

Marcação Espacial: Estudo Exploratório¹

Damián Keller¹, Floriano Pinheiro da Silva¹, Bruno Giorni¹, Marcelo Soares Pimenta², Marcelo Queiroz³

¹ Núcleo Amazônico de Pesquisa Musical (NAP) – Universidade Federal do Acre – Rio Branco – AC – Brasil

² Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

³ Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo – SP – Brasil

Grupo de Música Ubíqua: dkeller(at)ccrma.stanford,
mpimenta(at)inf.ufrgs.br, mqz(at)ime.usp.br

Abstract. *We conducted a series of studies to determine the applicability of an interaction metaphor for ubiquitous musical contexts: spatial tagging. We discuss the results of two experiments with naive subjects – encompassing three types of activities: exploration, imitation and creation – and a study conducted with a musician involving the creation of a complete musical work. The prototype Harpix 1.0, utilized in the studies, and the evaluation strategies of the space-tagging metaphor are presented. The results support the adoption of an integrated approach toward music creation and software development.*

Resumo. *Realizamos uma série de estudos exploratórios para determinar a aplicabilidade de uma metáfora de interação desenvolvida para o contexto musical ubíquo: a marcação espacial. Apresentamos os resultados obtidos em dois estudos com sujeitos leigos – abrangendo três atividades musicais: exploração, imitação e criação – e em um estudo com um músico experiente, envolvendo a criação de uma obra musical. Descrevemos o protótipo Harpix 1.0 utilizado nos estudos, e mostramos as estratégias adotadas para avaliar a aplicação da marcação espacial dentro de um enfoque integrado de aplicação musical e desenvolvimento de software.*

1. Introdução

A principal contribuição deste artigo é a conceituação de uma nova metáfora de interação para contexto ubíquo: a marcação espacial. No processo de desenvolvimento e validação dessa metáfora aplicamos estratégias de avaliação que podem ser adotadas em outros estudos de suporte à criatividade musical. Em particular, adaptamos a proposta de Carroll et al. (2009) – o índice de suporte à criatividade (Creativity Support Index) – para uso em atividades musicais ubíquas. Para garantir a abrangência dos resultados, utilizamos uma forma específica de triangulação realizando estudos paralelos com sujeitos leigos e com sujeitos experientes em atividades diversas envolvendo a mesma ferramenta musical. Os resultados mostram que a marcação temporal é utilizável em

¹ Keller, D., Pinheiro da Silva, F., Giorni, B., Pimenta, M. S., Queiroz, M. (2011). Marcação Espacial: Estudo Exploratório. Anais do 13º Simpósio em Computação Musical, Vitória, ES. <http://compmus.ime.usp.br/sbcm/2011/>

atividades de exploração e criação de material sonoro por parte de leigos, mas não fornece bom suporte para a atividade de imitação. Em relação a usuários experientes, o produto musical apresentado – *Absoluts* – fornece um exemplo de uso abrangendo um ciclo completo de criação musical.

Na seção introdutória discutimos os conceitos que fundamentam, por um lado, a estratégia de desenvolvimento utilizada pelo nosso grupo, e por outro, o contexto de aplicabilidade da pesquisa relatada neste artigo. Seguidamente descrevemos os procedimentos utilizados nos dois estudos exploratórios com sujeitos leigos e músicos, mostrando as motivações para a adoção de técnicas padronizadas de avaliação da criatividade. Após a apresentação dos resultados obtidos, discutimos as implicações deste estudo na pesquisa em criatividade musical.

2. Música Ubíqua

A Música Ubíqua pode ser definida como o resultado da conjunção de sistemas que permitem a produção musical, utilizando múltiplas interfaces para a manipulação de dados e para a geração de som, viabilizando o acesso simultâneo de usuários múltiplos [Keller et al. 2009]. Este tipo de ambiente inclui tecnologias desenvolvidas no contexto de sistemas distribuídos (network music) [Miletto et al. 2009], sistemas móveis (mobile music), sistemas colaborativos (Computer Supported Collaborative Work) e tecnologia assistiva.

Dada a diversidade de características de hardware e a heterogeneidade dos ambientes de desenvolvimento para os dispositivos portáteis, um dos problemas apontados é a conectividade e o uso eficiente dos recursos pervasivos [Costa, Yamin, Geyer, 2008]. Para superar estas barreiras, temos nos concentrado tanto na implementação de bibliotecas multiplataforma – dando suporte para a manipulação de dados musicais e para o desenvolvimento de métodos de síntese sonora – quanto na interação musical através de dispositivos conectados em rede. Neste caso, o desafio é a implementação de mecanismos de interação compatíveis com as demandas dos ambientes ubíquos no contexto de atividades musicais específicas.

Um dos objetivos da pesquisa em música ubíqua é a utilização concorrente de dispositivos múltiplos para as atividades musicais, incluindo ambientes desktop e aparelhos portáteis com configurações e capacidades diversas. A escolha de Java como principal ferramenta de desenvolvimento fundamenta-se no suporte para plataformas diferentes sem grande investimento extra na implementação. A maioria dos equipamentos móveis possuem interpretador Java, incluindo celulares, computadores portáteis e dispositivos embarcados. Em princípio, o mesmo código Java pode executar nestes múltiplos sistemas. No entanto, as especificidades dos diversos ambientes portáteis acabam colocando uma série de dificuldades que têm impacto negativo tanto no tempo de desenvolvimento quanto na usabilidade do sistema. Esse problema é descrito como fragmentação do código. Nosso grupo tem adotado duas estratégias para contornar a fragmentação nos sistemas musicais ubíquos: (1) o desenvolvimento de técnicas de interação através da prototipação 'rápida e suja' (*quick and dirty*) [Preece et al. 2005:361]; e (2) a implementação de técnicas de controle e síntese sonora embasadas em padrões compatíveis com múltiplas plataformas. Nas duas seções seguintes discutimos o trabalho que estamos desenvolvendo em prototipação rápida (seção 2:

usabilidade e prototipação rápida) e em técnicas de controle e de síntese sonora para plataformas múltiplas (seção 3: os ambientes MOW3S-Ecolab).

Tabela 1. Contextos, problemas e propostas da pesquisa em música ubíqua.

Contexto	Problema	Proposta
multiplicidade de plataformas	incompatibilidade entre bibliotecas e redundância na funcionalidade	adoção de padrões de representação de dados
multiplicidade de dispositivos	fragmentação do código	adoção da linguagem Java evitando o uso de bibliotecas nativas
limitações das interfaces	canais de interação específicos	metáforas de interação

2. Usabilidade e prototipação rápida

Tradicionalmente, o conceito de usabilidade engloba três aspectos: eficácia, eficiência e satisfação. No entanto, a nossa pesquisa em sistemas musicais ubíquos vem apontando para uma definição mais abrangente [Flores et al. 2010]. Com o suporte conceitual da Teoria da Atividade [Leont'ev 1978], o estudo da usabilidade se desloca da concepção do design de produtos (com foco na implementação) para a concepção das relações entre agentes e produtos, dentro do contexto de atividades específicas.

A aplicação de uma perspectiva ampla em relação à usabilidade dos sistemas musicais ubíquos exige uma mudança nas estratégias de avaliação da usabilidade das interfaces. A reutilização ou a ampliação dos instrumentos musicais já existentes – principal tópico de interesse no trabalho em música interativa [Wessel e Wright 2002] – e a adoção de sistemas de organização musical já consagrados deixam de ser o foco da pesquisa. Mais ainda, virtuosismo, complexidade e dificuldade de execução já não podem ser adotados como medidas de qualidade do sistema musical e passam a ser classificados como barreiras à acessibilidade. Quem determina a importância dos recursos e a necessidade do suporte é o usuário realizando suas atividades, e este usuário não precisa ser um instrumentista virtuoso ou um compositor isolado no seu estúdio [Pimenta et al. 2009]. As decisões dos detalhes técnicos são feitas após terem sido estabelecidos os requisitos abrangentes de usabilidade através da observação de atividades musicais. Assim, a implantação rápida é priorizada, deixando para fases posteriores a coleta de dados com um grande número de usuários.

3. Os ambientes MOW3S-Ecolab

Os sistemas de síntese sonora podem ser agrupados em duas grandes classes, os que utilizam amostras sonoras previamente digitalizadas e os que trabalham com métodos algorítmicos de geração sonora. Neste último tipo de sistemas, a demanda de CPU é maior, mas geralmente o uso de memória é mais eficiente que nos sistemas que empregam amostras sonoras digitalizadas. Sintetizadores digitais baseados em amostras podem empregar uma variedade de técnicas específicas como sample looping, pitch-shifting, interpolação e filtragem, para reduzir a demanda de memória alocada para as amostras sonoras. Entre os sistemas de síntese baseada em amostras uma classe importante são os sintetizadores por tabela de onda (*wavetable synthesis*). As técnicas de síntese por tabela de onda permitem combinar a aplicação de processamento sonoro com técnicas de geração sonora, incluindo a configuração dinâmica em função das demandas específicas do dispositivo sendo utilizado. Portanto, a síntese por tabela de

onda fornece uma alternativa viável ao problema dos recursos limitados e à heterogeneidade dos sistemas com múltiplos dispositivos.

Os ambientes MOW3S e Ecolab foram desenvolvidos pela nossa equipe para viabilizar a prototipagem rápida de sistemas musicais ubíquos. Ecolab é um ambiente de síntese por tabela de onda totalmente implementado em Java. Possui suporte para conexão em rede através de sockets no padrão IP. Ecolab também inclui suporte para o formato DLS e a para o padrão General MIDI. Portanto, renderizações consistentes entre diversos dispositivos podem ser realizadas sem a necessidade de streaming de áudio em tempo real. Através desta estratégia aumenta-se a possibilidade de integração de tecnologias diversas. Entre as características visadas para o contexto ubíquo, podemos destacar: implementação integral em Java; suporte para o formato MIDI; suporte para o formato Soundfont / DLS; suporte para estruturas de controle padronizadas (e.g., Soundbanks).

MOW3S consiste em um conjunto de ferramentas para o design de interfaces visuais especificamente orientadas para o uso em ambientes multiplataforma em rede. MOW3S gera dados de controle formatados no padrão MIDI que são usados para definir parâmetros de síntese. Esses dados são enviados para a biblioteca de síntese Ecolab através da captura de ações realizadas pelo usuário na tela do navegador. Dada a adoção do padrão HTML 4, a biblioteca MOW3S pode ser combinada com outras ferramentas implementadas na linguagem Javascript.

Tendo discutido o suporte tecnológico do trabalho experimental que estaremos relatando na segunda parte deste artigo, agora apresentamos os conceitos musicais que motivaram as nossas escolhas metodológicas. Uma discussão mais completa pode ser lida em [Keller et al. 2009; Keller et al. 2010]; nas duas seções seguintes aplicamos o enfoque musical embasado na Teoria da Atividade [Leont'ev 1978] e na Psicologia Ecológica [Gibson 1979] que temos desenvolvido ao longo dos últimos três anos.

4. Atividades musicais

Como discutimos em [Keller et al. 2009], as atividades musicais exploratórias consideradas no contexto ubíquo definem sistemas de ações epistêmico-pragmáticas com objetivos específicos. Por sua vez, esses objetivos servem de guia para estabelecer os requisitos dos sistemas de suporte às atividades musicais. Os canais de interação natural – ou affordances naturais – não só influenciam o desenvolvimento das ferramentas, também proporcionam um contexto para a aplicação de conceitos musicais. No caso aqui considerado, temos um ciclo de ações que envolvem agentes e objetos produzindo modificações no ambiente e nos atores envolvidos na atividade musical. Portanto, os canais de interação natural podem ser definidos como o resultado da adaptação mútua entre agentes e objetos no contexto da atividade musical.

As ações pragmáticas envolvem a interação direta com objetos com o objetivo de produzir mudanças no ambiente. As atividades exploratórias do agente – abrangendo ações puramente cognitivas e ações que envolvem processos internos e objetos externos (através do mecanismo de projeção) – fornecem o suporte conceitual para as ações pragmáticas. Espera-se, portanto, que o processo de adaptação ao ambiente seja determinado a partir de sucessivas interações, envolvendo ações pragmáticas entre agentes e objetos.

Como estudo de caso, investigamos a aplicação de uma nova metáfora para a interação em contexto ubíquo: a marcação espacial. Esta metáfora, baseada nas pistas disponíveis

através de representações visuais correlacionadas com eventos sonoros, é fundamentada no processo cognitivo de ancoragem [Keller et al., 2010]. Os experimentos que realizamos neste estudo fornecem algumas respostas em relação ao problema específico da relação entre pistas visuais e manipulação de parâmetros sonoros. Mais especificamente, estudamos atividades que envolvem produtos sonoros (ações pragmáticas) e atividades que permitem aumentar o conhecimento do nicho ecológico da atividade (ações epistêmicas). O contexto de uso e o objetivo de aplicação deste trabalho é o suporte para atividades musicais criativas.

5. Marcação Temporal

Recentemente, desenvolvemos uma metáfora de interação que fornece uma forma intuitiva de execução de mixagens em contexto ubíquo: a marcação temporal [Keller et al. 2010] (Figura 1). Para testar essa ideia, implementamos um protótipo para telefones celulares que rodam o sistema operacional livre Android. O protótipo mixDroid 1.0 permite combinar sons em tempo real através de um teclado virtual. O teclado emulado segue o padrão do teclado numérico encontrado nos dispositivos móveis, permitindo que cada tecla seja vinculada a um som escolhido pelo usuário. A mixagem é feita pressionando as teclas do celular. Como resultado, o posicionamento de cada som no eixo temporal corresponde ao instante de acionamento da tecla.

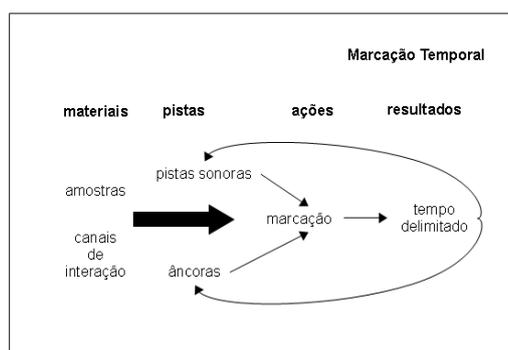


Figura 1. Marcação temporal.

Os dois estudos de uso realizados apontaram por um lado para a aplicabilidade desta metáfora na criação sonora por parte de músicos experientes, e por outro para a eficiência desse mecanismo de interação na realização de mixagens por parte de usuários leigos. O mecanismo implementado em mixDroid permite a sucessão rápida de até nove sons, dependendo exclusivamente da habilidade psicomotora do usuário e do seu domínio cognitivo das relações temporais. Sendo que o controle se limita a um único parâmetro (o tempo), estas habilidades estão muito aquém das exigidas para a execução de um instrumento acústico, não dependem de um sistema simbólico a ser aprendido, e podem ser aprimoradas em função das características do material sonoro utilizado.

6. Marcação espacial

A marcação espacial pode ser definida como uma forma de projeção [Kirsh 2009] que utiliza elementos virtuais ou materiais para viabilizar a formação de canais de interação natural. Esses elementos – que chamamos de âncoras – fornecem a ligação material entre as ações do agente e as funções cognitivas. Ao contrário das affordances – que

surgem como resultado da interação entre o agente e o ambiente – as âncoras são propriedades externas ao agente. Mas elas não são propriedades fixas. Quando a atividade demanda deslocamento bidimensional ou tridimensional (i.e., interação cinética), as âncoras proporcionam elementos de referência para a atividade criativa. Ao serem introduzidas como elementos materiais ou digitais durante a fase de concepção do sistema, elas podem fomentar a "transparência" das ferramentas [Weiser 1991]. Para um agente envolvido em atividades exploratórias, as âncoras fornecem o elo material que viabiliza operações cognitivas em domínios abstratos.

Qual é a diferença entre a marcação espacial e o mapeamento? O mapeamento é estabelecido através de conjuntos de relações entre domínios abstratos. Qualquer elemento de um domínio pode ser mapeado para qualquer elemento de outro domínio. As dimensões cognitiva, material ou contextual não precisam ser elencadas: os usuários são livres para escolher como eles vão lidar com as relações entre os diferentes domínios. Ao contrário do mapeamento, a ancoragem é estreitamente vinculada ao domínio material. Portanto, ela fica limitada aos horizontes espaciais e temporais da atividade. Enquanto as affordances são exteriorizadas através de atividades, as âncoras constituem o elo material entre a atividade do agente, a formação de canais de interação e os domínios cognitivos. Em outras palavras, podemos ver a ancoragem como uma forma específica de mapeamento que tem forte ligação com os fatores contextuais, incluindo os objetos físicos, os locais e as situações de uso.

Resumindo, com o intuito de fomentar o suporte tecnológico para atividades musicais criativas sugerimos a aplicação de metáforas de interação embasadas no mecanismo cognitivo de ancoragem. Estendendo os resultados obtidos na aplicação da metáfora de marcação temporal, propomos a hipótese de que pistas visuais correlacionadas às ações pragmáticas podem ajudar na realização de atividades criativas em contexto ubíquo. Em outras palavras, quando a criação musical demanda interação cinética, elementos materiais externos podem servir como sistema de referência para os processos cognitivos. Sugerimos o conceito de *marcação espacial* para englobar esse conjunto de processos.

7. Experimento Piloto 1 (Preliminar)

Usando MOW3S-Ecolab, implementamos um "painel branco" para viabilizar a interação do usuário com dois parâmetros de síntese: amplitude e altura. Na realização deste estudo preliminar utilizamos três computadores desktop rodando o sistema operacional Windows XP. O navegador adotado foi o Opera. O usuário interage com o sistema através da movimentação do mouse na tela do navegador. Os movimentos no eixo horizontal correspondem a mudanças de altura e os movimentos no eixo vertical modificam a amplitude.

Um usuário leigo e dois músicos foram convidados a utilizar o sistema em sessões individuais informais e em grupo. Foram recolhidos comentários através de entrevistas realizadas após cada sessão. Os resultados sonoros e as ações na interface foram gravados em vídeo.

Um dos sujeitos comentou que o sistema foi fácil de usar e que a atividade foi divertida. Tanto os leigos quanto os músicos realizaram movimentos intencionais na interface demonstrando compreensão do mecanismo básico de funcionamento. No entanto, um dos músicos salientou que era difícil de empregar valores predeterminados para criar

sequências de alturas, sendo inviável a realização de trabalho composicional que envolvesse parâmetros específicos. A análise dos resultados sonoros mostrou que a organização do material sonoro era difícil de obter, já que as ações dos usuários geralmente produziam eventos múltiplos simultaneamente. Nesse contexto, a experiência musical não parecia oferecer nenhuma vantagem para os usuários. Todas as ações apresentavam uma "sensação aleatória", como se o usuário produzisse sons além da sua vontade. A reprodutibilidade – necessária para o aperfeiçoamento de produtos sonoros – não era encorajada através deste tipo de interface.

Esses resultados preliminares sugeriram que, embora fosse possível realizar protótipos rápidos utilizando o ambiente MOW3S-Ecolab, mecanismos de apoio específico para as atividades musicais criativas precisariam ser desenhados dentro do ambiente. A capacidade de fazer som através da movimentação do mouse e o suporte à conectividade na infraestrutura de controle não foram suficientes para configurar uma ferramenta musical. Para atender às demandas colocadas pelos usuários decidimos adotar um mecanismo já utilizado pela nossa equipe em estudos anteriores: a ancoragem [ver seção 5: Marcação Temporal]. No entanto, no caso específico do design de interfaces visuais, seria necessário atender duas demandas de uso para as atividades criativas: (1) a interface deveria ser reconfigurável, permitindo que o usuário fizesse as suas escolhas de forma livre, e (2) o mecanismo de interação deveria continuar sendo direto e intuitivo, dando suporte à fixação de canais de interação naturais. Na tentativa de atender a essas demandas implementamos o protótipo Harpix.

7.1. Harpix

Harpix é uma ferramenta musical desenvolvida em Java e HTML com Javascript. O protótipo 1.0 foi construído usando os ambientes MOW3S (HTML / JavaScript) e Ecolab (Java) para prototipagem rápida de sistemas musicais ubíquos. A versão 1.0 foi testada nos navegadores Chrome e Opera rodando no sistema operacional Windows (XP/Vista/7).

A arquitetura do protótipo Harpix é composta por três camadas (ver Figura 3). A primeira camada é destinada à interação do usuário. Os dados podem ser inseridos através de texto digitado ou acionando a roda do mouse. Os parâmetros incluem: endereço IP para conexão remota e mudança de timbre (MIDI program change). A segunda camada possui âncoras espaciais representadas por retângulos distribuídos no painel do navegador. Esta camada fornece o mapeamento dos parâmetros de síntese ligados às posições das âncoras sobre os eixos horizontal (altura MIDI) e vertical (velocidade MIDI). A posição da âncora pode ser modificada arrastando o elemento gráfico enquanto é pressionada a tecla Shift. A terceira camada lida com o roteamento de dados e a síntese de som. Como todo o processamento é feito de forma transparente, esta camada somente é acessível através de programação em Javascript.

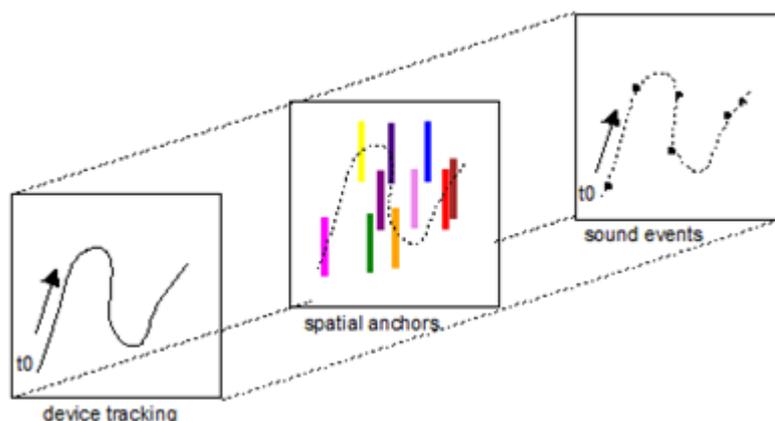


Figura 3. Arquitetura do protótipo Harpix 1.0: captura da interação cinética, âncoras espaciais, eventos sonoros.

8. Experimento Piloto 2

8.1. Sujeitos

Na segunda sessão experimental participaram três sujeitos ($N = 3$). A média de idade foi de $19,33 \pm 5,69$ anos. Dois dos sujeitos relataram alguma experiência informal em música, mas nenhum deles teve treinamento formal acima de dois anos. A escolaridade média foi de $10,76 \pm 2,52$ anos, sendo dois estudantes e um graduado em ensino técnico. Esse perfil profissional refletiu na experiência dos sujeitos no uso de tecnologia, dois deles relataram pouca experiência (menos de três anos) e um atestou ampla experiência (acima de dez anos). Nenhum dos três sujeitos relatou problemas de audição diagnosticados.

8.2. Procedimentos

Nossa metodologia de trabalho aproxima-se da abordagem "rápida e suja" sugerida por Preece et al. [2005: 361] visando a exploração qualitativa. Usamos uma amostra pequena de sujeitos (três pessoas) pois a intenção não é simplesmente validar o protótipo mas obter dados para informar as próximas etapas, sem aumentar consideravelmente o tempo de desenvolvimento do sistema.

A metodologia envolveu testes com usuários ("ensaios de interação"), em sessões individuais e conjuntas filmadas enfocando a tela de cada computador e gravando o resultado em áudio, com o intuito de capturar a interação com a ferramenta e de registrar os detalhes do processo de criação. Após cada atividade todos os usuários preencheram um formulário padronizado, avaliando conjuntamente o software e a atividade realizada. A Tabela 2 mostra as condições experimentais utilizadas abrangendo: um sujeito (solo), dois sujeitos (duo) e três sujeitos (trio) realizando três atividades (criação, exploração e imitação). O número de iterações (i) indica quantas sessões foram realizadas.

Tabela 2. Condições experimentais.

	solo	duo	trio	i
criação	4	6	0	10
exploração	4	5	3	12
imitação	2	10	3	15

i	10	21	6	37
---	----	----	---	----

As medidas comparativas foram aferidas através da aplicação do índice de suporte à criatividade (*Creative Support Index / CSI* – Carroll et al. 2009), que atende ao requisito de avaliar a atividade exploratória em um contexto artístico amplo, sem demandar o uso de métricas vinculadas a métodos composicionais específicos. Elaboramos um questionário online com os itens apresentados na Tabela 3 e com um campo para observações por parte dos sujeitos. Adotamos a escala de aferição de 0 a 10. Dada essa padronização, os dados são comparáveis entre sujeitos, entre condições experimentais, e podem ser aplicados em outros estudos sobre criatividade musical.

Tabela 3. Adaptação do índice de suporte à criatividade (*CSI* – *Creative Support Index*).

Construto (fator)	Avaliação (no formulário)
produtividade	o que produzi valeu o esforço
expressividade	tive liberdade para ser criativo durante a atividade
explorabilidade	achei fácil testar diferentes resultados
concentração	achei fácil manter a concentração na atividade
diversão	gostei da atividade e faria ela de novo
colaboração	achei fácil compartilhar a atividade

8.3. Resultados

Na tabela dos dados obtidos com três sujeitos ($N = 3$) podemos observar a média e o desvio padrão para cada dimensão para um total de 37 iterações ($i = 37$) (Tabela 4). Produtividade = $7,3 \pm 1,68$; Expressividade = $7,51 \pm 2,51$; Explorabilidade = $6,08 \pm 2,54$; Concentração $7,24 \pm 2,36$; Diversão = $7,89 \pm 2,5$; Colaboração = $5,95 \pm 2,84$. A análise dos dados em vídeo e áudio em conjunto com as avaliações subjetivas dos usuários apontou para vantagens e deficiências do protótipo Harpix 1.0 no contexto das atividades musicais realizadas nos três tipos de combinações de sujeitos – solo, duo e trio (Tabela 5). O fator diversão foi avaliado positivamente nas atividades de criação ($9,5 \pm 1,08$) e de exploração ($8,42 \pm 1,78$). Para esse item, das três combinações de sujeitos, trio teve a melhor média ($8,83 \pm 2,04$). No entanto, Harpix teve um desempenho inferior no item colaboração ($5,95 \pm 2,84$).

Tabela 4. Resultados gerais do experimento 2.

N = 3, i = 37	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	7,3	7,51	6,08	7,24	7,89	5,95
desvio padrão	1,68	2,51	2,54	2,36	2,5	2,84

Tabela 5. Resultados por condição experimental.

solo, i = 10	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	7,9	8,2	6,4	8,2	8,3	5,9
desvio padrão	1,73	1,81	2,5	1,48	2	2,88

duo, i = 21	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	7,43	7,52	6,1	7,29	7,43	6

desvio padrão	1,63	2,4	2,32	2,19	2,8	2,9
---------------	------	-----	------	------	-----	-----

trio, i = 6	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	5,83	6,33	5,5	5,5	8,83	5,83
desvio padrão	0,98	3,72	3,62	3,39	2,04	3,06

Os usuários mostraram clara preferência pelas atividades de criação e exploração, apontando as melhores médias nos itens diversão (criação $9,50 \pm 1,08$; exploração $8,42 \pm 1,78$) e expressividade (criação $9,10 \pm 0,99$) (Tabela 6). Nas três atividades realizadas, os sujeitos avaliaram imitação como apresentando as menores possibilidades de colaboração ($5,53 \pm 3,42$). Resultados similares foram obtidos para o item explorabilidade. No entanto, o alto desvio padrão nesses dois fatores (colaboração 2,97; 1,96; 3,42 – explorabilidade 2,55; 2,94; 2,34) pode ter sido causado pela falta de compreensão da pergunta formulada ou por uma estratégia de avaliação diferente para cada contexto. Consideramos que esses dois fatores precisam de estudos mais amplos para poder estabelecer resultados confiáveis.

Tabela 6. Resultados por atividade.

criação, i = 10	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	7,8	9,1	6,5	8,1	9,5	6,2
desvio padrão	1,75	0,99	2,55	1,52	1,08	2,97

exploração, i = 12	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	7,67	7,08	5,92	7,75	8,42	6,25
desvio padrão	1,67	2,71	2,94	1,54	1,78	1,96

imitação, i = 15	produtividade	expressividade	explorabilidade	concentração	diversão	colaboração
média	6,67	6,8	5,93	6,27	6,4	5,53
desvio padrão	1,54	2,7	2,34	3,03	2,9	3,42

Os resultados mostram, portanto, que Harpax 1.0 pode ser utilizado em atividades musicais ubíquas envolvendo criação e exploração sonora. Possivelmente, o suporte para atividades colaborativas precisará de aprimoramento. São necessários outros estudos para determinar o motivo do baixo desempenho na atividade imitação.

9. Experimento Piloto 3 (Atividade de Criação)

A peça *Absoluts* é uma demonstração de uso do software Harpax 1.0 por parte de um sujeito experiente (estudante de música em nível superior). Para a elaboração da obra um dos membros da nossa equipe (Floriano) utilizou um computador portátil rodando o sistema operacional Windows XP. O dispositivo de interação foi um mouse óptico. O monitoramento sonoro foi feito via fones de ouvido conectados diretamente à placa de som integrada. O navegador utilizado foi o Opera.

A primeira sessão consistiu em atividades exploratórias e foi realizada no dia 21 de fevereiro das 22:35 até as 23:58 horas. A sessão foi iniciada organizando as âncoras para definir o campo de alturas, estabelecendo três regiões: grave, média e aguda.

Através de múltiplas interações com o Harpix, o compositor gerou o material bruto da obra, escolhendo o uso exclusivo do timbre de piano. O áudio sintetizado foi captado de forma direta utilizando o editor de som Audacity [Audacity 2011]. As imagens de uso da interface foram obtidas através de uma ferramenta de captura de tela em vídeo.

A segunda sessão foi realizada no dia 14 de março das 21:23 até as 23:15 e consistiu na edição sonora do material. Utilizando o editor Audacity, o compositor duplicou o material das regiões grave e aguda e aplicou reverberação e normalização nas amostras editadas.

A terceira sessão consistiu na edição do material visual e na sincronização do material sonoro com as amostras de vídeo. O resultado – de um minuto de duração – está disponível no formato de vídeo-demonstração [Pinheiro da Silva 2011].

10. Discussão Geral

A nossa equipe vem adotando um enfoque exploratório e iterativo para atender as necessidades da prática musical em contexto ubíquo. A adoção de uma abordagem ampla da usabilidade implica atrelar as técnicas de desenvolvimento às atividades musicais específicas, de forma a obter resultados de uso dos sistemas em contexto real. Com o intuito de estudar as necessidades de uso em três atividades musicais – exploração, imitação e criação – realizamos dois estudos experimentais com leigos e músicos. O primeiro estudo apontou para a necessidade de criar um mecanismo de apoio ao processo de refinamento das decisões composicionais. Especificamente, foi identificada a falta de referências espaciais durante a exploração dos parâmetros de síntese.

Embasada no mecanismo de ancoragem, foi desenvolvida uma metáfora de interação aplicável a dispositivos múltiplos: a marcação espacial. Como forma de testar essa metáfora implementamos uma interface para controle de parâmetros de síntese com suporte para conexão em rede: o protótipo Harpix 1.0. Em um segundo experimento, estudamos o uso do Harpix em três atividades musicais e em múltiplas combinações de sujeitos, incluindo atividades individuais, em duos e em trios. A aplicação da ferramenta de avaliação CSI indicou um alto desempenho nas atividades de criação e exploração, com particular destaque para os fatores diversão e expressividade. No entanto, os fatores colaboração e explorabilidade não foram avaliados positivamente e a atividade imitação tampouco obteve bom desempenho.

Finalmente, um dos autores do trabalho realizou um estudo composicional utilizando a ferramenta Harpix como único mecanismo de síntese de material sonoro. Em aproximadamente três horas de trabalho, o compositor conseguiu criar e organizar uma demonstração de um minuto de duração, confirmando a viabilidade da ferramenta nas atividades criativas por parte de usuários experientes.

Entre as limitações do estudo, podemos apontar o número reduzido de sujeitos e a aplicação de mecanismos de aferição não específicos para a atividade musical. O objetivo do estudo não é a validação de uma ferramenta isolada, mas a identificação de limitações e vantagens do nosso enfoque dentro de um processo de adequação do software às demandas do usuário. Portanto é mais vantajoso obter resultados preliminares que indiquem falhas graves no desenho do sistema do que resultados definitivos em relação a um aspecto técnico do suporte à atividade musical. Por outro lado, é possível que métodos quantitativos desenvolvidos com o objetivo de estudar os

processos de criação musical forneçam resultados mais específicos do que os obtidos neste estudo. No entanto, enquanto esses métodos não estão disponíveis, a aplicação de técnicas como o índice de suporte à criatividade permite obter indicações do rumo a ser adotado na pesquisa em música ubíqua.

Em conjunto, os resultados deste estudo indicam que a marcação espacial é um mecanismo útil para as atividades musicais criativas – em particular no caso da exploração de resultados sonoros e da criação por parte de músicos e leigos. Porém, são necessários mais estudos para determinar as limitações desta metáfora no suporte à imitação tanto no contexto de uso individual quanto no contexto colaborativo.

11. Agradecimentos

Pesquisa financiada pelo CNPq (301982/2008-2, 478092/2008-3, 571443/2008-7) e pela CAPES.

12. Referências

- Audacity (2011). Audacity [Editor de Som]. <http://audacity.sourceforge.net/>
- Carroll, E. A., Latulipe, C., Fung, R. e Terry, M. (2009). Creativity Factor Evaluation: Towards a Standardized Survey Metric for Creativity Support. In: *Proceedings of ACM Creativity & Cognition 2009*, Berkeley, California, USA: ACM.
- Costa, C. A., Yamin, A. C., & Geyer, C. F. R. (2008). Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing. *IEEE Pervasive Computing* 7(1), 64-73.
- Flores, L. V., Pimenta, M. S., Miranda, E. R., Radanovitsck, E. A. A. e Keller, D. (2010). Patterns for the Design of Musical Interaction with Everyday Mobile Devices, In: *IX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC)*, Belo Horizonte, Brazil, 121–128.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Keller, D., Barros, A. E. B., Farias, F. M., Nascimento, R. V., Pimenta, M. S., Flores, L. V., Miletto, E. M., Radanovitsck, E. A. A., Serafini, R. O. e Barraza, J. F. (2009). Música Ubíqua: Conceito e Motivação, In: *Anais do Congresso da ANPPOM*, Curitiba, PR: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, 539-542.
- Keller, D., Barreiro, D. L., Queiroz, M. e Pimenta, M. S. (2010). Anchoring in Ubiquitous Musical Activities, In: *Proceedings of the International Computer Music Conference*, New York, NY: ICMC.
- Kirsh, D. (2009). Projection, Problem Space and Anchoring, In: *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, N. A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), 2310-2315.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, Consciousness, Personality*. New Jersey, NY: Prentice Hall.
- Miletto, E. M., Pimenta, M. S., Bouchet, F., Sansonnet, J.-P. e Keller, D. (2009). Music Creation by Novices should be both Prototypical and Cooperative - Lessons Learned from CODES, In: *Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Computer Music*, Recife, PE: SBC.
- Pimenta, M. S., Flores, L. V., Capasso, A., Tinajero, P. e Keller, D. (2009). Ubiquitous Music: Concept and Metaphors, In: *Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Computer Music*, Recife, Brazil, 139–150.
- Pinheiro da Silva, F. (2011). *Absoluts* [Vídeo-demonstração]. <https://sites.google.com/site/napmusical/>
- Preece, J., Rogers, Y. e Sharp, H. (2005). *Design de Interação: Além da Interação Homem-Computador*. Porto Alegre: Bookman.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the Twenty-First Century, *Scientific American* 265(3), 94–101.
- Wessel D., & Wright, M. (2002). Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers, *Computer Music Journal* 26(3), 11–22.