

Puzzles : Explorando Designs Multimodais

Jaime Carvalho, Luís Duarte, Diogo Marques, Luís Carriço

LaSIGE & Department of Informatics, University of Lisbon
Edifício C6, Campo-Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal
Phone: +351217500247 ext.26329

{jcarvalho, lduarte, dmarques}@lasige.di.fc.ul.pt, lmc@di.fc.ul.pt

Resumo. Os dispositivos móveis penetram nas nossas vidas diárias e são constantemente usados de forma amplificada para uma multiplicidade de contextos e situações. Jogos móveis casuais são cada vez mais populares devido à sua simplicidade, falta de empenho exigido e negligência por uma destreza particularmente elevada, caminhando lado a lado com o tempo reduzido e dividido associado a variados contextos nómadas diários. No entanto, este ambiente também é menos controlado e propenso a enfatizar diferentes habilidades e momentaneamente desactivar as modalidades de interacção mais habituais. Neste artigo, concentrámo-nos em jogos de puzzle móveis e exploramos diferentes instâncias deste tipo de jogo. Para cada construção configurámos diferentes modalidades de interacção. Ao fornecer versões alteradas sobre um conceito de jogo semelhante, acreditamos estar a oferecer opções de jogabilidade para diferentes cenários, mas também para lidar com diversas habilidades individuais, em particular, promovendo a inclusão das pessoas com deficiência. Neste artigo, apresentamos as nossas instâncias do jogo Multimodal Puzzle Game, juntamente com uma avaliação realizada com 48 participantes (12 dos quais são deficientes visuais). Os resultados mostraram que as variações jogáveis criadas a partir de um jogo tradicionalmente visual (puzzles) são viáveis, desafiantes e divertidas. Além disso, os resultados sustentam que a multimodalidade é um factor chave para a inclusão das pessoas com deficiência.

Palavras-Chave: Mobilidade, Jogos, Puzzle, Modalidades, Interacção, Áudio.

1 Introdução

Os videojogos podem ser usados para vários fins, que vão desde entretenimento pessoal [5][7], servindo como um catalisador de interacção social [12], como uma ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem [4] ou até como uma plataforma experimental para novas tecnologias ou para conceitos de design [3]. No domínio do entretenimento, e com a proliferação de vários tipos de dispositivos móveis [2], os videojogos estão actualmente difundidos em diferentes plataformas [3][12][16]. Além disso, dado o aumento da potência computacional [8] e número de funcionalidades presentes nos dispositivos móveis modernos, promovem a utilização de diferentes

modalidades [13] para oferecer desafios alternativos aos jogadores que de outra forma não seria possível no passado [6].

Com a combinação de todos os componentes supramencionados surgiram os jogos casuais móveis com características multimodais. Em conformidade com Oviatt et al. [11], cerca de 95% dos utilizadores preferem uma interacção multimodal. Além disso, usando um maior número de modalidades podemos aumentar o vocabulário de símbolos disponíveis para o utilizador, levando consequentemente a uma maior acessibilidade [10]. Num contexto móvel, de vez em quando todas as pessoas se encontram em situações inibidas ou prejudicadas [15]. Estes cenários, bem como no caso de deficiências individuais dão espaço para diferentes modalidades de interacção. Estas são susceptíveis de ser capazes de lidar com uma ampla gama de habilidades e cenários, que deste modo promovem a inclusão [17]. Recorrendo a diferentes modalidades torna-se susceptível apoiar os utilizadores em diferentes cenários e nas habilidades envolvidas com modalidades divergentes também distintas.

Jogos casuais devem ser fáceis de jogar, ter regras e interfaces simples [9], bem como serem discretos e facilitarem as interrupções rápidas e inesperadas. Os jogos casuais são divertidos e extremamente populares, e provaram alterar o estado físico do jogador, aumentando o humor e diminuindo o stress [14]. No entanto, um dos tipos de jogos que ainda carecem de suporte adequado são os jogos de puzzle. Houve uma implantação de um jogo de puzzle para promover a comunicação e a colaboração entre as crianças com distúrbios do espectro autista [1], mostrando que ao jogar e ter divertimento as pessoas podem criar e estabelecer ligações. Existem alguns exemplos de jogos de puzzle que vão além da versão visual original [5], mas estes demonstram ser muito simplistas, ou que todo o potencial dos *smartphones* modernos está ainda por explorar, para poder proporcionar aos jogadores desafios adequados, especialmente com representações de puzzle que vão para além do puzzle tradicional.

Neste artigo, vamos concentrar-nos em jogos de puzzle casuais móveis. O nosso objectivo é explorar diferentes designs de modalidades ao longo deste tipo de jogo. Pretendemos mostrar que as implementações diferentes do mesmo contexto são viáveis e ainda desafiadoras e divertidas. Desenvolvemos três variações diferentes.

O nosso objectivo final é fornecer variações de um jogo que se ajustam aos requisitos de diferentes contextos móveis. Ao fornecer alternativas construídas num amplo conjunto modalidades de interacção acreditamos possibilitar a jogabilidade num conjunto mais amplo de situações e contextos, e promovem a inclusão das pessoas com deficiência física. Apresentamos um estudo onde a dificuldade, desafio, jogabilidade e diversão das variações dos jogos de puzzle foram postas à prova. Os resultados mostraram que as alternativas mantêm os conceitos subjacentes à versão original e são ao mesmo tempo desafiadoras e divertidas.

2 Jogos de Puzzle

A aplicação do jogo, o *Multimodal Puzzle Game*, foi desenvolvida para plataformas *Android* que permite aos utilizadores resolverem uma variedade de puzzle de diferentes modalidades. As soluções disponíveis no mercado ainda estão enraizados no conceito original, resolver puzzles visuais. Como tal, imaginámos um jogo que

permite aos jogadores não só resolverem puzzles de imagem, mas também musicais, onde o principal objectivo é colocar segmentos de uma peça musical na ordem correcta. O modo visual é inspirado nos puzzles de papelão tradicionais onde os indivíduos necessitam de colocar as peças nas posições adequadas para reconstruir uma imagem específica. O modo de áudio não tem sido explorado tanto em investigação como na indústria dos videojogos. Proporcionamos um desafio para reconstruir uma música fragmentada, colocando cada segmento na ordem correcta.

2.1 O Modelo Base: O Modo Visual

Neste modo, todas as imagens dos puzzles têm um formato quadrado, o que significa que os puzzles terão x^2 peças, onde x é um valor configurado pelo jogador correspondente ao número de peças por linha. O jogo oferece dois tipos de ajuda, individual e global. No modo individual, os jogadores são capazes de tocar um quadrado em particular na área de solução do puzzle para revelar apenas o pedaço da imagem pertencente à localização seleccionada. No modo global, tocando na área por resolver, a solução inteira é revelada, o que significa que a figura total do puzzle é mostrada ao jogador. A interface do jogo é composta por três zonas principais como podemos ver na Figura 1 (esquerda, centro), a zona superior que mostra a pontuação, a região principal ao centro onde se encontra a área para solucionar o puzzle, e a zona inferior que contém todas as peças do puzzle segmentadas. As peças podem ser arrastadas e colocadas sobre a área de solução; se for correctamente posicionada, uma subtil transparência verde é apresentada sobre a peça e um ponto é adicionado à pontuação do jogador, se for colocada de forma incorrecta, uma camada transparente vermelha é apresentada e três pontos são deduzidos da pontuação do jogador.

2.2 Adicionar Áudio: O Modo Áudio Misto

O modo de áudio é a inclusão mais relevante para o jogo de puzzle. O objectivo consiste em ordenar correctamente uma música que foi dividida num número configurável de segmentos, de forma semelhante ao modo visual. Cada segmento tem aproximadamente um segundo de tempo. Durante o decorrer do jogo, os jogadores têm dois tipos de ajuda à sua disposição, individual e global (semelhante ao modo visual). No modo individual, tocando numa zona particular da área de solução é possível ouvir o segmento musical correspondente a essa zona. No modo global, tocando na área de solução, toda a música é reproduzida. O tipo de ajuda pode ser ajustado no menu de opções em qualquer momento e de acordo com as preferências do jogador e o seu estilo de jogo. A interface do modo áudio misto (Figura 1 – direita, centro) é semelhante à versão anterior (modo visual). Mantendo a mesma apresentação e forma de jogar, mas simplesmente adicionando áudio e retirando as imagens, as peças tornaram-se pequenas figuras *Android*, todas com a mesma aparência, mas com um segmento de música subjacente diferente.

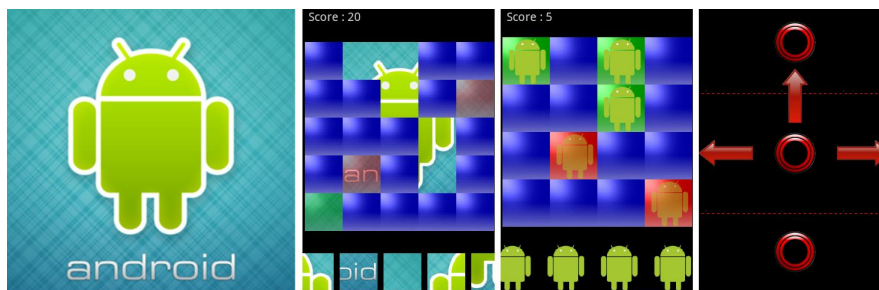


Figura 1. Imagem utilizada nos ensaios (esquerda), interface modo visual (esquerda, centro) interface modo áudio misto (direita, centro) e exemplo de interação no modo áudio (direita).

2.3 Retirar Visão: O Modo Áudio

Neste modo, o *feedback* visual foi retirado do jogo, significando que durante o jogo todo o ecrã fica preto. A jogabilidade foi transformada em simples combinações de movimentos dos dedos e *feedback* áudio e háptico. A Figura 1 (direita) representa a divisão do ecrã através das linhas tracejadas, e as formas de interação possíveis, setas para deslizamentos com o dedo e círculos para o duplo-toque. O ecrã está igualmente dividido em três zonas. A área de destino para as peças está colocada na parte superior. A zona central contém a peça seleccionada, enquanto a área inferior contém a música completa que está a ser jogada. Com um duplo toque na zona central o utilizador pode ouvir a peça actual. Ao deslizar o dedo para a direita ou para a esquerda, a próxima peça será seleccionada, agindo como uma fita de peças não jogadas, contendo os diferentes segmentos musicais. Ao deslizar para cima, o utilizador tenta colocar a peça na posição correcta. Sons e padrões de vibração distintos são apresentados ao utilizador associados ao sucesso ou ao fracasso da colocação de uma peça. Nenhuma manipulação da fita de destino é possível, transformando o posicionamento das peças numa forma sequencial, seguindo assim a ordem natural da música a ser jogada (a primeira peça a ser colocada deve ser o primeiro segmento da música e assim por diante). Com um duplo toque na área de solução o jogador poderá ouvir o que já completou do puzzle até ao momento, assim como o mesmo gesto na zona inferior tocará toda a música. O puzzle pode ter quaisquer x peças, enquanto x^2 não exceder o tamanho máximo da música seleccionada. As peças são distribuídas aleatoriamente sobre a fita central. Um sintetizador de fala foi usado para ler informação relevante para o utilizador.

3 Avaliação

Realizamos um estudo de utilizadores para avaliar o fluxo de diferentes abordagens de jogos de puzzle móveis. Particularmente, focamo-nos nas diferenças e nas semelhanças entre as diferentes modalidades, bem como na opinião dos utilizadores a respeito do divertimento e do desafio.

O principal objectivo deste estudo é avaliar a viabilidade de diferentes abordagens do mesmo jogo através modalidades distintas, mantendo mesmo assim uma relação entre elas. Em detalhe, pretendemos responder às seguintes questões de pesquisa: 1) Podem diferentes versões com modalidades distintas do mesmo jogo manter desafio do jogo? 2) A multi-modalidade é benéfica para o desempenho do utilizador? 3) São os padrões de jogabilidade semelhantes entre diferentes versões? 4) Somos capazes de promover a inclusão através de modalidades alternativas de jogo?

3.1 Modos de Puzzle

Este estudo foi composto por 3 versões do jogo de puzzle móvel: o modo visual, o modo audio-misto e o modo de áudio. Tanto a versão áudio-misto e a versão áudio, como puzzles baseados em música, foram parametrizados com o mesmo nível de dificuldade: 16 peças. Isto foi feito de modo a possibilitar a comparação entre ambos. O modelo de base, o modo visual, variou no número de peças, passando a ser 25. A discrepância no tamanho dos puzzles é devido diferença de tempo gasto para solucionar o modo de áudio que é significativamente maior do que no modo visual.

A versão áudio para o conjunto de utilizadores invisuais foi parametrizada com 9 peças, uma vez que este foi um bom compromisso encontrado nas avaliações preliminares feitas com utilizadores representativos da população alvo. Esta diminuição deve-se principalmente às diferenças encontradas entre este conjunto (mais velho e menos proficientes com a tecnologia abordada) e o resto da amostra.

3.2 Participantes

Quarenta e oito (48) pessoas foram recrutadas para participar neste estudo. Esta amostra está dividida em dois subconjuntos: o primeiro composto de 36 participantes (27 homens e 9 mulheres) recrutados no campus universitário, com idades compreendidas entre 20 e 33 anos ($M=24.6$, $SD=2.85$); o segundo composto de 12 pessoas invisuais (9 homens e 3 mulheres) recrutados a partir de um centro de formação para deficientes visuais, com idades compreendidas entre 36 e 61 anos ($M=49.8$, $SD=8.21$).

Tabela 1. Caracterização média das amostras dos quatro grupos de participantes recrutados.

	Age average [sd]	Puzzler? %	Gamer? %	Musical formation? %
Visual Group	24.8 [2.7]	41.67%	91.67%	25.00%
Mixed Group	23.8 [1.5]	25.00%	100.00%	41.67%
Audio Group	25.4 [3.8]	50.00%	100.00%	41.67%
Blind Group	49.8 [8.2]	0.00%	25.00%	41.67%

O estudo foi composto por quatro grupos de 12 pessoas cada um associado a um modo de Puzzle, sendo aleatoriamente designadas para qualquer um dos modos; visual, misto-áudio ou áudio. Os invisuais foram designados para o modo de áudio. Não foram observadas diferenças significativas em relação à idade entre os conjuntos

de utilizadores com visão. Foi encontrada uma diferença significativa entre as amostras de utilizadores deficientes visuais e não visuais (U Mann-Whitney, $U=0.0$, $Z=-5.167$, $p<0.001$).

A Tabela 1 apresenta uma caracterização de cada grupo referente à idade, hábitos em jogar puzzles e jogos de computador e à formação musical. Diferenças notáveis são observadas a partir do grupo de invisuais em relação a todos os outros no que diz respeito à idade e aos hábitos em jogar puzzles e jogos de computador. Entre os participantes com visão, existem algumas diferenças em relação aos hábitos de jogo e a jogar puzzles, mas não tão acentuada.

3.3 Procedimento

O período experimental iniciou com uma entrevista de experiência prévia para caracterização dos sujeitos. Após esta fase, os participantes foram divididos aleatoriamente entre os diferentes modos de jogo. Excepção feita para o grupo de participantes invisuais que foram deterministicamente atribuídos ao modo de áudio.

Cada participante resolveu 3 puzzles. Para os participantes com visão, cada um destes ensaios variou na distribuição das peças na fita para a mesma imagem ou música. As peças foram caracterizadas em três tipos distintos, Tipo-1 como sendo peças de maior importância, as que serão mais facilmente colocadas: representam a figura do *Android*; as peças de Tipo-2 são aquelas que seguem em termos de importâncias às anteriores: letras e saliências menos visíveis; e por fim, Tipo-3, as últimas a ser colocadas: o fundo de cor semelhante. No primeiro jogo, as peças do Tipo-1 e Tipo-2 foram aleatoriamente espalhados por toda a faixa. Noutra configuração, as peças do Tipo-1 e Tipo-2 foram vigorosamente colocadas no final da tira. Na última configuração, as peças do Tipo-1 e Tipo-2 foram forçosamente colocadas no início da faixa. Esta ordem foi propositadamente mantida para todos os participantes. A imagem utilizada foi a da Figura 1 (esquerda), enquanto a música utilizada foi composta de um ritmo constante de sons semelhantes que num instante chave, o segmento inicial da 5ª Sinfonia de *Beethoven* é tocada, que começa aos 6 segundos e dura mais seis, parando no 12º segundo.

A metodologia seguida com os participantes invisuais foi um pouco diferente. Este grupo mostrou ser muito distinto em experiência com tecnologia, jogos, dispositivos móveis e, no geral, demograficamente. Isto não permite uma comparação justa com os outros grupos. Por outro lado, avaliando a viabilidade de um jogo para pessoas invisuais ainda é um desafio a ser respondido neste trabalho. Os participantes resolveram puzzles musicais de 9 peças com três músicas ao acaso. Assim, uma abordagem mais realista foi empregada. As músicas seleccionadas foram: 5ª Sinfonia de *Beethoven*, uma música mais instrumental, "*Diamond on the Inside*" de *Ben Harper*, música com letra em Inglês, e "*Porto Sentido*" de *Rui Veloso*, uma canção nacional com letra em Português. Neste cenário, a ordem das músicas foi distribuída aleatoriamente para contrariar os efeitos da ordem. Um pós-questionário foi utilizado como uma escala de Likert de 5 pontos para avaliar as opiniões dos utilizadores.

Usamos o *Samsung Galaxy Mini* como dispositivo de ecrã táctil, que executa o sistema operativo *Android*. O dispositivo foi previamente carregado com a última versão do jogo de puzzle multimodal. Este foi formulado para gerir e guardar a sessão

com cada participante. Na versão áudio para invisuais, foram fornecidas instruções através de leitura automática de texto (TTS Pico foi usado como sintetizador de fala).

3.4 Resultados

A avaliação foi constituída com um design intra-sujeito, onde cada grupo de 12 pessoas realizou três puzzles, dentro de um único modo de jogo. As variáveis dependentes foram o *tempo* para completar o puzzle, o número de *tentativas de colocação das peças*, o número de *ajudas individuais* e de *ajudas globais* necessária durante um jogo. Normalidade dos dados foi avaliada recorrendo a testes de normalidade de Shapiro-Wilk. Foram realizados testes não paramétricos devido à existência de dados não-normalizados. As comparações foram realizadas apenas entre os grupos com o mesmo desenho experimental (áudio-misto e áudio). Dentro de cada modo, as diferenças relativas aos 3 jogos foram também avaliadas com um teste intra-sujeitos não-paramétrico (Friedman) e testes post-hoc de Wilcoxon Signed Rank com as correcções de Bonferroni para avaliar pares de diferenças significativas. Comparações de dados ordinais ou não-normais entre os dois grupos foram avaliados recorrendo a Mann-Whitney, enquanto Kruskal-Wallis foi utilizado por mais de dois grupos incomparáveis. Neste caso, testes post-hoc de Mann-Whitney, com as correcções de Bonferroni foram utilizados para identificar diferenças emparelhadas.

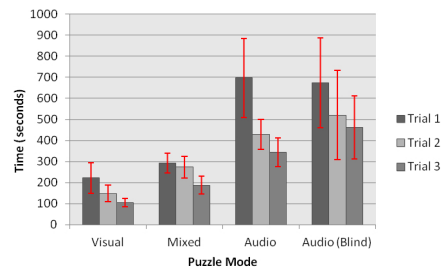


Figura 2. Tempo médio (em segundos) para realizar cada um dos três puzzles dentro de cada modo diferente. As barras de erro indicam os intervalos de confiança de 95%.

3.4.1 O Modo Visual

A Figura 2 apresenta o *tempo* médio gasto pelos participantes para realizar os puzzles nas diferentes versões avaliadas. O modo visual, embora parametrizado com mais peças do que todos os restantes, mostra-se mais rápido de realizar. Isto sugere que este tipo de puzzles visuais é menos exigente do que as versões baseadas em áudio. Os resultados mostram uma tendência de melhoria de jogo para jogo relativamente ao *tempo* no modo visual. Um teste de Friedman revelou diferenças significativas entre os três ensaios jogadas ($\chi^2(2)=18.5$, $p<0.0001$). Um teste post-hoc usando testes de Wilcoxon com correcção de Bonferroni mostrou diferenças significativas entre T1 e T2 ($p<0.05$) e entre T2 e T3 ($p<0.05$). As diferenças entre T1 e T3 estão implícitas. Por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas durante os três jogos relativamente às *tentativas de colocação de peças* (Figura 3 à esquerda), *ajudas individuais* (Figura 3 à direita) ou *ajudas globais*.

Para melhor compreender o desempenho obtido pelos jogadores neste modo, identificamos através dos dados recolhidos que a maioria das *tentativas de colocação das peças* está directamente relacionada com as peças de fundo e, que todas as peças representativas da figura do *Android* são facilmente colocadas. O número de *ajudas individuais* foi raramente usada, tal como a ajuda global.

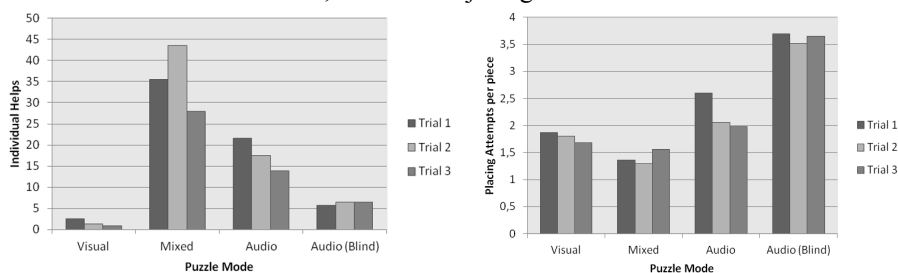


Figura 3. Número das ajudas individuais usadas em cada um dos três ensaios dentro de cada modo de puzzle diferente (direita) e, número das tentativas de colocação das peças em cada um dos três ensaios dentro de cada modo de puzzle diferente (esquerda).

3.4.2 O Modo Áudio Misto

O modo áudio-misto apesar de proporcionar uma representação visual tanto das peças como das zonas-alvo e, portanto, permitindo a colocação das peças em qualquer parte do puzzle, funciona através de uma modalidade diferente: o som. Os ensaios foram conduzidos com uma música composta por segmentos claramente definidos (5ª Sinfonia de *Beethoven*) e um fundo menos variável. O gráfico na Figura 2 sugere menores diferenças de *tempo* entre os dois primeiros ensaios, mas uma grande melhoria no terceiro. Um teste de Friedman mostrou um efeito em relação ao *tempo* relativo aos três jogos ($\chi^2(2)=7.167$, $p<0.005$). Testes post-hoc mostraram que a diferença é significativa somente entre T1 e T3 ($p<0.005$). Não foram encontradas diferenças significativas nas *tentativas de colocação das peças* ou na utilização da *ajuda global*. Diferenças significativas foram novamente encontrados na utilização da *ajuda individual* (teste de Friedman, $\chi^2(2)=7.579$, $p<0.05$) com testes post-hoc a revelar a sua presença somente entre T2 e T3 (Wilcoxon, $p<0.005$). A Figura 3 (direita) apresenta o número de ajudas individuais usadas em todos os modos de puzzle ao longo dos três jogos, ilustrando este comportamento.

Na Figura 4 (direita) apresentamos o número de tentativas de colocação das peças e das ajudas individuais para cada peça do puzzle, juntamente com o espectro de onda da música jogada. Por outro lado, o uso da ajuda individual é elevado, mas podemos discriminar uma ligeira diferença no trecho da 5ª Sinfonia de *Beethoven* (dos 7 aos 12 segundos no espectro), com uma excepção para a peça número 10. O facto de recorrer menos à ajuda pode estar relacionado com o conhecimento da música ou parte dela.

3.4.3 O Modo Áudio

O modo de áudio distingue-se do modo áudio-misto, eliminando a matriz alvo quadrada. Mas uma importante restrição é aplicada: as peças não podem mais ser colocados em qualquer lugar da zona-alvo, são agora colocadas pela ordem natural da

música, do primeiro segmento de áudio até ao último. Na Figura 2 percebemos que isso leva a piores performances em relação ao *tempo*, particularmente num primeiro contacto com uma música e com uma faixa de peças desorganizadas. Este efeito sobre os ensaios dos três jogos mostrou-se significativo em relação ao *tempo* (teste de Friedman, $\chi^2(2)=19.5$, $p<0.001$) com testes post-hoc que revelaram uma diferença significativa entre todos os níveis ($p<0.05$). O número de *tentativas de colocação* também apresentou diferenças entre os ensaios (Friedman, $\chi^2(2)=13.35$, $p<0.005$). Estes foram revelados como significativos entre T1 e ambos T2 e T3 ($p<0.001$). Os ensaios mostraram existir um efeito sobre o número de *ajudas globais* necessárias (Friedman, $\chi^2(2)=9.644$, $p<0.01$). O número de *ajudas globais* ($p<0.05$) e de *ajudas individuais* (não significativo) é maior no primeiro jogo do que nos restantes.

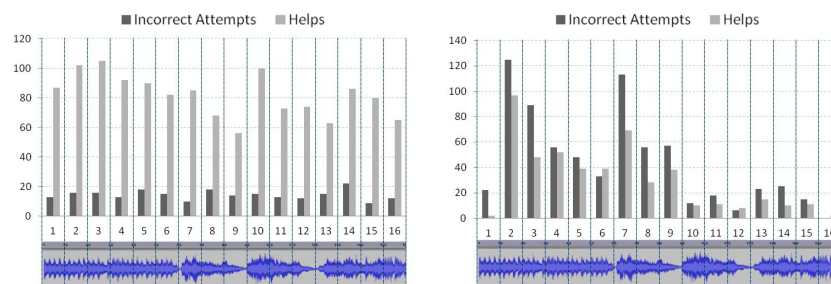


Figura 4. Número de tentativas incorrectas de colocação das peças e das ajudas individuais juntamente com a representação do espectro da música para cada peça no Modo Áudio-Misto (direita) e no Modo Áudio (esquerda).

A Figura 4 (esquerda) apresenta o número de *tentativas de colocação das peças* e da *ajuda individual* para cada peça do puzzle, juntamente com espectro da música. Tentativas elevadas, mas diminuindo ao longo da música, estão associadas com o segmento sonoro de fundo (excepção feita para a primeira peça que é mais fácil de identificar devido a um silêncio inicial), enquanto as menores tentativas estão associadas a mudanças claras na forma de onda do espectro da música.

3.4.4 Opinião dos Utilizadores

Para avaliar as opiniões dos nossos participantes para os diferentes modos de jogo foi aplicado um questionário após a conclusão dos ensaios, composto por quatro afirmações a serem classificadas de acordo com uma escala de Likert de 5 pontos (1- Discordo totalmente, 2- Discordo, 3- Neutro, 4- Concordo, 5- Concordo plenamente). Os resultados são apresentados na Tabela 2 (mediana e inter-quartil).

A primeira e terceira questões mostraram significado estatisticamente comprovado para os diferentes modos de puzzle. Quanto à dificuldade (Kruskal-Wallis, $\chi^2(2)=12.844$, $p<0.01$) os resultados mostram que os participantes acharam o modo misto mais difícil que o modo áudio (Mann-Whitney, $U=24.0$, $Z=-2.896$, $p<0.005$). No modo áudio, os utilizadores são forçados a preencher o puzzle seguindo a ordem natural da música, enquanto no modo misto estão livres para navegar através de ambos, na faixa das peças e na área de solução do puzzle, aumentando assim as interações com a aplicação (isto pode ser observado no número de ajudas necessárias no modo misto). As pessoas invisuais também consideraram a versão de áudio mais difícil de jogar do que os participantes com visão (Mann-Whitney, $U=20.0$, $Z=-3.224$,

$p < 0.005$). Quanto ao desafio, os resultados sugerem que os modos de áudio e misto são mais desafiadores do que o modo visual (não sendo estatisticamente significativo). O mesmo acontece para a dificuldade, os participantes invisuais parecem reconhecer este desafio: para além dos comentários realizados pelo desafio imposto, os participantes também se sentiram desafiados ao usar a interface, pois não se sentiam proficientes com dispositivos de ecrã táctil. Quanto à jogabilidade, as diferenças foram mais uma vez encontradas (Kruskall-Wallis, $\chi^2(2) = 18.243$, $p < 0.001$) entre os modos mistos e áudio (Mann-Whitney, $U = 24.0$, $Z = -3.005$, $p < 0.005$).

Tabela 2. Opiniões dos utilizadores (mediana [IQR]).

	Visual	Mixed	Audio	Audio (Blind Group)
<i>The puzzle game is difficult to play</i>	2 [1.25]	3 [1.25]	2 [1.00]	3 [1.00]
<i>The puzzle game is challenging</i>	3 [0.25]	4 [1.00]	4 [1.00]	5 [1.00]
<i>The puzzle game is playable</i>	4 [0.25]	4 [1.00]	5 [0.25]	4 [1.00]
<i>The puzzle game is fun</i>	4 [1.25]	3 [1.25]	4 [0.25]	4 [0.25]

4 Discussão

Estamos agora em posição de responder às questões de pesquisa propostas anteriormente neste documento.

1) Podem diferentes versões com modalidades distintas do mesmo jogo manter desafio do jogo? Ambas as versões, áudio e áudio-misto mostraram-se desafiadoras, mas ainda envolventes e divertidas. O desafio foi aumentado quando a modalidade visual foi retirada. O puzzle visual foi provado como sendo mais fácil do que os outros. Os participantes apoiaram a ideia de que os diferentes modos foram envolventes e desafiadores mostrando preferência para o modo áudio.

2) A multi-modalidade é benéfica para o desempenho do utilizador? Ao comparar as versões áudio-misto e áudio em termos de tempo, pode-se afirmar que de facto o *output* multimodal apresenta benefícios, uma vez que maximiza a largura de possibilidades de informação e de interacção. No entanto, os participantes mostraram uma ligeira preferência por abordagens unimodais, sugerindo que as opções unimodais são aconselháveis, mas as variações reais de multimodalidade podem reduzir o envolvimento. É preciso ter em mente que um jogo casual precisa de ter abordagens simples, naturais e unimodais para cair nesta categoria. O modo unicamente de áudio teve a classificação mais alta quanto à jogabilidade, sugerindo ser o mais apreciado pelos jogadores, pela sua forma simplista de jogar com apenas algumas interacções possíveis dos dedos.

3) São os padrões de jogabilidade semelhantes entre diferentes versões? As estratégias parecem ser comparáveis entre todos os métodos. No entanto, existem diferenças observáveis principalmente no que diz respeito ao uso da ajuda, o que é normal uma vez que certos modos sugerem a sua utilização (por exemplo, áudio-misto). Um aspecto importante é que estes comportamentos sugeridos parecem afectar a capacidade do utilizador melhorando o seu desempenho. Por exemplo, os participantes no modo misto dependem excessivamente em ouvir várias zonas-alvo

antes de colocar a peça pretendida. No modo áudio, como este tipo de verificação não é possível, as melhorias durante os ensaios são mais perceptíveis.

4) Somos capazes de promover a inclusão através de modalidades alternativas de jogo? O modo de áudio foi classificado como divertido, mas também como desafiador pelos participantes invisuais. Este grupo, mesmo com um baixo grau de habilidades tecnológicas e nenhuma experiência com dispositivos móveis de ecrã tátil, apresentou resultados aceitáveis no primeiro contacto e uma melhora notável nas provas restantes. Além disso, foram capazes de jogar o jogo com estratégias semelhantes com o grupo não-deficiente visual, mostrando que essas deficiências tecnológicas podem ser facilmente ultrapassadas com uma versão adaptada de um jogo de puzzle.

5 Conclusões

A variedade de exigências relacionadas com contextos nómadas sugere flexibilidade na forma como somos capazes de interagir com aplicações móveis. Neste artigo, apresentamos o *Multimodal Puzzle Game* que explora o uso de diferentes modalidades de interacção ao longo de um conceito de jogo semelhante: puzzles. Um estudo de utilizador revelou que as variações implantadas são desafiadoras e divertidas de jogar. Além disso, permitem a inclusão de grupos de deficientes, que não podem usar as versões convencionais. Isso também sugere que esta disponibilidade de versões alternativas sobre diferentes modalidades baseada em puzzles, possibilita a probabilidade de incluir uma ampla gama de contextos móveis.

De futuro pretendemos realizar um estudo longitudinal envolvendo um vasto número de jogadores. Além disso, esperamos conseguir uma versão jogável de uma versão háptica, pois contém a promessa de uma outra modalidade inclusiva, tanto em situações e como para possíveis utilizadores. *Multiplayer* em modo de cooperação e de colaboração no mesmo contexto de jogos de puzzle está também a ser explorado.

6 Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela FCT, através da Bolsa Individual SFRH / BD / 39496 / 2007, através do projecto PTDC/EIA-EIA/103676/2008 (InSIThe) e do Programa Plurianual de Financiamento.

7 Referências

- [1] A. Battocchi, F. Pianesi, D. Tomasini, M. Zancanaro, G. Esposito, P. Venuti, A. Ben Sasson, E. Gal, and P. L. Weiss, Collaborative puzzle game: a tabletop interactive game for fostering collaboration in children with autism spectrum disorders (ASD), Proceedings of the ACM ITS '09, ACM, 2009, pp. 197–204.

- [2] Henry Been-Lirn Duh, Vivian Hsueh Hua Chen, and Chee Boon Tan, Playing different games on different phones: an empirical study on mobile gaming, Proceedings of MobileHCI '08, ACM, 2008, pp. 391–394.
- [3] Marek Bell B. Brown M. Hall S. Sherwood Matthew Chalmers, Louise Barkhuus and P. Tennent, Gaming on the edge: Using seams in pervasive games, PerGames 2005 proceedings (Munich, Germany), 2005, pp. 11–18.
- [4] Angel del Blanco, Javier Torrente, Eugenio J. Marchiori, Ivan Martinez-Ortiz, Pablo Moreno-Ger, and Baltasar Fernandez-Manjon, Easing assessment of game-based learning with <e-adventure> and LAMS, Proceedings of the second ACM international workshop on Multimedia technologies for distance learning, MTDL '10, ACM, 2010, pp. 25–3.
- [5] Nicholas Diakopoulos, Kurt Luther, and Irfan Essa, Audio puzzler: piecing together time-stamped speech transcripts with a puzzle game, Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia, MM '08, ACM, 2008, pp. 865–868.
- [6] Eve Hoggan and Stephen A. Brewster, Crosstrainer: testing the use of multimodal interfaces in situ, Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems (New York, NY, USA), CHI '10, ACM, 2010, pp. 333–342.
- [7] Anneke Winter Paul Holleis, Matthias Kranz and Albrecht Schmidt, Playing with the real world, PerGames 2005 proceedings (Munich, Germany), 2005, pp. 43–50.
- [8] Hannu Korhonen and Elina M. I. Koivisto, Playability heuristics for mobile multiplayer games, Proceedings of the 2nd international conference on Digital interactive media in entertainment and arts (New York, NY, USA), DIMEA '07, ACM, 2007, pp. 28–35.
- [9] Annakaisa Kultima. 2009. Casual game design values. In Proceedings of the 13th International MindTrek Conference (MindTrek '09). ACM, pp. 58-65.
- [10] Oakley, I., Brewster, S. A., and Gray, P. D.: Solving multi-target haptic problems in menu interaction. CHI'01, Seattle, USA, pp. 357-358.
- [11] Oviatt, S. L., DeAngeli, A., and Kuhn, K. Integration and synchronization of input modes during multimodal human-computer interaction. CHI '97, New York, USA, pp. 415-422.
- [12] Volker Paelke and Christian Reimann, Vision-based interaction - a first glance at plazing mr games in the real-world around us, PerGames 2005 proceedings, 2005, pp. 92–97.
- [13] Thomas Reufer, Martin Panknin, and Christian Geiger, Sensodroid: multimodal interaction controlled mobile gaming, Proceedings of the 13th International Conference on Humans and Computers, HC '10, University of Aizu Press, 2010, pp. 32–36.
- [14] Russoniello, C. V. (2009). The effectiveness of casual video games in improving mood and decreasing stress. *Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation*, 2, pp. 53–66.
- [15] Andrew Sears, Min Lin, Julie Jacko, and Yan Xiao. When computers Fade...Pervasive computing and Situationally-Induced impairments and disabilities. In C. Stephanidis, editor, *Human-Computer Interaction: Theory and Practice (Part II)*, pages 1298–1302. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 2003.
- [16] Carolina Islas Sedano, Teemu H. Laine, Mikko Vinni, and Erkki Sutinen, Where is the answer?: the importance of curiosity in pervasive mobile games, Proceedings of the 2007 conference on Future Play (New York, NY, USA), Future Play '07, 2007, pp. 46–53.
- [17] Luis Valente, Clarisse Sieckenius de Souza, and Bruno Feijó. 2008. An exploratory study on non-visual mobile phone interfaces for games. In Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '08). Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, Brazil, Brazil, pp. 31-39.