

PCS - Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
PCS-5715 - Tópicos sobre Comunicação Homem-Máquina

Fatores Humanos nas Interações Humano-Computador e Soluções para Usuários com Necessidades Especiais

Professora:

Maria Alice Grigas Varella Ferreira

Aluno:

Daniel Jorge Caetano (nUSP: 2238318)

Agradecimentos

À professora Maria Alice Grigas Varella Ferreira, sem a qual a compreensão dos conceitos fundamentais para a confecção deste trabalho teria sido muito mais árdua.

À professora Maria Cecília Calani Baranauskas, pelas importantes informações e referências em trabalhos recentes sobre inclusão digital de pessoas com necessidades especiais.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Nicolau Dionísio Fares Gualda, pelo auxílio na especificação de tema e escolha das disciplinas de base para a futura tese de doutorado.

À CAPES, pelo apoio financeiro para este projeto de pesquisa.

Aos amigos Adriano Cunha e Dante Nishida por diversos conselhos na elaboração deste texto.

Sumário

<u>1. Introdução</u>	5
<u>1.1. Objetivos</u>	5
<u>1.2. Estrutura do trabalho</u>	6
<u>2. Metodologia</u>	7
<u>3. Fatores de influência no desenvolvimento de interfaces</u>	8
<u>3.1. Introdução</u>	8
<u>3.2. O Ser Humano</u>	8
<u>3.2.1. Canais de entrada e saída</u>	9
3.2.1.1. <i>A visão</i>	9
3.2.1.2. <i>Audição</i>	10
3.2.1.3. <i>Tato</i>	11
<u>3.2.2. Memória</u>	11
<u>3.2.3. Pensamento</u>	13
3.2.3.1. <i>Raciocínio</i>	14
3.2.3.2. <i>Solução de problemas</i>	14
3.2.3.3. <i>Habilidade</i>	15
<u>3.2.4. Individualidade</u>	15
<u>3.3. O Computador</u>	16
<u>3.3.1. Canais de entrada e saída</u>	16
3.3.1.1. <i>Dispositivos de Entrada</i>	16
3.3.1.2. <i>Dispositivos de Saída</i>	19
<u>3.3.2. Armazenamento</u>	21
<u>3.3.3. Processamento</u>	21
<u>3.4. Modelo de Interação Humano-Computador</u>	21
<u>3.5. Ergonomia</u>	22
<u>4. Deficiências e Soluções de Interatividade</u>	24
<u>4.1. Introdução</u>	24

<u>4.2. Requisitos de Sistemas voltados a pessoas com necessidades especiais</u>	24
<u>4.3. Deficiência Mental e Dificuldade de Aprendizagem</u>	25
4.3.1. Condições Gerais	25
<u>4.4. Deficiência Física ou Motora</u>	26
4.4.1. Condições Ergonômicas	26
4.4.2. Dispositivos de Entrada	27
<u>4.5. Deficiência Auditiva</u>	27
4.5.1. Dispositivos de Saída	28
<u>4.6. Deficiência Visual</u>	28
4.6.1. Condições Ergonômicas	28
4.6.2. Dispositivos de Entrada	28
4.6.3. Dispositivos de Saída	29
<u>4.7. Deficiência Múltipla</u>	29
4.7.1. Deficiência Motora e Visual	30
4.7.2. Deficiência Auditiva e Visual	30
<u>5. Conclusões</u>	31
<u>Bibliografia</u>	33

1. Introdução

Dentre as muitas preocupações envolvidas durante o desenvolvimento de um sistema de informação ao usuário, certamente o projeto da interface de comunicação com o usuário tem um papel de destaque.

Esta evidência que é dada ao projeto da interface não é sem razão: quando o sistema de informações é dedicado a um público de profissionais especializados em uma determinada área, sua interface deve obedecer uma lógica de operação o mais próxima possível da lógica de trabalho daqueles profissionais.

Entretanto, o projeto da interface se torna ainda mais complexo quando o público alvo não é bem definido: este tipo de interface precisa atender satisfatoriamente a toda a gama de usuários do sistema de informações.

Por esta razão, o desenvolvimento de interfaces para sistemas de informação voltados ao público geral (como caixas de banco, terminais de informações turísticas e transporte, etc.) merecem especial cuidado. Além de um público diferenciado, estes tipos de sistemas de informação podem ser consultados por pessoas com necessidades especiais, como deficientes visuais ou mesmo analfabetos.

A preocupação com a inclusão das pessoas com necessidades especiais não nova. Existem diversas propostas para solucionar alguns dos problemas que esta categoria de usuários enfrentam com relação às interfaces de comunicação com o usuário comuns.

1.1. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é realizar uma pesquisa bibliográfica sobre interfaces de comunicação homem máquina focada nas soluções existentes para usuários com necessidades especiais, com destaque para os usuários que encontram dificuldades com a leitura.

Como resultado do presente trabalho pretende-se um documento relatando as características humanas mais influentes nas diretrizes de elaboração de interfaces humano-computador e também as soluções para os problemas mais comuns encontrados pelos usuários com algum tipo de deficiência. Se possível, uma análise qualitativa e comparativa das soluções será apresentada.

Espera-se concluir quais são as melhores soluções para os problemas mais comuns, para que essas venham a ser aplicadas parcial ou integralmente em sistemas desenvolvidos no futuro.

Acredita-se que este trabalho pode contribuir grandemente com o projeto de doutorado do aluno, baseado no projeto de mestrado "Um sistema informatizado de apoio a usuários de transporte coletivo" do mesmo autor, possibilitando uma ampliação do público alvo do sistema a ser desenvolvido e contribuindo com a idéia de inclusão social e digital.

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho foi dividido em cinco partes principais.

O capítulo 1 descreve a motivação e os objetivos deste trabalho.

O capítulo 2 descreve a metodologia utilizada na pesquisa e desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 3 descreve as características mais importantes dos seres humanos no tocante à interações humano-computador. É feito também um breve resumo sobre as características dos computadores e sobre os processos de interação humano-computador.

O capítulo 4 apresenta relações entre algumas soluções encontradas na bibliografia e deficiências específicas, ressaltando algumas dificuldades destes usuários com dispositivos comuns.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões e recomendações baseadas nas informações verificadas.

2. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho se deu primariamente através de pesquisa bibliográfica em biblioteca.

O primeiro passo foi determinar as características humanas (físicas e psicológicas) mais influentes nos processos de interação humano computador e, desta forma, identificar os tipos de deficiências humanas mais críticas.

Com o resultado desta avaliação, a pesquisa foi direcionada a encontrar soluções para tais deficiências, observando inicialmente soluções mais antigas.

Soluções mais recentes foram verificadas através de *papers* e publicações *online*, disponíveis na internet.

3. Fatores de influência no desenvolvimento de interfaces

3.1. Introdução

Existe uma avaliação bastante comum de que como todo desenvolvedor é um usuário, então o desenvolvimento de uma interface para um usuário qualquer é uma tarefa simples. Entretanto, essa afirmação não é necessariamente verdadeira: além do fato que desenvolvedores toleram cargas cognitivas muito maiores do que a média das pessoas, os usuários possuem diferentes necessidades e diferentes pontos de vista sobre a utilidade de diferentes recursos (HELANDER, 1994) (PREECE *et al.*, 1994).

Por esta razão, há preocupações maiores do que a aparência direta da aplicação, mas também com fatores como adequação à tarefa, facilidade de uso pelos diferentes tipos de usuários (PREECE *et al.*, 1994), seja com relação ao conhecimento e/ou experiência destes, incluindo a apresentação de informações em um formato apropriado (RUBIN, 1988).

Os aspectos mais importantes na garantia da adequação de uma interface humano-computador são os ergonômicos e cognitivos. Ambos têm sido extensivamente estudados nos últimas décadas, em especial com a introdução da Ciência e Tecnologia da Informação no dia-a-dia de muitas empresas (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

Entretanto, o estudo da interação humano-computador é indubitavelmente um assunto multi-disciplinar, envolvendo psicologia, ergonomia, sociologia, lingüística, inteligência artificial, engenharia, negócios, dentre outras (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997). Esta característica torna o estudo complexo, não sendo necessariamente possível descrever uma interface "perfeita para todos os usos" (DIX *et al.*, 1997).

Por esta razão, a definição de diretrizes e parâmetros a serem seguidos na elaboração de uma interface humano-computador deve estar relacionada não apenas ao uso, mas também intimamente ligada ao público alvo e suas características especiais. Em outras palavras, a definição de uma interface é direcionada por uma equação que envolve o computador, os seres humanos que o utilizam e as possibilidades de interação entre estes (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

3.2. O Ser Humano

O ser humano é o principal foco do desenvolvimento de uma interface humano-computador, uma vez que qualquer sistema computacional tem por objetivo auxiliá-lo em suas tarefas. Uma vez que o ser humano é limitado com relação às suas

capacidades de percepção e aprendizado (HELANDER, 1994), é importante conhecer os mecanismos fundamentais para que estas atividades ocorram, para que se possa estimular corretamente o usuário na obtenção e fornecimento de informações, em especial na ausência ou deficiência destes mecanismos fundamentais em alguns indivíduos (DIX *et al.*, 1997).

Apesar de não ser perfeito, um modelo destes mecanismos que facilita sua compreensão é aquele que divide as atividades de percepção e aprendizado em "canais de entrada e saída", "memória" e "pensamento", similares aos equivalentes nos computadores: "canais de entrada e saída", "armazenamento" e "processamento" (DIX *et al.*, 1997).

3.2.1. Canais de entrada e saída

Os principais canais de entrada dos seres humanos, ou seja, por onde eles recebem informações, são os órgãos sensoriais básicos, através dos sentidos: visão, audição, tato, olfato e paladar. Os principais canais de saída, ou seja, por onde os humanos transmitem informações, são os mecanismos de atividades motoras e seus efeitos, como dedos, braços, movimentos de cabeça, voz, etc. (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

Em termos de comunicação humano-computador, os canais de entrada considerados hoje como mais importantes são a visão, a audição e o tato, sendo que os humanos possuem capacidade de dar maior foco de atenção a um determinado órgão sensorial, desviando sua atenção para outros apenas quando estímulos especiais ocorrem. Por outro lado, os canais de saída considerados mais importantes são os dedos, seguidos por voz, posição da cabeça e olhos (DIX *et al.*, 1997).

3.2.1.1. A visão

A visão é o principal sistema sensorial humano (DIX *et al.*, 1997). Por esta razão, uma grande parte das diretivas que devem nortear o desenvolvimento de uma interface advém deste sentido.

Devido a características físicas, o ser humano médio tem uma maior capacidade de distinção de padrões na região central da imagem focada, sendo esta região bem definida e com coloração. Nas regiões periféricas da visão a detecção de cores é precária ou inexistente e a percepção de padrões é limitada. Entretanto, a detecção de movimento é bastante alta nestas regiões (RUBIN, 1988) (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A visão humana é capaz de detectar melhor a definição de uma imagem em fundos claros com imagens e textos escuros, embora fundos claros aumentem a percepção humana de "flickering" nas imagens, exigindo altas taxas de atualização de imagem e também aumentando os riscos de cansaço visual em casos de tempos de exposição prolongados (HELANDER, 1994) (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A visão é ainda associada a outros mecanismos na determinação de tamanho e distância, tornando possível uma percepção tridimensional a partir de imagens bidimensionais. Estes mecanismos são alguns processamentos que são realizados sobre as imagens detectadas e permitem outros tipos de conforto, como visualização de uma imagem estável ainda que a cabeça e olhos estejam em constante movimento. Tais mecanismos também possuem importante papel na leitura, que não se dá necessariamente em uma forma seqüencial, como poderia ser esperado (DIX *et al.*, 1997).

Existem duas teorias básicas sobre como estes processamentos ocorrem. Uma delas, a denominada Construtivista, postula que aquilo que percebemos como imagem é, na realidade, uma construção composta pelo que é capturado pelos órgãos sensoriais e também informações advindas da memória. A outra, denominada Ecológica, postula que a imagem não é construída nem usa informações da memória, é apenas um reflexo do que é capturado pelos órgãos sensoriais (PREECE *et al.*, 1994).

De qualquer forma, tais processamentos podem causar alguns problemas de interpretação de padrões ou imagens como um todo, constituindo o que se chama de "ilusões de óptica". Mesmo na leitura estas conseqüências podem ser percebidas, por exemplo, quando uma frase é lida e não se percebe uma repetição de palavra (DIX *et al.*, 1997) ou ainda quando uma palavra com as letras interiores embaralhadas, mas que começa e termina com as letras certas, ainda pode ser lida sem maiores dificuldades.

É importante ressaltar que nem todos os seres humanos possuem visão e, dentre os que possuem, as capacidades visuais como acuidade, percepção de cores, detecção de movimento (dentre outras) podem variar bastante (HELANDER, 1994). É interessante que a interface use destas capacidades para enfatizar as informações apresentadas, mas, dentro do possível, uma boa interface deve ser operado também por humanos portadores de deficiências visuais (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

3.2.1.2. Audição

A audição é considerado como o segundo mais importante canal de obtenção de informações para a maioria os seres humanos (DIX *et al.*, 1997), embora para os deficientes visuais sua importância seja ainda maior, especialmente ao manusear equipamentos munidos de sistemas de síntese de voz (PREECE *et al.*, 1994).

Através da audição é possível estabelecer um posicionamento de um evento e, através de conhecimentos prévios, identificar a origem dos sons e construir modelos de imagens mentais (DIX *et al.*, 1997), além de proporcionar um *feedback* sobre a execução de determinadas atividades, como uma tecla pressionada, por exemplo (HELANDER, 1994).

Existem limitações também na audição. Os seres humanos são capazes de identificar uma faixa de freqüências limitada, de aproximadamente 20Hz a 15KHz, considerados sons graves e sons agudos, respectivamente. Além disso, existe uma percepção de intensidade sonora e também de timbre, definido por uma envoltória de intensidade. As capacidades de

percepção sonora podem variar bastante de um indivíduo para outro, sendo que a produção contínua de som pode não incomodar alguns indivíduos mas causar cansaço e irritação em outros (DIX *et al.*, 1997).

Assim como no caso da visão, existe algum tipo de processamento associado à informação recebida pela audição. Uma das conseqüências deste processamento é a capacidade de ignorar ruídos de ambiente quando a concentração estiver focada em alguma atividade. Além disso, quando algum som especial é ouvido - como um nome ou um som associado previamente a uma mensagem de erro - uma reação de mudança de foco de atenção é disparada (DIX *et al.*, 1997).

Os efeitos sonoros podem e devem ser utilizados em uma interface, em especial para chamar atenção do usuário para algum evento especial ou ainda para possibilitar que deficientes visuais tenham uma interação mais efetiva. Entretanto o uso destes efeitos devem ser cautelosos, pois o uso excessivo de um som de atenção pode fazer com que o ser humano passe a ignorá-lo, em especial se este ocorrer em situações onde não é necessária a mudança de foco de atenção. Além disso, o uso indiscriminado de efeitos sonoros pode tornar o sistema irritante para alguns usuários (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

3.2.1.3. Tato

Apesar de ser costumeiramente considerado menos importante que a visão e audição, o tato tem um papel muito importante na interatividade do humano com o computador (DIX *et al.*, 1997).

O tato é importante como uma informação de *feedback* para o ser humano, informado que uma ação executada por ele já obteve seu resultado (por exemplo: que uma tecla já foi pressionada) (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997). Este *feedback* proporciona conforto aos humanos e melhora a performance da utilização da interface (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A capacidade de saber a posição em que os membros do corpo estão (percepção espacial) também é fundamental para o bom desempenho e conforto do usuário durante a interação com o computador, pois evita a necessidade de visualização do órgão motor (mãos e dedos, por exemplos) para acionar a próxima ação. Por exemplo: o cálculo do movimento para pressionar a próxima tecla é feito sem que o humano tenha que olhar para sua mão e teclado, usando-se apenas o conhecimento da posição das mãos e dedos com relação a um teclado (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

3.2.2. Memória

A memória é um mecanismo versátil e fundamental no desenvolvimento das atividades humanas, não sendo diferente na interação homem-computador (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

É a memória que permite que informações úteis sejam armazenadas e recuperadas para uso posterior, em momento oportuno. O processo de preencher a memória com informações nas suas mais diversas formas constitui o aprendizado (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Embora não se conheça exatamente como os mecanismos físicos de memória funcionam, é comum a divisão dos processos de memória em três tipos: memória sensorial, memória de curto prazo e memória de longo prazo (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A memória sensorial é dividida em memória icônica (relacionada à visão), memória ecóica (relacionada à audição) e memória háptica (relacionada ao tato). A função destes mecanismos de memória é armazenar informações por um dado intervalo muito curto de tempo, para que este seja captado pelo organismo humano e processado. Se a informação não for captada e armazenada por outro mecanismo, será sobrescrita e perdida para sempre (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A memória de curto prazo tem como função armazenar informações parciais, que ainda estão sendo processadas. Sequências de números ou blocos, resultados parciais de computações numéricas e outros são armazenados por este mecanismo de memória. As informações armazenadas por este mecanismo têm tempo de vida mais longo que as da memória sensorial, mas são bastante sujeitas a interferências, o que significa que novas informações do mesmo tipo de uma informação já armazenada causam uma deterioração da informação mais antiga (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A memória de longo prazo é o estágio final de armazenamento e não há um consenso se as informações armazenadas por este mecanismo podem ou não ser apagadas; isso não significa que elas estejam sempre disponíveis. Um humano pode ter uma informação armazenada em sua memória de longo prazo e simplesmente não se lembrar dela, ainda que sua existência possa estar afetando seu comportamento neste mesmo instante. Se uma informação não é acessível, ela é considerada "esquecida" (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A memória de longo prazo é armazenada em estruturas em que todas as informações estão relacionadas. O mecanismo de passagem da memória de curto prazo para a memória de longo prazo é justamente a inserção de informações dentro desta estrutura, interligando-a com outras informações já existentes, e é facilitado pela repetição ao longo do tempo (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

E recuperação de uma informação pode ser feita de duas formas: recuperação ou reconhecimento. No primeiro caso, o indivíduo segue sua estrutura de informações relacionadas (denominada conhecimento) e partindo de uma dada informação chega a uma outra informação desejada. No segundo caso, o reconhecimento, é a percepção de que uma informação já estava armazenada quando ela é apresentada novamente (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A recuperação é a forma mais comum e mais complexa de recuperação de informações na memória. Este processo pode ser facilitado quando as informações a serem recuperadas estão agrupadas por categorias (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997), algo que aparentemente facilita a busca na estrutura relacional de informações. O mesmo ocorre na disponibilidade de exemplo ou "dica", como partes da informação a ser recuperada, ou mesmo com o fornecimento de alguma relação entre diversas partes da informação a ser recuperada (DIX *et al.*, 1997).

Tais mecanismos de memória sugerem que o uso de seqüências similares para realizar tarefas similares facilitam o aprendizado dos mecanismos de interação humano-computador. Além disso, seqüências longas devem ser evitadas, já que existe uma limitação na quantidade de informações de mesmo tipo que a memória de curto prazo pode armazenar simultaneamente, ocasionando uma deterioração dos primeiros passos do procedimento antes que eles pudessem ser assimilados. Finalmente, o uso de ícones e pequenas mensagens pode facilitar a lembrança de informações solicitadas, bem como facilitar o armazenamento pelo humano de informações fornecidas pelo computador (RUBIN, 1988) (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Vale lembrar, mais uma vez, que há diferenças entre a capacidade de armazenamento de informações entre os indivíduos, tanto em quantidade quanto em velocidade. As razões para isto são diversas, desde constituição do organismo, freqüência de treinamento de memorização, técnicas de memorização explícitas ou implícitas, condições sócio-econômicas (alimentação, bem-estar, etc.) Por esta razão, quanto menor a exigência de mecanismos de memorização, mais amigável será a interação e mais amplo será o público capaz de interagir com esta interface (DIX *et al.*, 1997).

Entretanto, não é adequado julgar que apenas com estes elementos será possível para o usuário resolver todos os problemas que puder enfrentar. Sendo assim, é útil disponibilizar mecanismos de ajuda mais específicos (RUBIN, 1988) (HELANDER, 1994), para os casos em que os mecanismos previamente apresentados não surtirem efeito.

3.2.3. Pensamento

O pensamento humano é a atividade de manipular as informações armazenadas na memória, dada a capacidade de recuperá-las ou não, sendo que o pensamento pode exigir diferentes quantidades de conhecimento, dependendo da atividade sendo realizada (DIX *et al.*, 1997).

Embora o pensamento seja comumente considerado uma única coisa, uma divisão em "raciocínio" e "solução de problemas" facilita a compreensão, embora ambas as atividades estejam intimamente ligadas e dificilmente ocorram em separado (DIX *et al.*, 1997).

3.2.3.1. Raciocínio

O raciocínio é a capacidade de chegar a informações novas a partir de conhecimentos anteriores. Existem basicamente três mecanismos de raciocínio: raciocínio dedutivo, indutivo e abduutivo. Novamente, estes mecanismos não ocorrem isoladamente, mas é útil defini-los separadamente (DIX *et al.*, 1997).

O raciocínio dedutivo é aquele que permite chegar a conclusões a partir de um conhecimento anterior. Se uma relação de causa e efeito é previamente conhecida, dada uma causa, através do raciocínio dedutivo é possível concluir o efeito (DIX *et al.*, 1997).

O raciocínio indutivo é aquele que permite generalizar uma relação conhecida. Dada uma relação de causa e efeito experimentada um número suficiente de vezes, o raciocínio indutivo faz com que se conclua que sempre que aquela causa ocorrer, o efeito será o mesmo (DIX *et al.*, 1997).

O raciocínio abduutivo é aquele que permite que permite, através de conhecimento anterior, definir as causas de um efeito dado (DIX *et al.*, 1997).

Muitos erros podem ser cometidos através do raciocínio, seja dedutivo, indutivo ou abduutivo, em especial se a interação humano-computador não for planejada de uma forma consistente. Uma interface consistente é aquela que se comporta de acordo com o esperado pelo o usuário humano, quando ele usa o raciocínio dedutivo, indutivo e abduutivo (DIX *et al.*, 1997).

3.2.3.2. Solução de problemas

A solução de problemas é considerada a capacidade de encontrar uma solução para uma tarefa desconhecida, usando o conhecimento existente. Em outras palavras, a solução de problemas está relacionada a detectar semelhanças e diferenças entre a nova situação e as situações conhecidas e, perante isso, adaptar as soluções conhecidas para a nova situação (DIX *et al.*, 1997).

Existem muitas teorias que tentam explicar os mecanismos de soluções de problemas utilizados pelos humanos, sendo que a maioria delas é baseada nas teorias Gestalt ou do Espaço de Problema (DIX *et al.*, 1997).

A teoria Gestalt apresenta que a solução de problemas pode ser reprodutiva ou produtiva. Uma solução reprodutiva é aquela que se baseia na reprodução de procedimentos conhecidos ou tentativa e erro. Já uma solução produtiva é aquela em que entra a criatividade humana, capaz de re-estruturar um problema e ter idéias novas (DIX *et al.*, 1997).

A teoria do Espaço de Problema apresenta que este espaço de problema compreende estados de problema, sendo que a solução para o problema envolve uma seqüência de mudanças de estado válidas dentro deste espaço. Em geral não são examinadas todas as

possibilidades, mas sim é feita alguma escolha considerando uma breve análise de alguns estados possíveis a partir do estado atual, usualmente visando aproximar o máximo possível o próximo estado do estado final desejado (problema resolvido). Quanto mais experiência um humano tem em resolver um dado tipo de problema, mais facilmente ele pode selecionar as transições de estado adequadas (DIX *et al.*, 1997).

Uma das grandes ferramentas na solução de problemas é o uso de analogias, que facilitam a identificação de padrões de solução já conhecidos para problemas novos. Entretanto, analogias são bastante ligadas ao conhecimento do indivíduo e a identificação de semelhança de padrões de solução está relacionada também à sua capacidade de raciocínio. Como estas características são de variação bastante grande na população, é preciso escolher com bastante cuidado as analogias a serem apresentadas, sob pena de tornar a compreensão ainda mais complexa caso a analogia escolhida não seja adequada ao conhecimento do usuário (DIX *et al.*, 1997).

3.2.3.3. Habilidade

A habilidade em resolver problemas é, usualmente, advinda de uma conveniente combinação entre conhecimentos que proporcionem um raciocínio adequado na resolução de problemas de um sistema consistente (DIX *et al.*, 1997).

A seqüência básica de desenvolvimento de habilidades envolve a aplicação de regras gerais já conhecidas que façam sentido com relação ao novo problema, o desenvolvimento de regras específicas àquela tarefa e uma otimização das regras específicas para torná-las mais eficientes (DIX *et al.*, 1997).

3.2.4. Individualidade

Uma característica fundamental do ser humano é a individualidade. Cada indivíduo é único e tem características únicas. A maioria das proposições feitas anteriormente se aplica à grande maioria da população, mas podem ser equivocadas em casos específicos. É preciso ter em mente as diferenças de cada usuário (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Estas diferenças são um alto fator de influência na interação humano-computador, em especial na fase relacionada à aprendizagem do uso (ULICH, 1987). Elas podem ter origens sócio-culturais (como nível de educação, sexo, religião, etc.), mas podem também ser oriundas de deficiências físicas, como problemas de visão ou audição.

Ao realizar o projeto de interface humano-computador que possua muitos usuários diferentes, seja em habilidades, conhecimentos, capacidades físicas e outros, os *designers* devem levar em consideração tais diferenças (DIX *et al.*, 1997) e oferecer um espaço para que cada pessoa possa colaborar com este trabalho, sem qualquer tipo de discriminação (MELO e BARANAUSKAS, 2005a).

Infelizmente tal desenvolvimento participativo não é comum na avaliação de interfaces em ambientes inclusivos, nem mesmo na literatura. O envolvimento de usuários com deficiência, por exemplo, é comum apenas em testes de usabilidade, nos quais têm um papel meramente passivo (MELO e BARANAUSKAS, 2005a).

3.3. O Computador

O computador também tem forte influência no desenvolvimento da interface. Assim como os humanos, os computadores também possuem limitações em cada um de seus subsistemas, "canais de entrada e saída", "armazenamento" e "processamento" (DIX *et al.*, 1997).

Esta discussão é importante uma vez que a escolha do equipamento e dispositivos corretos é fundamental no desenvolvimento de uma interface, para que as necessidades dos usuários de um sistema sejam atendidas (DIX *et al.*, 1997).

3.3.1. Canais de entrada e saída

No caso dos computadores, os canais de entrada e saída são mais simples, embora em maior variedade. Por outro lado, nem todos os tipos de dispositivos são igualmente acessíveis a quaisquer tipos de usuários.

3.3.1.1. Dispositivos de Entrada

Alguns dos dispositivos de entrada podem ser o teclado, o mouse/trackball, o joystick, a touch-screen/lightpen, o touch-pad/tablet, o scanner/câmera, um sistema de reconhecimento de voz ou movimentos. Estes dispositivos são melhor detalhados a seguir (RUBIN, 1988) (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997):

- Teclado

O teclado é um sistema de entrada de dados em que é possível provocar comandos ou fornecer dados através do toque. É um dispositivo que exige alguma precisão motora por parte do usuário. Entretanto, este dispositivo pode ser adaptado em termos dimensionais (com teclas maiores) e/ou com uso de um *keyguard*, que é um apoio colocado sobre o teclado, com furos na posição das teclas (VERBURG *et al.*, 1987) (MELO e BARANAUSKAS, 2005b), para permitir acesso a pessoas com dificuldades motoras. Tais dispositivos também podem ser configurados os parâmetros de repetição (ou não) dos comandos causados pelas teclas.

Uma característica comum em teclados é o uso de sinalizadores nas teclas 'F', 'J' do teclado alfanumérico e '5' do teclado reduzido, possibilitando o uso deste tipo de dispositivo

por deficientes visuais, através de uma identificação tátil. Embora incomum, também existem teclados com indicadores das letras em braille (KANE e YUSCHIK, 1987).

- Mouse e Trackball

O mouse e o trackball são dispositivos basicamente voltados a posicionamento e seleção, facilitando o apontamento de opções (figuras, botões etc.), podendo ser utilizados para entrada de dados na forma de desenho. Entretanto, podem ser desconfortáveis para entrada de texto e requerem uma razoável capacidade motora do usuário, sendo que o trackball menos sensível quanto a este aspecto. Além disso, por ser um dispositivo basicamente de posicionamento, seu *feedback* depende muito da visão.

O mouse é, fisicamente, um pequeno dispositivo que, ao ser arrastado, provoca movimento de um ponteiro na tela, sendo comum a presença de um a três botões, para seleção e outras funções. Também é comum ser estendido com mais botões com funções específicas, como "rolar" o conteúdo da tela para cima ou para baixo.

O trackball é, fisicamente, composto de uma esfera envolvida por uma caixa, ficando apenas uma pequena parte (calota) da esfera à mostra. O usuário pode, com os dedos, provocar uma rotação desta esfera, fazendo com que o ponteiro se desloque na tela, na direção da rotação. Em geral possuem 2 ou 3 botões para seleção e outras funções.

Tanto no mouse quanto no trackball, o deslocamento provocado na tela depende não apenas do deslocamento causado no dispositivo (arrastamento no mouse e rotação no trackball), mas também da *velocidade* com que o deslocamento foi feito. Se o dispositivo é movido com mais velocidade, envia uma informação de deslocamento maior para o computador.

Existem adaptações como o *Switch Mouse*, composto por 7 acionadores de toque, que permitem que pessoas com dificuldades de movimentação possam controlar o cursor, acionar clique simples e duplo, realizar operações de arrastar e a função da tecla direita do *mouse* (MELO e BARANAUSKAS, 2005b).

- Joystick

O joystick é um dispositivo de posicionamento e apontamento, porém, diferentemente de mouse, seu acionamento é feito através de uma alavanca direcional, provocando movimentos na direção em que a alavanca é movida. Usualmente possui um ou mais botões de seleção e outras funções diversas.

Seu manuseio não exige muita destreza do usuário, sendo um dos dispositivos de apontamento menos sensíveis. A informação de deslocamento informada pelo dispositivo ao computador é constante ou com uma variabilidade bem inferior à do mouse ou trackball.

- Touch-screen e Lightpen

A Touch-screen e a Lightpen são dispositivos similares, embora funcionem por princípios distintos. São essencialmente dispositivos apontadores, que são usados através da indicação direta. Em outras palavras, aponta-se na tela a posição que se deseja selecionar.

São de uso bastante simples, embora a facilidade de uso esteja bastante relacionada com o tamanho das imagens a serem apontadas na tela e a sensibilidade do dispositivo. No caso da touch-screen, basta apontar com o dedo ou um pequeno bastão diretamente na tela, e a posição indicada será detectada. No caso da Lightpen, deve ser indicada a posição na tela com a ponta da mesma.

- Touch-pad e Tablet

O touch-pad e a tablet são dispositivos de posicionamento, e podem ser usados com as mesmas funções de um mouse, joystick ou similar, mas em geral são voltados à digitalização de figuras, onde é usada uma caneta especial para traçar a figura sobre o dispositivo, e estes traços são transmitidos para o computador na forma de informações de deslocamento.

Este tipo de dispositivo requer uma boa coordenação do usuário e seu uso para situações mais gerais (como o controle de um *software* qualquer) pode ser desconfortável.

- Scanner e Câmera

Os scanners e as câmeras são dispositivos de captura de imagem, permitindo uma forma bastante direta de transmissão de informações aos computadores.

Podem ser usados desde dispositivos de identificação (como leitores de digitais) até de auxílio a outros dispositivos (como de reconhecimento de gestos ou *eyegaze*). A dificuldade de uso pelo usuário depende diretamente da forma com que o equipamento deve ser usado.

- Sistema de Reconhecimento de Voz

Os sistemas de reconhecimento de voz são sistemas que permitem a entrada de comandos (voice commands) ou de texto (voice dictation) através da voz. Em geral existe um comando específico para alterar entre estes modos, além dos comandos específicos da aplicação, como mudanças entre modo de edição e busca (KANE e YUSCHIK, 1987).

Seu uso requer pouco conhecimento prévio do usuário, uma vez que, em geral, são desenhados para comunicação através da linguagem natural. Entretanto, é sempre necessário aprender alguns comandos básicos. Em alguns casos, o usuário precisa "treinar" o sistema com seu padrão de voz, em outros, não.

Fisicamente consiste de um dispositivo de entrada de áudio (um microfone, por exemplo), para onde o usuário deve dirigir o comando. Além disso é necessário um *software*

de identificação de voz, para realizar efetivamente o reconhecimento das informações e traduzi-las em comandos para o computador.

Estes dispositivos possuem hoje uma alta taxa de reconhecimento, mas são bastante suscetíveis a ruídos de fundo (FU, 1987), além de exigirem um banco de dados com conhecimento prévio do conjunto de palavras utilizadas, visando minimizar os erros de interpretação a um nível aceitável (KANE e YUSCHIK, 1987).

Alguns destes software disponíveis atualmente, que permitem praticamente as mesmas funcionalidades conseguidas através teclado pelo uso da voz, são o IBM Via Voice e o Motrix da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MELO e BARANAUSKAS, 2005b).

- Sistema de Reconhecimento de Movimentos

Os sistemas de reconhecimento de movimentos são aqueles que traduzem movimentos do usuário em comandos para o computador. Os tipos de comandos e as formas e dispositivos para realizar estas tarefas são os mais variados, podendo ser luvas, *helmets* ("capacetes" que detectam movimentos da cabeça), dispositivos de acompanhamento de vista do tipo *eye-tracking* (PREECE *et al.*, 1994) ou *eyegaze* (MELO e BARANAUSKAS, 2005b).

Os sistemas físicos para a detecção dos movimentos são bastante variados, assim como a habilidade necessária para o uso de tais equipamentos, dependendo do dispositivo e da aplicação.

3.3.1.2. Dispositivos de Saída

Alguns dos dispositivos de saída podem ser o monitor de vídeo, monitor braille, impressora, além dos dispositivos de áudio. Estes dispositivos são melhor detalhados a seguir (RUBIN, 1988) (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997):

- Monitor de Vídeo

O monitor de vídeo é um dispositivo para a apresentação de imagens. Os mecanismos físicos para seu funcionamento podem ser os mais variados (CRT, LCD, tela de plasma, etc.), e as características como resolução e número máximo de quadros por segundo varia de tecnologia para tecnologia, de modelo para modelo.

Um dos recursos que os monitores usuais disponibilizam é a apresentação de cores, embora existam os monitores capazes de apresentar apenas tons de uma determinada cor ou ainda monitores monocromáticos.

A compreensão da informação fornecida, em geral, depende de capacidade de leitura ou, no mínimo, capacidade de interpretação de figuras.

- Monitor Braille

O monitor braille é um dispositivo de imagem voltado primariamente a deficientes visuais. É um dispositivo em que uma superfície sofre alterações no relevo para representar as informações a serem transmitidas (KANE e YUSCHIK, 1987) (LADNER *et al.*, 1987).

O uso mais comum é a transmissão de informações textuais através do código braille, mas também é possível representar imagens. Seu uso não é tão difundido por, em geral, exigir adaptações ao software para que possa ser usado. Além disso, é preciso conhecer a notação braille e seu custo é relativamente alto (LADNER *et al.*, 1987).

Também existem versões simplificadas, denominadas Linhas Braille, como o dispositivo Pocketvario, que apresenta uma linha de até 40 caracteres braille (MELO e BARANAUSKAS, 2005b).

- Impressora

A impressora é um dispositivo capaz de fornecer informações na forma textual ou gráfica através de mídia física (papel, plástico, tecido, etc.), podendo ser essa representação em cores ou tons de cinza ou até mesmo em braille, para deficientes visuais (MANTOAN e BARANAUSKAS, 2005) (MELO e BARANAUSKAS, 2005b). Existe uma grande variedade de mecanismos de impressão.

A característica mais importante da informação fornecida através da impressora é que o usuário pode carregá-la consigo e estar disponível quando necessário, eliminando a necessidade do usuário armazenar todas as informações disponíveis apenas em sua memória.

A compreensão da informação fornecida, em geral, depende de capacidade de leitura ou, no mínimo, capacidade de interpretação de figuras.

- Dispositivos de Áudio

Os dispositivos de áudio são constituídos basicamente de alto-falantes que podem ser usados pelo computador para produzir os mais diversos tipos de sons.

Podem ser utilizados para produzir sons de alerta ou informação, como reforço para informações disponibilizadas através de outros dispositivos, ou podem ainda ser utilizados para sintetizadores de voz, como dispositivos leitores de tela.

Uma das grandes vantagens deste tipo de dispositivo é a desnecessidade de grande conhecimento prévio por parte do usuário. No caso de um sintetizador de voz, por exemplo, em geral é necessário apenas que o usuário conheça a língua em que o sistema fala. E ainda assim é possível que o sistema forneça informações em várias línguas.

3.3.2. Armazenamento

O armazenamento dos computadores é similar à memória dos seres humanos. Existe a memória dos dispositivos (análoga à sensorial) representada pelos *buffers* dos diferentes dispositivos. Existe também a memória de curto prazo, a memória conhecida como RAM (*Random Access Memory*), que é usada como memória de trabalho. Finalmente existe também a memória de longo prazo, para armazenamento permanente, como os discos, *hard-disks*, *CD-ROMs*, etc. (DIX *et al.*, 1997).

Cada uma delas tem vantagens e desvantagens com relação à velocidade (se a memória é de mais longa duração, usualmente o tempo de acesso é menor, mas usualmente é disponível em maior capacidade, para armazenar mais informações) e também com relação ao uso: algumas memórias podem ser lidas e escritas, outras podem ser apenas lidas (DIX *et al.*, 1997).

O desempenho da memória pode ter bastante influência no desempenho de dispositivos como os interpretadores de voz (velocidade de acesso ao banco de dados de palavras reconhecidas) ou ainda na qualidade de vídeo (número de quadros por segundo).

3.3.3. Processamento

O processamento é um dos maiores limitantes dos computadores e afetam grandemente o projeto de interface. Isso ocorre devido à quantidade limitada de processamento que um computador é capaz de realizar num dado intervalo de tempo (DIX *et al.*, 1997).

Os recursos disponíveis pelos computadores são, em grande parte, restrições ao desenvolvimento de interfaces com o usuário. As limitações mais sérias costumam ser oriundas da capacidade de processamento, bem como da qualidade de sensores (DIX *et al.*, 1997).

Uma baixa capacidade de processamento limita a complexidade da interface, sob pena de torná-la lerda e desajeitada. A qualidade dos sensores, como *scanners*, também afeta diretamente a capacidade dos equipamentos em tarefas como reconhecimento de escrita, dentre outros (DIX *et al.*, 1997).

3.4. Modelo de Interação Humano-Computador

Para que o ser humano possa usar o computador como uma ferramenta que amplie suas capacidades, é necessária a realização de uma interação entre este humano e o computador, para que possa comunicar suas necessidades (DIX *et al.*, 1997).

Existem basicamente duas formas antagônicas de comunicação entre um humano e o computador: em batelada (*batch*, onde o usuário especifica todas as ações antes do processamento e colhe todas as respostas ao fim deste), menus (navegação), formulários, ou outros paradigmas altamente interativos (como a *manipulação direta*) e hipermídia. É possível que a comunicação seja ainda implementado em uma forma mista (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

De qualquer maneira, para que o usuário comunique ao computador sua necessidade, são necessários basicamente quatro elementos: o Sistema, o Usuário a Entrada e a Saída. Cada um destes elementos tem sua própria linguagem, sendo que a Entrada e a Saída, conjuntamente, formam a *Interface*. A Interface situa-se entre o Usuário e o Sistema, e toda a comunicação entre eles deve ocorrer através desta. A comunicação ocorre, então, em etapas (DIX *et al.*, 1997) (DOMINGUES, 2001).

Na primeira destas etapas, o Usuário deve observar as informações apresentadas inicialmente, articular a tarefa que tem em mente na linguagem de Entrada da Interface. Esta, por sua vez, "traduz" a instrução recebida para que o Sistema a compreenda (DIX *et al.*, 1997) (DOMINGUES, 2001).

A forma como as imagens são apresentadas pelo sistema para que o usuário possa articular suas instruções é bastante relevante, já que deve levar em consideração o fato de que cada usuário interpretará tais informações de uma maneira distinta (RUBIN, 1988), de acordo com seu próprio modelo mental (PREECE *et al.*, 1994) (HELANDER, 1994). O sucesso desta comunicação depende da adoção de boas metáforas no desenvolvimento da interface, aproximando sua linguagem daquela utilizada pelo usuário (DOMINGUES, 2001).

Após o processamento, o Sistema encontra-se em um novo estado e precisa comunicar o Usuário deste novo estado. O Sistema apresenta então suas informações para a Interface, e esta converte as informações para a linguagem do Usuário (DIX *et al.*, 1997), devendo levar em consideração o modelo mental do usuário do sistema, para que este possa tirar suas conclusões corretas sobre o resultado (RUBIN, 1988) (HELANDER, 1994).

É importante, portanto, que a linguagem de Entrada da Interface seja adequada ao entendimento e compreensão do Usuário, caso contrário o uso do Sistema resultará em frustração e não cumprirá corretamente sua função. De forma similar, a linguagem de Saída também deve ser adequada, à luz do conhecimento do Usuário do Sistema, já que a não compreensão da linguagem de Saída da Interface pode, igualmente, causar frustração neste Usuário (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997) (DOMINGUES, 2001).

3.5. Ergonomia

Ergonomia é o estudo das características físicas do ambiente em que a interação humano-computador ocorre. Estas características são ligadas não apenas à questões de saúde,

mas também à compreensão da lógica de funcionamento do sistema e também conforto do usuário (DIX *et al.*, 1997).

Um dos primeiros aspectos importantes é a forma com que os controles e áreas de apresentação de informações são apresentados ao usuário. A fim de evitar confusão e facilitar o aprendizado, os controles devem ser agrupados segundo alguma regra, como funcionalidade, seqüência de uso ou freqüência de uso (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

Além disso, os controles devem dispostos em uma posição confortável ao uso de todos os usuários, independente de seu tamanho, levando em consideração se a operação do dispositivo é feita com o usuário sentado, em pé ou até mesmo em movimento (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Também é importante observar o posicionamento dos equipamentos físicos, que devem ser localizados em ambientes adequados ao uso por deficientes, como os especificados na NBR 9050 (ABNT, 2004). Equipamentos mal posicionados, em alturas inadequadas, em ambientes com condições de tempo e luz adversas, bem como barulho excessivo podem causar danos à saúde dos usuários. Por esta razão, a posição relativa entre usuário e equipamento operado deve ser uma preocupação na hora do projeto do sistema (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Sempre que possível as informações devem ser apresentadas ao usuário em mais de um formato: um que facilite a identificação de situações críticas através de rápida inspeção visual e outra que mostre detalhadamente os valores de interesse. É preciso tomar cuidado, porém, para não "poluir" o campo de visão do usuário, distraindo o usuário das informações mais importantes e, portanto, dificultando a interpretação dos resultados do sistema (HELANDER, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Ainda com relação à apresentação, as cores devem ser usadas com cuidado para não criar interfaces pouco intuitivas. É interessante que convenções de coloração sejam atendidas (como as comumente utilizadas para vermelho, amarelo e verde: perigo, atenção e siga em frente, respectivamente) (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997), além do uso de tabulações e espaçamentos adequados para permitir um agrupamento de informações similares e induzir uma seqüência de leitura (HELANDER, 1994).

4. Deficiências e Soluções de Interatividade

4.1. Introdução

Segundo a OMS (MPT, 2006), 10% da população média dos países sofrem de algum tipo de deficiência, sendo especificamente:

- Mental / Dificuldade de Aprendizagem.	5,0%
- Física / Motora	2,0%
Auditiva	1,5%
- Múltiplas	1,0%
- Visual	0,5%

No Brasil, este número cresce para 14,5% (IBGE, 2000 apud MÍDIA E DEFICIÊNCIA, 2003). Somado a este valor os 8,5% da população que são idosos (AME, 2004), que também possuem dificuldades de acesso, temo-se que quase um quarto da população brasileira pode possuir algum tipo de problema relativo à acessibilidade.

Este número elevado torna maior a preocupação com pessoas com necessidades especiais no projeto de interfaces cujo objetivo é o público geral. Sendo a configuração inclusiva de ambientes sociais uma tendência atual (MANTOAN e BARANAUSKAS, 2005), muitas propostas têm sido feitas nos últimos anos, para promover o que hoje é chamado de *inclusão social e digital* aos portadores destes tipos de deficiência.

A Unicamp tem promovido um projeto nesta linha, visando este tipo de inclusão, em especial relacionada a alunos e professores de ensino superior. Muitas informações sobre resultados podem ser encontradas no sítio do projeto (Todos Nós, 2005).

4.2. Requisitos de Sistemas voltados a pessoas com necessidades especiais

Segundo o Centro para o Design Universal na North Caroline State University (EUA) (DESIGN UNIVERSAL, 2006), são requisitos fundamentais para um Projeto Universal (Todos Nós, 2005):

- **Uso eqüitativo:** o produto do projeto deve ser útil e adquirido por pessoas com as mais diversas habilidades.
- **Flexibilidade no uso:** o resultado do projeto deve prever e permitir a acomodação de vasta gama de preferências e habilidades individuais.

- **Simple e intuitivo:** o uso do produto deve ser fácil de compreender, independente de experiência, conhecimentos anteriores, habilidades lingüísticas ou nível de concentração.
- **Informação perceptível:** o produto deve apresentar as informações necessárias ao usuário de forma efetiva, independentemente das condições do ambiente ou das capacidades sensoriais do indivíduo.
- **Tolerância ao erro:** o produto deve minimizar o risco e as conseqüências de ações acidentais ou não intencionais.
- **Baixo esforço físico:** o produto deve ser confortável no uso, causando o mínimo de fadiga.
- **Tamanho e espaço para aproximação e uso:** o produto deve ter tamanho e espaços adequados devem ser fornecidos para aproximação do usuário, além de espaço para operação independente do tamanho do corpo, postura ou mobilidade.

São basicamente critérios ergonômicos que garante o uso de um equipamento ou serviço por qualquer indivíduo, tenha ele limitações ou não. No caso de pessoas com deficiências, cada tipo de deficiência tem exigências especiais, as quais serão detalhados nas próximas subseções.

No caso específico de acessibilidade à *web*, o *World Wide Web Consortium (W3C)* fornece diretrizes para a construção de páginas web acessíveis no documento *Web Content Accessibility Guidelines 1.0 (W3C, 1999)*, que está em processo de atualização para a versão 2.0, estando a versão preliminar do *Web Content Accessibility Guidelines 2.0*, de 27 de Abril de 2006 (W3C, 2006).

Ainda mais especificamente, existem artigos que comentam diretamente os problemas enfrentados por pessoas com deficiências no acesso a aplicações GIS (*Geographic Information Systems*) através da *Web* (SCHIMIGUEL *et al.*, 2005).

4.3. Deficiência Mental e Dificuldade de Aprendizagem

Sendo esta, segundo a OMS, a deficiência mais freqüente, é importante que as interfaces de sistemas públicos sejam desenvolvidas tendo em vista, tanto quanto possível, a limitação de certos usuários.

4.3.1. Condições Gerais

Mesmo quando o foco é um usuário apenas inexperiente, o cuidado central deve ser a simplicidade da interface, diminuindo a carga cognitiva tanto quanto possível (RUBIN, 1988), com a maior redução possível dos dados de entrada e o uso de elementos que facilitem a compreensão e recuperação das respostas a serem fornecidas pelo usuário (WILLIGES, 1987) (DIX *et al.*, 1997).

Embora esta seja uma preocupação natural no desenvolvimento de qualquer interface com o usuário, quando o público potencialmente envolve pessoas com dificuldade de aprendizagem, esta preocupação torna-se central, buscando o uso de linguagem simples e clara também nas informações fornecidas ao usuário, usando sempre que possível redundância de informações, com representações gráficas e textuais simultâneas (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

A redundância não deve ser excessiva, entretanto, uma vez que as informações não podem ser transmitidas de forma confusa, em hipótese alguma. Sendo assim, é uma boa prática evitar a apresentação de informações desnecessárias (DIX *et al.*, 1997).

Se possível, em sistemas que fornecem informações, é interessante fornecê-las também na forma impressa, minimizando a chance do usuário esquecer as informações.

4.4. Deficiência Física ou Motora

As deficiências motoras ou físicas nem sempre impedem a comunicação humano-computador. Entretanto, muitas das deficiências que não impedem, dificultam essa comunicação.

São necessárias observações com relação ao posicionamento do equipamento e também com relação aos dispositivos de entrada.

4.4.1. Condições Ergonômicas

Visando a propiciar uma maior comodidade aos portadores destes tipos de deficiências, os dispositivos de entrada e saída devem ser posicionados de forma que o acesso não seja inconveniente a nenhum dos possíveis usuários, ficando numa altura em que tanto pessoas não portadoras de deficiências quanto portadoras (como cadeirantes, por exemplo) acessem facilmente estes equipamentos (DIX *et al.*, 1997).

Uma outra preocupação de posicionamento com relação às pessoas com deficiências físicas e/ou motoras é com relação aos entornos do equipamento com o qual ocorre e interação. Deve haver espaço suficiente para que o indivíduo possa utilizar o equipamento sem atrapalhar as atividades desenvolvidas em seu entorno, além de condições de iluminação adequadas, por exemplo (PREECE *et al.*, 1994).

Mesmo pessoas sem deficiências motoras podem enfrentar algumas dificuldades com relações às teclas dos equipamentos, se estas forem muito pequenas (VERBURG *et al.*, 1987) (RUBIN, 1988). Por esta razão, pessoas que possuem deficiências motoras e/ou tenham limitações no movimento dos braços e mãos podem necessitar de dispositivos de entrada especiais, em alguns casos menos e em outros mais sensíveis, com botões de tamanho adequado a minimizar os erros de digitação. Uma outra possibilidade é a adoção de teclados

especiais, com teclas para as funções mais comuns, facilitando o processo de entrada de dados (PREECE *et al.*, 1994).

4.4.2. Dispositivos de Entrada

Como já citado, o teclado pode ser uma alternativa a este tipo de usuário, mas uma interface de reconhecimento de voz também pode ser interessante, para permitir a interação com pessoas que totalmente impossibilitadas de realizar uma comunicação através de movimentos do corpo (FU, 1987), incluindo deficientes físicos (GLENN, 1987) (PREECE *et al.*, 1994).

Entretanto, tais sistemas possuem diversos tipos de problemas de usabilidade, como a dificuldade de alteração entre modos de operação entre edição (onde o usuário está inserindo informações) e busca (quando o usuário está procurando por alguma informação) (KANE e YUSCHIK, 1987). Além disso, sistemas de reconhecimento de voz estão sujeitos a problemas com o som ambiente (ruído) (FU, 1987), problemas de reconhecimento de sotaques específicos (PREECE *et al.*, 1994) além de problemas deficiências inerentes ao próprio sistema, como o reconhecimento imperfeito de palavras e comandos mesmo em condições ideais (HELANDER, 1994).

Como uma forma de atenuar estes problemas, é interessante reduzir o número de opções disponíveis simultaneamente, sem prejudicar a funcionalidade, de forma a minimizar o número de comandos de voz possíveis em cada situação. Numa aplicação hipertexto, por exemplo, minimizar o número de *links* pode ser bastante positivo para facilitar a navegação por voz (MÍDIA E DEFICIÊNCIA, 2003).

Para indivíduos que possuem deficiência motora nos membros superiores mas são capazes de movimentar a cabeça e olhos, dispositivos bastante interessantes são aqueles que transferem o movimento da cabeça ou capturam o movimento dos olhos (*eyegaze*) para controlar a entrada de dados (PREECE *et al.*, 1994).

4.5. Deficiência Auditiva

Em geral os indivíduos portadores de deficiência auditiva não enfrentam muitos problemas na interação com um computador, visto que os grandes canais de comunicação são visuais e motores. Entretanto, são necessárias algumas observações com relação a dispositivos de saída.

4.5.1. Dispositivos de Saída

Uma vez que deficientes auditivos podem ser incapazes de detectar avisos sonoros, avisos de perigo e outros efeitos que tenham a função de atrair a atenção, tais recursos devem ser sempre complementares, ou seja, redundantes (DIX *et al.*, 1997).

É interessante que tais efeitos sonoros sejam sempre acompanhados de efeitos visuais com cores mais vivas (como amarelo ou vermelho) (RUBIN, 1988), usando recurso de "*blink*" se possível (DIX *et al.*, 1997).

4.6. Deficiência Visual

A deficiência visual é uma das mais complexas de serem tratadas e, embora seja a de menor incidência entre as deficiências mais comuns, ainda assim é a causa de exclusão de um número expressivo de pessoas com relação aos dispositivos interativos convencionais.

São necessárias considerações sobre posicionamento do equipamento, bem como sobre dispositivos de entrada e saída.

4.6.1. Condições Ergonômicas

Uma vez que os deficientes visuais podem ter dificuldades em localizar o equipamento com o qual pretende interagir, é interessante que não exista obstáculos no caminho e ele fique em local em que o usuário não atrapalhe o fluxo e atividades de outros usuários (PREECE *et al.*, 1994).

4.6.2. Dispositivos de Entrada

Os dispositivos de entrada podem ser teclados comuns, com os sinalizadores nas teclas "F", "J" e "5", para facilitar o posicionamento das mãos. Uma solução proposta e que, em muitos casos pode ser interessante, embora incomum, é a adoção de teclados com indicações em braille das letras (KANE e YUSCHIK, 1987).

Também podem ser usados outros dispositivos, como o de reconhecimento de voz, mas em geral não há grandes restrições com relação à entrada de dados para este tipo de usuário.

4.6.3. Dispositivos de Saída

Com relação à comunicação do computador com o humano portador de deficiência visual, o problema pode ser mais complexos, dependendo se a deficiência de visão é parcial ou completa (DIX *et al.*, 1997).

Algumas pessoas podem ter dificuldades com ícones e textos muito pequenos (RUBIN, 1988). Para tais pessoas, com deficiência visual parcial, o uso de letras e desenhos grandes e cores fortes normalmente basta, acompanhados de efeitos sonoros para reforçar ações perigosas (DIX *et al.*, 1997). Para os casos em que o software não houver sido desenvolvido com esta deficiência em mente, existem também os software ampliadores de tela (MANTOAN e BARANAUSKAS, 2005), disponível nativamente nas versões atuais do sistema operacional *Windows* (MELO e BARANAUSKAS, 2005a).

Para indivíduos que possuem incapacidade de distinção de cores, ainda que as cores sejam muito bem escolhidas para ressaltar informações importantes, é desejável que esta não seja a única forma de realce (RUBIN, 1988) (DIX *et al.*, 1997).

Para a deficiência visual total, uma das soluções mais comuns é o uso de dispositivos leitores de tela como o *Jaws for Windows* ou *Delta Talk* (MELO e BARANAUSKAS, 2005a), que lêem o que é impresso na tela por meio de um sistema sintetizador de voz. Estes dispositivos são inconvenientes por diversas razões, sendo duas delas a falta de privacidade do usuário e o fato que nem sempre o sistema fornece a informação exata que o usuário deseja. Além disso, a informação posicional se perde, tornado a comunicação com o usuário bastante difícil (KANE e YUSCHIK, 1987).

Uma solução alternativa é o "monitor braille", uma tela composta por pinos que exprimem o conteúdo da tela em relevo (KANE e YUSCHIK, 1987) (LADNER *et al.*, 1987). Apesar de ser uma solução bastante interessante, os custos destes dispositivos são relativamente altos, o que faz com que não sejam tão comuns.

4.7. Deficiência Múltipla

As deficiências múltiplas são um grande desafio à "inclusão digital", uma vez que muitas das soluções mais convencionais não se aplicam, limitando grandemente as possibilidades.

Entretanto, soluções já foram apresentadas para as combinações mais comuns de deficiências, e são apresentadas a seguir.

4.7.1. Deficiência Motora e Visual

No caso de indivíduos portadores de deficiências motora e visual, adota-se um misto das soluções para deficientes motores e deficientes visuais.

Uma possibilidade é a de um sistema de reconhecimento de voz como dispositivo de entrada e de um dispositivo de voz sintetizada como saída de informações, alternativas que se enquadram nas necessidades destes usuários (PREECE *et al.*, 1994) (DIX *et al.*, 1997).

Entretanto, os problemas de usabilidade da interface de compreensão de voz continuam existindo, com um agravante: sendo o usuário também deficiente visual, é muito mais difícil indicar se o sistema está operando no modo de edição ou no modo de busca; isso significa que, se o usuário esquecer em que modo opera, ele pode cometer vários erros em seqüência até que tome conhecimento deste problema (KANE e YUSCHIK, 1987).

O teclado e a tela braille costumam não ser aplicáveis nestes casos, uma vez que o usuário é também portador de deficiência motora.

4.7.2. Deficiência Auditiva e Visual

Além da limitação dos mecanismos de comunicação, um fator muito importante na comunicação com este tipo de usuário é a velocidade, que deve ser bastante lenta (LADNER *et al.*, 1987).

Um dispositivo usual de entrada é o mesmo para deficientes visuais: o teclado com os indicadores nas teclas F, J e 5. Entretanto, os dispositivos de saída são um tanto mais limitados (KANE e YUSCHIK, 1987).

Para deficientes auditivos completos, dispositivos de saída sonora, como o sintetizador de voz, perdem seu uso. O mesmo valendo em termos a dispositivos de vídeo, para deficientes visuais completos. A solução, neste caso especial, é o uso das telas braille (KANE e YUSCHIK, 1987) (LADNER *et al.*, 1987).

5. Conclusões

As formas de interação humano-computador já são alvo de estudos há muitos anos, nos quais é possível constatar que os sentidos e as habilidades do indivíduo têm um determinado papel no processo. Os sentidos primordiais envolvidos nesta interação são a visão, audição e tato, em conjunto com as habilidades motora e de aprendizado.

Para que os sistemas computacionais cumpram seu papel, é necessário que o usuário do sistema tenha um bom desempenho em cada um destes requisitos ou que o sistema preveja as possíveis deficiências destes usuários. Em geral a primeira alternativa é adotada, já que a segunda implica em dificuldades técnicas e maiores custos.

Entretanto, a informação de que cerca de 10% da população sofre com algum tipo de deficiência torna evidente que uma parcela significativa da população sofre limitações com relação à sua capacidade de interação com computadores.

A taxa de analfabetos no Brasil em 2000 era de cerca de 13,6% da população brasileira e a de analfabetos funcionais de cerca de 26% da mesma população (IBGE, 2000). Ainda que não seja possível identificar claramente as sobreposições destes diferentes subconjuntos da população brasileira, este grupo amplia ainda mais o público com dificuldades de interação com computadores.

Por esta razão, quando o foco é o desenvolvimento de sistemas computadorizados cuja finalidade é servir ao grande público, a questão da inclusão de indivíduos com necessidades especiais no projeto da interface de interação humano-computador é tão importante quanto complexo.

Entretanto, a falta de informação sobre números reais sobre a quantidade de deficientes em diversos meios ainda é utilizada para dificultar o estabelecimento de políticas que busquem soluções para a inclusão de pessoas portadoras de deficiências, até mesmo dentro das universidades (MANTOAN e BARANAUSKAS, 2005).

Talvez como uma conseqüência deste fato, os avanços visando a inclusão de pessoas portadoras de necessidades especiais têm ocorrido bastante lentamente. Há escassez de pesquisas na área (MANTOAN e BARANAUSKAS, 2005), mas elas são necessárias. Embora soluções como reconhecimento de voz, sistemas sintetizadores de voz, telas braille não sejam ideais e tenham um custo relativamente alto, permitem a um número expressivo de pessoas o benefício de serviços anteriormente exclusivos de pessoas sem nenhum tipo de deficiência.

Entretanto, é importante ressaltar que, para deficiências menos graves, há também soluções praticamente sem custo adicional ao desenvolvimento de um sistema. Entre estas destacam-se práticas como a escolha adequada de cores, redundância de informações através de estímulo de diferentes órgãos sensoriais, escolha adequada do posicionamento do equipamento onde o serviço será consultado, dentre outras. Tais soluções, ainda que simples

e de baixo custo, já podem garantir o acesso ao serviço por um grande número de pessoas, que seriam excluídas na ausência de tais cuidados.

A existência da tecnologia e as necessidades especiais de uma razoável parcela da população tornam inadequada, na visão do autor, a implementação de um serviço público que desconsidere, em seu planejamento, a inclusão destes indivíduos.

Infelizmente, a desconsideração destas pessoas ainda é uma prática comum. Esta é, portanto, uma realidade que precisa ser mudada.

Bibliografia

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050: Acessibilidade a Meios, Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos. Revisão de 31 de maio de 2004. Disponível em: http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpdh/corde/normas_abnt.asp, acessado em 25 de Maio de 2006.

AME, Amigos dos Metroviários Excepcionais, 2004. Disponível em <http://www.ame-sp.org.br/>, acessado em 25 de Maio de 2006.

DESIGN UNIVERSAL, North Caroline State University, EUA, 2006. Disponível em <http://www.design.ncsu.edu/cud/>, acessado em 25 de Maio de 2006.

DIX, A.; FINLAY, J.; ABOWD, G.; BEALE, R. **Human-Computer Interaction**. Edinburg, England: Prentice-Hall, 1997.

DOMINGUES, D.G. **O uso de metáforas na computação**. Dissertação - Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/>, acessado em 19 de Maio de 2006.

FU, C. A "Hands-Off" Workstation. Elsevier: Advances in Human Factors/Ergonomics, v.10B, p.423-430, Maio de 1987.

GLENN, J. W. Where Does Speech Technology Fit in Human-Computer Interaction? Elsevier: Advances in Human Factors/Ergonomics, v.10B, p.431-438, Maio de 1987.

HELANDER, M. Handbook of Human-Computer Interaction. Holanda, North-Holland - Elsevier Science B.V., 1994.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>, acessado em 08 de Maio de 2006.

KANE, R.; YUSCHIK, M. A Case Example of Human Factors in Production Definition: Needs Finding a Voice Output Workstation for the Blind. ACM: Human Factors in Computing Systems IV and Graphics Interface. p.69-74, Abril de 1987.

LADNER, R.; DAY, R.; GENTRY, D.; MEYER, K.; ROSE, S. A User Interface for Deaf-Blind People (Preliminary Report). ACM: Human Factors in Computing Systems IV and Graphics Interface. p.75-80, Abril de 1987.

MANTOAN, M.T.E.; BARANAUSKAS, M.C.C. (org.) TODOS NÓS - Unicamp acessível: resultados da primeira oficina participativa do projeto "Acesso, permanência e prosseguimento da escolaridade em nível superior de pessoas com deficiência: ambientes inclusivos" - PROESP/CAPES. Universidade Estadual de Campinas, 2005. 48p. Disponível

em <http://www.todosnos.unicamp.br/Projeto/Acoes/workshop/livro/index.html>, acessado em 24 de Maio de 2006.

MELO, A.M., BARANAUSKAS, M.C.C. Avaliação Participativa Inclusiva de Interface de Usuário. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 16.; Workshop Interfaces e Interação em Ambientes Educacionais, 2005a, Juiz de Fora-MG. 1 CD-ROM. Disponível em <http://www.todosnos.unicamp.br/Projeto/Producao/>, acessado em 25 de Maio de 2006.

MELO, A.M., BARANAUSKAS, M.C. Design e Avaliação de Tecnologia Web-acessível. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 25.; Jornada de Atualização em Informática, 2005b, São Leopoldo-RS, 22 à 29 de julho. Anais. p. 1500-1544. Disponível em <http://www.todosnos.unicamp.br/Projeto/Producao/>, acessado em 25 de Maio de 2006.

MÍDIA E DEFICIÊNCIA. Série Diversidade, Brasília: Andi, Fundação banco do Brasil, 184p., 2003. Disponível em http://www.andi.org.br/pdfs/Midia_e_deficiencia.pdf, acessado em 24 de Maio de 2006.

MPT, Ministério Público do Trabalho, 2006. Disponível em <http://www.pgt.mpt.gov.br/deficiente/ap03.html>, acessado em 05 de Maio de 2006.

PREECE, J; ROGERS, Y; SHARP, H; BENYON, D; HOLLAND, S; CAREY, T. **Human-Computer Interaction**. Addison-Wesley, 1994.

RUBIN, T. **User Interface Design for Computer Systems**. Chichester, England: Ellis Horwood Ltd, 1988.

ULICH, E. Individual Differences in Human-Computer Interaction: Concepts and Research Findings. Elsevier: Advances in Human Factors/Ergonomics, v.10B, p.29-36, Maio de 1987.

VERBURG, G; FIELD, D; PIERRE, F; NAUMANN, S. Towards Universality of Access: Interfacing Physically Disabled Students to the Icon Educational Microcomputer. ACM: Human Factors in Computing Systems IV and Graphics Interface. p.81-88, abr. de 1987.

WILLIGES, R. Adapting Human-Computer Interfaces for Inexperienced Users. Elsevier: Advances in Human Factors/Ergonomics, v.10B, p.21-28, Maio de 1987.

SCHIMIGUEL, J., MELO, A.M., BARANAUSKAS, M.C.C., MEDEIROS, C.B. Accessibility as a quality requirement: Geographic Information Systems on the Web. In: The Latin American Conference on Human-Computer Interaction, 2., 2005, Cuernavaca-México. Proceedings... New York: ACM Press, 2005. p. 8-19. 1 CD-ROM. Disponível em <http://www.todosnos.unicamp.br/Projeto/Producao/>, acessado em 25 de Maio de 2006.

Todos Nós, 2005. Disponível em <http://www.todosnos.unicamp.br/>, acessado em 24 de Maio de 2006.

W3C, World Wide Web Consortium - Web Content Accessibility Guidelines 1.0, 1999.
Disponível em <http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505>, acessado em 20 de Maio de 2006.

W3C, World Wide Web Consortium - Web Content Accessibility Guidelines 2.0, 2006.
Disponível em <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>, acessado em 20 de Maio de 2006.