

# Gestual Life

## Jogo Educativo de Língua Gestual Portuguesa

Ricardo Almeida  
DCTI – ISCTE-IUL  
rfvaa@iscte-  
iul.pt

Maria Luísa Brito  
DCTI – ISCTE-IUL  
mlcst@iscte-  
iul.pt

Pedro Sousa  
DCTI – ISCTE-IUL  
pdcsa@iscte-  
iul.pt

Marco Capela  
DCTI - ISCTE-IUL  
a30535@iscte-  
iul.pt

Pedro Faria Lopes  
DCTI - ISCTE-IUL, ADETTI-IUL, ISTAR-IUL  
pedro.lopes@iscte.pt

Isabel Alexandre  
DCTI - ISCTE-IUL, IT-IUL  
isabel.alexandre@iscte.pt

### Resumo

Jogos de computador educativos têm vindo a ser investigados ao longo das últimas décadas como um meio de ensino e abrangem áreas como a Matemática, Gestão, Biologia, Química e Medicina.

Para a realização do nosso projecto, decidimos investigar uma área que ainda não tivesse sido muito explorada. Desenvolvemos um jogo educativo que ensina Língua Gestual Portuguesa a pessoas ouvintes, visto que a demografia surda já possui esta língua como língua materna. Desenvolvemos todo o trabalho apresentado, desde scripts a modelos 3D.

De modo a conseguir proporcionar aos utilizadores uma experiência de total imersão, desenvolvemos um ambiente amigável com jogabilidade imersiva, interação com NPCs (Non-Player Characters ou personagens controladas pelo sistema) e desafios.

### Palavras Chave

*Agente, inteligente, gesto, língua, educacional, jogo*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo é criar um jogo educativo, numa área ainda pouco explorada: a Língua Gestual, de modo a estimular as pessoas para a sua aprendizagem. Cada país possui a sua própria Língua Gestual, dependendo da sua língua oficial, portanto focámo-nos na Língua Gestual Portuguesa.

O foco principal foi ensinar a Língua de forma introdutória para, através do jogo, estimular o desejo dos utilizadores em aprendê-la. Este é um método complexo de comunicação (gestos complexos com cinco parâmetros cada), por isso, ensiná-la por completo é uma tarefa para um professor certificado.

O nosso jogo coloca o jogador no papel de uma pessoa surda: os sons encontram-se todos distorcidos e existe apenas um meio de comunicação, os gestos.

O ato de ensinar no nosso jogo é feito através de vídeos contendo pessoas reais a executar os gestos, enquanto que o jogo em si se passa num mundo modelado tridimensionalmente onde o utilizador joga numa perspetiva de primeira pessoa. O utilizador pode interagir com objetos, falar com os NPC, resolver desafios e receber ajuda da sua amiga L.Y.S. (acrónimo para *Learn Your Signs* ou "Aprende os Teus Gestos"). Sempre que o jogador interage com um objeto, a L.Y.S. mostrar-lhe-á um vídeo

sobre como se representa esse objeto em língua gestual; esse vídeo será depois adicionado ao inventário do jogador onde este poderá aceder sempre que se queira recordar de alguma palavra.

dor onde este poderá aceder sempre que se queira recordar de alguma palavra.

## 2. MOTIVAÇÃO

Começámos por conceptualizar um jogo que, para além de preencher todos os requisitos de um bom jogo, conseguisse ensinar algo aos utilizadores. Esperávamos conseguir que os utilizadores, para além de se sentirem imersos no jogo, aprendessem bases de língua gestual e ainda proporcionar um incentivo à inclusão social dos utilizadores na comunidade de surdos.

Para que o jogador se sentisse imerso no jogo, decidimos colocá-lo no lugar de um surdo, onde ele não consegue ouvir e apenas pode comunicar através de gestos. De maneira a enfatizar este ponto, a única companheira que percebe completamente o jogador é a L.Y.S. Acreditamos que assim quem quer que experimente o nosso jogo se sentirá de alguma maneira mais ligado à comunidade de surdos, pois desta forma o jogador experimentaria o modo como estes se sentem de alguma forma isolados da sociedade.

O nosso jogo tem também um grande potencial para providenciar um ambiente mais acessível para estimular a

aprendizagem de língua gestual. Enquanto o jogador está entretido a jogar, está a aprender língua gestual, sem que a aprendizagem e a jogabilidade colidam.

### 3. TRABALHO RELACIONADO

Os jogos educativos são bastante vastos no que toca a temas, e durante a nossa investigação sobre esta área em específico dos videojogos, deparámo-nos com bastantes jogos sérios que pretendiam ensinar todo o tipo de assuntos, desde biologia a matemática [Kebritchi13] [DeCoito14]. No entanto, como escolhemos criar um jogo para motivar a aprendizagem da língua gestual, o nosso foco de pesquisa alterou-se um pouco e encontrámos uma multitude de jogos e sistemas relacionados com este assunto. Encontrámos um jogo "CopyCat" [Lee09] que tenta ajudar crianças surdas a fazer a transição de gestos simples para gestos mais complexos para que possam dizer frases completas ao invés de palavras individuais. Este projeto usa uma câmara para capturar os gestos que as crianças executam e tal como no nosso projeto foram utilizados vídeos para ensinar o utilizador, tendo também um ambiente animado representado no ecrã [Lee09]. Encontrámos outros projetos que tal como o "CopyCat" utilizam uma câmara para reconhecer os gestos realizados [Lisztes12].

A maior parte dos projetos que encontramos relacionados com o nosso tema, pretende ensinar a língua gestual Inglesa e o seu público-alvo consiste em crianças surdas [Zafrulla15][Parton16].

Em termos de design do jogo, a nossa investigação indica que os jogos sérios têm bastante potencial pois estes têm a vertente de ensino e ao mesmo tempo entretenimento sem entediar o utilizador. No entanto, é importante referir que o objetivo deste tipo de jogos não é ser utilizado como uma ferramenta completa de ensino mas sim, adequado para motivar principiantes ou testar a aquisição de conhecimentos. Nós adotamos estes conceitos no nosso jogo, e tivemos também em conta a estratégia de descoberta seguida de questão. Desta forma o utilizador captura os vídeos que representam os gestos através da exploração do mundo, e tem de aplicar o conhecimento adquirido resolvendo desafios [Bellotti07][Cheng08].

Como alguns trabalhos passados provaram, diferenciar conhecimento (comparando através de observação) e motivação através da jogabilidade é uma excelente maneira de aprender [Hwang01]. Outra maneira para o jogador realmente aprender através do jogo é imergir o jogador de maneira a que a jogabilidade e a aprendizagem não colidam [Wei02].

A investigação feita sobre design de jogos, avaliação da aprendizagem feita pelo utilizador e em relação à criação de uma experiência ao invés de um simples jogo [Hunicke04] foi fulcral no sucesso da criação de imersão, e da tomada de decisões acerca do design presente no nosso jogo. Relativamente à validação tanto da base de conhecimento como da aquisição de conhecimento por parte do jogador durante o jogo, nós desenvolvemos o nosso próprio método mas a publicação científica [Bellotti03] ofereceu a base para o seu desenvolvimento assim como o

envolvimento da APS (Associação Portuguesa de Surdos).

A relação entre características de design, fatores de imersão e desempenho de aprendizagem foram estudadas e demonstra que dar ênfase ao design de qualidade torna os utilizadores mais imersos, o que por sua vez é bom quando se joga um jogo e para obtenção de presença virtual. No entanto, estar presente num ambiente virtual não parece ser suficiente para obter resultados mais complexos de aprendizagem [Schrader05] pois utiliza demasiados recursos cognitivos. O nosso jogo foca-se na aprendizagem de informação complexa, uma nova língua. Portanto, o design não poderia ser demasiado imersivo mas também não poderia denegrir a experiência, o que foi conseguido através de mecânicas de jogabilidade e narrativa. O ensino da língua gestual tem de ser feito passo a passo, e quando tentamos integrar aprendizagem no contexto de jogo pode tornar-se enganador ou disperso, portanto o jogador tem de ser guiado ao longo do jogo.

Além disso, está provado que missões ou "quests" oferecem ao utilizador mais responsabilidade, motivando-o e realçando o fator de persistência através de compromissos sociais, aprendizagem passiva através de participação activa [Chen06].

Outros trabalhos que utilizam agentes inteligentes relacionados com a língua gestual têm tendência a focar-se na criação de avatares para comunicar com o utilizador [Lee09][Kipp10][Andrei11][Bellotti03][Hunicke04], ou sistemas com câmaras que interpretam os gestos [Lee09][Kipp10]. Reunimos com uma Professora da Associação Portuguesa de Surdos (APS) que nos mostrou um avatar que tentava comunicar utilizando língua gestual porém, apenas conseguia passar uma sensação de estranheza ao utilizador e a conversa não parecia natural, pelo que decidimos não utilizar câmaras nem avatares. Adicionalmente, a APS proporcionou-nos algum material com vídeos de palavras em língua gestual que eram utilizados com os estudantes portanto, decidimos utilizá-los diretamente no nosso jogo, visto que estes ensinariam o conteúdo exato pretendido sem ser necessário criarmos algo que o replicaria num estado menos conseguido.

### 4. ACERCA DO JOGO

O nosso público-alvo começou por ser composto por adolescentes no ensino secundário que gostariam de aprender LGP. Após reunirmos com a APS, o nosso público-alvo expandiu-se definitivamente; a Secretária Geral da APS mostrou-nos que seria rentável também incluir surdos na nossa demografia, independentemente da idade (desde que estes saibam ler), utilizando o nosso jogo como material de estudo. Assim, depois de alguma discussão sobre o assunto, concluímos que o nosso jogo tinha potencial para ser jogado por pessoas de todas as idades, desde que o seu objetivo fosse aprender língua gestual de uma forma mais interativa.

O intuito do nosso jogo, como já foi referido acima, é ensinar língua gestual de maneira que o utilizador não se sinta aborrecido com o processo de aprendizagem e que queira aprender o máximo possível. Temos um mecanismo de acompanhamento do utilizador para que este tenha

uma aprendizagem progressiva, utilizando missões que este tem de seguir e completar antes de poder prosseguir para uma nova, criando assim o ambiente de aprendizagem passo a passo. Por outras palavras, o utilizador apenas avança no jogo e explora novos lugares se completar os desafios propostos pelos NPC que vai encontrando pelo caminho.

No que diz respeito à inteligência artificial do jogo, os nossos objetivos foram o de criar um agente que consiga ajudar o utilizador a alcançar os objetivos propostos e de certa maneira criar uma ligação com ele. Dito isto, a interação entre o agente e o jogador sofre alterações à medida que o jogo avança, tendo em conta o desempenho deste.



**Figura 1 - Exemplo de um desafio. O jogador escolhe a opção correta tendo em conta o desafio proposto pelo NPC.**

## 5. FERRAMENTAS

À medida que começámos a conceptualizar o jogo, apercebemo-nos que precisaríamos de um motor de jogo eficiente e fácil de utilizar, assim como um modelador 3D. Quisemos desenvolver tudo de raiz, modelação e scripting. Para o scripting das mecânicas, estruturação de eventos, construção dos níveis e implementação da inteligência artificial optámos por utilizar Unity 3D[Unity17]. Para a modelação 3D optámos por utilizar Blender[Blender18].

## 6. DESIGN CONCEPTUAL DO GESTUAL LIFE

Um dos nossos principais objetivos era imergir o jogador completamente no jogo, portanto decidimos criar um jogo em 3D utilizando a visão em primeira pessoa. Criámos um mundo onde o jogador pudesse de facto encaixar sem se sentir constrangido ou deslocado da sua realidade, pelo que um grande conjunto de características foi adicionado ao ambiente de forma a torná-lo o mais credível possível aos olhos do jogador. Algumas das características do nosso jogo são:

- NPCs interativos capazes de comunicar com o jogador, tendo em conta o seu progresso;
- Uma grande oferta de desafios;
- Um mundo com objetos e locais para descobrir (ex: uma escola onde o jogador pode aprender vários âmbitos da língua gestual, a sua casa, casas na vizinhança).

A parte relativa ao ensino do material em questão está dividida em duas metades: o segmento da manhã e o segmento da tarde.

No segmento da manhã o jogador é conduzido para onde tem de se deslocar a seguir, o que terá de fazer e com quem terá de falar de modo a progredir e aprender como jogar. O jogador começa na sua casa onde tem de aprender alguns gestos básicos, resolver o desafio proposto pela sua mãe e depois proceder à exploração do bairro, não apenas resolvendo desafios e colecionando vídeos, mas também falar e conhecer cada um dos NPC presentes.

O segmento da tarde trata-se de uma parte de exploração com mundo aberto. Nesta altura o jogador já estará familiarizado com o mundo do Gestual Life e como interagir com este. É-lhe permitido vaguear livremente, resolver mais desafios, acumular mais conhecimentos ou simplesmente interagir com tudo o que o mundo tem para oferecer. Por esta altura a imersão pretendida foi conseguida e é esperado que o jogador procure conhecimento por si mesmo.

Quando o jogador participa num desafio ele só o pode terminar obtendo a resposta correta. Esta escolha de design foi feita de modo a que, independentemente do desempenho, o jogador saia do desafio sempre com a informação correta.

Era importante imergir o jogador no nosso jogo de modo a que ele possa (tanto quanto possível) sentir-se como uma pessoa surda num ambiente social. Como uma pessoa surda possui um sistema auditivo debilitado, não removemos o som do jogo por completo, limitámo-nos a abafar todos os sons. O jogador reconhece que de facto consegue ouvir algo mas não consegue perceber o quê. Isto será estranho para o jogador, proporcionando assim uma nova realidade, a realidade de uma pessoa surda.

Para ajudar o jogador necessitávamos de alguém, ou algo, para comunicar por ele, assim foi criada a L.Y.S.

L.Y.S. é a ajudante do jogador que se parece com um antigo monitor CRT(*Cathode Ray Tube*). É um ser inteligente que fala e ouve pelo jogador, guardando também todos os vídeos com os quais se dá uma interação, servindo como um inventário que o jogador pode aceder sempre que desejar.

Para criar os diferentes níveis de dificuldade baseámos os desafios nos cinco parâmetros da língua gestual:

- Configuração dos dedos, mãos e braços;
- Localização espacial do gesto;
- Orientação da mão;
- Movimentos;
- Expressão facial.



Figura 2 - Pré-visualização do bairro e da casa do protagonista

## 7. L.Y.S., A COMPANHEIRA

### 7.1 Design

Optámos por criar uma personagem 3D de seu nome L.Y.S. num formato de uma televisão para que, para além de apresentar expressões faciais simples relativamente ao desempenho do jogador, pudesse reproduzir os vídeos das palavras representadas em língua gestual. O nosso objetivo foi o de a tornar uma personagem caricaturada, de modo a criar uma ligação entre ela e o utilizador. Quanto ao mundo, também o criámos sem demasiado realismo de maneira a que o utilizador também pudesse estabelecer uma conexão.

A L.Y.S. apresenta diferentes cores consoante o seu estado de espírito sendo elas: verde, quando o utilizador se está a sair bem nos desafios, vermelho, quando o utilizador tem alguma dificuldade em responder corretamente às questões e azul, que é a cor normal da L.Y.S. para quando está a dar sugestões ou simplesmente a acompanhar o jogador.

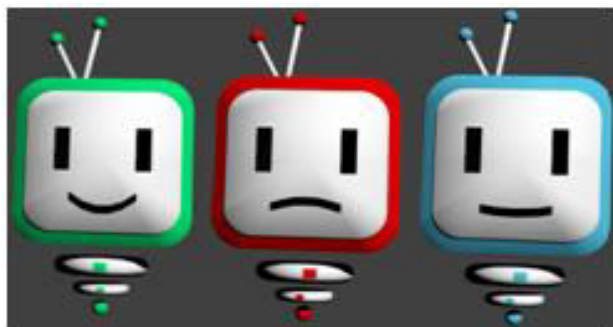


Figura 3 - Expressões faciais da L.Y.S.

### 7.2 Implementação da L.Y.S.

A inteligência e a interatividade da L.Y.S. são baseadas em dois pontos fulcrais: discurso interativo e um sistema de pontuação que altera a dificuldade dos desafios seguintes, ambos baseados no desempenho do jogador.

O primeiro ponto foi implementado utilizando pontos-chave após cada desafio. Quando a ajuda da L.Y.S. é requisitada, esta diz frases ao jogador relacionadas com o próximo desafio ou destino. Se o jogador demorar muito tempo a percorrer o mundo do jogo, a L.Y.S. intervém e diz-lhe explicitamente para onde este se deverá dirigir a seguir, de maneira condescendente, dando-lhe alguma personalidade. É bastante importante que o jogador sinta que a L.Y.S. é uma amiga ou companheira, ao invés de

uma personagem maçadora que lhe diga sempre o que fazer.

A L.Y.S. altera a pontuação do jogador (aumentando-a e diminuindo-a) baseando-se nas respostas aos desafios. Contudo, o jogador não tem acesso a esta pontuação, apenas o feedback relativo ao seu desempenho. O propósito disto encontra-se em adaptar a dificuldade dos desafios para que o jogador não se sinta demasiado frustrado. A pontuação varia numa escala entre zero e trezentos sendo que o intervalo de zero a cento e cinquenta pontos é o modo Fácil, cento e cinquenta a duzentos e cinquenta é o modo Médio e os restantes cinquenta pontos são para o modo Difícil. Os desafios são dados por cada NPC e as opções para os resolver são predeterminadas dado a complexidade da língua gestual.

No modo Fácil, as opções são completamente diferentes, tendo em conta os parâmetros da língua gestual. No modo Médio, as opções são similares, mas diferem em pelo menos dois dos parâmetros. No modo Difícil, apenas um parâmetro é diferente em cada uma das opções.

De maneira a calcular a pontuação, criámos uma função simples que tem em consideração seis variáveis: a pontuação atual (que será alterada), os pontos máximos que cada desafio pode oferecer, dois multiplicadores X e Y que diferem em cada modo (tiram mais pontos se o utilizador falha mais vezes), o tempo demorado e o número de tentativas utilizados para resolver o desafio.

$$\text{score} = \text{score} + (\text{MaximumChallengePoints} - (X * \text{TimeTaken} + Y * \text{NumberOfTries}))$$

Figura 4 - Função que calcula a pontuação do jogador

## 8. TESTES

De maneira a testar o *input* dos utilizadores e a jogabilidade, considerámos 80 utilizadores humanos, cujas idades diferiam entre os 15 e os 46 anos de idade, 7 surdos e 73 ouvintes. A esta população foi-lhes pedido que fizessem um conjunto de tarefas incluindo aprendizagem de gestos, resolução de desafios e exploração do mundo de jogo.

Devido ao calendário de desenvolvimento, para estes testes utilizámos uma demonstração do nosso jogo em que apenas estava incluído o segmento da manhã. Embora já partes do segmento da tarde se encontrassem desenvolvidas como o mundo e edifícios, o segmento da Manhã apresentava um ambiente mais controlado e importante para o resto do desenvolvimento do jogo.

Na primeira fase de testes, testámos 26 pessoas estudantes e professores da APS. Os seus resultados foram fundamentais para reparar alguns erros e adicionar novas funcionalidades para pessoas que não costumam ter muita interação com jogos.

Na segunda fase de testes, 34 pessoas foram testadas, sendo estes estudantes universitários de áreas variadas. Com o seu feedback adicionámos ainda mais funcionalidades, fazendo o jogo mais rápido em algumas partes em que estava a evoluir mais lentamente.

Na fase final de testes, testámos o nosso protótipo final com as restantes 20 pessoas da nossa bateria de teste também estes alunos da nossa instituição.

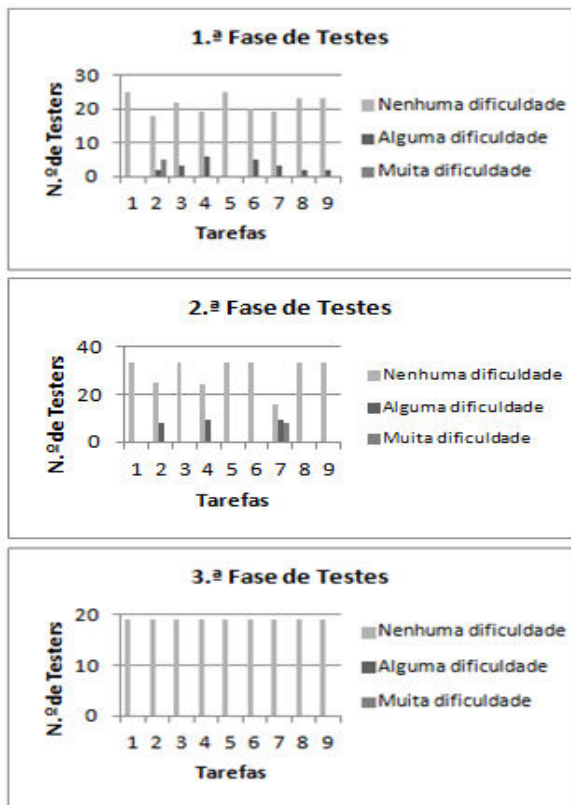


Figura 5 - Comparação de resultados da interação com as mecânicas do jogo entre as diferentes fases de testes

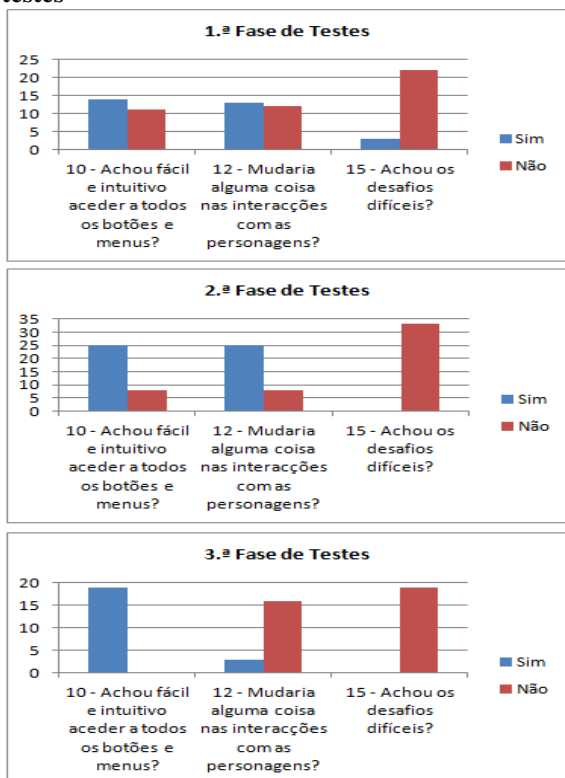


Figura 6 - Comparação de resultados da jogabilidade entre as diferentes fases de testes

### 9. RESULTADOS

Após testarmos o nosso jogo com 80 pessoas, apercebemo-nos que este, no que respeita ao segmento da manhã, está perto de estar finalizado. Os utilizadores gostaram de jogar o nosso jogo e interagiram muito bem com ele. Resolveram facilmente cada desafio após colecionarem os vídeos, falaram com cada NPC deslindando as suas personalidades e tentaram despoletar ações que temos planeadas para trabalho futuro, ou seja, os utilizadores de modo intuitivo procuraram utilizar mecânicas que ainda não se encontram implementadas, apenas definidas e conceptualizadas.

Em suma, o feedback dos utilizadores foi muito melhor que o esperado, sendo que os únicos problemas relevantes foram alguns erros que apareceram com utilizadores menos ambientados com jogos de computador como os professores na APS.

Os utilizadores tentavam imediatamente reproduzir os gestos que tinham acabado de aprender sem que nós o requerêssemos.

Nenhuns sinais de frustração foram registados enquanto os utilizadores interagiam com o mundo, tanto nos desafios como na parte de exploração.

Como é possível verificar nas figuras 5 e 6 na secção de Testes, os resultados sofreram alterações ao longo das fases de teste, de acordo com as modificações que o jogo foi sofrendo tendo em conta o feedback recebido por parte dos utilizadores e os resultados observados durante a interação com o jogo.

Na terceira fase de testes deu-se uma melhoria significativa nos níveis de dificuldade observados pelos utilizadores na resolução dos desafios.

Relativamente às figuras, na primeira fase de testes verificou-se que o jogo ainda não estaria intuitivo o suficiente em termos de acesso a menus e interações.

Devido à dificuldade inicial estabelecida, poucas pessoas acharam os desafios em si difíceis tendo todas elas suplantado os desafios propostos, de notar que nesta fase alguns dos utilizadores referiram ter de facto adquirido conhecimento novo com o jogo.

Após a primeira fase de testes, a principal preocupação foi tornar a jogabilidade mais intuitiva e acessível com base no feedback obtido, uma vez que os resultados demonstravam que a dificuldade do jogo em si estaria adequada, embora a jogabilidade tenha melhorado na segunda fase, algumas interações com NPCs ainda sofriam de problemas que foram corrigidos na terceira fase, sendo esta uma fase de otimização.

### 10. TRABALHO FUTURO

Reconhecemos que uma maior variedade de expressões faciais para a L.Y.S. providencia-a com uma maior credibilidade da sua inteligência e uma maior capacidade de se ligar com o utilizador, fazendo com que este fique mais atento às suas interações e dando-lhe a sensação que ela possui uma “alma”. Os níveis de dificuldade podem ser mais vastos e com mais complexidade sendo que só foram implementados os níveis fácil, médio e difícil.

Também temos de aumentar o espectro de frases para a interação entre o utilizador e a L.Y.S. para que as “conversas” tenham menos repetições e sejam mais naturais a ajudar.

O mundo disponível para o utilizador explorar pode ser alargado, dando-lhe mais escolha onde ir e aprender novos gestos, criando também mais NPCs para interagir.

O segmento da tarde também pode ser mais desenvolvido, facultando ao jogador mais interações e ainda mais desafios. A escola à qual o utilizador tem acesso pode também ser melhorada, tanto na questão de design como em arquitetura.

Finalmente, bugs precisam de ser corrigidos como conflitos entre mecânicas controladas pelo jogador e mecânicas automatizadas (ex: dicas da LYS e inventário) e algumas destas melhoradas, como interações com NPCs, movimento afinado e triggers de eventos mais precisos.

## 11. CONCLUSÕES

Desenhar, desenvolver e testar este jogo foi uma experiência tanto desafiante como gratificante. Os resultados demonstram que fomos bem-sucedidos quer nos nossos objetivos, quer na jogabilidade e na aprendizagem. Os utilizadores conseguiram criar uma ligação com a personagem emocionalmente e aprenderam o que a L.Y.S. lhes tinha para ensinar, já que requeriam muitas vezes as suas interações. O nosso método de associar objetos e palavras a vídeos provou ser frutífero e demonstrou grandes resultados no que toca à retenção de novo conhecimento que o utilizador adquiriu.

## 12. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Associação Portuguesa de Surdos, especialmente à sua Secretária Geral Mariana Martins, pelo seu apoio neste projeto e por todos os materiais providenciados. Após ver a nossa implementação e partilhar a sua experiência a ensinar língua gestual, aprovou o nosso método e também o conteúdo.

## 13. REFERÊNCIAS

[Andrei11] Stefan Andrei, Lawrence Osborne, Zanthia Smith. Designing an American Sign Language Avatar for Learning Computer Science Concepts for Deaf or Hard-of-Hearing Students and Deaf Interpreters. *Journal of Educational Multimedia*, Number 3, July 2013.

[Bellotti07] Francesco Bellotti, Michela Ott, Sylvester Arnab, Riccardo Berta, Sara de Freitas, Kristian Kiili and Alessandro De Gloria (January 2011). Designing Serious Games for Education: From Pedagogical Principles to Game Mechanisms. *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning*, 2011.

[Bellotti03] Francesco Bellotti, Bill Kapralos, Kiju Lee, Pablo Moreno-Ger, and Riccardo Berta(2013). Assessment in and of Serious Games: An Overview, *Advances in Human-Computer Interaction Volume 2013*, Article ID 136864, 11 pages.

[Blender18] Blender (Version 2.70a) [Computer software]. Retrieved January 12, 2014. Available from <http://www.blender.org/>

[Chen06] Chen, Z.-H., Liao, C. C. Y., Cheng, H. N. H., Yeh, C. Y. C., & Chan, T.-W. (2012). Influence of Game Quests on Pupils' Enjoyment and Goal-pursuing in Math Learning. *Educational Technology & Society*, 15 (2), 317–327.

[Cheng08] Irene Cheng, Saul Rodriguez and Anup Basu. Multimedia and Games incorporating Student Modeling for Education. *International Workshop on Technology for Education*, 2009.

[DeCoito14] DeCoito, I., DiGiuseppe, M., & Friedberg, J. The History of Biology: Examining a Digital Game for Improving Students' Nature of Science Conceptions and Promoting Student Engagement in Biology. *Proceedings of The Future of Education International Conference 2012 (Vol. 1)*, June 7-8, Florence, Italy. Simonelli Publisher University Press.

[Hunicke04] Robin Hunicke, Marc LeBlanc, Robert Zubek (2007). MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research, *Discovery Magazine* 2007.

[Hwang01] Gwo-Jen Hwang, Han-Yu Sung, Chun-Ming Hung, Li-Hsueh Yang and Iwen Huang (2013). A knowledge engineering approach to developing educational computer games for improving students' differentiating knowledge. *British Journal of Educational Technology* Vol 44 No 2, 183–196, 2013.

[Kebritchi13] Mansureh Kebritchi, Ph.D., Atsusi Hirumi, Ph.D. and Haiyan Bai, Ph.D. The Effects of Modern Math Computer Games on Learners' Math Achievement and Math Course Motivation in a Public High School Setting. *Journal Computers & Education*, Volume 55 Issue 2, Pages 427-443 Elsevier Science Ltd. Oxford, UK, September, 2010

[Kipp10] Michael Kipp, Quan Nguyen, Alexis Heloir Silke Matthes. Assessing the Deaf User Perspective on Sign Language Avatars ASSETS '11 *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* 107-114 ACM New York, 2011.

[Lee09] Seungyon Lee, Valerie Henderson, Helene Bra-shear, Thad Starner, Steven Hamilton and Harley Hamilton. User-Centered Development of a Gesture-Based American Sign Language Game. *Instructional Technology and Education of the Deaf Symposium*. National Technical Institute for the Deaf Rochester, NY 14623 USA June 27-30, 2005.

[Lisztes12] Ákos Lisztes, Ákos Antal, Andor Gaudia and Péter Korondi. Sign Language in the Intelligent Sensory Environment. *Acta Polytechnica Hungarica* Vol. 2, No. 1, 2005.

[Parton16] Sue Parton, Becky. Sign Language Recognition and Translation: A Multidisciplinary Approach From the Field of Artificial Intelligence. *Journal of Deaf Studies & Deaf Education*; Winter 2006, Vol. 11 Issue 1, p94. January 2006

[Schrader05] Claudia Schrader, Theo J. Bastiaens (2012). The influence of virtual presence: Effects on experienced cognitive load and learning outcomes in educa-

tional computer games. *Computers in Human Behavior* 28, 648–658, 2012.

[Unity17] Unity 3D (Version4.5.1f3) [Computer software] Retrieved February 20, 2014. Available from <http://unity3d.com/>

[Weiß02] Sebastian A. Weiß, Wolfgang Müller (2008). The Potential of Interactive Digital Storytelling for the Creation of Educational Computer Games. Technologies

for E-Learning and Digital Entertainment, *Third International Conference, Edutainment 2008*, Nanjing, China, June 25-27, 2008, Proceedings Source: DBLP

[Zafrulla15] Zafrulla, Z., Brashear, H. ; Pei Yin ; Presti, P. ; Starner, T. ; Hamilton, H. American Sign Language Phrase Verification in an Educational Game for Deaf Children. *20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, Istanbul, 2010