

Robosonic: Manipulação de Sons Assistida por Robots

Filipe Costa Luz

Rui Pereira Jorge

Vasco Bila

Universidade Lusófona

Resumo

A aplicação Robosonic tem como objectivo central constituir uma plataforma de criação de texturas sonoras com base em processos de aleatoriedade próprios da robótica. Isto concretiza-se modulando as três características do som: frequência, amplitude e timbre. A localização do robot no espaço de acção é detectada através de *tracking* e a colocação de determinados marcadores nesse espaço de acção, por parte do utilizador, vai interferir com o comportamento do robot.

Progredindo no eixo vertical o robot altera a amplitude e no horizontal altera a frequência. O timbre é alterado sempre que o robot colide com os marcadores que vão sendo dispostos pelo utilizador no espaço de acção.

O robot funciona como um agente que procura movimentar-se livremente, interagindo com a base de dados (timbres) que é reordenada através de um factor de programação aleatório. Os agentes são imprevisíveis no desempenho das suas tarefas exibindo sentido de oportunidade para surpreender o utilizador. O factor aleatoriedade é fundamental nesta aplicação. “The slight variations of time became major compositional changes, and the constant changes within the odd beat frequencies being formed by all the discords began to develop into melodic lines. This was for me a new use of the error principle” (Brian Eno).

Este nosso trabalho pretende traduzir experiências feitas com o objectivo de verificar o papel que os robots e agentes podem desempenhar no contexto de interfaces para criação artística., nomeadamente a interacção homem-máquina. Utiliza-se o comportamento específico do robot, e respectiva programação, como ferramenta que sirva para processos de composição musical. Interessa-nos sobretudo investigar a área que recentemente vem sendo designada como Collaborative Composition.

Introdução

Robosonic é uma aplicação interactiva que visa manipular sons através da interacção de pessoas com robots. Numa área limitada de 80x60 cm, o espaço de acção, movem-se um ou dois robots cujo movimento foi programado para ser aleatório. Nesse espaço de acção estão um ou dois *markers*, objectos com os quais o robot pode colidir e que podem ser mudados de posição pelo utilizador. Na movimentação do robot são considerados dois eixos (x e y). O eixo x, horizontal, corresponde à frequência. Se o robot se dirigir para a esquerda (valores negativos em x) esta baixa, se se dirigir para a direita esta aumenta. Por determinação prévia este incremento e redução não ultrapassam

os limites da audição (20 a 20000 Hz). No eixo y, vertical, considera-se a amplitude. Sempre que o robot se desloca na orientação positiva de y, a amplitude é aumentada, caso contrário, esta diminui. Determinou-se que se o robot se aproximar do valor zero do eixo y, deixa de se ouvir completamente o som. Os *markers*, que vão sendo dispostos pelo utilizador, cumprem duas funções: alteram o percurso dos robots sempre que eles detectam os *markers* e mudam os timbres que estão a ser reproduzidos. De cada vez ouve-se um timbre; sempre que o robot encontra um marker esse timbre muda de forma aleatória no conjunto de uma livraria de efeitos que previamente foi carregada na aplicação. Assim sendo, temos a possibilidade de uma manipulação em simultâneo das três características do som: a frequência e a amplitude pelo comportamento aleatório do robot no espaço de acção e o timbre pelas colisões que o robot vai tendo com os *markers*.

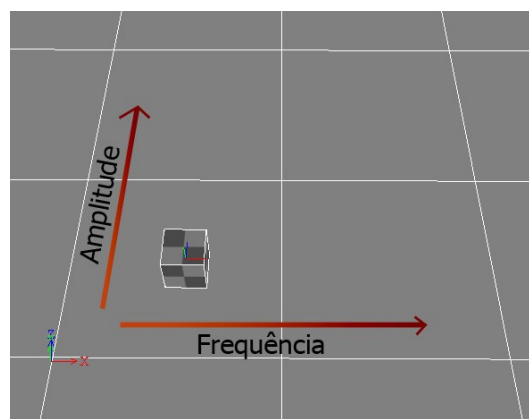


Figura 1. Transformações em X e Y

O resultado que se pretende atingir é a modulação dos sons através do percurso desenhado pelos robots e que dependerá da intervenção humana (posição dos *markers* A e B) na medida em que é o utilizador que dispõe no espaço de acção os *markers* com os quais os robots interagem, alterando assim os timbres existentes numa base de dados carregada com sons passíveis de serem executados continuamente em ciclos sonoros (loops). O objectivo é a criação de um espaço de múltiplas transformações sonoras possíveis que possam gerar resultados inusitados.

Não se trata de utilizar o robot como gerador dos sons, ou melhor, como um sintetizador. O aspecto central no desenvolvimento desta aplicação é a utilização do comportamento do robot como forma de manipulação dos sons. Neste projecto os sons

são prévios à aplicação; foram sintetizados noutras plataformas. O que esta aplicação desenvolve é uma forma de o robot, o seu comportamento aleatório e a intervenção do utilizador nas possibilidades de alteração desse comportamento aleatório, produzirem manipulações de som específicas.

Esta aplicação prevê a possibilidade de registo áudio de todo o processo. O que significa que os resultados obtidos ainda poderão posteriormente vir a ser utilizados noutros contextos. Referimo-nos aqui à possibilidade de se utilizarem estas modulações feitas durante o processo para depois poderem passar por processos de sampling, vindo a ser integradas noutras composições.

Desde 1863, data em que Henri Fourneaux inventou uma forma de programar a execução musical num piano a que ele chamou Pianista e que mais tarde viria a estar na génese da Pianola, inventada em 1876 por Edwin Votey e que consistia na possibilidade de um piano poder executar sequências de notas previamente determinadas em rolos perfurados, que se tem assistido a inúmeras tentativas de integrar a robótica ao nível da execução musical. Recentemente tem-se verificado um desenvolvimento interessante cruzando áreas diversas como a académica, a artística, a comercial e a pedagógica. O grau de complexidade e desenvolvimento é grande o que permite aos robots analisar, tocar e inclusivamente compor música. Porém, nesta aplicação aqui apresentada, tomamos como ponto de partida, sobretudo o papel do robot enquanto interface e controlador na medida em que é ao robot que o utilizador vai suscitar determinado tipo de comportamento com a disposição dos *markers*. Sendo que o controle que o utilizador terá do robot está muito longe de ser total – é até diminuto – o que é um aspecto a favor desta aplicação que visa explorar sobretudo possibilidades aleatórias de manipulação. Falamos também de controlador na medida em que podemos comparar a situação à de um controlador MIDI como um teclado, por exemplo, que serve para transmitir informações de frequência, amplitude, timbre e duração. O robot vai transmitir informações de frequência e amplitude, através do seu percurso bem como do timbre, através da colisão com os *markers*. Assim sendo, acentuamos a ideia de que não se trata, nesta fase, de gerar sons, mas mais concretamente de estabelecer um processo de síntese. Trata-se antes de manipulação: alteração de um material previamente existente: os timbres em loop previamente carregados em base de dados.

Um aspecto importante a considerar é o facto de os resultados obtidos com esta aplicação nos reconduzirem à audição da especificidade dos sons uma vez que o que se ouve é sempre inesperado na medida em que é o robot que o está a produzir. John Cage, compositor americano do séc. XX e pioneiro na utilização de processos de acaso na composição musical dava particular atenção a esta possibilidade de ouvirmos os sons de forma despojada, evitando qualquer tipo de qualificação prévia. “For in this new music nothing takes place but sounds: those that are notated and those that are not. Those that are not notated appear in the written music as silences, opening the doors of music to the sounds that happen to be in the environment.” (Cage, 1973: 7-8)

O que importa considerar aqui, enquanto processo de acaso, é mais do que a aleatoriedade. Interessa também todo o tipo de imperfeições, por exemplo, que de outra forma não seriam conseguidas. “I myself use chance operations, some derived from the I-Ching, others from the observation of imperfections in the paper upon which I happen to be writing.” (Cage, 1973: 17)

Desenvolvimento da Aplicação

Toda a aplicação foi desenvolvida sob a plataforma Virtools com recurso à biblioteca de realidade aumentada (AR) VirtoolKit, programação VSL, programação Webbots (robots). Utilizou-se uma câmara de filmar Mini-dv para o reconhecimento vídeo (Tracking), dois robots Khepera (K-team) e uma área para interacção. Como suporte à aplicação, existe uma biblioteca de sons à qual o robot vai buscar os sons base.

A aplicação baseia-se num mecanismo de AR, vislumbrando-se assim um nova dimensão visual sobre a aplicação para ser desenvolvida posteriormente. Nesta primeira etapa a AR permite-nos detectar a posição dos *markers* (interface manipulado pelo utilizador) e movimentos do robot (agente artificial), funcionando então como o sistema de tracking para processamento de vídeo. São então obtidas as coordenadas do marker em tempo real, que são usadas como variáveis da frequência e do volume de um determinado som.

Dependendo do tamanho da área de interacção, o factor que transforma a amplitude e a frequência terá de ser ajustado. No exemplo apresentado, multiplicámos

os valores de X e Y por 0,1, de modo a rentabilizarmos melhor as dimensões desta aplicação (60x80cm). Na figura 2, podemos analisar a vista esquemática da programação para a transformação do eixo X (frequência) desenvolvida em Virtools.

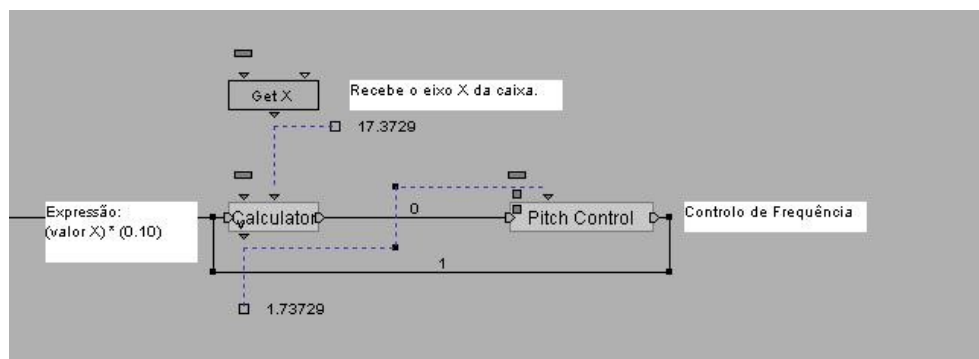


Figura 2. Visão esquemática das transformações no eixo X

Segundo esta estrutura, adicionou-se este código ao robot, enquanto os restantes *markers* são colocados para determinar colisões com robot e, por conseguinte, obrigá-lo a percorrer novos caminhos dentro do espaço da interacção. Sempre que o robot detecta um marker, a sequência de sons associada à base de dados é reordenada, fazendo que o timbre que o robot esteja a produzir seja imediatamente substituído por outro escolhido aleatoriamente na base de dados, composta por uma biblioteca de 12 sons essencialmente com o carácter de textura, enquanto na versão da aplicação com 2 robots, é associada uma segunda biblioteca com 12 sons de carácter mais rítmico.

Agenciamento

No decorrer desta interacção entre o utilizador e o robot, procura-se dissimular a fronteira entre programação e programador, visto que no espaço deste “jogo musical”, o prévio código em Virtools funde-se, no momento da interacção do utilizador com a programação do robot.

Não se trata propriamente de estudar como a simbiose ciborgue entre computadores e humanos, que ocorre através da experiência de jogar (Lathi, 2003: 157-170), reforça a característica humana de atracção pela máquina. Mais importante neste momento, é salientar que este tipo de aplicações ensinam os humanos a “pensar” como

os agentes, proporcionando um nivelamento entre raciocínio natural e artificial (Friedman, 1999).

Na aplicação Robosonic tentamos compreender como a máquina processa para procurar controlar os seus movimentos. É através do agenciamento que a ilusão deste processo comunicacional homem-computador se torna mais forte, visto que a ilusão de estarmos a comunicar com seres semelhantes, incrementa potencialmente a noção de “estar presente” nesse espaço de interacção (Murray, 1997: 154-182).



Figura 3. Posicionamento dos *markers* em interacção com os robots

Segundo Lahti, apreender a lógica da programação para construir jogos de computadores, onde podemos incluir outro tipo de espaços digitais como *softwares* com interface gráfica, revela uma consciência ciborgue que Ted Friedman indica como uma extensão humana dos processos computacionais (Lathi, 2003: 157-170). Não se trata apenas de entender a máquina, mas sim de trabalhar corporativamente com ela para criar. Se, por um lado, o utilizador tenta dominar os movimentos do robot e sons produzidos, do outro lado está a ser actualizada a programação que o criador da aplicação previamente desenvolveu tentando virtualizar todas as operações possíveis do espaço do “jogo”, ou seja, o programador funde-se criativamente com a programação e *hardware* para produzir este espaço interactivo.

A programação deixa de se limitar à criação de um espaço totalmente definido, onde o programador de uma forma estratégica e virtualmente lúdica, projecta um espaço para o utilizador experimentar e posteriormente criar. Não se trata apenas de “pensar como a máquina” mas de pensar com a máquina. «Are we using the computers, or are the computers using us? » (Maeda, 2003: 168) Pensando os *ciclos (loops)* de programação, John Maeda questiona até onde irá o computador sem a nossa directa interacção. Máquinas que funcionam em ciclos constantes, que lhes foram fornecidas capacidades para memorizar, podem ser consideradas autónomas, de natureza artificial, mas fruto da tecnologia humana.

Robosonic é assim a materialização de um “mundo habitável” no sentido que será ocupado por robots, bots, utilizadores e espectadores. Como numa tarefa usual, é espectável a procura de controlo desse pequeno mundo e, de igual modo, todo o desassossego que a falta de controlo poderá gerar. Tal acontece porque o espaço de jogo está habitado por outros agentes que se adaptam à nossa forma de interagir (Tveit, 2001), tentando fugir ao controlo devido à prévia programação, ou porque reagem de forma aparentemente imprevisível devido a “erros” de código.

O robot funciona como um agente que procura movimentar-se livremente no espaço da acção, interagido com a base de dados que é reordenada através de um factor de programação aleatório e do contacto dos *markers* com o robot, ou da detecção de outro robot. Nesta primeira fase, estes agentes apresentam uma inteligência artificial de nível elementar, pois limitam-se a reposicionar-se no espaço (*path finding*) sempre que os seus caminhos são barrados por obstáculos (*markers*), porém após os primeiros testes percebeu-se imediatamente que os agentes revolucionam por completo a interface da aplicação, criando um novo paradigma para a comunicação homem-máquina. Um espaço habitado de seres artificiais que reagem com a interacção humana parece dar personalidade ao *software* (Johnson, 1999: 176) e gerar uma atenção especial. Quando simulações de movimento se apresentam sincronizadas com imagem e som, geram sobre as audiências uma espécie de “special attraction” (Darley, 2000: 93-94).

Como definição aceite, os agentes apresentam propriedades próprias (Jennings & Woolbridge, 1996: 17-20) distinguidas como: autonomia, por desempenharem funções controladamente sem a directa intervenção humana ou de outros agentes; devem responder a elementos terceiros sempre que estes os contactem, mas mantendo

os seus objectivos individuais como regra, o que lhes confere a sua autonomia, aptidão social e capacidade de adaptação ao meio envolvente, respondendo às transformações que possam ocorrer; Logo, os agentes não devem ser previsíveis no desempenho das suas tarefas exibindo sentido de oportunidade para surpreender o utilizador.

Este conceito pareceu-nos então um óptimo motivo de trabalho para a criação de uma interface de comunicação hipermediada por software, hardware e agentes humanos, para a construção de sons que não podem de algum modo ser exclusivamente controlados pelo utilizador. Os agentes têm então um papel fundamental no descontrolo da manipulação e, por conseguinte, na procura de caminhos imprevisíveis que nos levem a resultados sónicos únicos, abstraindo o utilizador através da transparência da ligação que ocorre nesta interface de interacção homem-máquina.

Manipulação de Sons

Esta aplicação deve ser vista sobretudo por duas perspectivas diferentes: manipulação sonora e composição partilhada (*collaborative composing*).

Na manipulação o que deve ser observado é o modo como o percurso que o robot faz em determinado espaço vai proporcionar a modulação de duas das características do som, associadas aos dois eixos da movimentação: no eixo x, horizontal, a frequência e no eixo y, vertical, a amplitude. No caso da frequência a aplicação permite haver uma zona central na qual o som é reproduzido com a sua frequência base e depois sempre que se movimenta para a esquerda o som vai-se tornando mais grave do mesmo modo que ao movimentar-se para a direita o som se vai tornar mais agudo. A programação definiu de início que tanto o grave como o agudo extremos serão sempre sons audíveis, i.e., sons que entrem dentro do espectro de audição do ser humano (entre 20 e 20000 Hz). No caso do eixo vertical assume-se a possibilidade de o som ir do zero – ausência de som – até ao volume máximo que a aplicação permite. Dado o tipo de funcionamento da aplicação, foi propositadamente deixada de parte a questão da afinação. O que conta é sobretudo o que se ouve sem que haja a preocupação de integração desse som no contexto de uma escala, enquanto nota musical. É o material sonoro que conta. “Ultimately, however, musical instruments, scales, and tuning systems are only the material and conceptual infrastructure onto

which musical style is built. They may, in part, determine *what* sounds are played, but they have much less influence on *how* they are played.” (Théberge, 2006: 285-286)

Outro tipo de interfaces, como os controladores MIDI, permitem a manipulação de parâmetros com a frequência (notas). O que aqui surge de particular e único é que a movimentação aleatória do robot no espaço vai sugerir resultados, ao nível de combinações amplitude / frequência, únicos. E é nessa medida que a questão da interface mostra o interesse no contexto desta aplicação. “And this is the effect that processes have in experimental music: they are the most direct and straightforward means of simply setting sounds in motion; they are impersonal and external and so they do not have the effect of organizing sounds and integrating them, of creating relationships of harmony as the controlling faculty of the human mind does.” (Nyman 1999: 29)

A experimentação no contexto da manipulação dos sons deve ser aqui tida em conta como elemento determinante neste processo. Mais importante do que conduzir a aplicação, enquanto ferramenta, na direcção da obtenção de determinados resultados – sempre condicionados dado o facto de utilizarmos essa ferramenta e ela por natureza deixar a sua inscrição no resultado obtido – o que interessa é verificar o que essa aplicação tem para nos dar e que tenha uma carácter imprevisível: como é que ela nos pode surpreender? Por experimentação queremos aqui significar a tentativa de levarmos esta ferramenta ao limite de modo a que ela nos possa proporcionar resultados que não haviam sido previstos. “Experimental composers have evolved a vast number of processes to bring about ‘acts the outcome of which are unknown’ (Cage). The extent to which they are unknown (and to whom) is variable and depends on the specific process in question. Process may range from a minimum of organization to a minimum of arbitrariness, proposing different relationships between chance and choice, presenting different kinds of options and obligations”. (Nyman 1999: 4)

Nesta ideia de experimentação importa reforçar o conceito de aleatoriedade e indeterminação: eles são a chave para a obtenção da novidade. É sintomática esta afirmação de Qubais Gazala acerca das suas práticas de manipulação e alteração de instrumentos musicais e outros dispositivos de modo a com isso transgredir, por assim dizer, a previsibilidade de tais instrumentos e dispositivos tal como são disponibilizados ao público: “We have now entered a world where music no longer adheres to human presumption in theory, circuit design and composition. Thus, great new sounds and

musical realities can occur as one sits with one's out-of-theory instrument, a truly alien instrument, and listens to its metamorphosed output.” (Gazala, 2004: 98)

A este nível interessa-nos particularmente colocar aqui a questão do aleatório na composição musical. O tema não é novo, várias vezes foi tratado na história da música. Os recentes desenvolvimentos tecnológicos entretanto surgidos permitiram aprofundar este tipo de prática. Várias hipóteses e metodologias poderiam ser aqui consideradas. No caso particular desta aplicação interessa-nos invocar alguns dos pressupostos considerados por John Cage. Nomeadamente a questão da presença do acaso no processo de composição. Acaso este que aqui nos interessa perspectivar sobretudo sob a forma de inesperado. Inesperado porque o que o robot vai fazer com os sons previamente definidos em base de dados traduz-se na audição de efeitos inesperados. Certo tipo de combinações x e y dificilmente poderiam ser atingidas de outra forma. Se a isto somarmos a possibilidade de alguém interagir com o robot colocando os *markers* em determinada posição do espaço de acção o que vai fazer com que os sons sejam alterados, as variáveis aumentam e a possibilidade de resultados inesperados aumenta também. “I was exploring chance electronics. While simple, the process is explosive in its startling audio output. Fantastic aleatoric music might result composed of either “real” instruments (samples) or layers of evolving indefinable sounds” (Gazala, 2004: 98)

John Cage, enquanto compositor, ocupa uma posição de destaque no que diz respeito à utilização de procedimentos experimentais no contexto da composição musical ao longo do séc. XX. O conceito de acaso na composição musical é particularmente importante na obra deste compositor. Ele advogava que o acaso tinha toda a legitimidade enquanto procedimento de composição. Para ele a indeterminação que poderia ser conseguida, quer com os instrumentos musicais tradicionais, quer com dispositivos elaborados com o propósito de prosseguir esse tipo de manipulações, deveria ver reconhecida o seu estatuto no contexto da composição contemporânea. Cage rejeitava de forma clara uma certa obstinação por parte de muitos compositores em considerarem o acaso como não fazendo parte do glossário e da praxis da composição. Para Cage essa rigidez de propósitos que tudo pretende agrupar, incluir e catalogar é nefasta e criativamente limitadora. Sobretudo porque invalidada a obtenção de resultados inovadores, o que, em rigor, deveria ser precisamente uma das linhas de orientação de qualquer compositor.

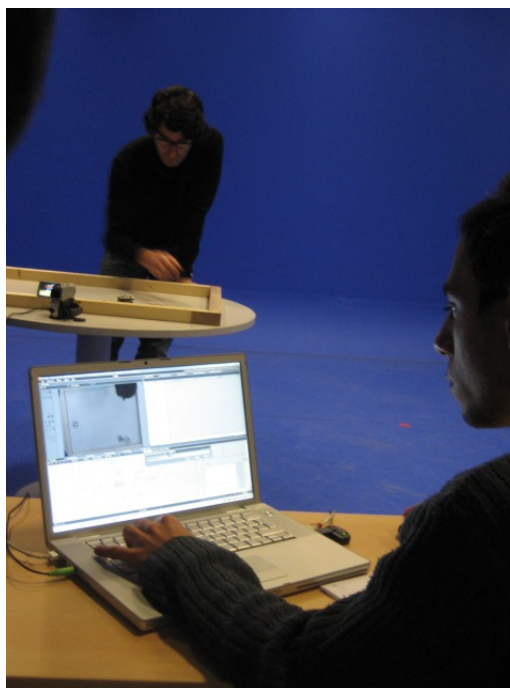


Figura 4. Realidade aumentada e computador providenciando livreria de sons com vista à interação

O conceito de composição partilhada desempenha aqui um papel importante. Trata-se sobretudo de verificar como é que o robot, enquanto dispositivo tecnológico, permite esta composição partilhada. A um nível elementar, quando duas pessoas interagem com os seus instrumentos já estão numa situação de composição partilhada. Mas aqui o ponto central é a partilha entre o comportamento dos robots e quem vai interagir com eles, Trata-se de composição partilhada na medida em que os robots oferecem uma parte do material: o seu comportamento específico no espaço que vai permitir uma determinada modulação dos sons. Por sua vez os utilizadores que interagem com o robot, mudando de posição os *markers* com os quais este colide e que vão suscitar que ele active outros sons, são a outra parte do material que se junta nesta colaboração. Isto vai permitir que o utilizador tenha sempre uma margem de manobra – sabe, por exemplo, que se colocar o marker à frente do robot ele vai chocar e mudar o som e sabe que se afastar o marker o robot não colide e mantém esse som durante mais tempo. Ainda assim a possibilidade de controlo do utilizador é limitada dada a imprevisibilidade do comportamento aleatório do robot. A este respeito deve ser analisado o artigo de Kapur, A.; Eigenfeldt, A.; Bahn, C. e Schloss, A. Sobre a composição musical partilhada utilizando robots: “The goal of many of the

predecessors in the academic and artistic circles who build musical robotic systems has been to design new instruments to Express new musical ideas, not attainable by áudio speakers, or human performers.” (Kapur et al., 2008: 67) Com um primeiro impulso no sentido da produção industrial, o domínio da robótica tem-se expandido para outras áreas como o entretenimento, por exemplo. A utilização de robots em contextos de execução e criação musical vem-se desenvolvendo cada vez mais. Podemos até afirmar que, no domínio das artes, a música é aquela na qual se tem verificado uma utilização mais profícua de robots. Certas características contribuem para este impacto, nomeadamente o facto de o robot se prestar a um papel interessante enquanto interface de aplicações musicais bem como o facto de a música ser uma arte que lida de uma forma intrínseca com a criação e manipulação, neste caso de sons, actividade na qual os robots dadas as suas características específicas podem prestar um valioso contributo.

Conclusão

O desenvolvimento desta aplicação permitiu consolidar conhecimentos e cruzar informações de áreas distintas como a robótica, a realidade aumentada e a composição musical.

Tal permitiu estabelecer uma base de conhecimento que pode posteriormente ser desenvolvida, nomeadamente com a integração de mais robots, a integração da componente vídeo associada à manipulação sonora desenvolvida pela aplicação e a interacção de outros músicos e respectivos instrumentos com esta aplicação.

Deve também ser considerada a possibilidade de estes sons manipulados por esta aplicação poderem ser gravados para posterior utilização noutros contextos, reforçando a ideia da utilização desta aplicação como um meio e não apenas como um fim.

O lado performativo e a questão da interface tem também uma importância clara neste estudo. A experiência é performativa, no sentido em que o utilizador, ou utilizadores, são projectados para um espaço de criação, simulação e visualização. Agem no momento da interacção e assistem ao desenrolar da acção causada pelos movimentos dos robots.

De futuro interessa desenvolver a aplicação no sentido de a poder integrar como outras plataformas de criação e manipulação de som e imagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Professor João MCS Abrantes, Professor Manuel Costa Leite, José Maria Dinis e Fernando Marques pela sua incondicional ajuda.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia através do projecto Evolutio: from Evolutionary Robotics to the Philosophy of Natural Cognition and Communication (PTDC/FIL/75060/2006).

Referências Bibliográficas

- CAGE, John (2001) - Silence, Hanover, Wesleyan University Press
- DARLEY, A. (2000), Visual Digital Culture, surface play and spectacle in new media games, London, Routledge
- FRIEDMAN, Ted, (1999) Civilization and Its Discontents: Simulation, Subjectivity, and Space, in Discovering Discs: Transforming Space and Genre, CD-ROM, ed. Greg Smith, New York University Press <http://www.duke.edu/~tlove/civ.htm>
- GHAZALA, Quobais, (2004), “The Folk Music of Chance Electronics: Circuit-Bending the Modern Coconut” in Leonardo Music Journal, vol. 14.
- JENNINGS, J. & WOOLDBRIDGE, M. (1996), *Software Agents*, IEE Review, January, pp.17-20, <http://www.ecs.soton.ac.uk/~nrj/pubs.html#1996>
- JOHNSON, Steven, (1997), Interface Culture: How new technology transforms the way we create and communicate. 2ed. New York. Basic Books.
- KAPUR, A.; EIGENFELDT, A.; BAHN, C. e SCHLOSS, A.(2008) - “Collaborative Composition for Musical Robots” in ARTECH 2008, 4th Conference on Digital Arts.
- LAHTI, M. (2003), “As We Became Machines” in *The Video Game Theory Reader*, Taylor & Francis Books, Routledge
- MAEDA, J. (2003), “The Infinite Loop”, in *Code – The Language of Our Time*, Ars Electrónica 2003, Germany, Hatje Cantz
- MURRAY, J. (1997), Hamlet on the Holodeck - The Future of narrative Cyberspace, New York, The Free Press
- NYMAN, M. (1999), Experimental Music, Cage and Beyond, Cambridge, Cambridge University Press
- THÉBERGE, P. (2006) “Music / Technology / Practice; Music Knowledge in Action” in Bennett, A.; Shank, B.; Toynbee, J – *The Popular Music Studies Reader*, London, Routledge.
- TVEIT, A. (2001) *A survey of Agent-Oriented Software Engineering*, Norwegian University of Science and Technology, <http://csgsc.idi.ntnu.no/2001/pages/papers/atveit.pdf>