

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

**Métodos Expeditos de Introdução
de Texto em Dispositivos Móveis**

Rui Filipe Guilherme Godinho

Mestrado em Engenharia Informática

2011

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Métodos Expeditos de Introdução de Texto em Dispositivos Móveis

Rui Filipe Guilherme Godinho

Dissertação orientada por

Fernando Lobo

Dissertação co-orientada por

Paulo Condado

Mestrado em Engenharia Informática

2011

Resumo

Os dispositivos móveis têm vindo a alterar o seu papel na sociedade ao longo dos tempos. Além de desempenharem um papel na comunicação, estão nos dias de hoje mais próximos do funcionamento de um computador do que de um telefone. O aumento de funcionalidades e a disponibilidade de vários modelos de equipamentos permitem satisfazer muitas daquelas que são as necessidades de comunicação diárias longe de um local fixo. A evolução tecnológica empregue nestes dispositivos tem melhorado interfaces, usabilidade e qualidade dos dispositivos, retirando funcionalidades atribuídas a botões físicos e substituindo-as por botões virtuais num ecrã tátil. Contudo, apesar da evolução da tecnologia, a mesma ainda não permitiu o desenvolvimento de soluções de acesso igual para pessoas com e sem deficiências.

A presente dissertação apresenta um novo método de introdução de texto para dispositivos móveis como smartphones, tablets e outros dispositivos com ecrã tátil, desenvolvido a pensar no acesso de pessoas com problemas de coordenação motora que apresentam dificuldades na utilização destes aparelhos.

Este método de introdução de texto é um teclado virtual que possui menos elementos no interface do utilizador quando comparado com outros teclados virtuais. Os elementos que este novo método possui são também maiores, sendo desenvolvidos com o propósito de aumentar a precisão de toque e conseqüentemente melhorar e facilitar a utilização dos dispositivos móveis em questão.

Este método de introdução de texto difere dos já existentes para o mesmo tipo de plataforma. O seu conceito baseia-se na utilização de um sistema de varrimento por grupos, com a vantagem de permitir ao utilizador controlar a navegação pelos grupos e subgrupos de caracteres através do toque em teclas direccionais para chegar ao carácter pretendido, evitando a espera causada pela demora do avanço periódico do cursor visual por todas as opções até à opção desejada.

Abstract

Mobile devices have been changing their role in society through time. In addition to being important for communication purposes, they are at present time closer to a computer than to a telephone. The increasing number of features and the availability of a variety of types of devices allow people to fulfill their daily communication needs far from a fixed location. The technology available in mobile devices has been improving every year, providing better interfaces, usability and overall quality. With the evolution of technology, we have been witnessing the disappearance of several features previously associated with physical buttons, which instead are becoming associated with virtual buttons on a touch screen. Nevertheless, and in spite of technological improvements, there is still not equal access for those with and without disabilities.

This dissertation presents a new text input method for mobile devices such as smartphones, tablets, and other touch screen devices. The method was developed having in mind people with motor coordination problems, which traditionally have problems in interacting with these devices.

The text input method consists of a virtual keyboard with less keys in the user interface when compared with other virtual keyboards. The keys are also bigger than usual, allowing a better touch precision, and consequently providing a better usability.

This text input method differs from existing ones. The main concept behind it is a group scanning system that has the advantage of allowing the user to control the navigation among groups and sub-groups of characters, as opposed to having to wait for a visual cursor to advance periodically through the scanning options until the desired one is reached.

Palavras-Chave

Acessibilidade, ecrã táctil, tecnologia assistiva, teclado virtual, deficiências motoras, introdução de texto, dispositivos móveis.

Keywords

Accessibility, touchscreen, assistive technologies, virtual keyboard, motor disabilities, text-entry, mobile devices.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Doutor Fernando Lobo e ao meu coorientador Doutor Paulo Condado por me terem proposto este tema de tese, pela disponibilidade em esclarecer-me todas as dúvidas que tive e a importante ajuda prestada na revisão e orientação dos trabalhos efetuados. Agradeço à Prof. Doutora Marielba Zacarias o apoio ao projecto, através da dispensa do seu tempo como também de orientações que se revelaram importantes para a conclusão deste projecto de investigação. O facto de poder contribuir com algo para o desenvolvimento de uma área que ajude pessoas a ter acesso a novas tecnologias, fez com que intensificasse o meu interesse pela área das acessibilidades.

Quero agradecer aos meus pais Orlando e Maria Cidália por me terem ouvido, apoiado e estado ao meu lado em todas as fases da minha formação. Agradeço também aos meus irmãos por terem compreendido e aturado os períodos difíceis pelos quais passei enquanto trabalhava neste projecto.

Aproveito para agradecer aos meus amigos por terem estado disponíveis para me ouvir, apoiar e inspirar-me no desenvolvimento e escrita desta tese especialmente à Joana, à Cátia, à Susana, ao Bruno e ao Nuno, um muito obrigado pelo vosso apoio. Um obrigado também ao Aldric pela sua ajuda e conselhos dados durante a fase de desenvolvimento desta tese.

Considerando que o trabalho desenvolvido pretende ter uma vertente útil, gostaria de agradecer a disponibilidade de todos aqueles que do ponto de vista do utilizador me dispensaram o seu tempo para a realização de testes e opiniões sobre as suas experiências. A todos eles um enorme agradecimento.

Gostaria por ultimo por agradecer aos meus colegas de mestrado com os quais partilhei experiencias ao longo dos últimos anos de curso e também aos meus colegas de laboratório.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	3
1.2	Principais Contribuições	4
1.3	Organização da Tese	5
2	Estado da Arte	6
2.1	Sistemas Acessíveis	8
2.1.1	EasyVoice	8
2.1.2	BigKeys Keyboard	10
2.1.3	Sistemas de Eye Tracking.....	11
2.1.4	Introdução de texto com trackball.....	13
2.1.5	Visual Touchpad	14
2.2	Sistemas para dispositivos móveis.....	16
2.2.1	NavTap	17
2.2.2	BigKey Virtual Keyboard.....	19
2.2.3	EdgeWrite	20
2.2.4	Parakeet	23
2.3	Sistemas de Varrimento	25
2.4	Estudo sobre pressão e área de toque.....	27
2.5	Resumo.....	28
3	Modelo Conceptual.....	29
3.1	Actividades a Desempenhar	29
3.2	Identificação das Metáforas.....	30
3.2.1	Primeira Metáfora	30
3.2.2	Segunda Metáfora	31
3.3	Conceitos Empregues e Relações	32
3.4	Mapeamentos.....	33
3.5	Cenário de Actividades	35

3.6	Resumo.....	36
4	Prototipagem.....	37
4.1	Estrutura e disposição de caracteres	37
4.2	Evolução dos protótipos de baixa fidelidade.....	41
4.2.1	Primeiro protótipo de baixa fidelidade	41
4.2.2	Avaliação heurística do primeiro protótipo	42
4.2.3	Segundo Protótipo de baixa fidelidade	46
4.2.4	Terceiro protótipo de baixa fidelidade	48
4.2.5	Avaliação heurística do terceiro protótipo.....	49
4.3	Protótipos funcionais ou de alta-fidelidade.....	52
4.3.1	Primeiro protótipo de alta-fidelidade	53
4.3.2	Segundo protótipo de alta-fidelidade	56
4.3.3	Avaliação heurística do segundo protótipo de alta-fidelidade.....	57
4.4	Identificação dos elementos do método de introdução de texto.....	62
4.5	Resumo.....	62
5	Testes de Usabilidade.....	64
5.1	Tipo de Utilizadores.....	65
5.1.1	Os utilizadores dos testes de usabilidade.....	65
5.2	Especificação de Tarefas.....	67
5.2.1	Aprendizagem de utilização.....	69
5.2.2	Especificação de usabilidade	69
5.3	Condições de execução dos testes de usabilidade	70
5.4	Análise Qualitativa	71
5.4.1	Questões colocadas	71
5.4.2	Respostas dos utilizadores	75
5.4.3	Classificação e análise dos resultados das questões.....	78
5.5	Análise Quantitativa.....	80
5.6	Resumo.....	83
6	Conclusão	84
6.1	Trabalhos Futuros	85
	Bibliografia.....	87

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Interface da aplicação EasyVoice.	10
Figura 2.2 – Teclado BigKeys LX com layout alfabético.	11
Figura 2.3 - Imagem dos pontos utilizados na focagem do movimento ocular: centro da pupila e reflexo da córnea.	11
Figura 2.4 - Imagem da posição do reflexo da córnea de acordo com o ponto de relação.	12
Figura 2.5 - Duas trackballs existentes no mercado. a)Trackball Kensington Expert Mouse, uma das maiores e mais populares. b) Trackball Appoint Thumbelina, uma das mais pequenas trackballs já fabricada.	13
Figura 2.6 - Utilização do Trackball EdgeWrite para introduzir texto no bloco de notas.	14
Figura 2.7 - Ao escrever um "s" o utilizador escorrega ao fazer a diagonal c1 a c3. Como consequência passa pelo ponto c2. O sistema detecta o deslize e substitui por uma ligação directa entre c1 e c3.	14
Figura 2.8 - Exemplo de configurações do Visual Touchpad. a) Computador desktop b) Computador Portátil c) Configuração de suporte manual.	15
Figura 2.9 - Projecção de um teclado virtual.	16
Figura 2.10 - Representação da forma de navegar usando um dispositivo com teclado físico.	18
Figura 2.11 – Esquema de inserção de texto através da navegação pelos caracteres.	18
Figura 2.12 – Interface do teclado BigKey a ser utilizado num dispositivo móvel.	20
Figura 2.13 - Área de desenho de caracteres recortada dentro do molde	21
Figura 2.14 - Letras desenhadas com passagens nos mesmos cantos.	21
Figura 2.15 - Formas a desenhar para representar os símbolos, números e letras no EdgeWrite.	22

Figura 2.16 - Moldes utilizados para testar o método num Palm PDA. a) Molde inicial que ficava assente apenas na área de texto do PDA. b) Molde seguinte que ficava suportado apenas no chassis do PDA.....	23
Figura 2.17 - Parakeet a ser executado num dispositivo móvel com auricular bluetooth.	24
Figura 2.18 - A utilização do interface durante a correcção das palavras ditadas que foram reconhecidas.	25
Figura 2.19 - Sistema de varrimento por grupos efectuado sobre os grupos do teclado virtual do EasyVoice.	26
Figura 2.20 - Sistema de varrimento efectuado sobre as teclas de um dos grupos do teclado virtual do EasyVoice.	27
Figura 2.21 - Demonstração do toque de um dedo sobre um botão e o botão abaixo.	28
Figura 3.1 - Identificação dos comandos relativos à segunda metáfora.	32
Figura 4.1.x - Representação da organização hierárquica das letras e alguns símbolos disponíveis.	39
Figura 4.1.y - Representação da organização hierárquica dos números.	39
Figura 4.1.z - Representação da organização hierárquica dos símbolos disponíveis.	41
Figura 4.2 – Representação do interface do 1º protótipo do método de introdução de texto.....	41
Figura 4.3 – a) e b) Imagens da avaliação heurística do primeiro protótipo de baixa fidelidade.	43
Figuras 4.4 – a) Primeira iteração do protótipo de baixa fidelidade. b) e c) Alterações efectuadas durante 2ª iteração de desenvolvimento.....	47
Figuras 4.5 – a), b) e c) Os tipos de caracteres acessíveis e ordenados no método de introdução de texto.....	49
Figura 4.6 - Imagens da avaliação heurística do terceiro protótipo de baixa fidelidade.	50
Figura 4.7 - Teclado fornecido no ambiente de desenvolvimento Android®.	54
Figura 4.8 - Imagem do primeiro protótipo de alta-fidelidade.	55
Figura 4.9 - a) Iteração de baixa fidelidade, b) iteração de alta-fidelidade.	55

Figura 4.10 - a) Primeira versão do protótipo de alta-fidelidade. b) Primeira alteração no segundo protótipo de alta-fidelidade. O elemento informativo de estados ficou embutido no fundo do protótipo.....	56
Figura 4.11 – a) Protótipo de alta-fidelidade com a primeira alteração. b) Segunda alteração no segundo protótipo de alta-fidelidade. Alteração visual dos elementos que compõem o protótipo.	57
Figura 4.12 – Imagem do segundo protótipo de alta-fidelidade utilizado na avaliação heurística.	58
Figura 4.13 - Imagem do protótipo funcional a utilizar nos testes de usabilidade.	61
Figura 4.14 – Identificação dos elementos visuais do interface do método de introdução de texto utilizado para os testes de usabilidade.	62
Figura 5.1 – Dispositivo utilizado nos testes de usabilidade.....	71
Figura 5.2 – Utilizador Leonel durante a realização da segunda tarefa.	76
Figura 5.3 – Utilizador Rui executando a 3 tarefa com o teclado virtual por defeito do dispositivo móvel.	77

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Resumo dos conceitos e relações empregues na definição do método de introdução de texto.....	33
Tabela 3.2 - Resumo dos mapeamentos existentes na definição do método de introdução de texto.	34
Tabela 5.1 - Sumarização do perfil dos utilizadores.....	67
Tabela 5.2 – Respostas dos utilizadores às perguntas do questionário.....	75
Tabela 5.3 – Classificação e cálculo de valores médios em respostas dos utilizadores. Legendadas iniciais da tabela: L – Leonel, M – Maria, P – Pedro, R – Rui, GL – Graus de liberdade ou número de observações independentes, SQD – Soma dos quadrados das diferenças e NR – não respondeu.	78
Tabela 5.4 – Resultados da realização dos testes de usabilidade por parte dos utilizadores. A unidade de tempo utilizada foi segundos.....	81

1 Introdução

Na sociedade actual, o avanço da tecnologia leva a novos conceitos e novas formas de interagir e travar conhecimento, facilitando tarefas que anteriormente eram difíceis e caras de executar.

Um dos equipamentos que mais evolução sofreu ao longo dos tempos foi o dispositivo móvel de comunicação, que inicialmente permitia fazer chamadas e tinha uma estética complicada, semelhante à dos telefones fixos de teclas. Com a sua evolução deu-se o aumento de funcionalidades disponíveis e também uma mudança estética que levou ao surgimento de vários modelos e a uma adequação dos utilizadores dos telefones fixos a esta nova forma de comunicar. Hoje em dia, as funcionalidades disponibilizadas por este tipo de aparelhos estão constantemente a aumentar, sendo que este dispositivo tornou-se um objecto inseparável dos vários milhões de utilizadores no mundo inteiro. Essas funcionalidades começaram por ser básicas e hoje competem com funcionalidades disponíveis anteriormente apenas em computadores com algum poder de processamento. Tarefas como realizar uma chamada telefónica, enviar uma mensagem de texto, tirar uma fotografia ou filmar um vídeo, aceder ao email, aceder à Internet, partilhar informação nas redes sociais, jogar jogos, compor e editar documentos, entre outros, são algo que hoje em dia é comum de realizar com este tipo de dispositivos. Nos últimos anos tem-se assistido à introdução no mercado de novos dispositivos móveis com ecrã táctil substituindo, parcial ou totalmente, o tradicional teclado físico. Esta inovação veio aumentar a interacção entre os utilizadores e os aparelhos, pois são os utilizadores que controlam com os seus dedos as opções que o dispositivo efectua em vez de recorrer a teclas para seleccionar a opção pretendida, tornando a existência de botões um pouco obsoleta. A inovação de substituir os botões físicos por botões virtuais num ecrã táctil, apesar de ser bem vista, pois permite ter um ecrã com melhor qualidade visual mas também com maior sensibilidade de utilização em comparação com os dispositivos móveis de anterior geração, veio trazer alguns problemas para os utilizadores. Como a sensibilidade é maior, um dispositivo móvel com ecrã táctil requer um certo período de aprendizagem por parte do utilizador e também a alteração de alguns hábitos, pois o esquema de funcionamento é diferente.

Em termos de usabilidade, este tipo de dispositivos causa dificuldades em algumas pessoas pois a existência de hábitos que não podem ser aplicados na utilização normal causa confusão. Há ainda maiores dificuldades em termos de utilização por parte de pessoas portadoras de deficiências motoras, pois estas necessitam de opções menos estritas para poderem trabalhar com os diversos dispositivos. Se anteriormente os utilizadores portadores de problemas de coordenação motora sentiam dificuldades na adaptação aos dispositivos móveis das primeiras gerações, sendo necessário procurar um dispositivo em que pudesse haver uma habituação simples e cuja estrutura de funcionamento não requeresse muita interacção, actualmente estes utilizadores ainda evitam adquirir um dispositivo móvel com ecrã táctil com receio de não conseguir utilizá-lo facilmente e gastar os seus recursos inutilmente. Tendo em conta que o tamanho dos ecrãs tácteis que são utilizados na construção dos dispositivos móveis actuais ainda não tem grandes dimensões como os ecrãs de computadores desktop ou portáteis, o pequeno tamanho das opções no dispositivo móvel são algo que afecta a normal utilização do dispositivo.

Para ajudar na interacção e utilização de vários dispositivos por parte de pessoas portadoras de deficiências motoras, são muito utilizados os teclados virtuais, também conhecidos por teclados onscreen, que com um conjunto de funcionalidades permite uma utilização mais fácil. As funcionalidades mais comuns são a utilização de sistemas de varrimento e métodos de preenchimento de palavras, entre outros. Infelizmente, como o tamanho dos ecrãs dos dispositivos móveis actuais é pequeno, também o tamanho dos teclados virtuais que são utilizados nestes dispositivos é pequeno, o que torna muito difícil a utilização destes dispositivos por parte de pessoas com problemas de coordenação manual. A fraca precisão na digitação de texto e por vezes a impossibilidade de selecção da opção pretendida devido ao tamanho do botão que lhe dá acesso, leva a que se desenvolva frustração e se aumente a dificuldade na interacção entre os dispositivos móveis com ecrã táctil e pessoas com deficiências motoras.

Para tentar atenuar as dificuldades existentes na introdução de texto necessária para a realização de algumas tarefas que são comuns em dispositivos móveis de ecrã táctil, é proposto nesta dissertação um novo método de introdução de texto, cujas características se destinam a facilitar a composição de texto por parte de pessoas portadoras de problemas de coordenação motora na utilização de dispositivos móveis com ecrã táctil.

1.1 Motivação

O tipo de utilizadores alvo do método proposto nesta dissertação é um conjunto de utilizadores que está limitado em termos de acesso próprio a muitas coisas, sendo uma delas o acesso a dispositivos tecnológicos utilizados por pessoas sem deficiências. Por necessitar sempre de algum tipo de dispositivo extra que ajude ou facilite a utilização do dispositivo tecnológico, as pessoas com deficiências motoras evitam a mudança para novos dispositivos com receio de que estes sejam muito diferentes dos anteriores, requerendo uma maior aprendizagem para a sua utilização.

Em termos de dispositivos móveis, o conjunto de utilizadores alvo apresenta muita renitência em mudar para novos dispositivos com ecrã tátil, pois são escassas as opções que asseguram uma fácil utilização destes dispositivos e os dispositivos que necessitem de pouca aprendizagem para realização das tarefas principais a que se destinam.

Sendo a tarefa de composição de mensagens de texto algo comum, fácil e rápida para as pessoas sem deficiências, muitas pessoas portadoras de problemas de coordenação demoram muito mais tempo ou não conseguem mesmo realizar esta tarefa, levando a que a evitem, pois se num dispositivo móvel com teclas físicas é difícil de realizá-la, então num dispositivo com ecrã tátil será muito mais difícil ou quase impossível.

O foco do desenvolvimento deste estudo é poder ajudar pessoas com deficiências motoras a conseguir utilizar dispositivos móveis com ecrã tátil, que se estão a tornar cada vez mais comuns e que permitem utilizações mais variadas, fornecendo para isso um método que facilita a composição de texto para quaisquer funcionalidades que requeiram esta utilidade básica.

1.2 Principais Contribuições

A principal contribuição deste trabalho é o desenvolvimento de um novo método de introdução de texto que permite facilitar a composição de texto em dispositivos móveis por parte de utilizadores que possuam problemas de coordenação motora. O principal objectivo do trabalho é o seguinte:

- Facilitar a digitação de caracteres, o que é uma das necessidades fundamentais para utilizar um dispositivo móvel, sendo que as dificuldades actualmente encontradas em dispositivos móveis com ecrã táctil afastam possíveis utilizadores deste tipo de dispositivos. Este trabalho pretende fornecer um método de introdução de texto que pelas suas características permita a utilizadores com problemas de coordenação e precisão manual, inserir caracteres mais corretamente do que noutros teclados virtuais que possam ser utilizados nesse tipo de dispositivos.

O trabalho desenvolvido no âmbito desta tese deu origem à produção e publicação de um artigo [1] que foi submetido e apresentado no INTERACT 2011 Workshop on Mobile Accessibility, integrante da INTERACT 2011, 13th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction.

1.3 Organização da Tese

O desenvolvimento do trabalho efectuado no âmbito desta tese seguiu uma ordem de execução que culminou com a realização de testes de usabilidade ao método desenvolvido. Até à realização de tais testes, foram executados alguns passos que são descritos a seguir.

Inicialmente foi efectuada uma pesquisa bibliográfica pelos métodos de introdução de dados existentes para computadores, e, posteriormente alguns métodos de introdução disponíveis até à data para dispositivos móveis com ecrã táctil. Isto permitiu obter informação de forma a estabelecer uma base de conhecimento a ser utilizada para o desenvolvimento. Esta pesquisa é apresentada no capítulo 2.

As definições, conceitos e ideias que foram obtidas para a elaboração do método de introdução de texto proposto foram reunidas e organizados sob a forma de um modelo conceptual, sendo este descrito no capítulo 3.

A forma como o método de introdução de texto foi definido e desenvolvido em protótipos de baixa e alta-fidelidade, assim como os resultados dos ciclos de desenvolvimento que incluíam fases de desenvolvimento e avaliações heurísticas dos protótipos são visíveis no capítulo 4.

A realização de testes de usabilidade com utilizadores cujas características sejam mais próximas daquelas a quem o método de introdução de texto é destinado, assim como a análise dos resultados obtidos na realização desses testes são descritos no capítulo 5.

O 6º e último capítulo reúne as conclusões da realização deste trabalho assim como algumas ideias para um desenvolvimento futuro.

2 Estado da Arte

As pessoas com deficiência, apresentam dificuldades que tornam muito difícil a utilização normal de dispositivos comuns, como computadores e dispositivos móveis, entre outros. Assim, com a constante integração da tecnologia na vida diária de todos, foi importante descobrir formas de poder melhorar a qualidade de vida dessas pessoas fornecendo novos sistemas e métodos que facilitem a sua comunicação e a utilização de vários dispositivos.

Para pessoas possuidoras de problemas ou deficiências que afectem a coordenação motora, há métodos de introdução de texto que facilitam a composição de palavras utilizando os simples teclados e ratos, mas com uma maior precisão. Para este tipo de pessoas é necessária a utilização de tecnologias assistivas que lhes permita uma fácil utilização de computadores e outros aparelhos, sendo actualmente comum a utilização de switches, joysticks, trackballs, touchpads, sistemas de focagem visual (eye-tracking), sistemas de reconhecimento de fala e teclados virtuais.

Inicialmente foram sendo feitas alterações aos dispositivos comuns utilizados por pessoas sem deficiência para que pudessem ser utilizados também por pessoas com algum tipo de deficiência que afectasse a coordenação motora. Surgiram assim versões com maiores e menos botões comparativamente com os teclados convencionais, dispositivos de touchpad, trackball e joysticks para uma melhor manipulação do cursor num ecrã, e diversos botões de toque (switches), que em conjunto com outro tipo de sistemas acessíveis permitiu substituir de forma quase total a necessidade de possuir um teclado e um rato em dispositivos computacionais.

Para pessoas com deficiências profundas cuja condição inviabilize a utilização dos referidos dispositivos de forma modificada foi procurada diferente solução. Assim, sistemas acessíveis de focagem visual (eye-tracking) permitiram, com as devidas adaptações, que se efectuasse o controlo do cursor numa área delimitada num ecrã de um computador. Esta solução foi também utilizada para utilizadores com deficiências moderadas pois fornecia alguma precisão que não era possível obter com outros dispositivos.

Um dos sistemas acessíveis mais utilizados é o teclado virtual. Este tipo de teclado é uma solução há muito utilizada para ajudar pessoas com deficiências motoras a interagir com computadores e utilizá-los para comunicar com outras pessoas utilizando sistemas acessíveis que integrem este tipo de tecnologia. Sendo feitos de forma a serem mais acessíveis que os teclados físicos disponíveis, os teclados virtuais integram um conjunto de funcionalidades que facilitam o processo de escrita, sendo uma das mais comuns a integração de um sistema de varrimento. Como é um dos métodos de introdução de texto mais utilizados em dispositivos de pequenas e grandes dimensões, a sua utilização é possível em dispositivos móveis, possuindo no entanto a desvantagem de terem dimensões reduzidas, o que de certa forma pode limitar a apresentação visual de todas as opções a serem percorridas pelo sistema de varrimento. Este tamanho disponibilizado e as limitações introduzidas levam a que mesmo os teclados virtuais sejam difíceis de utilizar em dispositivos móveis por parte de utilizadores com problemas de coordenação. Para tentar corrigir tais dificuldades foram desenvolvidas estratégias que promoveram o desenvolvimento de novos teclados virtuais ou até outros métodos de introdução de texto com características mais acessíveis para a utilização dos dispositivos móveis com ecrã táctil.

Neste capítulo é feita uma introdução a alguns métodos de introdução de dados disponíveis para pessoas com problemas que as impeçam de utilizar algumas funcionalidades de dispositivos como computadores e dispositivos móveis. A disponibilidade de sistemas acessíveis permitiu que utilizadores com diferentes tipos de limitações físicas acessem a funcionalidades de computadores e dispositivos móveis como telemóveis e smartphones que antes lhes eram muito difíceis ou até impossíveis de utilizar. São indicados neste capítulo alguns dos métodos de introdução de dados que permitem através da captura de voz, da utilização de periféricos de maiores dimensões, ou ainda de teclados virtuais, a introdução e composição de texto em computadores e também em dispositivos móveis. Para proporcionar um maior entendimento sobre o tipo de sistemas que se encontram relacionados com métodos de introdução de texto virtuais, foi descrito o funcionamento de sistemas de varrimento. Para poder ter uma ideia das dificuldades encontradas no uso de dispositivos móveis com teclas é descrito também um estudo efectuado sobre a pressão e a área de toque das teclas e como estas afectam a utilização dos dispositivos.

2.1 Sistemas Acessíveis

Havendo uma necessidade de desenvolver soluções para promover e facilitar a integração de pessoas com deficiência na sociedade, foram ao longo dos últimos anos efectuados desenvolvimentos na área da acessibilidade, havendo a adaptação de elementos já existentes para outras formas de funcionamento, ou o desenvolvimento de raiz de soluções que permitam resolver problemas encontrados por este tipo de pessoas na sua utilização de dispositivos. Assim, foram desenvolvidos ou melhorados teclados virtuais, sistemas de conversão de texto para voz, teclados físicos com maiores botões, dispositivos de controlo com recurso a movimentos oculares, sistemas de reconhecimento de texto, reconhecimento de fala, entre outros tipos de instrumentos adaptativos para facilitar o controlo a pessoas com deficiências.

Alguns destes sistemas e métodos têm funcionalidades que mais tarde foram aproveitadas sob outras formas e com algumas mudanças para dispositivos móveis, tentando tornar também estes acessíveis a pessoas com deficiências.

2.1.1 EasyVoice

EasyVoice [2] é uma aplicação que integra vários tipos de sistemas diferentes de forma a permitir que pessoas com deficiências na fala possam ter uma conversa com outra pessoa através de uma aplicação VOIP, conversando para qualquer ponto do mundo. Os sistemas que são integrados neste tipo de aplicação são um sistema de voz sintetizada e um interface de utilizador orientado para pessoas com deficiências, juntando-os a uma aplicação VoIP já existente no mercado. Esta aplicação veio permitir ultrapassar barreiras de comunicação, aprendizagem e socialização por parte das pessoas possuidoras de deficiências que a possam utilizar.

O interface desta aplicação foi desenvolvido de forma a tornar acessível ao utilizador toda a informação relativa a uma conversa via aplicação de chat por voz, pretendendo ajudar a ultrapassar a dificuldade de utilização de um teclado normal, que por vezes é difícil de utilizar por pessoas com deficiência, na composição de texto. Assim, o interface é composto por quatro áreas, três principais e uma opcional, sendo

uma área para o arquivo das mensagens recentemente enviadas, outra área para o sistema de sugestões de palavras, outra para a composição de texto e ainda uma área para o teclado virtual opcional. É permitido que o utilizador insira o texto que pretende utilizando o seu teclado, mas caso lhe seja muito difícil de o fazer, poderá activar a opção do teclado virtual. Este recorre a um sistema de varrimento para percorrer todas as letras existentes no teclado tendo o utilizador de efectuar a escolha do grupo e da letra que pretende digitar, tocando apenas num botão. Na área de sugestão de palavras, um algoritmo procura num dicionário palavras que incluam as letras já digitadas como prefixo, mostrando as 8 opções mais frequentes para escolha do utilizador. A área de arquivo de mensagens recentemente enviadas mostra as últimas frases enviadas permitindo que se possa reenviar a mesma frase para melhor audição por parte do outro utilizador. Existe também uma área de abreviaturas no EasyVoice que inclui algumas abreviaturas que podem ser definidas pelo utilizador para que ao serem utilizadas no texto, sejam convertidas pelo sistema de síntese na sua forma completa. Após a inserção do texto a transmitir na conversação, o sistema de síntese de voz transforma esse texto em voz utilizando algoritmos sintetizadores que simulam a voz humana. Sendo um processo que requer alguma capacidade de processamento na conversão do texto para voz, a síntese demora algum tempo, produzindo um texto perceptível, dentro das características conhecidas para este tipo de sistemas. Esse texto áudio é enviado ao outro utilizador por meio de uma aplicação VoIP conhecida e utilizada por imensas pessoas por todo o mundo, o Skype®, através da utilização de uma *Application Programming Interface* (API) disponibilizada.

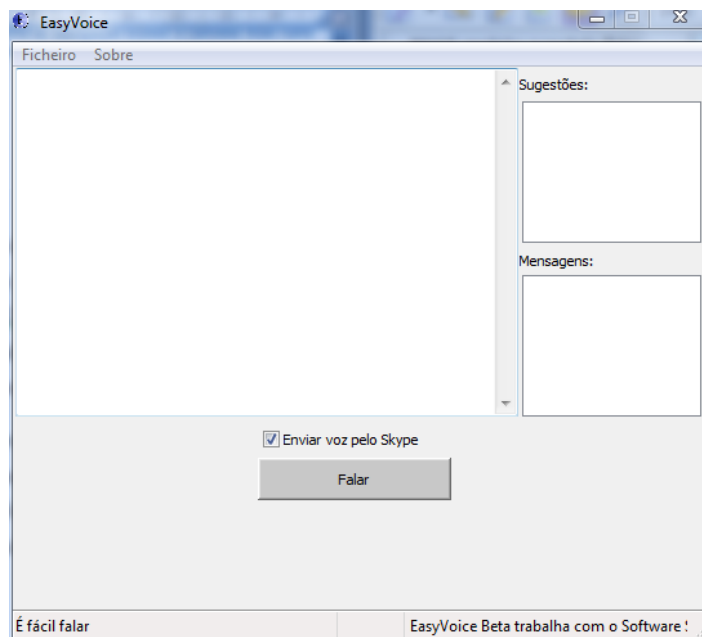


Figura 2.1 – Interface da aplicação EasyVoice.

2.1.2 BigKeys Keyboard

Um dos métodos de introdução de texto desenvolvidos para tornar mais acessível a composição de texto em computadores foi o BigKeys LX [3,4]. Este tipo de teclado apresenta como características principais um conjunto de teclas significativamente maiores quando comparadas com as teclas de um teclado standard de computador. Em comparação com o teclado standard, o teclado BigKeys apresenta menos teclas e poucas teclas com dupla funcionalidade. Isto permite que seja efectuada uma introdução de caracteres com maior precisão por parte de pessoas com deficiência cerebral, motora ou visual.



Figura 2.2 – Teclado BigKeys LX com layout alfabético.

2.1.3 Sistemas de Eye Tracking

Desde há alguns anos atrás que a tecnologia de eye tracking pode ser utilizada como ferramenta de input para controlar sistemas utilizando interfaces específicos. Como os movimentos oculares são específicos a cada pessoa, estes podem ser medidos e utilizados para activar a manipulação dos interfaces. Através do olhar para a zona que pretende explorar, o focar em algo durante alguns momentos ou até o piscar de olhos serve para o utilizador manipular o interface.

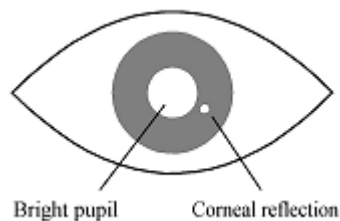


Figura 2.3 - Imagem dos pontos utilizados na focagem do movimento ocular: centro da pupila e reflexo da córnea.

Este tipo de sistemas [5] funciona normalmente ligado a um computador onde uma câmara, do tipo infravermelhos, montada por baixo ou ao lado do monitor, identifica as características utilizadas para seguir o movimento ocular através de técnicas de processamento de imagem. Estas características integram o método de

reflexo da córnea, centro da pupila [6] que é utilizado na maioria dos sistemas de eye-tracking disponíveis.

Uma vez que o software identifique o centro da pupila e a posição do reflexo da córnea, é medido o vector formado entre eles e calculado o ponto-de-relação (point of regard) aproximado. Este tipo de cálculo também é possível de fazer usando apenas o reflexo da córnea.



Figura 2.4 - Imagem da posição do reflexo da córnea de acordo com o ponto de relação.

A aplicação mais prática da tecnologia de eye tracking é permitir a pessoas com pouca coordenação motora, que não consigam utilizar um rato ou teclado, controlar um interface num sistema através dos seus movimentos oculares [7]. Este tipo de sistema também é aplicável em ambientes de realidade virtual que poderão ser explorados com o movimento dos olhos para obtenção de mais detalhe.

Infelizmente este tipo de sistemas ainda apresenta limitações e problemas na recolha e tratamento de dados. Por exemplo, na interpretação do olhar do utilizador, a intenção pode não ser clara, pois devido aos movimentos involuntários do olho, pode ser activada alguma aplicação no interface do sistema que se está a controlar. Este efeito também conhecido como "Midas Touch" [7] pode ser corrigido com soluções como a conjugação do sistema de eye tracking e de outro sistema de controlo como o reconhecimento de voz ou o toque em dispositivos de input.

Um outro tipo de problema deste tipo de sistemas é a existência de várias métricas para identificar e seguir os movimentos oculares. A principal métrica é a fixação, da qual derivam outras semelhantes. Um dos principais focos de investigação no futuro da área será a criação de uma métrica standarizada, e, de como esta poderá ser interpretada no desenho de interfaces. Também é um problema actual o elevado custo de um sistema de eye tracking, sendo previsível que no futuro o custo de um sistema destes venha a

diminuir, para que possa ser considerado uma ferramenta viável para investigar e proporcionar melhores interações com diversos sistemas.

2.1.4 Introdução de texto com trackball

Uma das formas de realizar a manipulação e navegação em interfaces é através da utilização de uma trackball. Este tipo de dispositivo é um dos preferidos por parte de pessoas com problemas de coordenação motora ou pessoas cujos problemas impeçam a movimentação de um rato ao longo de uma superfície. Como são dispositivos que ocupam pouco espaço para ser utilizadas, ao contrário de um rato, as trackballs são utilizadas em sistemas que sejam disponibilizados ao público, como em máquinas de jogos ou superfícies navegacionais, pois não são facilmente roubadas. Também são dispositivos que permitem uma alternativa ao teclado físico, através da utilização de teclados virtuais no ecrã. Mas a utilização de um teclado virtual requer uma precisão de clique, o que é uma tarefa difícil de executar com uma trackball, que por sua vez tende a colocar dificuldades em manter o ponteiro fixo sobre uma área.



Figura 2.5 - Duas trackballs existentes no mercado. a) Trackball Kensington Expert Mouse, uma das maiores e mais populares. b) Trackball Appoint Thumbelina, uma das mais pequenas trackballs já fabricada.

Tendo em atenção a dificuldade em utilizar a trackball com teclados virtuais, foi desenvolvido um método [8] de introdução de texto baseado em reconhecimento de gestos utilizando os movimentos do ponteiro do rato em vez dos cliques.

O utilizador com este método digita as letras que pretende através do mexer da trackball num determinado padrão existente para cada carácter. A movimentação da trackball em determinados ângulos permite depois ao programa associado ao método

reconhecer onde começou o reconhecimento e que ângulos foram percorridos para descobrir o carácter desenhado, que depois é transmitido à aplicação aberta.

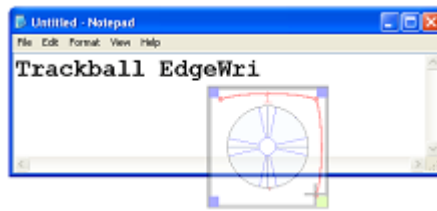


Figura 2.6 - Utilização do Trackball EdgeWrite para introduzir texto no bloco de notas.

Um dos detalhes deste método é a capacidade de distinguir um carácter que o utilizador tenha tentado desenhar, mas que durante a sua formulação tenha acontecido um deslize que tenha impedido efectuar a correcta forma do carácter.

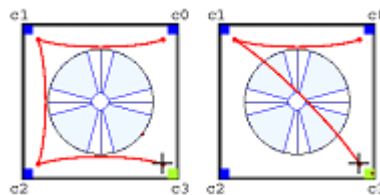


Figura 2.7 - Ao escrever um "s" o utilizador escorrega ao fazer a diagonal c1 a c3. Como consequência passa pelo ponto c2. O sistema detecta o deslize e substitui por uma ligação directa entre c1 e c3.

Este método de introdução de texto é uma variação de outro método existente para dispositivos móveis chamado EdgeWrite [9], reconhecendo as mesmas formas de caracteres que o método original.

2.1.5 Visual Touchpad

Visual Touchpad [10] é um sistema de introdução de dados que permite uma interacção com computadores desktop, portáteis, quiosques ou monitores de parede através do reconhecimento de interacções efectuadas com as mãos.

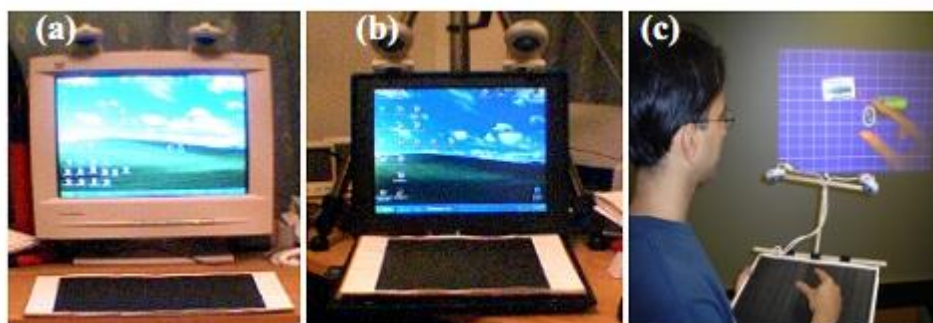


Figura 2.8 - Exemplo de configurações do Visual Touchpad. a) Computador desktop b) Computador Portátil c) Configuração de suporte manual.

Este método recorre a duas câmaras que são colocadas num ponto de referência alto, apontadas para baixo, para uma superfície plana, onde um sistema de monitorização das mãos a correr no computador identifica a posição 3D das pontas dos dedos sob e por cima da superfície controlada. Esta superfície pode ser utilizada como um dispositivo multi-toque com a capacidade adicional de detectar gestos manuais por cima da superfície.

Como permite uma experiência de manipulação directa sobre qualquer superfície plana, sem necessidade de tocar em ecrãs ou outros dispositivos, este método pode ser utilizado sem grandes investimentos para melhorar o acesso a diversos interfaces.

A variedade de técnicas de interacção baseadas nos gestos efectuados com os dedos de uma ou duas mãos são depois utilizadas para explorar as capacidades do sistema de monitorização das mãos. Das técnicas possíveis de utilizar com as pontas dos dedos de uma mão estão a selecção, a translação, a rotação e a pesquisa de informação sobre objectos, a cópia, colagem, eliminação e selecção de grupos de imagens, o zoom, rotação e manipulação de telas e sistema de navegação. Com duas mãos, é possível utilizar técnicas como criação de menus circulares, manipulação de imagens e formas, e, utilizar um teclado virtual projectado na superfície monitorizada.



Figura 2.9 - Projecção de um teclado virtual.

Apesar de ser um sistema de introdução de dados de reconhecimento com algum futuro, o facto de apenas reconhecer as pontas dos dedos quando estes estão esticados, e a falta de feedback táctil durante a digitação de texto tornou a utilização deste método um pouco estranha e propícia a erros, pois os limites das aplicações são difíceis de reconhecer.

2.2 Sistemas para dispositivos móveis

Com o desenvolvimento de dispositivos móveis, foi também procurado desenvolver métodos e sistemas que permitissem uma introdução de texto de forma eficiente e correcta, com pouca dificuldade de utilização por parte dos possíveis utilizadores.

Assim, ao longo dos anos foram adaptados alguns sistemas acessíveis utilizados em outras plataformas para dispositivos móveis, uns com mais sucesso do que outros. Foram também desenvolvidos novos sistemas de raíz, com base nos requisitos de sistemas utilizados noutras plataformas, mas adaptados de acordo com o tipo e tamanho de dispositivos móveis a utilizar.

Assim, alguns dos métodos de interacção e introdução de texto em dispositivos móveis são os sistemas de reconhecimento de fala [13] e de reconhecimento de gestos [9], além de teclados virtuais.

2.2.1 NavTap

Um dos métodos de introdução de texto desenvolvidos para dispositivos móveis é o **NavTap** [11]. O NavTap é um método que pretende reduzir a carga cognitiva para o utilizador na introdução de texto, sem a obtenção de qualquer feedback visual. Utilizando o movimento direccional efectuado sobre o dispositivo móvel onde está instalado para navegar através de um esquema do alfabeto pré-definido, este método permite uma introdução fácil e rápida de cada carácter.

Este método [11] permite que pessoas, especialmente cegos ou com grandes problemas de visão, possam utilizar dispositivos móveis, introduzindo texto eficientemente, mesmo sendo inexperientes na utilização do método. Aquando da sua utilização, o utilizador ao navegar utilizando os botões do dispositivo móvel obtém feedback áudio, indicando a letra corrente em que se encontra antes de confirmar a sua introdução, aliviando a carga cognitiva necessária para memorizar a ordem das letras na disposição do alfabeto. O método pode ser utilizado quer em dispositivos móveis com teclado físico como em dispositivos móveis com ecrã táctil. Enquanto no dispositivo com teclado físico, caso o equipamento não possua um elemento que actue como joystick para navegação, os botões numéricos são utilizados como se fossem o joystick, nos dispositivos de ecrã táctil, é utilizada a área de reconhecimento de caracteres do teclado para reconhecer o tipo de movimento de deslocação efectuado sobre o ecrã para efectuar a navegação pelos grupos e caracteres do esquema de teclado.



Figura 2.10 - Representação da forma de navegar usando um dispositivo com teclado físico.

A representação alfabética do teclado é feita em cinco grupos, dispostos horizontalmente, sendo cada grupo iniciado por uma vogal, por estas serem as letras de mais fácil memorização, contendo depois as restantes letras até à vogal seguinte. Os grupos do alfabeto podem ser percorridos de forma cíclica, seja horizontalmente, na qual se avança letra a letra, por exemplo da letra z para a letra a, seja verticalmente, pelas vogais, sendo possível fazer a transição da vogal e para a vogal i.

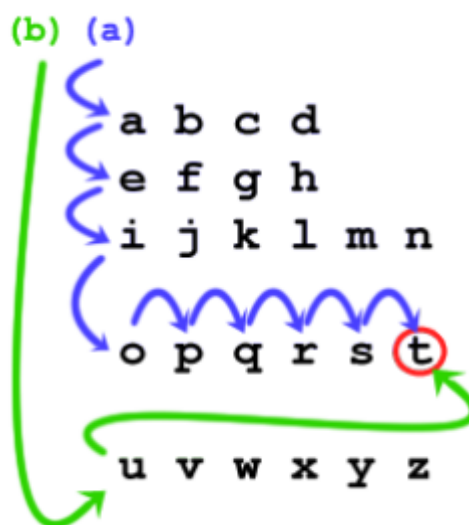


Figura 2.11 – Esquema de inserção de texto através da navegação pelos caracteres.

Para poder compor uma palavra recorrendo ao NavTap é utilizado o um esquema de navegação por vogais e depois pelas consoantes seguintes a estas. Na figura 2.11 é possível observar duas formas de navegação mostrando no cenário (a) primeiro a deslocação pelas vogais, usando-as como referência, deslocando depois pelas letras para chegar ao carácter desejado. No cenário (b) a navegação é feita usando o caminho mais curto para chegar ao carácter desejado, através da deslocação vertical para cima e deslocação horizontal para a esquerda.

2.2.2 BigKey Virtual Keyboard

Sabendo que os utilizadores de dispositivos móveis com ecrã táctil sentem dificuldades na introdução de texto utilizando as pequenas teclas virtuais do teclado standard disponível nestes dispositivos [12], foi traçado o objectivo de melhorar a performance do utilizador nesta tarefa e também a precisão na composição de texto. Foi com estes objectivos que foi desenvolvido o BigKey [12], um teclado virtual do estilo QWERTY que facilita a selecção de teclas, fazendo a expansão daquelas que poderão ser as próximas a serem pressionadas na composição da palavra a ser escrita. Isto é, através da utilização de um algoritmo preditivo, o teclado aumenta o tamanho das teclas que provavelmente serão utilizadas para compor as palavras mais utilizadas com os caracteres já introduzidos. Em termos de performance o teclado BigKey parece apresentar melhores resultados do que os teclados virtuais tradicionais [12]. Também foi apurado com este método que a existência de um tamanho maior das prováveis teclas a serem pressionadas reduz o tempo necessário para visualizar os caracteres pretendidos, reduzindo assim o tempo de varrimento virtual.



Figura 2.12 – Interface do teclado BigKey a ser utilizado num dispositivo móvel.

2.2.3 EdgeWrite

Em termos de sistemas de reconhecimento de gestos como método de introdução de texto para dispositivos móveis para pessoas com deficiências, tem existido um grande avanço no seu desenvolvimento, sendo o EdgeWrite [9] o método mais conhecido dentro do seu género.

EdgeWrite é um método que permite a composição de texto em dispositivos móveis com ecrã táctil, permitindo a pessoas com deficiências motoras, paralisia cerebral ou até doença de Parkinson, as quais podem ter tremores que afectem a normal utilização de dispositivos como ratos ou teclados, uma utilização mais acessível a este tipo de dispositivos.

O EdgeWrite é um método que efectua o reconhecimento de caracteres escritos baseando-se num único traço feito com recurso a uma pen stylus numa área de reconhecimento. A composição de uma palavra é feita através do desenho dos caracteres, um de cada vez, pelo utilizador utilizando uma stylus, através do movimento contínuo por diagonais e cantos de uma área específica para o reconhecimento dos caracteres desenhados. A área de desenho dos caracteres é um pequeno quadrado recortado num molde assente sobre o ecrã do dispositivo.



Figura 2.13 - Área de desenho de caracteres recortada dentro do molde

O reconhecimento de um caracter desenhado é determinado quando é feita a interpretação da sequência de cantos que são tocados antes de a stylus ser levantada da área de reconhecimento. Como cada caracter tem a sua sequência de toque nos cantos, cada caracter é individualmente identificável mesmo que toque nos mesmos cantos que outro caracter.

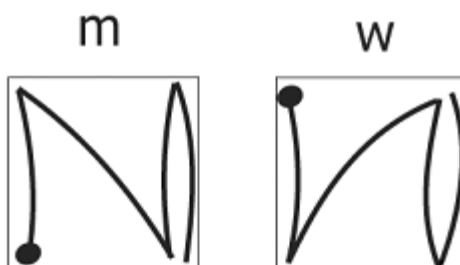


Figura 2.14 - Letras desenhadas com passagens nos mesmos cantos

Foi recomendado no estudo deste método que se utilizasse um desenho de caracteres com traço arqueado, pois assim evitaria problemas em que uma dupla passagem entre dois pontos, necessária para o desenho de alguns caracteres, fosse apenas uma linha, tornando claro a forma que era pretendida desenhar. Assim, foi elaborado o conjunto de formas a utilizar para realizar o reconhecimento das letras do alfabeto, assim como de símbolos, números e algumas funções básicas sobre os caracteres.

Primary EdgeWrite Character Forms

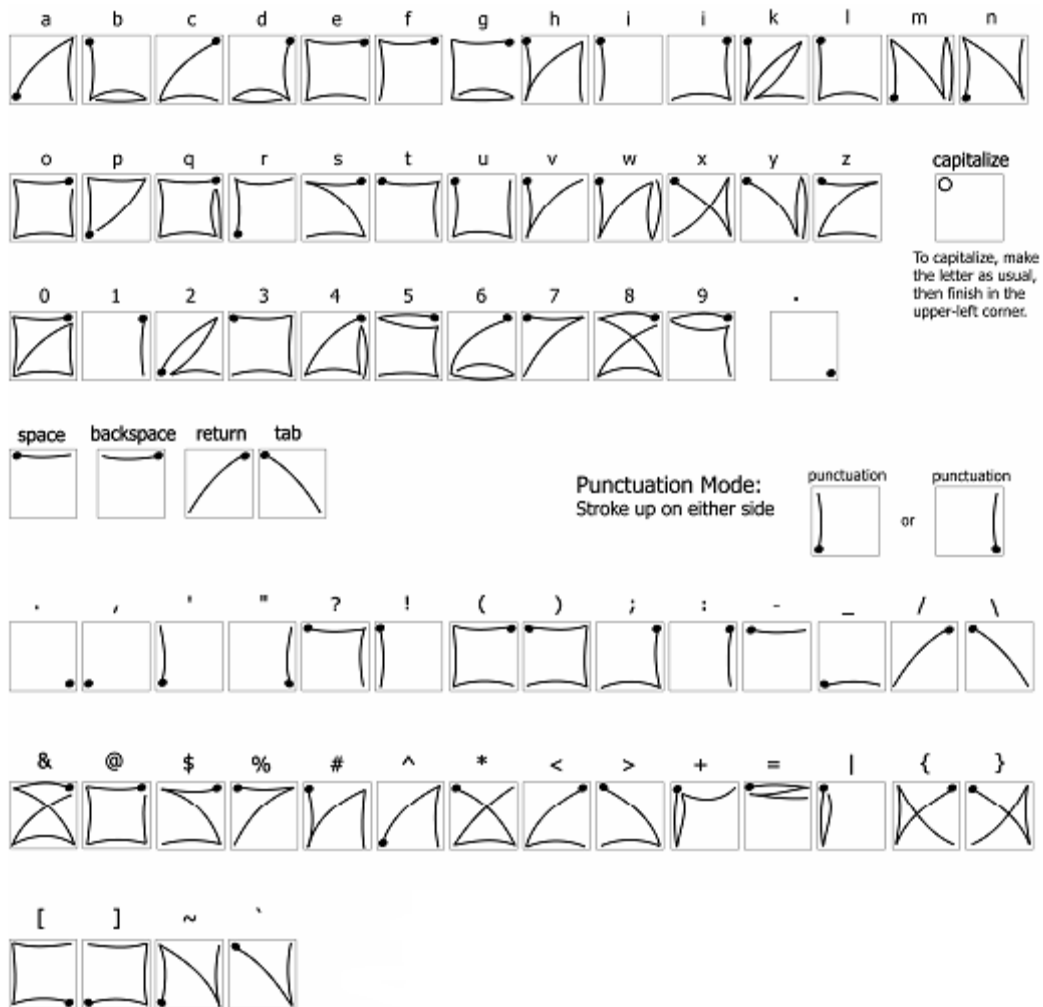


Figura 2.15 - Formas a desenhar para representar os símbolos, números e letras no EdgeWrite.

Outro dos factores importantes no desenvolvimento deste método foi o molde a utilizar para limitar a área de desenho dos caracteres. Não podendo ser implementada apenas em software devido à pouca precisão dos utilizadores, esta área foi recortada num molde de plástico que permitia apenas o contacto da ponta da stylus para efectuar o desenho. Foram feitos vários protótipos, havendo características que era necessário ter em conta para a correcta utilização deste molde. Um dos problemas encontrados durante o estudo deste método foi que, sendo o molde assente sobre a área de inserção de texto do dispositivo, a sua pressão interferia com a área de desenho, tornando difícil o reconhecimento correcto das formas efectuadas. Para evitar este problema relacionado

com a pressão sobre o molde, foi desenvolvido um novo molde, maior, que assentava as suas extremidades no chassis do dispositivo utilizado, fazendo uma pequena margem entre o molde e o ecrã do dispositivo, evitando o problema surgido.

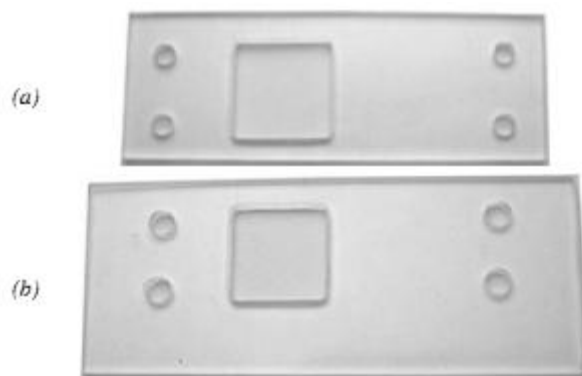


Figura 2.16 - Moldes utilizados para testar o método num Palm PDA. a) Molde inicial que ficava assente apenas na área de texto do PDA. b) Molde seguinte que ficava suportado apenas no chassis do PDA.

Este método, inicialmente orientado para dispositivos móveis com ecrã táctil, foi modificado de forma a permitir a sua utilização com outros tipos de dispositivos acessíveis, como trackballs, touchpads, joysticks e sensores capacitivos, e também em outros tipos de sistemas, como por exemplo o iOS.

2.2.4 Parakeet

Os métodos de introdução de texto baseados em reconhecimento de fala são altamente atractivos para implementação em dispositivos móveis com ecrã táctil, devido a vantagens como o não ser necessária a utilização de dispositivos auxiliares ou de interacções com muitos botões. Sendo uma característica elementar, os utilizadores podem utilizar este tipo de métodos muito rapidamente e sem necessitar de muita prática. Apesar de serem métodos de introdução de texto com potencial, o reconhecimento de fala ainda se apresenta como incógnita na competição com outros métodos existentes. Desvantagens como a falta de privacidade, dificuldade de reconhecimento de palavras, ocorrência de erros, além de apresentar necessidades de

processamento e memória por parte dos dispositivos móveis muito maiores que os outros métodos de introdução de texto, fazem com que este tipo de método não seja encarado como uma alternativa eficiente. Em termos de sistemas de reconhecimento de fala contínua disponíveis para dispositivos móveis com ecrã táctil existe o Parakeet [13].

Parakeet é um sistema desenhado para realizar uma introdução de texto eficiente, recorrendo a um sistema de reconhecimento de fala concebido de raiz. Através de um interface gráfico otimizado para o utilizador, os autores do Parakeet quiseram minimizar as desvantagens da utilização deste método tendo em conta princípios de design como o evitar o aparecimento de erros em cascata, pois devido a um reconhecimento errado, outros se seguirão quase imediatamente, explorar o espaço de hipóteses do reconhecimento de texto, mostrando não só a possível correcção para uma palavra ditada, mas também poder corrigir a palavra detectada manualmente, aumentar a eficiência e a praticabilidade da interacção por toque, através da manipulação do interface para ser eficiente na utilização, seja através de uma stylus ou através do toque manual e um suporte à interacção fragmentada, ou seja, permitir continuar a interacção que se estava a executar a partir do momento em que foi interrompida por um evento, minimizando também a atenção necessária para interagir com o interface.



Figura 2.17 - Parakeet a ser executado num dispositivo móvel com auricular bluetooth.

O seu interface é composto por uma linha, dividida em clusters de palavras, no topo com a melhor hipótese de reconhecimento do texto ditado e por baixo o espaço de

hipótese para cada palavra reconhecida, que inclui a hipótese de substituir as palavras erradas pelas correctas ou caso não exista a palavra pretendida, eliminar a restante frase. O interface permite funcionalidades como apresentação de palavras para correcção por frequência de uso, possibilidade de efectuar cópia entre as várias palavras que compõem a frase, possui um teclado virtual preditivo e funciona em diversos aparelhos de ecrã táctil com diversos tamanhos, incluindo os mais pequenos.



Figura 2.18 - A utilização do interface durante a correcção das palavras ditadas que foram reconhecidas.

2.3 Sistemas de Varrimento

Um sistema de varrimento é um sistema que é composto por um conjunto de opções e por um cursor que as percorre seguindo uma determinada ordem e com um determinado intervalo de tempo. Quando o utilizador pretende seleccionar uma das opções que está disponível, tem que aguardar que o cursor chegue à opção pretendida e carregar num botão de um dispositivo de input que esteja ligado ao sistema a ser utilizado. Um dos dispositivos de input utilizados neste tipo de selecção é o switch, que possui um ou mais botões com um tamanho maior e que permite uma manipulação melhor que outros dispositivos. Um sistema de varrimento pode ser implementado sob dois tipos de estratégia em teclados virtuais, sendo uma a estratégia de varrimento sequencial e a outra a estratégia de varrimento por grupos.

O varrimento sequencial é um processo em que o cursor executa uma passagem sequencial por todas as opções disponíveis, uma opção de cada vez, por um determinado período de tempo, e que quando o utilizador pressiona um botão, pára e efectua a selecção da opção actual. Este é um processo lento e cansativo quando há

muitas opções, pois cada vez que é feita uma selecção, o processo volta ao seu estado inicial, iniciando a passagem desde a primeira opção.

O varrimento por grupos é um tipo de varrimento em que as opções estão dispostas por conjuntos ou subconjuntos de opções. Neste processo o cursor percorre os conjuntos de opções sequencialmente até que o utilizador escolha um deles, entrando depois para um subconjunto de opções. Neste subconjunto de opções irá ser feita uma passagem sequencial e posterior selecção de um novo subconjunto de opções ou de uma opção que seja a pretendida. Este é um processo menos demorado que o varrimento sequencial mas que também demora algum tempo.

Num teclado virtual, o sistema de varrimento é sempre demorado a percorrer todas as opções disponíveis, pois há sempre o tempo de espera necessário para que o cursor chegue à opção pretendida, sendo que esta demora pode ser compensada pela estruturação do layout do teclado ou da existência de opções que permitam executar a composição de palavras de forma mais simplificada.

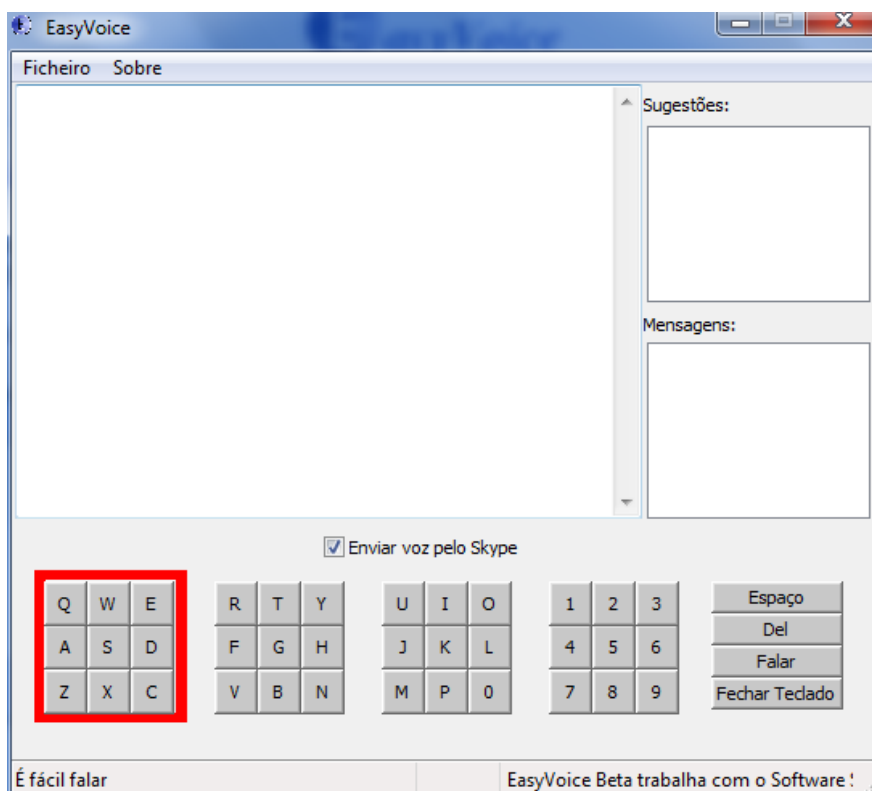


Figura 2.19 - Sistema de varrimento por grupos efectuado sobre os grupos do teclado virtual do EasyVoice.

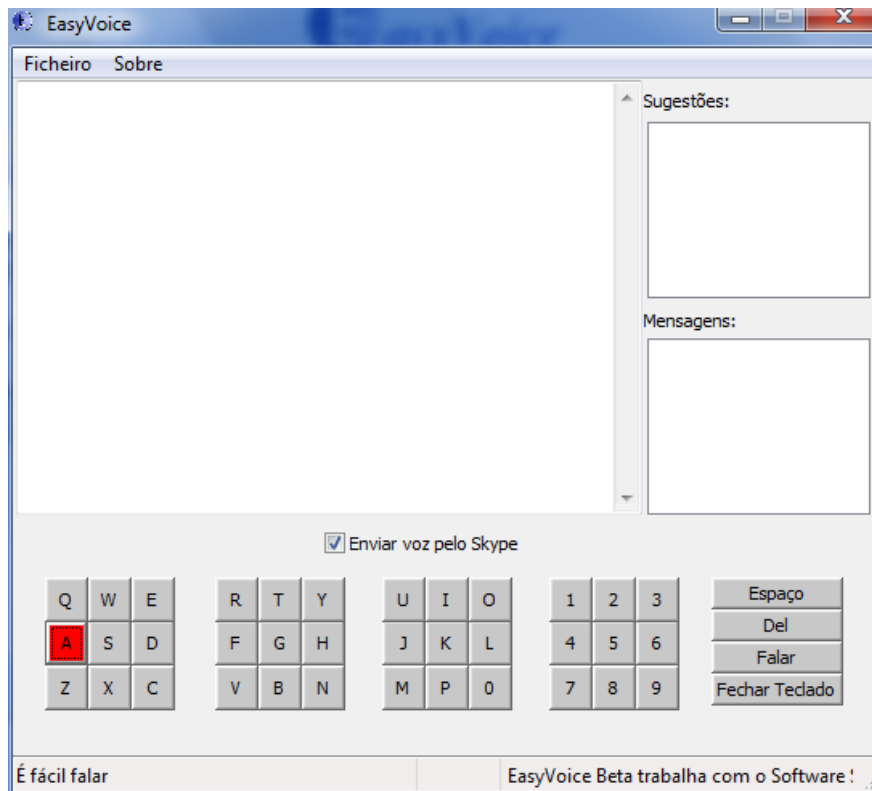


Figura 2.20 - Sistema de varrimento efectuado sobre as teclas de um dos grupos do teclado virtual do EasyVoice.

2.4 Estudo sobre pressão e área de toque

Foi efectuado um estudo [14] no qual foi feita uma análise de diferentes tipos de pressões e tamanhos de teclas. Este estudo foi efectuado utilizando dispositivos móveis com teclado físico, mas como o seu objectivo está, de certa forma, relacionado com características que influenciam o desenvolvimento do método de introdução de texto que iremos propor, é um estudo a ter em conta. Para efectuar o estudo das características pretendidas, a pressão e o tamanho das teclas, foram utilizados sensores em várias teclas, permitindo medir um simples toque ou a pressão efectiva do botão. Este estudo permitiu concluir que um utilizador muitas vezes ao tocar num botão, toca também no botão imediatamente abaixo por engano, especialmente se for utilizado o dedo polegar, devido ao tamanho dos botões disponíveis e ao pouco espaço existente entre eles. Devido ao facto de necessitar de ser feita a recolha de informações sobre os tipos de toque nos botões, houve um ligeiro atraso que foi notado e que posteriormente teve de

ser reduzido, pois as pessoas gostam de obter resultados instantâneos para as acções que tomam. Este tipo de interacção, com o dedo polegar a tocar nos botões do dispositivo móvel, só deverá ser utilizada em acções pouco importantes, na criação de atalhos ou visualização simples, evitando a ocorrência de erros na composição de informação importante. Este estudo indicou ainda que ocorreu junto dos utilizadores alguma confusão relativa ao tipo de toque e pressão a efectuar, sendo também difícil para eles aprender e lembrar o tipo de acção a tomar. A figura 2.21 mostra o tipo de interacção que foi possível apurar neste estudo [14].



Figura 2.21 - Demonstração do toque de um dedo sobre um botão e o botão abaixo.

2.5 Resumo

Neste capítulo foi apresentada inicialmente uma pequena introdução às dificuldades sentidas por parte de utilizadores com problemas que impeçam a correcta utilização de dispositivos como computadores ou dispositivos móveis, e métodos que permitam facilitar a sua utilização. Foram depois descritos com algum detalhe diferentes métodos de introdução de dados, primeiro para computadores e depois para dispositivos móveis. Neste capítulo foi apresentada também uma descrição sobre o que são sistemas de varrimento e um estudo sobre como a pressão e a área ocupada por uma tecla influencia a utilização de um dispositivo móvel.

Após a recolha de informação sobre os diversos métodos de introdução de dados existentes feita neste capítulo, é apresentado no próximo capítulo uma formalização do modelo conceptual a adoptar para a formalização do método de introdução de texto que se pretende desenvolver.

3 Modelo Conceptual

Para proceder à formalização da ideia pretendida para o método de introdução de texto pensado, foi elaborado um modelo conceptual do sistema a adoptar. Este modelo conceptual incluirá tudo aquilo que é necessário para a elaboração do sistema, assim como a forma como será disponibilizado ao utilizador e como o interface visível do método será composto.

Tendo no capítulo anterior compilado informações sobre métodos de introdução de dados disponíveis para utilizadores com alguma limitação física, pretende-se neste capítulo proceder à estruturação da ideia a desenvolver através da definição de um modelo conceptual. Para efectuar a definição do modelo conceptual são indicadas as actividades que se pretende desempenhar, a identificação das metáforas nas quais se podem basear algumas características a desenvolver, os conceitos, relações e mapeamentos necessários para implementar o método, assim como um cenário de actividades que descreve uma forma de como a aplicação do método delineado ajudaria um possível utilizador com limitações motoras a melhorar a sua experiência com um dispositivo móvel.

3.1 Actividades a Desempenhar

O método de introdução de texto a definir deverá ser tornado acessível de forma a tornar fácil a execução de algumas actividades que incluam a composição de palavras, números e expressões.

De modo a poder avaliar de que forma o método de introdução de texto poderá ser acessível, foi pensado um conjunto de actividades que podem ser executadas tanto no método a definir como num método de introdução de texto que já esteja incluído no dispositivo móvel. Assim, foram delineadas actividades que incluíssem a utilização dos diferentes tipos de caracteres comuns aos teclados virtuais que serviram de base para o desenvolvimento deste método.

As actividades definidas para este método têm uma dificuldade crescente. Assim, e por ordem crescente de dificuldade, tanto devido à utilização do tipo de carácter como do tamanho da expressão a compor, delinear-se as seguintes actividades:

- Inserção de um número de telefone durante a composição do corpo de uma mensagem;
- Composição de uma palavra numa caixa de pesquisa disponibilizada no dispositivo;
- Composição do corpo de uma mensagem de texto contendo caracteres acentuados, símbolos e números.

Este método de introdução de texto poderá ser definido para a realização de outras actividades pois será definido a pensar na integração com outros sistemas.

3.2 Identificação das Metáforas

A utilização de metáforas na constituição de um sistema leva a que possa existir algum tipo de familiaridade por parte dos possíveis utilizadores do sistema com características encontradas noutros sistemas. Assim, foram adoptadas como metáforas características de aplicações a que os utilizadores estarão provavelmente habituados, em virtude das suas deficiências, e também como aplicação de exploração do mundo.

3.2.1 Primeira Metáfora

A primeira metáfora utilizada na composição deste método de introdução de texto é uma metáfora respeitante ao sistema de varrimento por grupos. Este tipo de sistemas é utilizado na interacção com aplicações que permitam facilitar a comunicação ou a execução de algumas tarefas por parte de pessoas com deficiências.

Nos sistemas de varrimento por grupos é utilizado um conjunto de opções que é apresentado ao utilizador no ecrã do dispositivo, havendo um cursor visual que avança por entre as opções disponíveis, uma de cada vez, segundo um determinado ritmo de tempo. Através da pressão de um botão o utilizador escolhe a opção que deseja inserir. Numa variante do sistema de varrimento, uma opção pode ser um contentor para outras opções, estando o conjunto de todas as opções disponíveis de uma forma hierárquica. Também esses contentores podem ser um contentor para outras opções.

Um dos exemplos de utilização desse sistema de varrimento é quando um grupo particular de opções é seleccionado, o sistema de varrimento foca automaticamente a primeira opção do subgrupo de opções do grupo seleccionado, avançando posteriormente o cursor por cada uma das opções num determinado ritmo de tempo.

A primeira metáfora está na utilização de um sistema semelhante ao de varrimentos, com o mesmo tipo de características mas sem o automatismo que caracteriza esse sistema. Ou seja, o utilizador será capaz de controlar e decidir a navegação pelas opções disponibilizadas sem qualquer temporização.

3.2.2 Segunda Metáfora

A segunda metáfora utilizada neste método foi uma metáfora alusiva a um sistema de navegação, pois o método foi pensado de forma a permitir ao utilizador ter liberdade de navegar pelos grupos e subgrupos de opções, tal como é feito num sistema de navegação, utilizando teclas direccionais e botões de aplicação de zoom. No caso deste método, a metáfora foi baseada no sistema de navegação Google Maps®. Este sistema mostra mais detalhe quando aplica uma operação de *zoom in* sobre uma área e perde detalhe quando efectuada uma operação de *zoom out*. No método de introdução de texto, o descer na hierarquia de opções equivale à aplicação de *zoom in*, sendo que o subir nas opções da hierarquia equivale à aplicação de *zoom out*. A navegação pelas diferentes opções de cada nível utilizando as setas direccionais para a esquerda e para a direita corresponderá à utilização das setas de navegação utilizadas no Google Maps® para efectuar a rotação horizontal do globo.

Comandos do Google Maps®

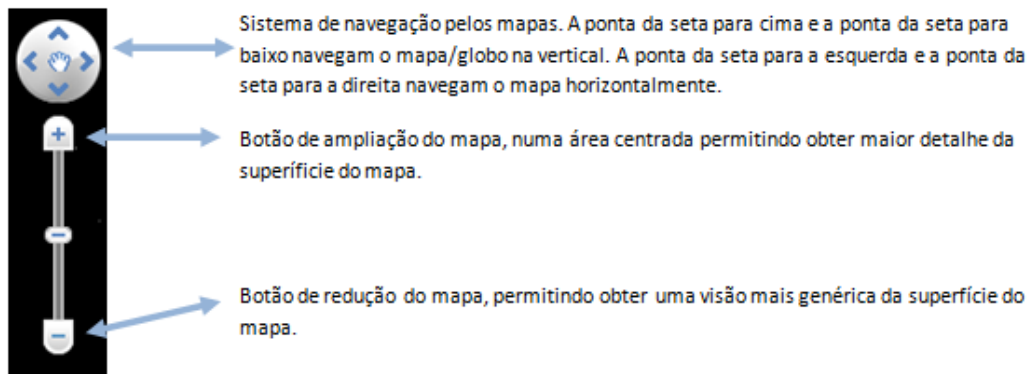


Figura 3.1 - Identificação dos comandos relativos à segunda metáfora.

3.3 Conceitos Empregues e Relações

A elaboração de um método de introdução de texto requer a definição do que este incluirá como conceitos de composição. Assim, para o método proposto, para integrar o que o sistema disponibilizará ao utilizador, utiliza-se conceitos de navegação, como é o caso dos elementos de retrocesso a um grupo de caracteres mais genérico, bem como a disponibilização de uma opção de navegação a um estado seguinte e a um estado anterior. A navegação a um estado seguinte será feita pela direita, sendo a navegação a um estado anterior efectuada pela esquerda do estado actual.

Outros conceitos que o método de introdução de texto utiliza são conceitos referentes à selecção, seja de grupos, subgrupos ou caracteres. Estes conceitos de selecção são referentes às opções disponíveis sobre as quais se efectuará a navegação. O método utiliza também outros conceitos comuns a teclados virtuais como a barra de espaço, a tecla de “Delete” de elementos, os conceitos essenciais na composição de um teclado, o alfabeto, os símbolos e os números que têm de ser disponibilizados, e ainda o conceito de ajuda.

Os diferentes conceitos que integram a definição de um método estão relacionados entre si de forma a tornar o método mais fácil de entender e de desenvolver.

Neste método de introdução de texto, os conceitos estão relacionados da seguinte forma: a selecção de um grupo permite aceder aos seus subgrupos, a selecção de um caracter permite inserir esse caracter, ou eliminar (caso da tecla Delete) elementos mal inseridos devido a erros de selecção ou por simples vontade do utilizador.

É possível efectuar uma síntese dos conceitos e relações empregues na tabela 3.1.

Conceitos	Relação
Grupos	A selecção de um grupo permite aceder aos seus subgrupos
Subgrupos	
Caracter	A selecção de um caracter permite a sua inserção
Barra de espaços	
Tecla de “Delete”	Eliminação de elementos por erro de selecção ou vontade do utilizador
Alfabeto	
Números	
Símbolos	
Ajuda	

Tabela 3.1 - Resumo dos conceitos e relações empregues na definição do método de introdução de texto

3.4 Mapeamentos

Entre os diferentes conceitos existentes num sistema, o correcto mapeamento entre eles permite tornar a utilização do sistema mais clara, equiparando os conceitos do modelo conceptual definido aos conceitos das metáforas utilizadas.

Como mapeamentos do modelo conceptual tem-se a entrada num subgrupo, que pode equivaler à acção de seleccionar uma opção num sistema de varrimento através de um toque num botão de um switch, ou ainda a operação de *zoom in* num sistema de

navegação. Outro mapeamento é a navegação pelos diferentes grupos de grupos, subgrupos ou caracteres, equivalente à navegação pelo mapa num sistema de navegação. Um outro mapeamento estabelece-se entre a introdução de um caracter e a selecção da opção pretendida num grupo de opções de um sistema de varrimento. Outro mapeamento possível é a introdução de um espaço ou eliminação de um caracter correspondente ao toque nas teclas que permitem a mesma operação num teclado sobre o qual corre um sistema de varrimento. O último mapeamento que se pode efectuar é o acesso à ajuda, o qual é equivalente à opção de ajuda de um sistema de navegação.

Na tabela 3.2 apresenta-se um sumário dos mapeamentos aplicados na definição deste método de introdução de texto.

Mapeamentos	
Entrada num subgrupo	Seleccionar uma opção num sistema de varrimento através de um toque num botão ou operação de <i>zoom in</i> num sistema de navegação
Navegação pelos grupos, subgrupos e caracteres	Navegar pelo mapa num sistema de navegação
Introdução de um caracter	Seleccionar a opção pretendida para inserir num grupo de opções de um sistema de varrimento
Introdução de um espaço ou apagar um elemento	Toque nas teclas que executam a mesma operação num teclado sobre o qual corra um sistema de varrimento
Acesso a ajuda	Aceder à opção de ajuda do sistema de navegação

Tabela 3.2 - Resumo dos mapeamentos existentes na definição do método de introdução de texto.

3.5 Cenário de Actividades

Para poder ter uma percepção mais aproximada da possível aplicação do método de introdução de texto delineado, foi desenvolvido um cenário de actividades em que se definiria um conjunto de situações em que o método pudesse ser aplicado em virtude de ser mais fácil e mais acessível de utilizar que o teclado virtual disponibilizado no dispositivo.

O Pedro, um rapaz portador de paralisia cerebral e que tem dificuldade em utilizar com precisão os seus dedos, adquiriu recentemente um smartphone apenas com ecrã de toque, e pretende começar a aproveitar algumas das funcionalidades que o dispositivo lhe permite.

Apesar de o smartphone ter várias funcionalidades de interesse, o Pedro continua a necessitar de utilizar as funcionalidades mais básicas de um dispositivo de comunicações como é o caso da composição de mensagens de texto. Para poder enviar uma mensagem a alguém, o Pedro utiliza a aplicação que o smartphone trás incorporada para tal utilidade. Após abrir a aplicação e iniciar a composição de uma nova mensagem, ele tem primeiro que inserir o número de telemóvel do amigo a quem vai enviar a mensagem. Como ainda não tem números guardados na agenda de contactos, tem de inserir o número a partir da agenda telefónica. Assim, tenta inserir o número na sua agenda de contactos utilizando a parte numérica do teclado que tem instalado no seu smartphone. Com alguma dificuldade, devido às teclas dos números estarem muito próximas entre si, e algum tempo depois, o Pedro consegue concluir a inserção do número e gravar o contacto na sua agenda de contactos.

Num outro dia, o Pedro, em conversa com um novo amigo, quis demonstrar que há certos tipos de lugares que não seguem algumas normas de acessibilidade que permitam facilmente o acesso por parte de pessoas com deficiências. Com o propósito de mostrar o que é entendido como acessibilidade, nas várias definições existentes, o Pedro recorre a uma caixa de pesquisa do seu smartphone para procurar o termo na Internet. Demorando algum tempo a compor a palavra a pesquisar, o Pedro cometeu

muitos erros mas conseguiu digitar a palavra e efectuar a pesquisa, mostrando depois vários resultados com os quais conversara com o seu amigo.

Um grande amigo do Pedro faz anos nos próximos dias e pretende oferecer-lhe algo. Ao trocar mensagens com uma amiga, ela sugere que se juntem e lhe comprem algo que seja útil e memorável. A amiga pede que o Pedro lhe indique um valor para poderem partilhar a compra da prenda. O Pedro tem então de compor uma mensagem para enviar à sua amiga que incluía um curto texto com um valor e alguns símbolos. Após a difícil tarefa de tentar escrever a mensagem com o teclado que tem instalado no seu smartphone, o Pedro envia a mensagem com um valor que pensa adequado para a compra da prenda para o seu amigo.

3.6 Resumo

A necessidade de estruturar as ideias base que se pretendiam desenvolver no âmbito de um novo método de introdução de texto levou à formalização de um modelo conceptual. No modelo conceptual descrito neste capítulo foram indicadas as atividades a realizar, a definição das metáforas que se iriam utilizar, bem como os conceitos e elementos a utilizar no desenvolvimento do método. Foi também descrito um cenário de actividades no qual um utilizador com problemas motores, recorrendo apenas aos recursos disponíveis no seu dispositivo móvel, apresenta dificuldades na realização de algumas tarefas.

No próximo capítulo, o desenvolvimento das ideias estruturadas neste modelo conceptual vão ser exploradas através de elaborações de protótipos de baixa e alta-fidelidade.

4 Prototipagem

Baseando a concepção estrutural e visual do método de introdução de texto no modelo conceptual anteriormente detalhado, foram tomadas algumas opções que permitiram a adequação das metáforas adoptadas à estrutura presente em métodos de introdução de texto em dispositivos móveis já existentes nas diversas plataformas. Assim foram implementadas funcionalidades que são comuns a teclados virtuais, através de um modelo de desenvolvimento iterativo, conforme recomendado na literatura de Interfaces Pessoa-Máquina [18]. Foi também desenvolvido, para facilitar a integração no ambiente de desenvolvimento e para adequação dos testes heurísticos, um modelo de um dispositivo de ecrã táctil com dimensões aproximadas às existentes na realidade.

No capítulo anterior foi definido um modelo conceptual contendo as ideias base sobre as quais se desenvolverá o método de introdução de texto idealizado. Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do método através do uso de protótipos de baixa e alta-fidelidade, dos testes heurísticos realizados para efectuar a detecção de falhas e posterior reformulação de interfaces além da definição da estrutura de elementos a disponibilizar ao utilizador.

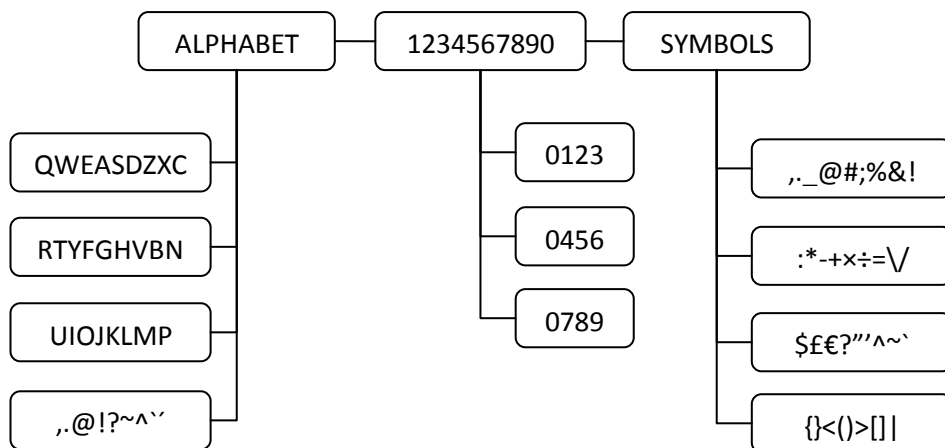
4.1 Estrutura e disposição de caracteres

Inicialmente decidiu-se usar a disposição do teclado QWERTY, comum nos teclados para computadores, porque é a mais utilizada hoje em dia. A configuração dos teclados QWERTY apesar de ser um standard, não apresenta a configuração mais optimizada [14,16], pois requer que os utilizadores percorram visualmente o teclado para encontrar o carácter pretendido, sendo recomendada a utilização de uma configuração cujo ordenamento passe pela frequência de utilização de caracteres. É de referir que a configuração QWERTY foi inventada no século XIX para evitar que as máquinas de escrever encravassem na digitação das letras. Esta configuração manteve-se na evolução dos teclados de máquinas de escrever para teclados de computadores,

apesar de estes não permitirem que o mesmo tipo de problema ocorresse, tornando-se assim pouco otimizada [16,15,17]. Seymour Papert [16] refere que a sociedade mostra alguma relutância em mudar os seus hábitos, mostrando como a norma QWERTY, aos quais os seres humanos se habituaram durante muito tempo como standard pré-estabelecido, apesar de ser pouco otimizada e já não servir para cumprir o seu objectivo inicial, continua a ser usada em detrimento de um standard mais eficiente.

A configuração QWERTY adoptada foi dividida em conjuntos de teclas, da esquerda para a direita: três conjuntos de letras, um conjunto de números e cinco conjuntos de símbolos. Esta divisão permite uma habituação mais fácil a uma disposição que seja conhecida por parte dos possíveis utilizadores, tentando reduzir assim possíveis confusões na utilização do teclado.

Cada conjunto de teclas é composto por nove caracteres, sendo depois dividido em subconjuntos de três caracteres. Ao carregar num subconjunto de três caracteres, este é dividido em caracteres únicos, permitindo a escolha do carácter desejado. A forma utilizada para a definição desta estrutura de inserção é a de uma estrutura hierárquica onde o nível mais geral é o nível de elementos com nove caracteres e através da navegação, chega-se ao nível mais específico com apenas um carácter por elemento da estrutura. A ideia do esquema hierárquico é ilustrada nas figuras 4.1.x para as letras, figura 4.1.y para os números e figuras 4.1.z para os símbolos.



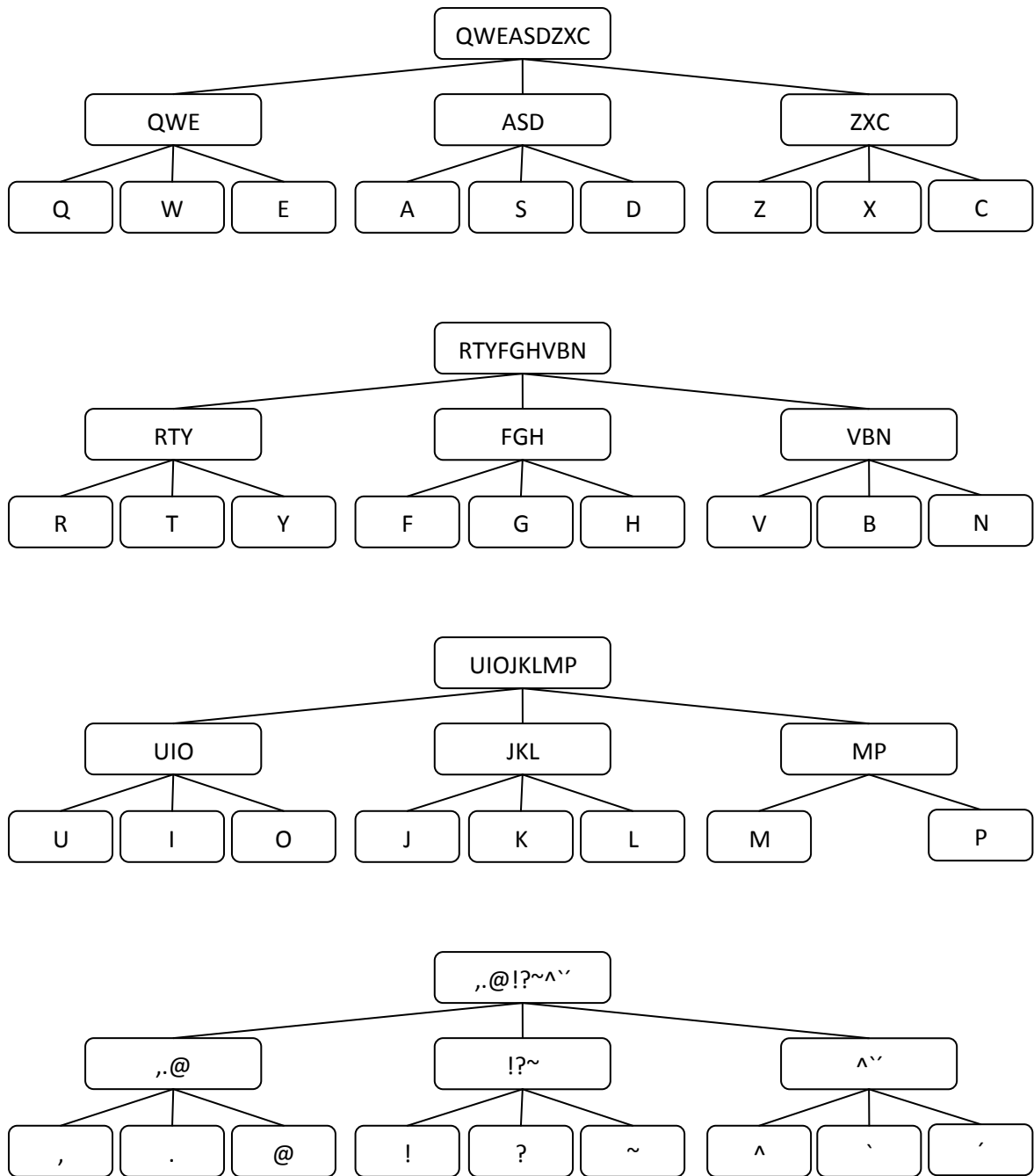


Figura 4.1.x - Representação da organização hierárquica das letras e alguns símbolos disponíveis.

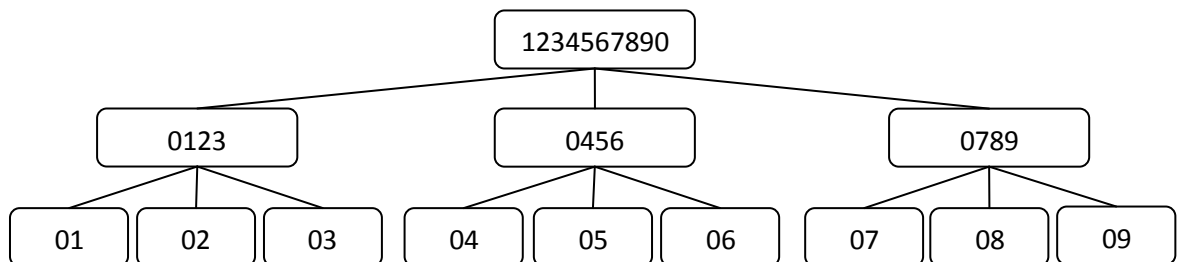
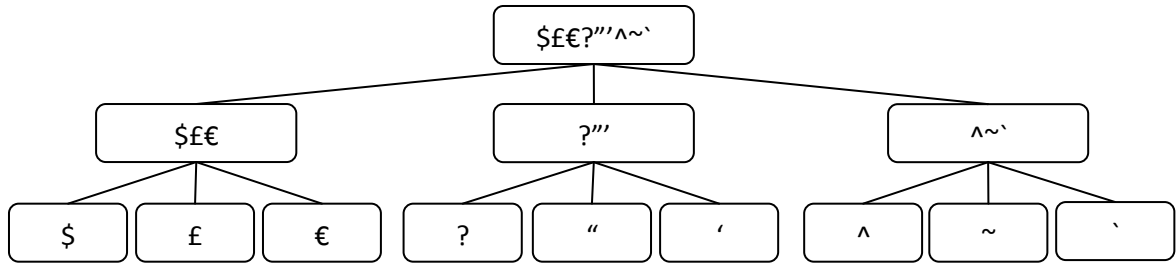
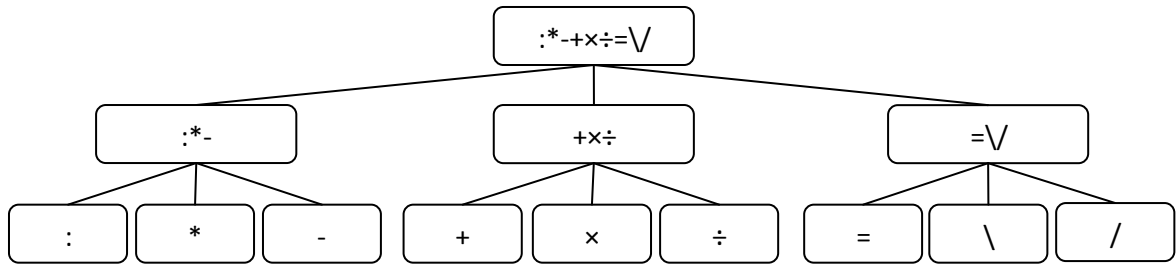
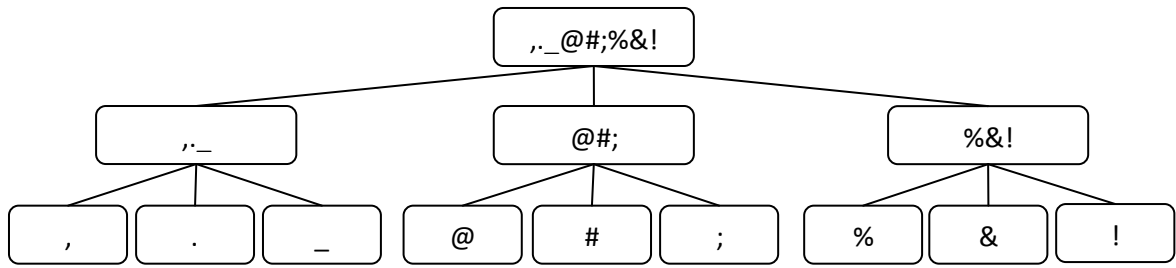
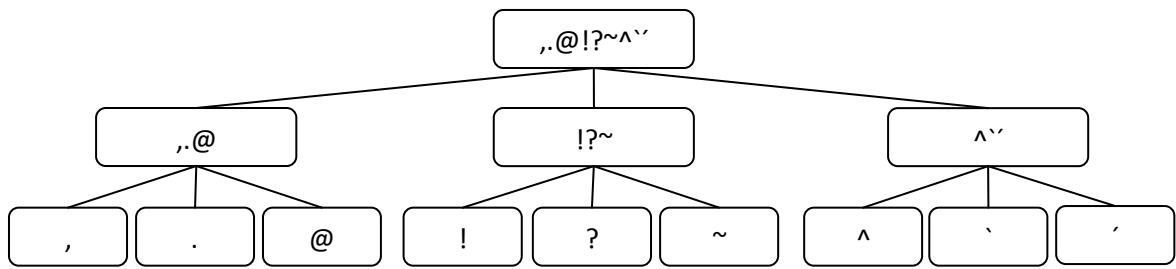


Figura 4.1.y - Representação da organização hierárquica dos números.



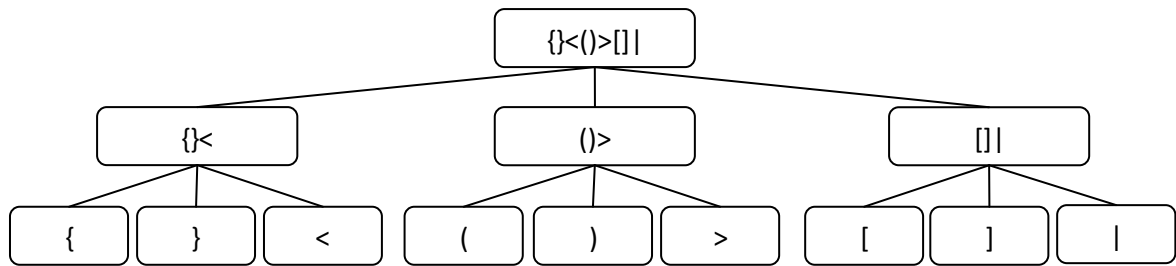


Figura 4.1.z - Representação da organização hierárquica dos símbolos disponíveis.

4.2 Evolução dos protótipos de baixa fidelidade

De seguida são apresentadas e descritas as diversas iterações para o desenvolvimento deste método de introdução de texto, desde os protótipos de baixa fidelidade até aos protótipos de alta-fidelidade e o próprio protótipo funcional que foi utilizado para realizar os testes de usabilidade.

4.2.1 Primeiro protótipo de baixa fidelidade

Esta foi a primeira tentativa de adequação dos elementos que foram definidos como integrantes do interface. Nesta iteração foram incluídas as características básicas comuns a outros teclados virtuais já existentes em aparelhos de ecrã táctil.

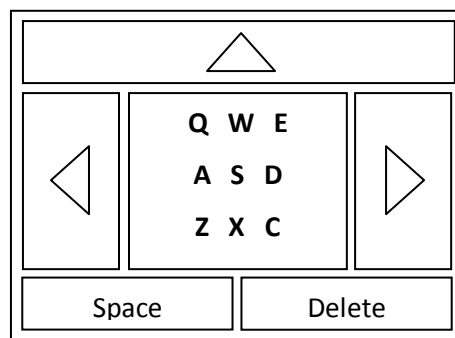


Figura 4.2 – Representação do interface do 1º protótipo do método de introdução de texto.

As principais vantagens desta abordagem são as seguintes:

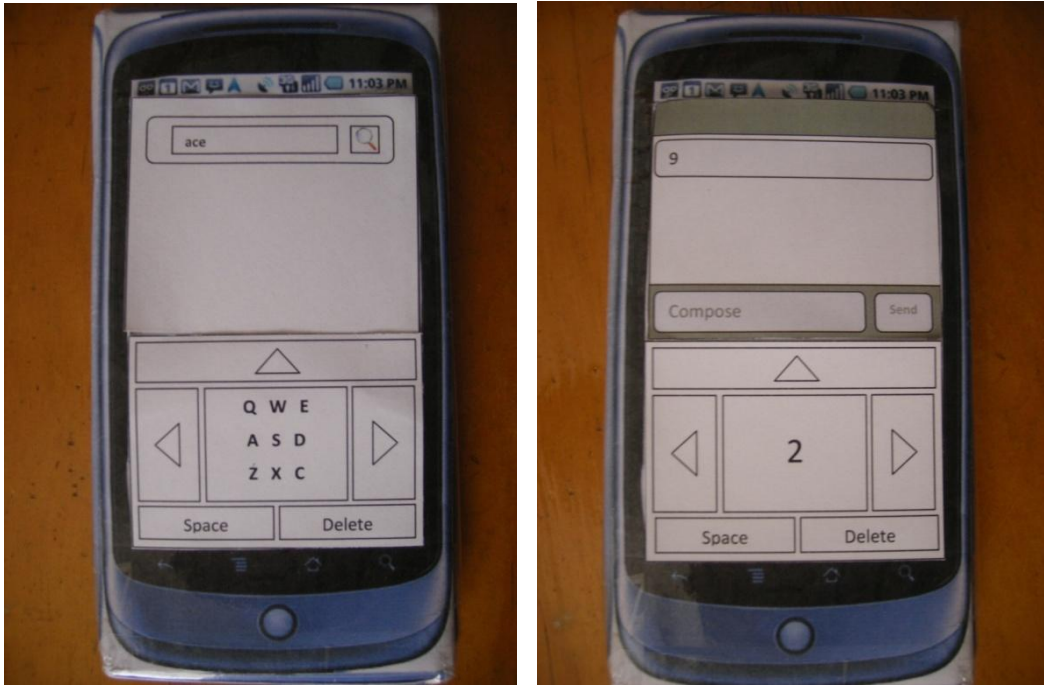
- O número de elementos visualmente disponíveis ser muito menor que num método de inserção de texto padrão;
- O tamanho dos botões disponibilizados ser superior tanto em largura como em altura quando comparados com o tamanho standard.

Como principal desvantagem destaca-se a seguinte característica.

- Diferenciação do sistema padrão de introdução de texto, o que pode causar alguma confusão a quem utiliza este tipo de dispositivos.

4.2.2 Avaliação heurística do primeiro protótipo

Tendo em vista o melhoramento do método de introdução apresentado e o tipo de utilizadores alvo deste método, foi efectuada uma avaliação heurística deste. Foi pedido a um conjunto de utilizadores, com características diferentes das dos utilizadores alvo, que indicassem erros e falhas que fossem detectadas no âmbito dos testes efectuados ao protótipo desenvolvido. Desta forma foi possível descobrir as falhas heurísticas no protótipo desenvolvido, seguindo as heurísticas de Nielsen [18].



a)

b)

Figura 4.3 – a) e b) Imagens da avaliação heurística do primeiro protótipo de baixa fidelidade.

Os requisitos definidos para facilitar a introdução de texto e que não foram implementados nesta iteração foram:

- Disponibilização de uma opção que permita a colocação de qualquer letra em maiúsculas;
- Organização facilitada de todos os símbolos, letras e números disponibilizados por um método de introdução de texto standard.

Em relação às heurísticas de Nielsen, aquelas que não são cumpridas são as seguintes:

Heurística 1 – Tornar o estado do sistema visível

- Comentário: Apesar do método de introdução de texto não ser uma aplicação em si, que deve mostrar o seu estado ao utilizador, o método falha por não indicar ao utilizador todos os elementos que podem ser disponibilizados.

- Solução recomendada: Colocação de um elemento que informe, dentro das limitações disponíveis, os estados do sistema que são possíveis de atingir a partir do estado actual.

Heurística 2 – Falar a linguagem do utilizador

- Comentário: Apesar da utilização de símbolos comuns a outros teclados virtuais existentes, existe no entanto o elemento de subida a um conjunto mais genérico, representado por um bico de seta apontado para cima, o que pode causar confusão com a tecla standard de “*Shift*”.
- Solução recomendada: Substituição do símbolo do elemento de subida de hierarquia para um outro símbolo também reconhecível pelos utilizadores.

Heurística 4 – Consistência e aderência a normas

- Comentário: O método reúne num só estado algumas funcionalidades, inserção de símbolos e letras, o que pode causar alguma confusão aos utilizadores na procura dos símbolos ou funcionalidades que se pretende utilizar.
- Solução recomendada: Para permitir uma maior consistência na organização dos caracteres, números e símbolos a introduzir, além das funcionalidades a utilizar, devem-se criar estados independentes para a inserção de caracteres, símbolos ou números.

Heurística 5 – Evitar erros

- Comentário: É um pouco difícil evitar a ocorrência de erros, visto que o método de introdução de texto funciona de forma diferente dos habituais e o utilizador terá de aprender a utilizá-lo.
- Solução recomendada: É resolvida com a solução recomendada na heurística 1.

Heurística 6 – Reconhecimento em vez de lembrança

- Comentário: Uma vez que o método de introdução de dados tem semelhanças ao teclado QWERTY utilizado nos PCs e em outros métodos de introdução de dados disponíveis em dispositivos com touch-screen, foi assumido que os utilizadores soubessem a ordem de disponibilização dos elementos, apesar de estes estarem ordenados em conjuntos. Mas este método também possui elementos fora de ordem que não permitem que o utilizador saiba onde eles estão. Isto implica que tenha de recorrer à lembrança em vez do reconhecimento.
- Solução recomendada: Existência de elementos e ordenações que permitam ao utilizador o reconhecimento fácil da inserção e navegação por entre os elementos e opções disponibilizados.

Heurística 7 – Flexibilidade e eficiência

- Comentário: Como esta é a primeira iteração de desenvolvimento do método proposto, não foi pensada qualquer funcionalidade ou opção que vise a eficiência e flexibilidade na introdução de caracteres. Esta será uma opção que será pensada no desenvolvimento de futuras iterações.
- Solução recomendada: Implementação de uma opção ou funcionalidade que aumente a eficiência da introdução dos caracteres que o utilizador pretenda introduzir, existente em alguns métodos de introdução de dados.

Heurística 9 – Ajuda ao utilizador no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros

- Comentário: Como não houve desenvolvimento, neste protótipo, de medidas que evitem que o utilizador cometa erros, também não há métodos que o ajudem no âmbito desta heurística.
- Solução recomendada: Visto que o cometer de erros na introdução de caracteres é algo que é difícil de evitar, deve ser implementada uma solução que informe o

utilizador do estado actual e dos seguintes para que este possa reconhecer se está a cometer um erro de navegação e possa voltar atrás nas suas opções.

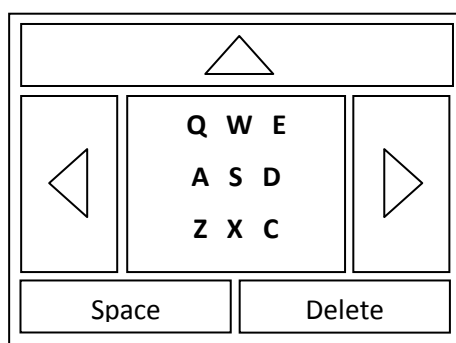
Heurística 10 – Fornecer ajuda e documentação

- Comentário: Não foi disponibilizada nenhuma ajuda ou documentação sobre como utilizar este método de introdução de dados ao utilizador. Em relação a documentação, não é comum os métodos de introdução de texto disponibilizarem documentação em suporte de papel ou em formato que possa acompanhar a implementação num dispositivo. Tal documentação será possível encontrar no site da entidade que desenvolveu o método de introdução de texto.
- Solução recomendada: Fornecer ao utilizador numa opção, tendo em atenção as limitações existentes, ajuda sobre como evitar dificuldades na navegação e introdução de texto utilizando o teclado. Produzir e fornecer ao utilizador documentação sobre o funcionamento deste método de introdução de dados.

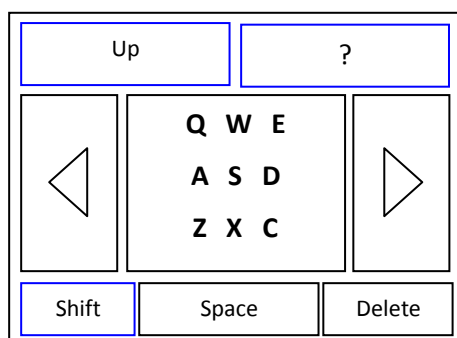
Tendo em conta todas as violações às heurísticas de Nielsen que foram detectadas nesta iteração, foi elaborada uma lista de prioridades sobre quais as violações que mais facilidade e valor têm na sua resolução. Assim foi efectuada uma nova iteração de desenvolvimento do método de introdução de texto.

4.2.3 Segundo Protótipo de baixa fidelidade

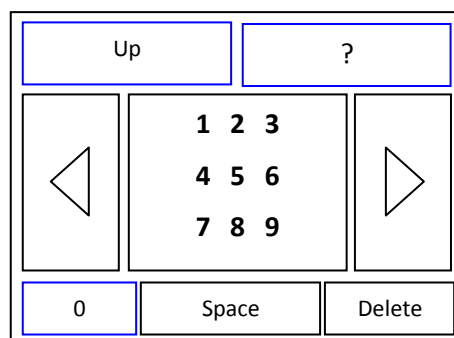
Nesta iteração pretendeu-se implementar alguns dos elementos que não foram implementados na iteração anterior. Apesar de esta iteração ter sido feita imediatamente após a avaliação heurística da iteração anterior, não foi focada a resolução de alguns elementos indicados nas violações das heurísticas de Nielsen, ficando a implementação de possíveis soluções planeada para a próxima iteração de desenvolvimento. Assim, o estilo visual do método de introdução de texto foi alterado nesta iteração como demonstram as figuras seguintes.



a)



b)



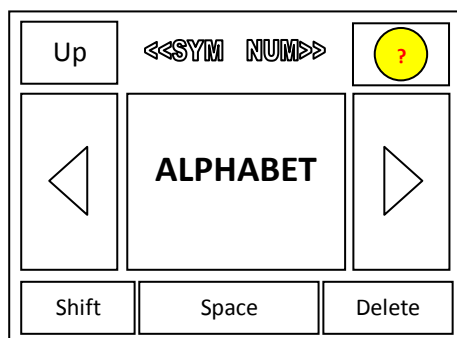
c)

Figuras 4.4 – a) Primeira iteração do protótipo de baixa fidelidade. b) e c) Alterações efectuadas durante 2ª iteração de desenvolvimento.

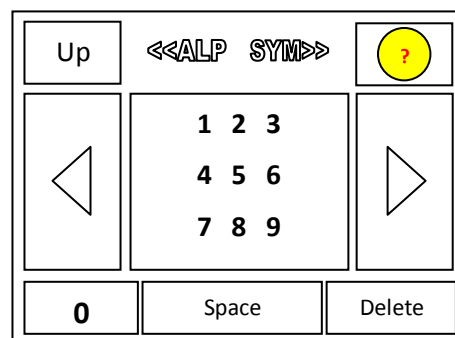
Nesta iteração é possível verificar que foram adicionados elementos como um botão que permita a colocação das letras a inserir em maiúsculas, e um botão que permita ao utilizador recorrer à ajuda disponibilizada. Também foi remodelada a estrutura hierárquica dos elementos para que o espaço utilizado pelo botão “*Shift*” na estrutura de letras, seja utilizado pelo botão para inserir o número 0 (zero) nos números. Nesta iteração mantêm-se todas as violações indicadas na iteração anterior com a excepção da heurística 10, que foi resolvida com a disponibilização de um elemento de ajuda ao utilizador.

4.2.4 Terceiro protótipo de baixa fidelidade

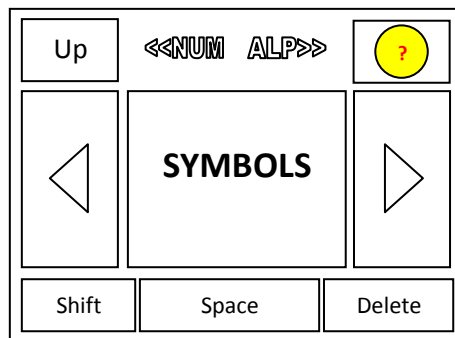
Nesta iteração foi focada a resolução de algumas violações encontradas na avaliação heurística da primeira iteração. Algumas das soluções implementadas, alteraram não só a estrutura visual do método desenvolvido como também a estrutura de navegação hierárquica formulada inicialmente. A estrutura visual do método teve uma reformulação que permitiu adicionar um elemento informativo aos já existentes, e que, apesar de reduzir as dimensões a alguns elementos, permitiu que os elementos principais mantivessem o seu tamanho e relevância iniciais. A estrutura de navegação hierárquica foi reordenada em três tipos, consoante o tipo de caracter a inserir. Os tipos são letras, números e símbolos. A primeira escolha ao inserir um novo caracter recai sobre o tipo de caracter a inserir, sendo a opção pré-definida o tipo alfabético, mas podendo ser alterado por navegação para o tipo numérico ou de símbolos. Posteriormente o utilizador navegará pelos conjuntos associados a cada tipo de caracter escolhido. Para voltar a escolher outro tipo de caracter a inserir, ter-se-á de subir hierarquicamente utilizando a opção própria até ao nível de escolha de tipo e depois escolher o tipo desejado. As imagens seguintes demonstram o tipo de alterações feitas a nível visual e a estruturação do nível de escolha de tipo.



a)



b)



c)

Figuras 4.5 – a), b) e c) Os tipos de caracteres acessíveis e ordenados no método de introdução de texto.

4.2.5 Avaliação heurística do terceiro protótipo

Para um melhor desenvolvimento do método de introdução de dados, foi efectuado mais um teste heurístico ao protótipo de baixa fidelidade desenvolvido nesta iteração, já com algumas das soluções para os requisitos implementados e as violações às heurísticas de Nielsen. Foram aplicados os dois princípios de desenvolvimento em falta na primeira iteração de desenvolvimento do método, e algumas das soluções recomendadas durante a avaliação heurística.



Figura 4.6 - Imagens da avaliação heurística do terceiro protótipo de baixa fidelidade.

Numa nova avaliação heurística ao protótipo de baixa fidelidade foram detectadas as seguintes violações:

Heurística 1 – Tornar o estado do sistema visível

- Comentário: Apesar de não ser uma violação tão clara desta heurística, o protótipo, devido a limitação de espaço utilizável e de elementos a disponibilizar, opta por indicar apenas o estado anterior e o estado seguinte, indicados numa área por cima do botão principal. Assim, ainda não é possível tornar o estado do sistema completamente visível em qualquer ponto de utilização do método.
- Solução recomendada: Tendo em conta as limitações existentes a nível de espaço, colocar as referências aos estados mais próximos em elementos não fixos, de preferência ocultáveis.

Heurística 5 – Evitar erros

- Comentário: Tal como indicado na primeira avaliação heurística, é um pouco difícil evitar que o utilizador realize erros, principalmente os de navegação caso

não esteja habituado a este método de introdução de texto. Até aprender a ordenação de símbolos, letras e caracteres, é possível que o utilizador continue a cometer erros apesar da disponibilização da informação referente aos caracteres que estão disponíveis nos estados próximos ao actual.

- Solução recomendada: Para que a aprendizagem da ordenação de símbolos, letras e caracteres seja mais rápida e menos confusa, é recomendado que se proponha a alteração do teclado existente para um outro cujos utilizadores possam estar mais habituados. A utilização de definições que também possam condicionar a sensibilidade do toque é recomendada pois os utilizadores alvo muitas vezes possuem problemas de precisão e sensibilidade nos dedos.

Heurística 6 – Reconhecimento em vez de lembrança

- Comentário: Apesar de nesta iteração o utilizador já poder efectuar o reconhecimento de símbolos que estejam próximos ao símbolo ou conjunto de símbolos actual, no caso de cometer um erro de navegação e entrar num grupo que não pretende, o utilizador terá de recorrer à lembrança para saber quantos níveis de símbolos já escolheu e se o símbolo que pretende inserir se encontra noutro grupo mais genérico.
- Solução recomendada: Para permitir um maior reconhecimento da ordem das letras, números e símbolos disponíveis, é recomendada uma solução semelhante à da heurística 5, ou seja, a alteração para uma ordenação de teclado que os utilizadores possam estar mais habituados. Isto eliminaria a necessidade de recorrer à memória e lembrança para procurar pelos caracteres a inserir.

Heurística 7 – Flexibilidade e eficiência

- Comentário: Sendo esta uma iteração do protótipo de baixa fidelidade, a implementação de uma medida ou funcionalidade que possa facilitar a flexibilidade e melhorar a eficiência do método não é fácil de concretizar neste estado.

- Solução recomendada: A implementação de uma opção ou funcionalidade que aumente a eficiência da introdução dos caracteres, pode ser mais facilmente demonstrada num protótipo de alta-fidelidade ou num protótipo funcional, recorrendo a instrumentos exteriores (por exemplo dicionários) para efectuar as melhorias necessárias.

Heurística 9 – Ajuda ao utilizador no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros

- Comentário: A informação dos estados próximos ao estado actual pode ajudar no reconhecimento e diagnóstico de erros cometidos. Em termos de ajuda na recuperação, esta poderá ser fornecida através de uma opção disponibilizada para tal.
- Solução recomendada: Os utilizadores podem aperceber-se de que cometeram erros e não sabem como voltar a um estado anterior pelo que, dentro das limitações existentes para este tipo de método, a implementação de uma medida que pudesse diagnosticar comportamentos associados a erros e sugerisse o procedimento a adoptar seria recomendável.

4.3 Protótipos funcionais ou de alta-fidelidade

Após a realização da avaliação heurística na iteração anterior, foi entendido que o estado do método de introdução de texto era definido o suficiente e respeitava os requisitos inicialmente propostos para a sua implementação. Tendo também em atenção que não seria possível solucionar algumas das violações indicadas na avaliação heurística, optou-se por continuar o desenvolvimento do método recorrendo a protótipos de alta-fidelidade para ter uma ideia mais concreta de como o método de introdução de texto ficaria.

Tendo em atenção a existência de uma vasta gama de aparelhos com ecrã táctil e que estes aparelhos são disponibilizados com diferentes sistemas operativos, foi tomada

a decisão de escolher o sistema no qual se iria desenvolver os protótipos de alta-fidelidade e o protótipo de avaliação. Esta decisão foi tomada tendo em conta parâmetros como a liberdade de desenvolvimento permitida pelo fabricante do sistema, o custo de implementação, a hipótese de desenvolvimentos futuros na mesma plataforma por parte de outros programadores e o suporte disponibilizado por parte tanto dos desenvolvedores do sistema como da comunidade de utilizadores/programadores do sistema. Assim, tendo em conta as três opções de sistemas possíveis, Android, iOS e Windows Phone, e as condições seguidas para a escolha, foi escolhido o sistema Android [19], pois é das opções disponíveis a que maior crescimento verifica em termos de implementação no mercado de aparelhos com ecrãs tácteis, a que permite o desenvolvimento e teste gratuito de aplicações por parte dos utilizadores e a que disponibiliza exemplos e suporte por parte de desenvolvedores do sistema e da comunidade internacional.

Utilizando como base o sistema Android®, foi implementada uma versão de alta-fidelidade do método de introdução desenvolvido na iteração anterior.

4.3.1 Primeiro protótipo de alta-fidelidade

Para o desenvolvimento desta iteração de alta-fidelidade, foi aproveitada a disponibilidade por parte dos fabricantes de um ambiente de programação e de um simulador virtual do sistema. Este ambiente de programação possui também, disponibilizado pelos desenvolvedores, um conjunto de programas exemplo, entre os quais um teclado virtual [20] de código aberto que pode ser utilizado e modificado pelos utilizadores no sentido de desenvolver e integrar novas funcionalidades.

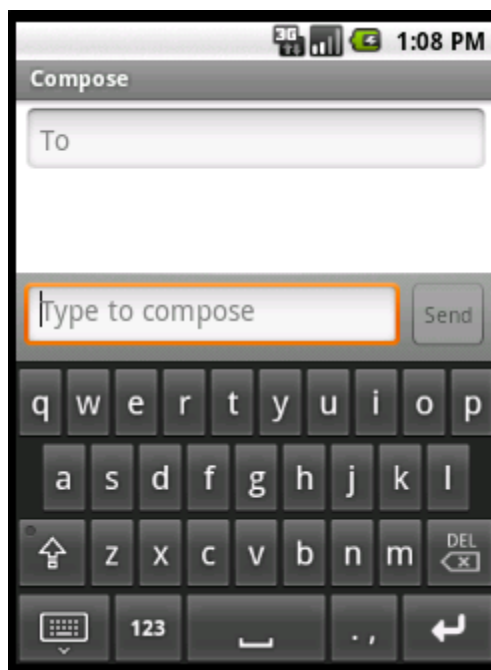


Figura 4.7 - Teclado fornecido no ambiente de desenvolvimento Android®.

Assim, tendo em conta que o teclado indicado apresenta um interface standard comum aos teclados disponíveis nos aparelhos com ecrãs tácteis, foi tomado como base para o funcionamento do novo protótipo mas com funcionalidades e disposições diferentes das originalmente fornecidas.

Nesta iteração foi integralmente implementado o sistema de funcionamento pretendido para o método de introdução de texto proposto, e dentro das limitações existentes, o esquema visual adoptado na última iteração. Em termos de elementos diferenciadores em relação à última iteração de baixa fidelidade, esta iteração apresenta os mesmos elementos na estrutura visual, com duas excepções, a apresentação de um botão não funcional como indicador dos estados próximos ao estado actual e a colocação do botão da funcionalidade de introdução “*Enter*” (ou passagem ao elemento de composição seguinte, consoante a aplicação em que se está a compor o texto). A primeira excepção deveu-se ao desconhecimento de características no sistema que permitissem a implementação da opção tal como era esperada. Em termos funcionais, a implementação manteve a mesma ordenação de navegação e ordenação de caracteres a introduzir, recorrendo à programação com linguagem fornecida para o desenvolvimento, uma mistura de Java com instruções próprias para o sistema Android.

A imagem seguinte demonstra a implementação a nível de interface do protótipo de alta-fidelidade desta iteração. O botão com símbolo de “Enter” (seta indicadora no canto inferior esquerdo da imagem) na imagem representa a introdução de uma nova linha no espaço onde estiver a ser composto o texto. Caso a aplicação onde se está a compor o texto permita a passagem a um novo campo, este botão terá a expressão “Next” e caso permita o envio de informação, este botão assumirá a expressão “Go”, de acordo com as funcionalidades dos teclados comuns aos dispositivos com o mesmo sistema.



Figura 4.8 - Imagem do primeiro protótipo de alta-fidelidade.

Para verificar que a forma implementada para a iteração de alta-fidelidade ficou o mais próxima possível à iteração anterior em baixa fidelidade, foi efectuada a comparação identificada na imagem seguinte.

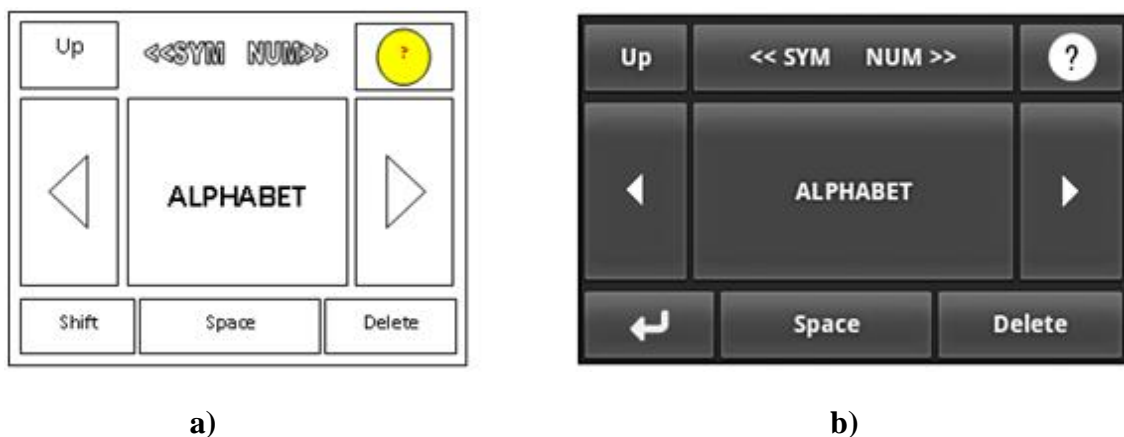


Figura 4.9 - a) Iteração de baixa fidelidade, b) iteração de alta-fidelidade.

De modo a melhorar alguns aspectos da interface, foi decidido efectuar mais uma iteração no desenvolvimento.

4.3.2 Segundo protótipo de alta-fidelidade

Nesta iteração o objectivo era a alteração de elementos que pudessem criar dúvidas de utilização ao utilizador.

A primeira alteração foi a colocação da informação referente aos estados próximos ao actual como parte informativa do método e não como um botão não funcional como anteriormente estava implementado. A imagem seguinte ilustra a alteração.

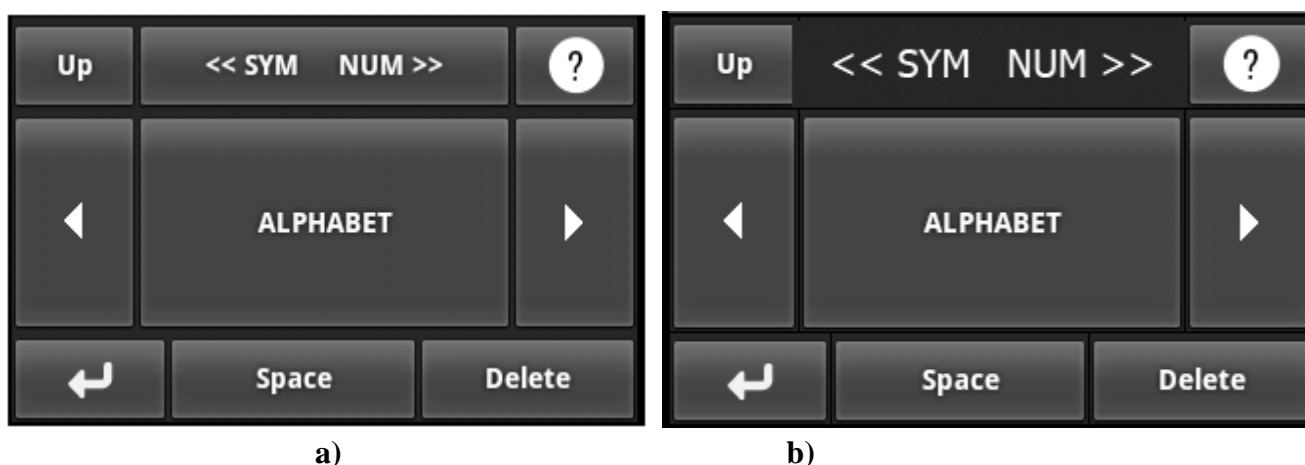


Figura 4.10 - a) Primeira versão do protótipo de alta-fidelidade. b) Primeira alteração no segundo protótipo de alta-fidelidade. O elemento informativo de estados ficou embutido no fundo do protótipo.

A segunda alteração efectuada nesta iteração, envolveu também o estilo de visualização disponibilizado no interface. Foi implementado um visual que permitisse uma conjugação de limites mais clara dos botões mais importantes e que não causasse confusão ao utilizador. A figura seguinte ilustra a alteração implementada.

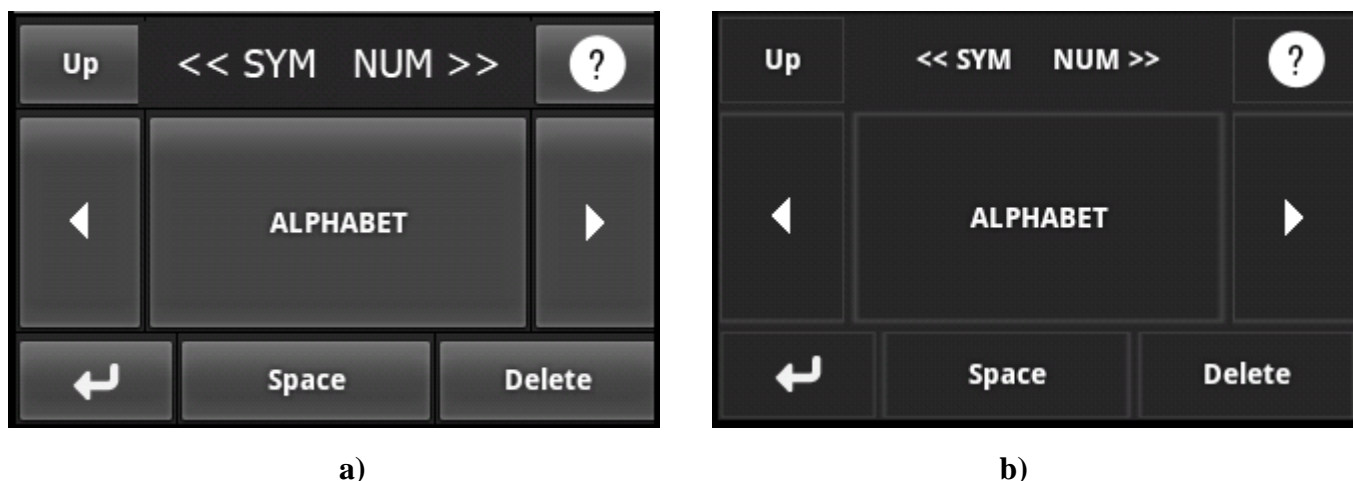


Figura 4.11 – a) Protótipo de alta-fidelidade com a primeira alteração. b) Segunda alteração no segundo protótipo de alta-fidelidade. Alteração visual dos elementos que compõem o protótipo.

Para facilitar a sua utilização, foi pensado alterar a funcionalidade do elemento de informação de estados para assumir a opcionalidade de botão. Assim, este elemento além da informação relativa aos estados próximos ao estado actual, também permite navegar até os mesmos, mas com a diferença de não se assemelhar aos restantes botões do conjunto.

Em relação a funcionalidades a implementar que pudessem evitar a recorrência de violações heurísticas, foram implementadas a funcionalidade de sugestão e auto-completar de palavras e a funcionalidade de correcção de palavras compostas com vista a aumentar a eficiência de utilização do método de entrada de dados.

4.3.3 Avaliação heurística do segundo protótipo de alta-fidelidade

Antes de submeter este método de introdução de dados a testes de usabilidade com utilizadores possuidores de deficiências motoras, foi pedido a um utilizador sem quaisquer deficiências motoras, que testasse heurísticamente o protótipo de alta-fidelidade do método de introdução de dados desenvolvido nesta iteração e que fornecesse a sua opinião sobre o mesmo. Foi pedido que efectuasse as mesmas tarefas que os dois utilizadores anteriores realizaram aquando das avaliações heurísticas dos

protótipos de baixa fidelidade, usando desta vez o mesmo dispositivo móvel no qual seriam realizados posteriormente os testes de usabilidade.

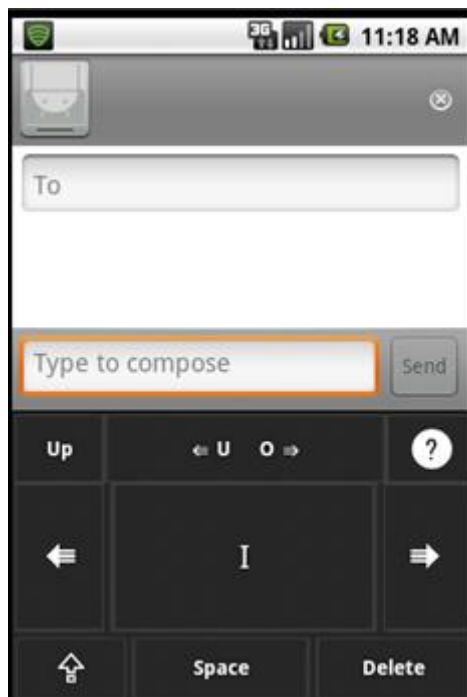


Figura 4.12 – Imagem do segundo protótipo de alta-fidelidade utilizado na avaliação heurística.

Nesta avaliação heurística ao segundo protótipo de alta-fidelidade foram detectadas as seguintes violações:

Heurística 1 – Tornar o estado do sistema visível

- Comentário: Como é possível observar no protótipo, a limitação de espaço utilizável e do número de elementos a disponibilizar, torna muito difícil a alteração do número de elementos a incluir sem comprometer a funcionalidade essencial para a elaboração deste método. Assim, a indicação do estado actual em que se navega não é possível de mostrar.
- Solução recomendada: Colocar um sistema que seja ocultável e que possa ser integrado com os outros sistemas necessários para o método sem que utilize mais espaço ou comprometa os elementos já existentes.

Heurística 5 – Evitar erros

- Comentário: Como foi entendido nas anteriores avaliações heurísticas, é difícil evitar que o utilizador realize erros, principalmente os erros de navegação caso não esteja habituado a este método de introdução de texto. Até aprender a ordenação de símbolos, letras e caracteres, é possível que o utilizador continue a cometer erros apesar da disponibilização da informação referente a caracteres que estejam disponíveis nos estados próximos ao actual.
- Solução recomendada: Para simplificar a utilização e evitar o cometer de erros em inserções de símbolos incorrectos, deve ser utilizada outra ordenação sobre a qual o utilizador esteja mais habituado a lidar.

Heurística 6 – Reconhecimento em vez de lembrança

- Comentário: Apesar da indicação de estados próximos, não é possível fornecer indicação sobre o nível onde se encontra a navegação no estado actual. Assim é muito mais difícil passar de um caracter que não se pretende para outro caracter que se encontra num grupo de caracteres afastado do grupo actual.
- Solução recomendada: Tal como na heurística 5, se houver uma ordenação de teclado que seja mais facilmente compreendida pelo utilizador, menos este terá de recorrer à memória para trabalhar fluidamente com o método de introdução de texto desenvolvido.

Heurística 7 – Flexibilidade e eficiência

- Comentário: A activação de uma opção que permita facilitar o completar de palavras iniciadas pelas letras já inseridas aumentaria a eficiência de introdução de texto e minimizaria a necessidade de navegar pelo método de introdução de texto.

- Solução recomendada: A opção que permita o completar de palavras com base nas letras já digitadas, apesar de implementada só funcionará eficientemente se for utilizada em conjunto com um dicionário a que possa recorrer para sugerir palavras. Como a utilização de um dicionário depende da língua que esteja a ser utilizada no sistema do equipamento, a opção não foi activada visto não ter sido implementado um dicionário que pudesse complementar a funcionalidade indicada.

Heurística 9 – Ajuda ao utilizador no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros

- Comentário: A disponibilização da ajuda do método de introdução de texto não parece ser suficiente para evitar a confusão ao utilizador, pois foi preferível efectuar a navegação e aprender a utilizar o método através de erro e correcção em vez de prevenir o erro através da consulta da ajuda.
- Solução recomendada: A detecção de erros por parte do método é restrita, pelo que cabe ao utilizador detectar quando cometeu um erro de navegação e como poderá retornar ao estado anterior. Uma funcionalidade que poderia ser implementada e ajudar na detecção de erros de navegação e possível recuperação seria o controlo de toques dentro de um conjunto ou subconjunto, pois pode ser um indicador de que o carácter a introduzir não está nos conjuntos disponíveis. Este controlo poderia fazer com que após um determinado número de toques no mesmo sentido, o estado actual seria subido na hierarquia de opções disponíveis.

Como resultado do teste heurístico efectuado, foi indicado pelo utilizador desse teste que o método de introdução de dados apresentava características que facilitavam a sua utilização mas que apresentava uma funcionalidade que lhe tinha causado confusão na utilização. Essa funcionalidade era a opcionalidade de utilizar os botões de navegação representados pelas setas para a esquerda e para a direita ou o elemento de informação de estado disponibilizado para ir para os estados mais próximos. A confusão era causada pelo facto de o elemento de informação de estados próximos não possuir

separação entre os estados indicados, mas permitir que com um toque mais ao centro desse elemento se pudesse navegar tanto para o estado anterior como para o estado seguinte. Apesar de permitir uma maior facilidade de utilização, o elemento de informação de estados com esta apresentação causava confusão ao utilizador pelo que ele recomendou que, se fosse possível, se modificasse a sua apresentação mantendo os restantes elementos inalterados.

Foi então tomada a decisão de implementar a colocação de uma divisória no elemento de informação de estados para que fosse perceptível a separação entre os estados anteriores e seguintes. Esta separação foi feita de forma a tornar-se menos visível que os limites dos botões, mas ser visível o suficiente para que não houvesse confusão ao tocar com o dedo no elemento indicado. A imagem seguinte mostra o interface do protótipo do método de introdução de texto utilizado pelos utilizadores com deficiência durante a realização dos testes de usabilidade.

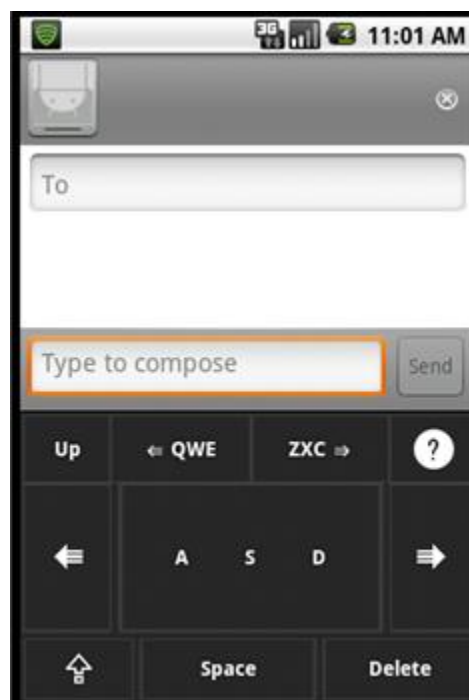


Figura 4.13 - Imagem do protótipo funcional a utilizar nos testes de usabilidade.

4.4 Identificação dos elementos do método de introdução de texto

Após a definição do interface do método de introdução de texto que foi apresentado aos utilizadores nos testes de usabilidade, seguindo as definições indicadas na secção anterior, foram identificados e assinalados os elementos que compõem este interface.

Este interface é composto por nove elementos: oito teclas e um elemento de informação de estados. Sobre este último elemento, foi colocada uma barra vertical ao centro, separando visualmente o elemento em duas zonas de informação. Estas zonas são visualmente melhor identificáveis e em termos de definição do toque apresentam também um espaço mais definido. Na imagem seguinte são identificadas as teclas e informação de estado que compõem o interface.



Figura 4.14 – Identificação dos elementos visuais do interface do método de introdução de texto utilizado para os testes de usabilidade.

4.5 Resumo

As ideias que no capítulo anterior foram definidas no modelo conceptual foram neste capítulo implementadas de forma estruturada em protótipos de baixa e de alta-

fidelidade. As estruturações dos elementos a disponibilizar ao utilizador, os testes heurísticos realizados para que se pudessem identificar falhas e simplificar acções foram também descritos neste capítulo.

No próximo capítulo é descrita a realização de testes de usabilidade efectuados ao método de introdução de texto por parte de utilizadores com um tipo de problema motor.

5 Testes de Usabilidade

Para poder obter uma melhor percepção da utilização do método de introdução de texto desenvolvido, foi elaborado um conjunto de testes a serem realizados por utilizadores portadores de algum tipo de deficiência ou descoordenação motora. Estes testes serviram como meio de observar possíveis utilizadores em actividades de composição de texto que podem realizar em computadores com teclados acessíveis ou até em telemóveis sobre os quais possam ter algum controlo.

Após o desenvolvimento do método de introdução de texto descrito no capítulo anterior, foram efectuados testes de usabilidade ao método desenvolvido e instalado posteriormente num smartphone. Este capítulo contém a descrição e os resultados da realização dos testes de usabilidade. Estes testes foram propostos a utilizadores possuidores de problemas de coordenação motora devido a paralisia cerebral, tendo sido tomadas em consideração as suas características na hora de efectuar os testes. Características como a dificuldade de coordenação manual, a familiaridade com dispositivos móveis com ecrã de toque, como o smartphone utilizado no teste, e a sua idade. É também descrito neste capítulo quais foram as tarefas executadas por cada utilizador, o que se pretende avaliar em termos de aprendizagem de utilização e a especificação da usabilidade a verificar durante os testes. Também são referidas as condições de execução os testes, indicando o smartphone utilizado e onde estes foram fisicamente efectuados.

Neste capítulo serão descritas as condições e características dos testes de usabilidade, e serão analisados os resultados qualitativos e quantitativos dos testes. Em termos de análise qualitativa, serão indicadas as questões colocadas aos utilizadores em questionários realizados após cada teste, sendo depois interpretadas as respostas dadas. Para a realização de uma análise quantitativa serão tidos em conta o tempo necessário para realizar cada tarefa e o número de erros cometidos durante a execução das mesmas. Proceder-se-á depois a uma análise aos erros efectuados por cada utilizador.

5.1 Tipo de Utilizadores

O método desenvolvido tem o propósito de facilitar a introdução de texto em qualquer aplicação que necessite de tal. Apesar de ser um método de introdução de texto que pode ser utilizado por qualquer pessoa, destina-se especialmente a pessoas portadoras de alguma deficiência física ou cerebral que afecte a coordenação motora, com especial foco na utilização dos dedos e mãos sobre um dispositivo móvel.

Para a realização dos testes de usabilidade obteve-se a colaboração de um grupo de quatro pessoas adultas com idades entre os 30 e os 50 anos de idade, possuidores de paralisia cerebral com paralisia motora suave a moderada. As deficiências apresentadas por estes utilizadores incluem dificuldades no controlo dos movimentos manuais ou a presença de tremores que impedem um agarrar correcto de objectos, dificuldades em realizar operações como o pressionar de teclas com precisão ou tocar pequenas áreas existentes em dispositivos móveis. Alguns destes utilizadores apresentavam também problemas relacionados com a falta de visão.

5.1.1 Os utilizadores dos testes de usabilidade

Para poder proteger a identidade dos utilizadores na realização destes testes foi atribuído um nome fictício a cada um dos participantes, descrevendo no entanto as suas características.

O Pedro é um homem com pouco mais de 30 anos, que sofre de paralisia cerebral, o que lhe afecta a coordenação motora de forma suave. Possuidor de um curso superior, trabalha na área de investigação informática. Como apreciador de novas tecnologias, o Pedro é possuidor de computadores desktop e portáteis, além de outros dispositivos móveis com ecrã táctil, como é o caso de um smartphone e um tablet (iPad), com os quais trabalha diariamente na realização de várias tarefas como a consulta do email e pesquisas na Internet. Como está acostumado a trabalhar com

dispositivos móveis com ecrã de toque, é previsível que o Pedro não tenha grandes dificuldades na realização das tarefas propostas.

O Rui é um homem de cerca de 40 anos que trabalha como gestor de um escritório numa empresa. O Rui possui paralisia cerebral com problemas de coordenação motora que o afectam de forma suave, sofrendo também de tremores, o que afecta a utilização das mãos para acções que requeiram coordenação precisa em qualquer dispositivo. Ele também possui um curso superior, trabalhando diariamente com computadores no seu escritório. Devido à sua vida profissional, o Rui possui um telemóvel simples, não tendo até ao momento de realização dos testes lidado com quaisquer dispositivos móveis com ecrã táctil.

A Maria é uma mulher com cerca de 50 anos possuidora de paralisia cerebral com problemas de coordenação motora que a afectam de forma mais moderada. Esta descoordenação motora afecta a forma como a Maria manipula os objectos. Trabalha como secretária numa instituição, tendo como ferramenta de trabalho um computador, no qual trabalha diariamente e praticamente todo o dia. A Maria consegue manipular e trabalhar com telefones e telemóveis simples, pois faz parte das suas funções. Tal como o Rui, a Maria nunca tinha mexido num dispositivo móvel com ecrã táctil até ao momento de realização dos testes, sendo que ao tomar conhecimento do âmbito do teste, informou que poderia cometer erros na realização das tarefas, devido à sua pouca precisão manual.

O Leonel é um homem com cerca de 40 anos, também ele possuidor de paralisia cerebral com problemas de coordenação motora que o afecta de forma moderada. Ele tem também problemas de visão, que dificultam a sua leitura. O Leonel, tal como a Maria, tem dificuldades na manipulação de objectos, sendo difícil efectuar tarefas que requeiram uma grande precisão. Possui formação equivalente a um curso profissional, estando a trabalhar numa associação de apoio a pessoas com paralisia cerebral. O Leonel gosta de trabalhar com dispositivos electrónicos. Em casa possui um computador desktop com o qual comunica com os amigos. Possui também um telemóvel simples e um telemóvel com ecrã táctil. Devido aos seus problemas de precisão, o Leonel tem alguma dificuldade na utilização do seu telemóvel com ecrã táctil, mas possui já alguma experiência com este tipo de dispositivos, o que à partida o poderia ajudar a evitar alguns erros de digitação.

Na tabela 5.1 é possível encontrar um sumário das características principais dos utilizadores destes testes de usabilidade.

Nome	Idade	Tipo de deficiência
Pedro	Cerca de 30 anos	Paralisia cerebral com descoordenação motora suave
Rui	Cerca de 40 anos	Paralisia cerebral com descoordenação motora suave e tremores
Maria	Cerca de 50 anos	Paralisia cerebral com descoordenação motora moderada
Leonel	Cerca de 40 anos	Paralisia cerebral com descoordenação motora moderada

Tabela 5.1 - Sumarização do perfil dos utilizadores.

5.2 Especificação de Tarefas

Para obter uma ideia sobre a dificuldade existente na utilização do método de introdução de texto, foi elaborado para a realização dos testes de usabilidade um conjunto de três tarefas cuja realização é comum às tarefas diárias de composição ou digitação de texto num dispositivo móvel. Houve a preocupação de conceber tarefas cuja dificuldade fosse variante e cuja necessidade de procura de caracteres a introduzir fosse do mais simples ao mais complexo.

Como primeira tarefa foi decidido efectuar a introdução de um número de telefone ou telemóvel numa caixa de destinatário na composição de uma mensagem. Para tal foi colocado o dispositivo de testes na aplicação de mensagens e pedido que se seguisse os seguintes passos:

- Escolher o tipo de teclado para a inserção de algarismos (NUM);
- Inserir, utilizando o teclado produzido, o número de telemóvel “**963016752**”.

Como segunda tarefa a realizar foi pedido que se efectuasse uma procura por uma expressão na Internet, digitando para tal a palavra a pesquisar numa caixa de pesquisa. Mais uma vez o dispositivo de testes foi inicializado na aplicação de pesquisa na Internet para que o utilizador realizasse a tarefa seguindo os seguintes passos:

- Escolher o tipo de teclado para inserção de letras, ALPHABET (ALPH);
- Inserir compondo caracter a caracter a palavra “**acessibilidade**”. Para efectuar a sua pesquisa, carregar depois no símbolo de “*Enter*” disponibilizado no teclado;
- Caso não lhe seja possível utilizar o símbolo “*Enter*” do teclado, carregue no símbolo disponível no lado direito da caixa de pesquisa.

Para a última tarefa, foi pensada uma composição de uma expressão maior para poder utilizar todos os diferentes tipos de caracteres disponíveis num teclado, fossem letras, números ou caracteres acentuados. Esta tarefa foi realizada como sendo a composição do corpo de uma mensagem de texto numa aplicação previamente iniciada no dispositivo de testes. Esta tarefa, provavelmente a que mais se assemelha a uma tarefa diária de um utilizador, foi realizada em duas fases, para que se pudesse ter referência de comparação entre um teclado virtual disponibilizado de raiz com o dispositivo móvel de toque e o método de introdução de texto proposto. Para executar a tarefa foi pedido aos utilizadores que seguissem os seguintes passos:

- Escolher o tipo de teclado para inserção de letras, de algarismos ou símbolos, de acordo com o caracter a inserir;
- Inserir compondo caracter a carácter o texto “**Até 25, 30€, ok?**”;
- Após a inserção completa da expressão a enviar, utilizar o botão de esconder o teclado para visualizar completamente a área de composição da mensagem.

Tendo em conta que o método desenvolvido utiliza os mesmos princípios de digitação de caracteres existente nos teclados de computadores, para a introdução de caracteres acentuados foi indicado que se deveria inserir primeiro o acento e depois o caracter.

Era necessário que as expressões a compor fossem curtas, devido ao longo tempo que os utilizadores com deficiência motora necessitam para digitar letras e palavras. Como estes utilizadores demoram a digitar palavras em qualquer sistema, o pedido de composição de expressões maiores poderia resultar no abandono da realização dos testes.

Aos utilizadores foi dado um período de tempo para a realização de cada tarefa. Este tempo foi distribuído em 15 minutos para a realização da primeira tarefa, 20 minutos

para a realização da segunda tarefa e um total de 35 minutos para a realização da última tarefa. Esta, por ser efectuada também com o teclado por defeito do dispositivo de testes, foi dividida em 20 minutos para a realização com o método desenvolvido e 15 minutos com o teclado por defeito. Para a realização da segunda parte da última tarefa foi atribuído um tempo de 15 minutos, atendendo ao facto de o teclado por defeito ser igual ao que os utilizadores utilizam diariamente nos seus computadores, pelo qual tem maior habituação e com o qual estão familiarizados.

5.2.1 Aprendizagem de utilização

Sendo um método de introdução de texto um sistema que assiste a introdução de dados em aplicações, não é pretendido avaliar a aprendizagem de utilização do método com uma determinada aplicação mas sim permitir que a aprendizagem para uma correcta utilização seja bem efectuada.

Tendo em conta os diferentes elementos que compõem o interface do método de introdução, após a inserção dos primeiros números, letras e símbolos, o utilizador poderá aprender a mecânica de utilização do teclado e melhorar a introdução dos caracteres, sendo mais rápida e intuitiva após um período de testes.

5.2.2 Especificação de usabilidade

Para aferir a usabilidade foi avaliada a prestação dos utilizadores na utilização do método tendo em conta alguns dos seguintes aspectos.

- Aceder correctamente ao tipo de caracteres que se pretende inserir, disponibilizados no teclado: letras, algarismos e símbolos;
- Navegar correctamente nos menus até ao grupo de símbolos que contem o caracter a inserir;
- Navegar correctamente pelo teclado até à inserção do caracter a inserir;
- Colocação correcta do caracter a inserir na actividade que se está a desempenhar.

Tendo em conta que a utilização de um método de introdução de texto se quer fácil, rápida e intuitiva, a quantificação do tempo necessário para efectuar cada tarefa e o número de erros cometidos, foi considerado a métrica para análise destes testes.

5.3 Condições de execução dos testes de usabilidade

Para executar os testes de usabilidade foi combinado com cada utilizador um local onde pudessem realizar as tarefas propostas e também que tivessem o ambiente necessário para que não desistissem da realização da tarefa por influências exteriores. Assim, foi combinado com cada utilizador que a execução do teste de usabilidade seria efectuado numa sala com pouco barulho, com uma mesa onde o utilizador pudesse estar apoiado durante a realização do teste e não necessitasse de segurar o dispositivo de teste na mão, de modo a não influenciar o tempo necessário para a realização dos testes.

Os locais onde foram realizados os testes de usabilidade foram salas de trabalho, em horário de pouco movimento, para que se pudesse realizar a gravação de vídeo e som da realização das tarefas por parte dos utilizadores.

O dispositivo de testes utilizado foi um smartphone Optimus Boston com sistema Android® versão 2.2.2. Este dispositivo foi escolhido como dispositivo de testes porque teve uma enorme adesão por parte de pessoas experientes e inexperientes com dispositivos móveis de ecrã táctil devido às suas características.

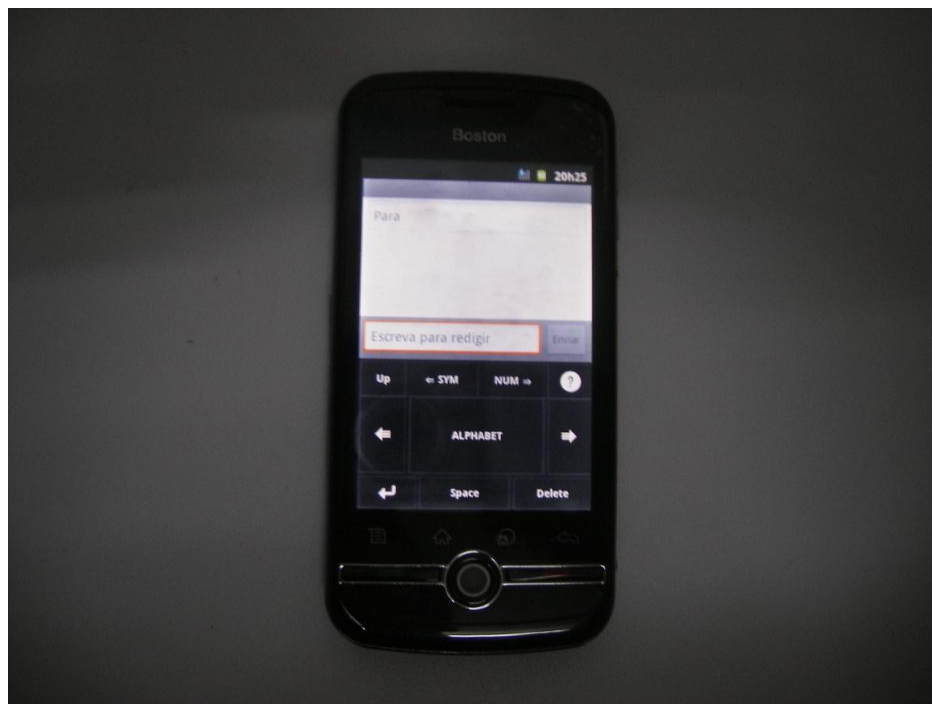


Figura 5.1 – Dispositivo utilizado nos testes de usabilidade.

5.4 Análise Qualitativa

Após a finalização da realização de todas as tarefas do teste de usabilidade, foi pedido a cada utilizador que fornecesse a sua opinião sobre o método de introdução de texto. Como algumas das características a avaliar não puderam ser verificadas enquanto foram executadas as tarefas, foi efectuado um pequeno questionário aos utilizadores, no qual era pedida uma classificação para as características a avaliar. A classificação pedida era referente à satisfação, insatisfação ou até frustração por parte dos utilizadores com algum aspecto do método de introdução de texto.

5.4.1 Questões colocadas

Para avaliar aspectos como a facilidade de utilização, velocidade de percepção do funcionamento do método de introdução de texto e qualidade da ajuda fornecida, foram colocadas questões cujas opções de resposta variavam entre muita dificuldade ou

demorado e muito fácil ou rápido. Foram também formuladas questões sobre quais as operações pedidas nas tarefas que foram mais difíceis de efectuar com o método fornecido.

As questões que foram colocadas aos utilizadores para averiguar as suas opiniões, e as opções de resposta para essas questões foram as seguintes.

1 – Sentiu dificuldade em aceder ao teclado numérico passando do teclado alfabético?

1. Muita Dificuldade;
2. Alguma Dificuldade;
3. Fácil;
4. Muito Fácil.

2 – Até utilizar facilmente o teclado, o tempo que demorou para aprender foi:

1. Demorado;
2. Lento;
3. Acessível;
4. Rápido.

3 – O que acha da dificuldade em corrigir um carácter (apagar o carácter errado e inserir o correcto)?

1. Muita Dificuldade;
2. Alguma Dificuldade;
3. Acessível;
4. Fácil.

4 – Foi difícil inserir um símbolo ou acentos nos caracteres durante a composição de texto?

1. Muito Difícil;
2. Pouco Difícil;
3. Acessível;
4. Fácil.

5 – Foi difícil encontrar o caracter pretendido entre os diferentes grupos de caracteres? (Por exemplo o caracter “k”)

1. Muito Difícil;
2. Pouco Difícil;
3. Acessível;
4. Fácil.

6 – Visualmente, o teclado causa dificuldade na navegação?

1. Muita;
2. Alguma;
3. Em algum ponto;
4. Nenhuma.

7 – O que foi para si mais difícil de realizar como operação sobre os caracteres?

1. Colocação de caracteres em maiúsculas;
2. Inserção de um “Enter”;
3. Nenhuma;
4. Ambas.

8 – O funcionamento deste teclado torna-se cansativo após a composição de uma frase média?

1. Muito;
2. Um Pouco;
3. Acessível;
4. Nada.

9 – Qual o seu grau de satisfação em relação à utilização do teclado:

1. Frustrado;
2. Pouco Satisfeito;
3. Satisfeito;
4. Agradado.

10 – Em dificuldade, como considera a inserção de caracteres com este teclado em relação ao outro teclado disponibilizado e que vem por defeito em dispositivos de ecrã tátil com o mesmo sistema?

1. Muito Mais Difícil;
2. Difícil;
3. Igual;
4. Mais Fácil.

11 – Quantas vezes necessitou de consultar a ajuda para perceber o funcionamento do teclado?

1. 0 a 2;
2. 3 a 5;
3. 6 a 8;
4. 9 ou mais.

12 – As mensagens de ajuda disponibilizadas foram claras?

1. Nada;
2. Pouco;
3. Algo;
4. Muito.

13 – As mensagens de ajuda foram úteis e concisas sobre como utilizar o teclado?

1. Nada;
2. Pouco;
3. Algo;
4. Muito.

14 – Que área da ajuda sobre o teclado é menos clara?

1. Visual;
2. Navegação;
3. Utilização.

5.4.2 Respostas dos utilizadores

Às perguntas colocadas no questionário, os utilizadores responderam escolhendo a opção com que mais concordavam. Em algumas questões os utilizadores apresentaram hesitações sobre a resposta a escolher.

As respostas dadas pelos utilizadores foram colocadas na tabela 5.2.

Nome Questão	Leonel	Maria	Pedro	Rui
1	Alguma dificuldade	Alguma dificuldade	Muito Fácil	Alguma dificuldade
2	Acessível	Acessível	Rápido	Lento
3	Fácil	Acessível	Acessível	Acessível
4	Acessível	Pouco difícil	Fácil	Pouco difícil
5	Fácil	Fácil	Acessível	Acessível
6	Alguma	Alguma	Nenhuma	Em algum ponto
7	Inserção de um “Enter”	Ambas	Inserção de um “Enter”	Ambas
8	Um Pouco	Nada	Um Pouco	Um Pouco
9	Pouco Satisfeito	Satisfeito	Agradado	Pouco Satisfeito
10	Mais Fácil	Mais Fácil	Igual	Difícil
11	0 a 2	0 a 2	0 a 2	3 a 5
12	Algo	Pouco	Não Respondeu	Algo
13	Pouco	Algo	Não Respondeu	Algo
14	Utilização	Visual	Não Respondeu	Navegação

Tabela 5.2 – Respostas dos utilizadores às perguntas do questionário.

Das respostas dadas às questões efectuadas no questionário, foi possível constatar alguns factos. Os utilizadores, apesar de terem sentido algumas dificuldades na utilização do método de introdução de texto desenvolvido, não consultaram a ajuda

disponibilizada, e mesmo quando acederam à ajuda, como foi o caso do utilizador Rui, fizeram-no por engano. Todos os utilizadores excepto o Pedro, responderam às questões sobre a ajuda disponibilizada após consultá-la durante a realização do questionário. Todos os utilizadores preferiram executar as tarefas inserindo os caracteres por meio de tentativa e erro, sendo que os utilizadores Pedro e Rui não costumam consultar a ajuda ou documentação fornecida com os programas que utilizam na sua vida quotidiana, enquanto os utilizadores Maria e Leonel não a utilizaram por não saberem aceder a ela.



Figura 5.2 – Utilizador Leonel durante a realização da segunda tarefa.

Outro facto que foi possível constatar na análise às respostas dadas é que os utilizadores consideraram, na sua maioria, ser acessível aprender a trabalhar com o método de introdução de dados desenvolvido, pois uma vez acostumados à estrutura do método e à posição dos caracteres nessa estrutura, tornava-se mais rápida a inserção de um carácter.

Algo que todos os utilizadores acharam ser difícil de realizar com o método de introdução de dados foi a inserção de um “*Enter*”, sendo que dois utilizadores também acharam difícil a colocação dos caracteres em maiúsculas.

Em relação à comparação entre o método desenvolvido e o teclado virtual por defeito para inserção de caracteres, os utilizadores Maria e Leonel expressaram que era

mais fácil, sendo que o utilizador Rui achou difícil, pois segundo este utilizador, a habituação ao teclado físico de um computador, sabendo imediatamente onde estão localizadas as letras, faz com que continue a preferir esse esquema de teclado, apesar de reconhecer que num dispositivo com pequenas dimensões há maiores dificuldades na inserção devido ao pequeno tamanho e proximidade das teclas.

O utilizador Rui exprimiu também a sua dificuldade na utilização do método de introdução de texto, devido às transições entre o alfabeto e o teclado numérico, o que o fez considerar o tempo de aprendizagem um pouco lento.



Figura 5.3 – Utilizador Rui executando a 3 tarefa com o teclado virtual por defeito do dispositivo móvel.

O utilizador Leonel apresentou-se pouco satisfeito com o método de introdução de texto devido à sua habituação ao teclado virtual do seu dispositivo móvel com ecrã táctil, um dispositivo Samsung Star®.

5.4.3 Classificação e análise dos resultados das questões

Para haver uma maior coerência na classificação das respostas, foi atribuído o valor menor, ou seja 1, às respostas cujo grau de satisfação seja menor e a dificuldade de utilização seja maior, e o valor maior, ou seja 4, a respostas cuja satisfação seja maior e seja simples de utilizar. Também foi atribuído um valor entre 1 e 4 às respostas da questão sobre a confusão de utilização do método de introdução de texto. Na tabela 5.3 são calculados valores de média, (SQD), (GL), variância e desvio padrão para as respostas dadas pelos utilizadores Leonel (L), Maria (M), Pedro (P) e Rui (R).

Questão	L	M	P	R	Media	SQD	GL	Variância	Desv.Pad
1	2	2	4	2	2,5	3	3	1	1
2	3	3	4	2	3	2	3	0,6667	0,8165
3	4	3	3	3	3,25	0,75	3	0,25	0,5
4	3	2	4	3	3	2	3	0,6667	0,8165
5	4	4	3	3	3,5	1	3	0,3333	0,5774
6	2	2	4	3	2,75	2,75	3	0,9167	0,9574
7	2	4	2	2	3	4	3	1,3333	1,1547
8	2	4	2	2	2,5	3	3	1	1
9	2	3	4	2	2,75	2,75	3	0,9167	0,9574
10	4	4	3	2	3,25	2,75	3	0,9167	0,9574
11	1	1	1	2	1,25	0,75	3	0,25	0,5
12	3	2	NR	3	2,6667	0,6667	2	0,3333	0,5774
13	2	3	NR	3	2,6667	0,6667	2	0,3333	0,5774
14	3	1	NR	2	2	2	2	1	1

Tabela 5.3 – Classificação e cálculo de valores médios em respostas dos utilizadores. Legendadas iniciais da tabela: L – Leonel, M – Maria, P – Pedro, R – Rui, GL – Graus de liberdade ou número de observações independentes, SQD – Soma dos quadrados das diferenças e NR – não respondeu.

Nas questões em que é possível analisar os resultados obtidos, podem-se propor algumas observações:

- Na questão 1, tendo em conta o valor da média, é possível observar que a dificuldade em aceder ao teclado numérico partindo do alfabético é relativa, sendo que os utilizadores expressaram na sua maioria algum tipo de dificuldade neste procedimento, mas também indicaram que é muito fácil após alguma aprendizagem.
- Na questão 2, o tempo médio que os utilizadores demoraram a utilizar facilmente o teclado foi acessível.
- Na questão 3 os utilizadores tiveram, na sua maioria, um opinião positiva, classificando de acessível a operação de corrigir um carácter
- Na questão 4 os utilizadores indicaram que era acessível a colocação de símbolos ou acentos nos caracteres, desde que os símbolos ou acentos estivessem próximos das letras.
- Na questão 5, os utilizadores consideraram na sua maioria que era relativamente fácil encontrar os números, letras e símbolos que pretendiam inserir no meio dos grupos de caracteres disponibilizados.
- Na questão 6, os utilizadores admitiram alguma confusão com o aspecto visual do teclado, tendo sido confusa a forma de utilizar o botão Up, porque os utilizadores não sabiam para que servia e em alguns aspectos os utilizadores confundiram-se na inserção dos símbolos que anteriormente já tinha inserido mas que eram evidentes em alguns botões do teclado, evidenciando a utilização do instinto de procura em vez da atenção ao detalhe visualizável.
- Na questão 7, quando questionados sobre qual a operação que tinha sido mais complicada de realizar, os utilizadores indicaram ambas as operações, tanto a colocação de caracteres em maiúsculas como a inserção de um “*Enter*”, tendo esta última operação causado mais complicações por não ser fácil de encontrar o símbolo ou indicação correspondente à tecla.
- Na questão 8 os utilizadores consideraram entre um pouco cansativa e acessível a composição de uma frase com um tamanho médio. Isto significa que o número de toques necessários para compor uma palavra grande pode cansar um utilizador, se esta tiver uma grande variedade de caracteres separados nos diferentes grupos.

- Na questão 9 os utilizadores indicaram que ficaram ligeiramente satisfeitos em relação à utilização do teclado, pois as repetições de toques necessárias para introduzir um carácter ou chegar a um determinado grupo levaram a que o teclado não fosse de todo agradável.
- Na questão 10, em termos de comparação do teclado desenvolvido com o teclado fornecido por defeito com o aparelho, foi constatado através das respostas da maioria dos utilizadores que o teclado desenvolvido é mais fácil de utilizar que o fornecido por defeito, pois para quem tem deficiências motoras acentuadas, como o arrastar de dedos, o pouco espaço entre as teclas e o pequeno tamanho destas atrapalha mais do que ajuda, sendo que comete muitos mais erros por inserir símbolos e letras que não pretende.
- Na questão 11 os utilizadores indicaram que não recorreram à ajuda do teclado, apesar de um utilizador ter recorrido várias vezes, indicou que recorreu a ela por engano, ao navegar no teclado. Os utilizadores indicaram que não recorreram à ajuda porque preferiram explorar o teclado por si mesmos para tentar executar o que lhes era pedido nas tarefas propostas.
- Na questão 12, os utilizadores acharam que as mensagens de ajuda disponibilizadas eram algo claras sobre o teclado, pois não criavam muita confusão.
- Na questão 13 os utilizadores acharam que as mensagens eram algo úteis e concisas sobre como utilizar o teclado, apesar de assinalarem que se possível deveria ter mais detalhe.
- Na questão 14 os utilizadores não assinalaram uma área onde a ajuda do teclado fosse menos clara, pois todas as áreas foram referidas como contendo a ajuda pouco clara.

5.5 Análise Quantitativa

A realização dos testes de usabilidade destinava-se a obter uma medida de performance do método de introdução de texto desenvolvido quando comparado com outro teclado virtual com mais e menores teclas. A performance foi medida recorrendo ao número de erros contabilizados na digitação de palavras por parte dos utilizadores e

também no tempo, medido em segundos, que estes demoravam a completar todos os passos requeridos em cada tarefa.

Foram contabilizados como erros todas as introduções incorrectas de caracteres ou a entrada num grupo de caracteres cuja introdução de algum deles não era a pretendida. O erro era contabilizado caso o utilizador entrasse no grupo errado de caracteres e saísse ou inserisse o carácter errado e posteriormente apagado.

Atendendo também às características dos utilizadores, foi tido em conta que alguns tinham problemas de visão, o que os levou a cometer erros de leitura das expressões pedidas. No caso desse tipo de erros foi considerado apenas como erro único a digitação errada do carácter ou a passagem ao carácter seguinte sem ter introduzido o carácter na ordem correcta.

Uma análise de performance aos utilizadores pode ser feita com base nos resultados indicados na tabela 5.4.

Tarefa	Pedro		Maria		Leonel		Rui	
	Tempo	Erros	Tempo	Erros	Tempo	Erros	Tempo	Erros
1ª	72	1	333	6	859	19	139	4
2ª	180	0	879	31	414	9	179	1
3ª c/ método desenvolvido	179	1	861	24	928	26	898	33
3ª c/ teclado virtual	95	5	358	46	870	94	205	17

Tabela 5.4 – Resultados da realização dos testes de usabilidade por parte dos utilizadores. A unidade de tempo utilizada foi segundos.

Foi notória a dificuldade de alguns utilizadores na realização de algumas tarefas. Houve utilizadores que não conseguiram concluir as tarefas que tinham iniciado, quer por terem chegado ao limite de tempo dado, quer por desistência devido a frustração.

O utilizador Pedro, sendo já experiente na utilização de dispositivos móveis com ecrã táctil cometeu poucos erros na utilização do método desenvolvido.

A utilizadora Maria demorou muito mais tempo que o Pedro na realização das tarefas propostas, chegando até a desistir na realização da segunda tarefa e na terceira tarefa utilizando o teclado virtual fornecido com o dispositivo de testes. Foi contabilizado o tempo e o número de erros cometidos pela Maria antes de desistir da realização da tarefa para obter uma ideia do estado em que a utilizadora estava no desempenho da tarefa. Sendo uma utilizadora nova neste tipo de dispositivos, a Maria efectuou muitos erros devido à pressão com que tocava no ecrã do dispositivo, o que a levou a ficar frustrada na realização da segunda tarefa. Na realização da terceira tarefa com o teclado virtual por defeito, o facto de ter tocado muitas vezes nas teclas erradas fez com que desistisse de realizar a tarefa.

O Leonel foi o utilizador que mais dificuldades mostrou na realização das tarefas. Demorou mais tempo que os outros utilizadores a completar as tarefas, tendo apenas desistido na terceira tarefa realizada com o teclado virtual por defeito, tal como a Maria, também por frustração de tocar muitas vezes nas teclas erradas. Ao completar a expressão pedida na segunda e terceira tarefas, sendo a terceira também realizada com o método fornecido, o Leonel não digitou os caracteres correctos na ordem pretendida devido a problemas de leitura da expressão pedida.

O Rui foi o utilizador que mostrou uma maior adaptação inicial, tanto ao dispositivo como ao método desenvolvido, tendo no entanto depois tido mais dificuldade na composição de expressões mais complexas. Também foi um utilizador que nunca tinha tocado num dispositivo móvel com ecrã táctil pelo que ele esperava ter dificuldades na realização das tarefas. Por ter uma descoordenação motora menos acentuada que a Maria e o Leonel, o Rui conseguiu completar a terceira tarefa utilizando o teclado virtual fornecido por defeito sem grandes dificuldades, tendo pelo contrário dificuldade em utilizar o método desenvolvido.

As causas para o cometer de um determinado número de erros, segundo foi notado durante a realização dos testes, foi a sensibilidade do dispositivo móvel de ecrã táctil, pois como alguns dos utilizadores não possuíam nenhum contacto com dispositivos móveis de ecrã táctil até ao momento do teste, não sabiam que força aplicar sobre o dispositivo, cometendo assim alguns erros.

Em resumo, com a realização dos testes de usabilidade foi possível verificar que os utilizadores cujas deficiências motoras eram suaves, neste caso o Rui e o Pedro,

apresentaram boas performances, preferindo no entanto o teclado virtual padrão. Os utilizadores cujas deficiências motoras eram mais severas e cuja coordenação era mais problemática, a Maria e o Leonel tiveram melhores performances utilizando o método de introdução de texto desenvolvido, preferindo-o em relação ao teclado virtual padrão do dispositivo de testes.

Na terceira tarefa, todos os utilizadores excepto o Rui, cometeram menos erros na composição de texto utilizando o método de introdução de texto desenvolvido do que com o teclado virtual padrão do dispositivo de testes.

5.6 Resumo

Neste capítulo foram apresentados os resultados da realização dos testes de usabilidade em termos quantitativos e qualitativos. Foram descritas as características de cada utilizador que realizou o teste, as circunstâncias de realização dos testes e quais as perguntas colocadas a cada utilizador num questionário que foi respondido após a realização de todas as tarefas. Em termos de análise quantitativa dos resultados foram revistas as causas para a quantidade de erros detectada, e algumas características dos utilizadores que tenham afectado a realização das tarefas. Em termos de análise qualitativa foram recolhidas as respostas dos utilizadores a um questionário e analisados factores como a facilidade de reconhecimento da estruturação dos caracteres no método, quais os elementos que mais confusão causaram e a dificuldade de utilização.

6 Conclusão

Na presente era onde a partilha da informação pessoal e a comunicação é algo comum e diário à maior parte das pessoas, ainda há barreiras que impedem que todos utilizem os mesmos serviços ou acedam à mesma informação pelos mesmos meios. Com o avanço dos tempos, o desenvolvimento de equipamentos levou ao aperfeiçoamento de funcionalidades que facilitam a comunicação pessoal e a partilha de dados instantaneamente. Estes equipamentos deixaram de ter apenas funcionalidades básicas para passarem a ter acesso ao mundo que anteriormente era acessível apenas por computadores.

Para as pessoas portadoras de deficiência ou com algum tipo de limitação física, as barreiras na utilização dos dispositivos para comunicação sempre existiram. Os equipamentos que existiam eram e continuam a ser fabricados sem qualquer tipo de adaptação ou funcionalidade que permita facilitar a sua utilização por pessoas com deficiência. Estas pessoas com deficiência é que têm assim de se adaptar ao funcionamento dos equipamentos e identificar um com o qual sejam mais capazes de realizar as tarefas que lhe são necessárias.

O trabalho realizado no âmbito desta tese é uma tentativa de desenvolver um método de inserção de texto para pessoas portadoras de deficiência ou limitação física, em dispositivos móveis de comunicação com ecrãs tácteis. O método desenvolvido permite que se ultrapasse algumas barreiras existentes na utilização deste tipo de equipamentos, pois muitos dos sistemas utilizados não permitem a sua utilização por pessoas com deficiência sem que se recorra a um qualquer acessório adicional, algo que não é pressuposto no desenvolvimento destes equipamentos. O método desenvolvido proporciona características que facilitam a composição de texto em equipamentos com ecrãs tácteis proporcionando um interface acessível e estruturado para a introdução de símbolos, números e letras. Com este método algumas barreiras são ultrapassadas, mas devido ao pouco conhecimento deste tipo de equipamentos e estrita capacidade de utilização por parte das pessoas com deficiência, é reconhecido que a adaptação ao funcionamento deste método de introdução de texto não seja tão fácil como inicialmente se esperava que fosse, sendo que o seu desenvolvimento irá aumentar progressivamente a facilidade e automatismo da utilização.

6.1 Trabalhos Futuros

O método desenvolvido apresenta-se ainda numa fase inicial, sendo claro que lhe faltam características que existem em métodos de introdução de texto disponíveis para o mesmo tipo de sistema de dispositivos móveis com ecrã táctil. Os testes realizados nesta fase de implementação do método permitiram verificar que há características às quais o tipo de utilizadores alvo não está habituado, sendo necessário trabalhar para que a adaptação a este método seja gradual mas ao mesmo tempo simples e intuitiva. Para que o sistema seja melhorado são propostas algumas alterações e desenvolvimentos no método actual para que este atinja o propósito pensado no seu desenvolvimento.

As características a desenvolver para o melhoramento do método proposto são oito e pretendem essencialmente diminuir a dificuldade de utilização e proporcionar uma ajuda mais clara a quem não está habituado a este tipo de método de introdução de texto. Eis as oito características a desenvolver:

- Activação de funcionalidade de auto-completar e de sugestão de palavra a introduzir, que ainda não estão activadas nesta fase de funcionamento do método.
- Alteração da actual estrutura de funcionamento do teclado. Neste caso seria a alteração da estrutura hierárquica inicial, em que actualmente é feita a separação de símbolos, números e letras consoante o tipo de carácter a inserir, para a colocação ao mesmo nível de navegação dos diferentes grupos com os sub-grupos de letras disponíveis. Assim ter-se-ia os 3 subconjuntos de letras, o teclado numérico e um acesso aos símbolos a partir do mesmo nível de navegação inicial.
- Possível alteração do símbolo de subida de nível, pois tendo em conta a metáfora utilizada no desenvolvimento do método, um símbolo que seja associado a uma mudança para um conjunto mais genérico causará menos confusão e poderá levar a que os utilizadores a usem mais facilmente em vez de efectuar a procura pela tecla que desempenha essas funções.

- Possível alteração do símbolo da tecla do “*Shift*”. Esta alteração poderá ser ponderada no sentido de permitir uma ligeira diferenciação na utilização do “*Shift*”, visto que enquanto nos teclados de computador o “*Shift*” é pressionado em simultâneo com a letra que se quer capitalizar, nos teclados de dispositivos móveis a tecla age como se fosse o “*Caps Lock*” dos teclados de computador, pelo que a alteração para outro símbolo poderá ser avaliada.
- Correção da ajuda disponibilizada ao utilizador. Apesar de a maior parte dos utilizadores não recorrer à ajuda disponibilizada pelos diversos equipamentos e aplicações, pois preferem explorá-los por tentativa e erro, após a leitura de informações presentes na ajuda é mais fácil utilizar a aplicação sobre a qual a ajuda é disponibilizada. No caso deste método de introdução de texto, a ajuda tem de ser melhorada em termos de facilitar a percepção de como utilizar o sistema de navegação e outros aspectos do teclado.
- Possível introdução de uma opção que permita ao utilizador escolher o estilo de teclado a apresentar, se o estilo QWERTY comum aos teclados de computador, se o estilo alfabético (ABCDEF...).
- Alteração do aspecto da tecla de acesso à área de símbolos, colocando alguns dos mais utilizados como a vírgula, o ponto de exclamação, ponto de interrogação e ponto final dos lados da palavra centralizada “Símbolos”.
- Aplicação de técnicas “inteligentes” para reconfigurar a disposição do teclado baseando-se na aplicação de funções de probabilidade para detectar letras e símbolos mais utilizados na composição das palavras.

Bibliografia

- [1] P. A. Condado, R. Godinho, M. Zacarias and F. G. Lobo. EasyWrite: A touch-based entry method for mobile devices. In 13th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction, INTERACT 2011.
- [2] P. A. Condado and F. G. Lobo, EasyVoice: Breaking barriers for people with voice disabilities. In Proceedings of the 11th International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP-2008), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5105, pages 1228-1235. Springer, 2008.
- [3] S. D. A. C. Silva. Design do Teclado. Os factores históricos, tecnológicos e ergonómicos, a interacção Humano-Computador e os dispositivos de entrada. Tese de Mestrado em Ciências da Comunicação apresentada à Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Fernando Pessoa, 2009
- [4] www.bigkeys.com (consultado em: 20/09/2011)
- [5] A. Poole and L. J. Ball. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future. In Prospects”, Chapter in C. Ghaoui (Ed.): Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Pennsylvania: Idea Group, Inc, 2005.
- [6] H. J. Goldberg and A.M. Wichansky. Eye tracking in usability evaluation: A practitioner’s guide. In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research, pages 493-516. Elsevier Science, 2003
- [7] R. J. K. Jacob and K. S. Karn. Eye tracking in Human-Computer Interaction and usability research: Ready to deliver the promises, In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research, pages 573-605. Elsevier Science, 2003
- [8] J. O. Wobbrock and B. A. Myers. Trackball text entry for people with motor impairments. In CHI '06: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pages 479-488. ACM Press, 2006.

- [9] J. O. Wobbrock, B. A. Myers and J. A. Kembel. Edgewise: A stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion. In *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 61-70. ACM Press, 2003.
- [10] S. Malik and J. Laszlo. Visual Touchpad: A Two-handed Gestural Input Device, In *Proceedings of the ACM International Conference on Multimodal Interfaces*, pages 289-296. ACM Press, 2004.
- [11] T. Guerrero, H. Nicolau, J. Jorge, and D. Goncalves. Navtap: A long term study with excluded blind users. In *ASSETS'09*, pages 99-106. ACM Press, 2009.
- [12] K. Al Faraj, M. Mojahid, and N. Vigouroux. Bigkey: A virtual keyboard for mobile devices. In *Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction. Part III: Ubiquitous and Intelligent Interaction*, volume 5612 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 3-10. Springer Berlin / Heidelberg, 2009.
- [13] K. Vertanen and P. O. Kristensson. Parakeet: a continuous speech recognition system for mobile touch-screen devices. In *Proceedings of the 14th international conference on Intelligent user interfaces, IUI '09*, pages 237-246. ACM Press, 2009.
- [14] P. Holleis, J. Huhtala and J. Häkkinen. Studying Applications for Touch-Enabled Mobile Phone Keypads. In *Proceedings of the Second International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'08)*, pages 15-18. ACM Press, 2008.
- [15] P. E. Jones. Virtual keyboard with scanning and augmented by prediction. In *ECDVRAT '98: Proceedings of the Second European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pages 45-51. University of Reading, UK, 1998.
- [16] S. Papert. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, 2nd edition, 1993.
- [17] S. Zhai, M. Hunter, and BA. Smith. The metropolis keyboard: An exploration of quantitative techniques for graphical keyboard design. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 119-128. ACM Press 2000.
- [18] J. Nielsen. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, 1994.

[19] <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html> (consultado em: 20/09/2011)

[20] <http://developer.android.com/resources/samples/SoftKeyboard/index.html>

(consultado em: 20/09/2011)