. O intérprete está localizado de costas para o público, eliminando, pelo menos para o público, a relação determinista de gesto e resposta sonora. Neste contexto, a maior relação visual por parte do público é a projeção proveniente da *webcam*, que está acoplada na parte superior do contrabaixo. A relação perceptiva da visão é prejudicada por outra perspectiva, mais próxima das cordas do contrabaixo e das mãos do intérprete. Essa captura ainda é uma fonte de manipulação via processamento de vídeo, como *blur/delay*, tornando a perspectiva do público ainda mais complexa. O princípio do uso da *webcam* vem de um pensamento calculista de introdução de material tecnológico, porém, utilizamos uma deficiência tecnológica sistêmica, a ausência de uma perfeita parametrização da captura de dados para examinar o comportamento de ações adaptativas do intérprete. Essa deficiência surge da própria construção da *webcam*. A *webcam* usa uma variedade de fontes de luz para gerar sua captura e traduzir o sinal em código binário. Este processo de captar fontes de luz é inconsistente e facilmente confere à máquina resultados que não são precisos em resposta a gestos. Em um pensamento calculista, o ideal seria começar com uma busca da parametrização mais exata possível para que o intérprete tivesse total controle

visual/gestual dos resultados, transformando a ferramenta em um extensor do contrabaixo. Embora isso ocorra em vários momentos da performance, utilizamos uma conceituação meditativa aplicada nesse pensamento tecnológico. Aceitamos a imperfeição da captura da *webcam* como uma atenuação para o simulacro *Gelassenheit*. Ou seja, a irregularidade de cálculo da máquina aqui é apresentada como uma forma de gerador de material imprevisível, provocando um estado estocástico ao sistema. Existem duas maneiras de limitar os resultados. 1) O controlador da eletrônica pode escolher quais timbres usar, mas não saberá quais registros de altura ou amplitude deles. 2) O controle de amplitude geral (volume), para que não haja disparidade relevante entre as amostras de som e o instrumento acústico. Consideramos essas condições como sub-controle, pois mesmo que existam essas opções de controle, sua execução só acontece após a ação (o acionamento de som), que é imprevisível, portanto, o controle da eletrônica também se limita à adaptação dos resultados, e não como algo previsto.

Utilizamos procedimentos estocásticos para criar variações no comportamento do sistema. Cadeias de Markov são geradas para fornecer mudanças na probabilidade de "saída" (*output*). Como há três eixos, dividimos a possibilidade de que cada eixo produza uma fonte sonora singular. A peça começa com uma probabilidade de 33% para cada eixo a ser executado. Uma segunda cadeia de Markov é então introduzida, o que "ataca" o nível de probabilidade de 33% dos eixos, produzindo outros resultados estocásticos. Por exemplo, a segunda cadeia de Markov permite uma variação do eixo "x" variando de 0,1% a 33%. Algo semelhante ocorre com os outros eixos. Em suma, os gestos do intérprete geram dados que passam por uma expressão para acessar o protocolo MIDI. Para determinar qual será o eixo do gerador de som, implementamos o mecanismo de probabilidade (Markov), que também é afetado por outro sistema probabilístico (Markov) capaz de alterar os resultados para que não haja conteúdo estável.

Markarian 335: Forma-Pensamento Meditativo Aplicado

Resultados. Os testes envolveram músicos acostumados a práticas de improvisação e familiarizados com o repertório musical contemporâneo. Algumas estratégias foram percebidas/desenvolvidas para maior controle da produção. Tais estratégias sugerem a necessidade de controle pelos intérpretes. Os músicos começaram a traçar "instintivamente" o cronograma temporal de mudanças nas probabilidades da cadeia de Markov. Isso significa que os músicos aprenderam a variação do período de tempo de quando o sistema gera uma nova probabilidade e esperavam que esse momento liderasse novas tentativas de descoberta/adaptação aos sons que surgiriam. Tendo em vista esses resultados, implementamos outro algoritmo para fornecer variações temporais das cadeias de Markov, impedindo que esse período seja previsto pelos intérpretes. Contudo, os resultados sonoros derivados da primeira estratégia mostraram maior potencial, desta forma decidimos manter o sistema de uma forma previamente prevista. Outra estratégia desenvolvida pelos músicos foi a percepção de que gestos em amplitudes menores nos eixos x, y, z produziram maior controle dos resultados. Ao invés de usar gestos manuais para causar modificações sonoras, os músicos passaram a movimentar todo o corpo do instrumento. Como a *webcam* foi acoplada ao instrumento, os movimentos do contrabaixo tornaram-se mais detalhados, gerando gestos mais precisos. Podemos interpretar essas estratégias como recursos humanos adaptados ao

ecossistema. Acreditamos que estes só foram encontrados porque os músicos estavam abertos ao inesperado (*Gelassenheit*), tornando possível encontrar "falhas" no sistema de imprevisibilidade, permitindo que alguns materiais sejam previsíveis e controláveis. Neste caso, não se trata de desenvolver técnicas estendidas para o instrumento, afinal o gesto corporal não é necessariamente compatível com o resultado sonoro. Sem os recursos estocásticos, o intérprete poderia simplesmente escolher "n" gestos relevantes e executá-los quando achassem necessário. Nossa proposta, parte de não haver esse tipo de decisão por parte do intérprete. Isso está aberto aos gestos e respostas estocásticas da máquina. Desta forma, tentamos criar um simulacro tecnológico de eventos *Gelassenheit*.



Fig.2 - Performance de *Markarian 335*

7. Considerações finais

Neste trabalho delineamos o conceito de *Gelassenheit* dentro do contexto das práticas cognitivo-ecológicas em música ubíqua. Com o intuito de tornar tangível a discussão teórica apresentamos um exemplo de projeto musical que aplica esse conceito como eixo dos procedimentos criativos, *Markarian 335*. Argumentamos que a presente proposta ajuda a aproximar os métodos voltados para a criatividade computacional [Boden, 1992; McCormack e d'Inverno, 2012] do campo das práticas musicais ubíquas. Discutimos a fundamentação filosófica da proposta, partindo da formulação inicial de Heidegger (1966) da oposição entre pensamento calculista e pensamento meditativo. Essa perspectiva serve de base para modelos socioecológicos aplicáveis no fazer artístico. Em particular, abordamos a função da proposta na interface entre as práticas cognitivo-ecológicas e a improvisação.

Um fator a ser explorado é a abertura do intérprete para suas ações no instrumento (gestos/técnicas) que produzem resultados controlados e as "reverberações" de outras sonoridades (produzidas pela máquina, por exemplo). Resumidamente, encontramos

três características iniciais neste acoplamento: 1) via captura de gestos baseada em parâmetros acústico-instrumentais; 2) através do uso de resultados sonoros (capturados e transformados) como material de improvisação; 3) acoplamento da *webcam* ao instrumento como um controlador de som gestual que ignora o típico processo de transdução acústico-instrumental, fornecendo um paradoxo para o paradigma exposto. Uma estratégia para transcender o paradigma acústico-instrumental foi o uso da projeção de vídeo em tempo real baseada na captura através de uma *webcam* acoplada ao instrumento. Esta condição forneceu uma nova fonte de inspiração para a improvisação. Embora as respostas sejam sonoras, os estímulos discutidos aqui surgem do conteúdo de imagem da captação visual (cf. discussão sobre os aspectos multimodais das propostas eco em [Nance 2007; Keller et al. 2014]). Ou seja, as tentativas do intérprete para criar conteúdo visual relevante permitem que a modalidade visual determine os resultados sonoros. Pesquisas futuras podem questionar a tomada de decisão sob condições multimodais: o agente deveria escolher uma modalidade de informação perceptual (visão/audição) em detrimento de outra ou ambas as fontes são relevantes?

Durante a história da música ocidental, usamos o controle para estabilizar sistemas musicais para que eles permitam que a música seja reproduzida e reconfigurada nos moldes calculistas. Sistemas de melhoria na construção de instrumentos, ou a determinação de um tipo fixo de temperamento. Considerações de tempo/espço em uma condição regida exclusivamente por notações simbólicas, chegando finalmente à abstração completa do som, ou atingindo o extremismo do controle absoluto como percebido no serialismo integral, por exemplo. Não podemos descartar que, através dessas melhorias, encontramos formas consistentes de criação sonora, permitindo grandes obras. A crítica nesta perspectiva seria: quanto não poderíamos ter criado se todas as abordagens/métodos técnicos estivessem associados aos pensamentos meditativos de várias culturas, por exemplo, abertos ao inesperado, ao mistério, ao *Gelassenheit*?

Referências

- Aliel, L. (2017). Ensaio sobre improvisações em ecologia sonora: Perspectivas práticas e teóricas. Dissertação de mestrado em música.
- Aliel, L., Keller, D., Costa, R., Melo, M. T. S., Pinheiro da Silva, F., Santos, L. A.; (2015a). Eco-cognitive Improvisational practice: Two case studies. In: VI Ubimus, 2015, Vaxjo. Ubiquitous Musical Ecology.,
- Aliel, L., Keller, D., Costa, R. (2015b). Improvisação Abordagens Desde a Heurística Estética em Eco-composição In: SBCM - XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical, 2015, Campinas/SP. SBCM - XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical.,
- Basanta, A. (2010). Syntax as sign: The use of ecological models within a semiotic approach to electroacoustic composition. *Organised Sound* 15 (2), 125-132. (Doi:10.1017/S1355771810000117.).
- Barrett, N. (2000). A compositional methodology based on data extracted from natural phenomena. In: Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2000) (pp. 20-23). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Bown, O., Eldridge, A., McCormack, J. (2009). Understanding interaction in contemporary digital music: From instruments to behavioural objects. *Organised Sound* 14, 188-196. (Doi: 10.1017/S1355771809000296.).

- Boden, M. A.: (1990). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*, Weidenfeld and Nicolson, London (Basic Books. New York, 1992).
- Boden, M. A.; Edmonds. E. A. (2009). What is generative art? *Digital Creativity*, 20(1-2):21–46.
- Brown, A. R., Stewart, D., Hansen, A. & Stewart, A. (2014). Making meaningful musical experiences accessible using the iPad. In D. Keller, V. Lazzarini & M. S. Pimenta (eds.), *Ubiquitous Music*. Heidelberg and Berlin: Springer International Publishing, (2014), pp. 65-81. (ISBN: 978-3-319-11151-3.).
- Burtner, M. (2005). Ecoacoustic and shamanic technologies for multimedia composition and performance. *Organised Sound* 10, 3-19. (Doi: 10.1017/S1355771805000622). Connors, T. M. (2015). Audiovisual installation as ecological performativity. In: *Proceedings of the 21st International Symposium on Electronic Art (ISEA2015)*. Vancouver, Canada: ISEA.
- Di Scipio, A. (2008). Émergence du Son, Son d'émergence: Essai D'épistémologie Expérimentale par un Compositeur. *Intellectica* 48-49, 221-249.
- Donald, M. (2006). *Art and Cognitive Evolution*. In M. Turner (ed.) *The Artful Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Eagleton B, Ford N, Holdridge P, Carter J, Upton C. (2008) Cognitive style sand computer-based creativity support systems: two linked studies of electro-acoustic music composers. In:Kronland-Martinet R, Ystad. S, Jensen. K, (eds) *Computermusic modeling and retrieval: sense of sounds*.Springer, Berlin/Heidelberg, pp 74-97. ISBN 978-3-540-85034
- Ferreira da Silva, E., Keller, D., Farias, F. M., Pinheiro da Silva, F., Lazzarini, V., Pimenta, M. S., Lima, M. H., Costalonga, L. L. & Johann, M. (2014). Time tagging in domestic and commercial environments: A comparative study (Marcação temporal em ambientes domésticos e comerciais: Estudo comparativo). In D. Keller & M. A. Scarpellini (eds.), *Proceedings of the III International Music Symposium in the Amazon (SIMA 2014)*, Vol. 2. Manaus, AM: Editora da UFAM,
- Gomes, J., Pinho, N., Lopez, F., Costa, G., Dias, R., Tudela, D. & Barbosa, Á. (2014). Capture and transformation of urban soundscape data for artistic creation. *Journal of Science and Technology of the Arts* 6 (1), 97-109.
- Harris, Y. (2009). Taking soundings: A composers' investigations into technologies of navigation. In: *Conference Proceedings of MutaMorphoses: Challenging Arts and Sciences*.
- Heidegger, M; (1966). *Gelassenheit*: HarperCollins.
- Lima, M. H., Keller, D., Pimenta, M. S., Lazzarini, V. & Miletto, E. M. (2012). Creativity-centred design for ubiquitous musical activities: Two case studies. *Journal of Music, Technology and Education* 5 (2), 195-222, (Doi: 10.1386/jmte.5.2.195_1.)
- Keller, D. (1999). *touch'n'go: Ecological Models in Composition* . Master of Fine Arts Unpublished master's thesis, Burnaby, BC: Simon Fraser University. <http://www.sfu.ca/sonic-studio/srs/EcoModelsComposition/Title.html> .
- Keller, D. (2000). Compositional processes from an ecological perspective.*Leonardo Music Journal* 10, 55-60. (Doi: 10.1162/096112100570459.).
- Keller, D. (2000). Compositional processes from an ecological perspective. *Leonardo Music Journal* 10, 55-60, (Doi: 10.1162/096112100570459.)
- Keller, D. (2014). Characterizing resources in ubimus research: Volatility and rivalry. In *Proceedings of the V Workshop in Ubiquitous Music (V UbiMus)*. Vitória, ES: Ubiquitous Music Group,
- Keller, D.; Capasso, A. (2006). New concepts and techniques in eco-composition. *Organised Sound* 11 (1), 55-62. (Doi: 10.1017/S1355771806000082.)
- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017a). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, 22(1):61–72.

- Keller, D., Flores, L. V., Pimenta, M. S., Capasso, A. & Tinajero, P. (2011). Convergent trends toward ubiquitous music. *Journal of New Music Research* 40 (3), 265-276, (Doi: 10.1080/09298215.2011.594514.)
- Keller, D., Lazzarini, V., Pimenta, M. S., (2014). (ed.). *Ubiquitous Music*, Vol. XXVIII. Berlin and Heidelberg: Springer International Publishing. (ISBN: 978-3-319-11152-0.).
- Keller, D., Pinheiro da Silva, F., Ferreira da Silva, E., Lazzarini, V. & Pimenta, M. S. (2013). Opportunistic design of ubiquitous music systems: The impact of anchoring on creativity (Design oportunista de sistemas musicais ubíquos: O impacto do fator de ancoragem no suporte à criatividade). In E. Ferneda, G. Cabral & D. Keller (eds.), *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Computer Music (SBCM 2013)*. Brasília, DF: SBC,
- Keller, D., Timoney, J., Costalonga, L., Capasso, A., Tinajero, P., Lazzarini, V., Pimenta, M. S., de Lima, M. H., & Johann, M. (2014). Ecologically grounded multimodal design: The Palafito 1.0 study. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2014)*. Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Koutsomichalis, M., (2011). *Site Specific Live Electronic Music: A Sound Artist's Perspective*, *Proceedings of the Electroacoustic Music Studies Conference, Sforzando!*, New York. Visto em: 22 de Abril de 2016, <http://www.emsnetwork.org/IMG/pdf_EMS11_Koutsomichalis.pdf>.
- McCormack J. & d'Inverno M. (2012.) *Computers and Creativity*. Springer, Berlin,
- Nance, R. W. (2007). *Compositional explorations of plastic sound*. Doctoral Thesis in Music Unpublished doctoral dissertation, De Montfort University, UK.
- Opie, T.; Brown, A. (2006). An introduction to eco-structuralism. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC 2006)* (pp. 9-12). Ann Arbor, MI: MPublishing, University of Michigan Library.
- Pimenta, M. S., Miletto, E. M., Keller, D. & Flores, L. V. (2012). Technological support for online communities focusing on music creation: Adopting collaboration, flexibility and multiculturalism from Brazilian creativity styles. In N. A. Azab (ed.), *Cases on Web 2.0 in Developing Countries: Studies on Implementation, Application and Use*. Vancouver, BC: IGI Global Press, (ISBN: 1466625155.)
- Pinheiro da Silva, F.; Keller, D.; Silva, E. F.; Pimenta, M. S.; Lazzarini, V. (2013). *Criatividade Musical Cotidiana: Estudo Exploratório de Atividades Musicais Ubíquas*. *Música Hodie* v. 13, p. 64-79.
- Puckette, M. (1996). *Pure Data*. *Proceedings, International Computer Music Conference* . (pp. 269-272.) San Francisco: International Computer Music Association.
- Schafer R. M. (1977) *The Tuning of the World* - (ISBN 0-394-40966-3).
- Tanaka, A. (2009). Sensor-based musical instruments and interactive music. In R. T. Dean (ed.), *The Oxford Handbook of Computer Music* (pp. 233-257). New York, NY: Oxford University Press.
- Truax B. (1978). *Handbook for Acoustic Ecology* - (ISBN 0-88985-011-9)
- Weisberg, R. W. (1993). *Creativity: Beyond the Myth of Genius*. New York, NY: W. H. Freeman. (ISBN: 9780716723677.)
- Truax, B. (2015). Paradigm Shifts and Electroacoustic Music: Some Personal Reflections. *Organised Sound* 20(1): 105–110
- Westerkamp, H. (1996). *Kits Beach Soundwalk [for spoken voice and two-channel tape]*. Montreal: DIFFUSION i MeDIA / empreintes DIGITALEs Compact Disc Transformations.
- Westerkamp, H. (2002). Linking Soundscape Composition and Acoustic Ecology. In: *Organised Sound* 7, 51 - 56.
- Wessel, D.; Wright, M. (2002). Problems and prospects for intimate musical control of computers. *Computer Music Journal* 26 (3), 11-22. (Doi: 10.1162/014892602320582945.)
- Wishart, T. 2009. Computer Music: Some Reflections. In R. T. Dean (ed.) *The Oxford Handbook of Computer Music*, 151–160. New York: Oxford University Press.

Xenakis, I. Musiques Formelles, special issue of La Revue Musicale, 23-24, 1963 (English translation, Formalized Music, Pendragon, Stuyvesant-NY, 1992).

Xenakis, I; Kanach, S. Formalized Music: Mathematics and Thought in Composition, Pendragon Press. ISBN 1576470792. (1992)

The Handy Metaphor: Bimanual, touchless interaction for the Internet of Musical Things

Damián Keller¹, Cláudio Gomes², Luzilei Aliel³

¹ Núcleo Amazônico de Pesquisa Musical (IFAC/UFAC)

²Federal University of Amapá (UNIFAP)

³University of São Paulo (USP)

dkeller@ccrma.stanford.edu, claudiorogério@unifap.br, luzilei@usp.br

Abstract. *We describe the development of a new ubiquitous music metaphor for creative action involving the use of hand gestures, Handy. This metaphor is deployed through two proof-of-concept, low-cost prototypes based either on motion sensors connected to an embedded microcontroller or on a portable computer equipped with a webcam. The prototypes were field-tested in preliminary studies with musicians. The participants were asked to use both hands to drive audio control parameters. Data was gathered through onsite observations and semi-structured interviews in informal sessions with artists and musicians. Both prototypes employ hands and torso movements to drive synchronous audio synthesis and processing algorithms: one replicates the parametric approach of the electronic instrument Theremin and the other targets an exploratory usage of the relationships between body movements and sonic outcomes. The results point to a good potential for deployment in public areas.*

1. Introduction

This paper explores the conceptual and methodological issues that arise from the deployment of ubiquitous musical (ubimus) activities in everyday contexts [Keller et al. 2014, Keller and Lima 2016], highlighting the potentials and the limitations of the adoption of network-based sound-producing devices. Recent contributions to the ubimus literature tentatively proposed the Internet of Musical Things (IoMusT) as a term that includes the artistic usage of everyday hardware, supported by computational automation [Keller and Lazzarini 2017a, Turchet et al. 2017].

Ubimus initiatives that target the potential creative usage of convergent technologies may demand hardware repurposing and opportunistic design strategies. Sometimes these strategies may impact negatively either the sustainability of the musical endeavor or the aesthetics of the creative outcomes. Early artistic ubimus projects can be characterized as partial embodiments of the Internet of Musical Things. But massive usage of network-based material resources for creative purposes could eventually place high demands on the interaction mechanisms and on the environmental factors related to the creative activity. While mainstream musical interaction paradigms frequently employ nineteenth-century musical constructs as design units - such as the instrument, the instrumental ensemble, the orchestra, the score or the note - ubimus proposals strive to provide a flexible conceptual-methodological grounding, targeting recent technological advances [Keller et al. 2014, Pimenta et al. 2014] and up-to-date artistic practices [Aliel

et al. 2015, Keller and Lazzarini 2017b]. An issue that has emerged in ubimus experiments is how to provide support for complex decision-making processes that impact the creative outcomes, without restricting access to casual participants. We see bimanual, touchless interaction as a viable approach to address this gap.

Despite the fact that the IoMusT boasts unique characteristics that set it apart from previous technological tools for music making - such as the electronic-instrument ensembles, the mobile devices used as synthesis and control infrastructures, the micro-controller as a platform for music making and the use of the internet as a resource for creative musical activities [Bischoff et al. 1978] - it also shares some features with pre-existing technologies that may furnish a window to the implications and the requirements of full-blown deployments involving massive resources. Rather than attempting to picture a widely distributed IoMusT, in this paper we focus on the more humble objective of understanding the interaction processes involved in small-scale, modular deployments of this infrastructure.

2. The Handy Metaphor

Handy is a bimanual, touchless interaction metaphor for creative action. It is projected for activities where face-to-face, conversational contexts provide key hints for aesthetic decision making. It is also designed for settings that do not support access to large hardware, making most acoustic musical instruments unfit for the task. In this section we address four aspects of interaction design for the IoMusT - social acceptability; touchless, bimanual interaction; (lack of) visual feedback; implicit knowledge transfer - that are relevant to this proposal. Our approach to design supports tailoring for audio processing and synthesis control, but leaves room for other types of applications that demand synchronous user feedback while dealing with complex operations for parametric control (notably, timbre interaction).

Social acceptability. Participation in activities in public places are limited by what the stakeholders consider to be appropriate behaviors. Sometimes this issue may hinder creative performance. This factor is critical when considering designs for IoMusT applications in transitory, work and leisure settings. Transitory settings foster causal engagements, reducing the time available for familiarization with the functionality of the support metaphor. Work settings impose constraints linked to productivity and efficiency. Leisure contexts - particularly the ones related to cultural activities - are probably better suited for long, exploratory engagements.

Touchless, bimanual interaction. Interaction beyond the WIMP paradigm may demand sensors that are not featured in widely available consumer models. The choice of hardware determines the approach to data acquisition, either through video-processing (the Handy See prototypes) or through ultrasound-based position sensing (the Handy Hear prototypes). Each technique has advantages and limitations. Synchronous video-based detection algorithms demand computer resources that may not be available in embedded systems. Handy S v. 0.1 is implemented in the visual programming environment Pure Data [Puckette 1997] and employs the PD object *pix data* to access the device's camera. To achieve synchronous performance, the Handy H v. 0.1 is implemented in the C language.

(Lack of) visual feedback. Some IoMusT devices lack sufficient screen real estate

to support reliable visual feedback. Other devices do not have enough computational resources to handle synchronous sound and graphic user interfaces. Development for the IoMusT can take advantage of the sonic capabilities featured by most portable and embedded platforms. The handy metaphor relies on gestural information correlated to the sonic manipulation to support knowledge transfer. A limitation of the sonic-oriented approach to interaction is the increased difficulty to handle settings and calibration. This issue can be bypassed through a division of usage in two stages. The first stage involves the calibration of the prototype by an expert user. For example, the calibration tool may use text-based console commands. The second stage targets the deployment of the touchless, bimanual control.

Implicit knowledge transfer. Handy provides a complement to explicit knowledge transfer support. Participants can adopt mimetic strategies to gain understanding of complex sonic outcomes. Nevertheless, when dealing with multiple timbre parameters this approach may demand complementary semantic techniques, such as those proposed by [Cartwright and Pardo 2013]. These complementary methods point to a multi-tier approach to timbre interaction. The development of multi-tier metaphors may demand empirical studies to determine the limits of implicit knowledge transfer.

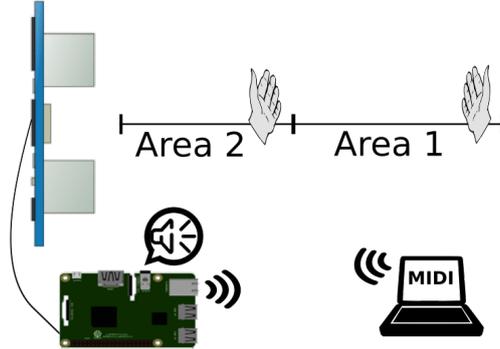
2.1. The Handy H Prototype

This section describes the features and usage of the Handy Hear v. 0.1 prototype. Its implementation is based on a model proposed by [Berndt et al. (2016)] with adaptations to fit the requirements of embedded-systems design. Some IoMusT design features differ from the Berndt et al. proposal: 1. lack of visual feedback and 2. optional support for autonomous sonic renditions. Deployments of the IoMusT may target locations that do not provide access to visual displays or they may be based on computational resources that are not sufficient for synchronous visual renditions. Hence, the implemented prototypes should not rely exclusively on visual feedback for their basic functionality. Another limitation to be considered when dealing with ubimus contexts is the absence of local clients for sonic rendering. It is reasonable to assume that local area networks will be available for most ubimus activities. Nevertheless, as exemplified by [Silva et al. 2016], some ubimus settings demand high portability and may reduce the chances of permanent connectivity. As suggested by [Berdahl et al. 2013], these usage scenarios require support for autonomous modes of sonic rendition that cannot rely on network-based connectivity.

Materials and tools. The Raspberry Pi 3 is a credit card-sized microcontroller widely used in embedded-systems designs. It has the features of a portable computer with less processing power, including a quad-core ARM 1.2 GHz 64-bit processor, with 1GB of RAM, a bluetooth 4.1, 802.11n wireless network card, a VideoCore IV 3D graphics card and a BCM 2835 audio card operating at a resolution of up to 32 bits and 100 MHz sampling rate.

Another component of the Handy H prototype is a low-cost HC-SR04 ultrasonic sensor [Freaks 2018] which measures the distance of objects to the sensor. The sensor generates a wave of 40Hz which is reflected to the module when it finds an obstacle. On average, the HC-SR04's temporal resolution is 0.2 milliseconds. The positions of objects at distances between 2 cm and 4 meters are determined with an accuracy of up to 3 millimeters.

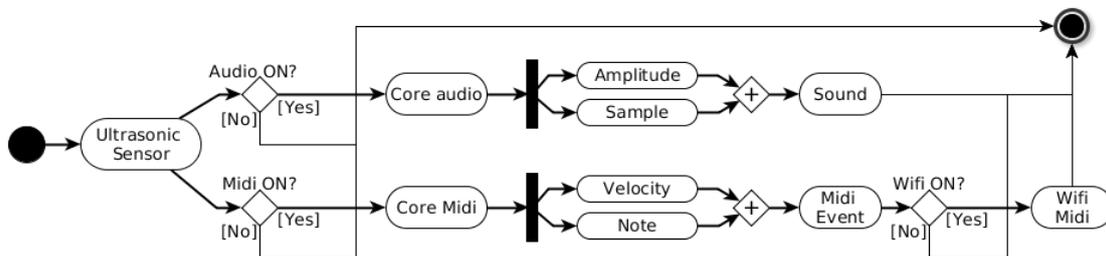
Figure 1. A schematic representation of the Handy H prototype



The Handy H system was implemented using the C language [JTC and SC 2011]. Since the Raspberry Pi 3 has more than one core processor, the code takes advantage of the Pthread library [Open Group 2018b] to enable Core Audio and Core MIDI functionalities to be executed in parallel. To deal with sound synthesis on the Raspberry Pi 3, Core Audio was implemented as an extension of the Open Audio Library [Creative 2018]. The FCNTL library [Open Group 2018a] was used to emulate, read and write MIDI events. We also employed the PIGPIO Library [Pigpio 2018] to access the ultrasonic sensor data.

Settings. The Handy H v. 0.1 prototype features two detection areas, one for MIDI pitches (driving frequency) and one for MIDI velocities (used for amplitude) (figure 1). Similarly to the parameters adopted by the electronic instrument Theremin, the user's hands positions drive frequency and amplitude of a client synthesis process. There are two modes of usage: autonomous and control (indicated as Core Audio and Core MIDI in the schematics of figure 2). The autonomous mode provides support for sound synthesis. The control mode relies on the standard MIDI protocol to drive synthesis parameters of an external hardware or software synthesizer.

Figure 2. Handy H Flow chart



All parameters are configurable by the user. During calibration, the user can define a range of values (which are translated to frequencies or MIDI pitches depending on the modality chosen) within *area 1*, and another range of values (mapped to amplitude or MIDI velocity) for *area 2*. The Core Audio module gives access to two parameters (pitch and amplitude) of an additive synthesis algorithm. The Core MIDI module generates MIDI messages also featuring two control variables, packaged as MIDI note and velocity values (figure 1).

Usage. An event within *area 1* triggers a sample frequency with a default duration

and sends the envelope sample for synthesis using the Audio Core module. A new event in the same area stops the previous event and triggers a new sound. The MIDI core module generates a MIDI event with two elements *note on* and *velocity*. A new occurrence in *area 1* stops the previous event with a *note off*, *velocity* message and creates a new event. When an event is detected in *area 2*, the Audio Core generates a new amplitude value and MIDI Core send a new MIDI velocity event.

2.1.1. Preliminary Results

Preliminary results were obtained with the help of 10 volunteer-musicians. The first 2 minutes of the sessions targeted the assessment of the prototype's functionalities. Initial settings were: *area 1 and 2* (amplitude and frequency, respectively); activation of MIDI or Audio; MIDI settings via wi-fi; audio base frequency and number of samples. Exploratory activities lasted 1 to 5 minutes. We gathered information on the volunteers' experience, on their actions and on the relationship between the sounds obtained and their expectations.

All participants considered the Handy H v. 0.1 prototype easy to understand and manipulate. In relation to the system's latency, 85% considered the performance excellent. But only 65% considered that Handy H delivered a good sonic outcome.

2.2. The Handy S Prototype

We also implemented a prototype based on the Pure Data visual programming language [Puckette 1997], running on the Windows operating system. The Handy See v. 0.1 prototype targets stationary devices with a built-in camera to acquire information on the positions of both hands. We used a 1.8 Ghz PC, with 8 Ghz RAM and a Logitech 1080 webcam. We describe the functionalities of the Handy S v. 0.1 prototype and the preliminary results of informal sessions with musicians.

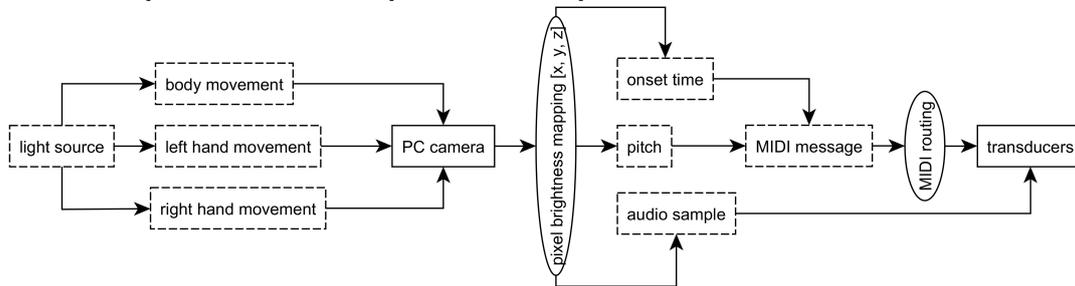
2.2.1. Design and implementation

We use a Logitech 1080 webcam to obtain data of the positions of both hands. The control information is based on the ambient light (brightness), indicating the amount of light and shadows in front of the camera. We implemented an algorithm in Pure Data (PD) to capture and transform these signals into data. The *pix_data* object is used to capture webcam data on three axes (x, y, z). The *pix_video* object furnishes horizontal, vertical positions and distance to target values. Each parameter demands calibration for every performance and location. The distance parameter features the highest sensitivity. However, the range may vary due to changes in light. The captured data is sent to a PD object to generate MIDI messages. The MIDI stream is routed to loopMIDIport which translates the data to the standard MIDI protocol.

2.2.2. Preliminary results

The Handy See v. 0.1 prototype has been used within the context of two artworks, Markarian 335 and Kandinsky's Improvisation. In Markarian 335 - a piece for double bass and electronics - the webcam is located on the double bass support. In Kandinsky's Improvisation - a performance for painter and electronics - the webcam is placed on the painter's arm. The painter movements drive the processing techniques applied on images and

Figure 3. Schematics of the Handy S v. 0.1 prototype. Dotted lined rectangles indicate parameters and ellipses stand for processes.



sounds. It should be noted that to enhance the aesthetic integration of the visuals with the music both works include a visual projection of the webcam stream.

Markarian 335’s formal construction features small subdivisions of approximately 30 to 60 seconds. Not all of these sections are based on the use the Handy S prototype. Other electroacoustic artifacts and techniques are also employed. Throughout the performance, the real-time projection of the webcam capture furnishes visual materials for the work, fostering a greater immersion of the audience in the interactive aspects of the piece.

We employ the Handy S v. 0.1 prototype in six sections of the work. These modules explore the possibilities of the creativity support metaphor in various ways: 1. via gesture-capture based on acoustic-instrumental parameters; 2. through the use of the sonic results (captured and transformed) as materials for improvisation; 3. by coupling the webcam to the instrument as a gestural sonic controller that bypasses the typical acoustic-instrumental transduction process. The first modality targets the performer’s gestures as stochastic elements, producing events that are not fully controlled. The resulting materials may or may not be used at the participant’s discretion. The second modality targets an increase of the creative relevance of the sonic resources. The participant, while triggering the audio processes, ends up accommodating her actions to events produced by the interactions with the Handy S prototype. The third modality departs from the traditional acoustic-instrumental paradigm, targeting the gestural exploration of the body of the double bass through an attached webcam. Instead of using the sound of the instrument, this technique fosters the exploration of processed sounds. The amount of randomness can be reduced for controlled and gesture-oriented manipulations. However, there is always a certain level of randomness due to the lack of definition of the visual data that the system “chooses” to capture. This limitation is not necessarily negative because it yields unintentional material, increasing the range of sonic outcomes (see [Aliel 2017]).

Support for touchless, bimanual interaction for complex parametric control. Even with careful calibration, users have to deal with some level of randomness. Since the data capture is based on the amount of light in each part of the body, if the agent moves her hands and head at the same time there is no way to know exactly how the change was produced. Therefore, the acquisition process “chooses” which parameters will be captured and the PD object generates data based on these parameters. Rapid movements in or out of the webcam range undermine predictability. One path to improve parameter control is to fix the light source. For example, given a dark environment and a single source of illumination, it is possible to estimate more accurately the variations of light

Table 1. Technical features of both prototypes

Feature	Handy See	Handy Hear
<i>Hardware plataform and OS</i>	PC/Windows	Raspberry Pi 3/Linux
<i>Sensor</i>	Webcam	Ultrasonic
<i>Sensing parameter</i>	Brightness	Object distance
<i>Programming language</i>	Pure data	C
<i>Output</i>	MIDI	MIDI / Audio
<i>System delay</i>	Delay is variable due the randomization process	0.2 ms
<i>Synthesis and control parameters</i>	Whole Body {Pitch, Duration and Amplitude}	Hands { amplitude and frequency}

intensity.

3. Implications of the Handy metaphor for interaction design on the IoMusT

Both implementations of the Handy metaphor have strengths and weaknesses. The H prototypes rely on slim computational resources which make them apt for widespread deployment. Preliminary tests confirmed the feasibility of synchronous control and sound rendering on the Raspberry Pi, with acceptable temporal lags. The cost of the hardware, including the sensor and the transducers, points to possible use scenarios both in transitional spaces (such as airport, subway, train and bus terminals) and in domestic settings. Ten to twenty units cost under two thousand dollars, even in peripheral countries such as Brazil. This is equivalent to the price of a mediocre acoustic instrument. A small-scale IoMusT could be deployed for casual musical activities by passersby in public locations, much in the same spirit of the digital pianos played by virtual instrumentalists at some European airports. The Handy S prototype also supports deployment in urban locations where there is no 24-hour surveillance. Given the up-to-four-meter range of the HC-SR04 sensor, the unit could be placed in out-of-sight locations, hence avoiding vandalism or theft.

The Handy S prototype uses the webcam data to foster interactions among agents and sonic resources. The detection technique targets brilliant visual content. Although the algorithm is still in development, we observed promising results in performance-oriented artistic applications. After calibration, the control data remains fairly random. Several participants reported not knowing how the system would react to their movements. Hence, the current version of the prototype requires specialized skills, providing challenging contexts for trained musicians. The usage of the Handy S prototype by trained subjects points to several challenges for its deployment in everyday contexts. Given the demand of controlled light conditions, this sensing technique may be better suited for indoor settings.

The deployment of the Handy H prototype prompted a search for design alternatives that depart from the instrumental model exemplified by the Theremin and the subsequent digital emulations. While the simultaneous use of both hands provides synchronous control with six degrees of freedom, our observations indicate that novices tend to concentrate their attention on the movement of a single hand. This hints at the possibility of incorporating hybrid synchronous / asynchronous strategies, involving saving and editing control data through iterated actions. For example, a user could lay out a sequence

of pitches with her right hand. Each pitch would correspond to a specific spatial position. Parts of the sequence could be revisited by moving the right hand. Other parameters - such as amplitude - could be assigned to the left hand. Each event could be “edited” through left hand movements coordinated with a right hand movement that selects each previously sequenced event. This interaction modality can be labeled *sequenced*, as opposed to the realtime mode that lacks support for iterated access to musical data. Sequenced interaction would release inexperienced participants from the grip of musical time. While both hands would still be employed as parametric controllers, they could be used alternately thus avoiding the need for tight coordination.

This paper reported the initial deployments of a new metaphor for creative action, Handy. The Handy metaphor relies on body movements, targeting the use of both hands to enhance the creative potential of IoMusT-based sonic resources. We gathered feedback in informal sessions with artists and musicians on the control capabilities and on the limitations of two prototypes based on very different technological approaches but sharing a common interaction framework. Both prototypes employed hands and torso movements to drive synchronous audio synthesis and processing algorithms. While one prototype replicated the parametric approach pioneered by the design of the electronic instrument Theremin, the other implementation targeted an exploratory usage of the relationships between body movements and sonic outcomes. These contrasts in design strategy yielded a rich set of possibilities for development and refinement that will be discussed and explored in the next iterations of the design cycle.

References

- Aliel, L. (2017). Ensaio sobre comprovações em ecologia sonora: Perspectivas práticas e teóricas. Dissertação de mestrado em música.
- Aliel, L., Costa, R. L. M., and Keller, D. (2015). Comprovação; abordagens desde a heurística estética em ecocomposição. *SBCM-XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical*.
- Berdahl, E., Salazar, S., and Borins, M. (2013). Embedded networking and hardware-accelerated graphics with satellite crma. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, pages 325–330.
- Bischoff, J., Gold, R., and Horton, J. (1978). Music for an interactive network of microcomputers. *Computer Music Journal*, pages 24–29.
- Cartwright, M. B. and Pardo, B. (2013). Social-eq: Crowdsourcing an equalization descriptor map. In *Proceedings of the International Society of Music Information Retrieval (ISMIR)*, pages 395–400.
- Creative, T. (2018). Open audio library.
- Freaks, E. (2018). Ultrasonic ranging module hc-sr04. *Disponível in: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. Date accessed: 1.10.2018.*
- JTC and SC (2011). ISO/IEC 9899:2011. Information Technology - Programming languages - C. *International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission (ISO/IEC)*, 9899.

- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017a). Ecologically grounded creative practices in ubiquitous music. *Organised Sound*, 22(1):61–72.
- Keller, D. and Lazzarini, V. (2017b). Theoretical approaches to musical creativity: The ubimus perspective. *Musica Theorica*, 2(1):1–53.
- Keller, D., Lazzarini, V., and Pimenta, M. S. (2014). Ubimus through the lens of creativity theories. In *Ubiquitous Music*, pages 3–23. Springer.
- Keller, D. and Lima, M. H. (2016). Supporting everyday creativity in ubiquitous music making. In *Trends in Music Information Seeking, Behavior, and Retrieval for Creativity*, pages 78–99. IGI Global.
- Open Group, L. (2018a). FCNTL Library. *Disponibile in: <http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/009604599/functions/fcntl.html>. Date accessed: 2.1.2018.*
- Open Group, L. (2018b). Posix Threads API. *Disponibile in: <http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/basedefs/pthread.h.html>. Date accessed: 1.22.2018.*
- Pigpio (2018). PI General Purpose Input Outputs (GPIO). *Disponibile in: <http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/>. Date accessed: 1.7.2018.*
- Pimenta, M. S., Miletto, E. M., and Castro Bertagnolli, S. (2014). *Projeto de Interface com o Usuário. Desenvolvimento de Software II: Introdução ao Desenvolvimento Web com HTML, CSS, JavaScript e PHP-Eixo: Informação e Comunicação-Série Tekne*. Bookman Editora.
- Puckette, M. (1997). Pure data. In *Proceedings of the International Computer Music Conference, San Francisco*, pages 224–227. International Computer Music Association.
- Silva, S. L., Keller, D., Pereira, V. S., and Bessa, W. R. B. (2016). Creativity assessment strategies with children: Using emoticons in time tagging activities (estratégias de aferição da criatividade com público infantil: Utilizando ícones faciais em atividades com a metáfora de marcação temporal). In *Proceedings of the Amazon International Symposium on Music (SIMA)*.
- Turchet, L., Fischione, C., and Barthelet, M. (2017). Towards the internet of musical things. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*, pages 13–20.

REALIZAÇÃO



PPGCC



PATROCÍNIO

