

4 Símbolos auditivos

Este capítulo tem como objetivo descrever conceitos e modelos relacionados à utilização de sons em interfaces para simular representações de objetos e/ou ações.

Sons em interfaces como alarmes e sinais sonoros de vários tipos já eram utilizados muito tempo antes do surgimento dos computadores. Ícones para conduzir informação, por sua vez, passaram a ser aplicados em interfaces de computador desde a década de 1970. Exemplos do uso do áudio neste contexto incluem: a chegada de uma mensagem de e-mail, o desligamento do sistema, a mudança de um modo de operação, a indicação de uma palavra escrita errada, o equivalente sonoro de um nome de arquivo, um lembrete de que um arquivo temporário ainda não foi gravado etc.

Podemos separar recursos auditivos em duas classificações básicas: saída falada e não falada. “Áudio não-falado pode estabelecer uma comunicação com o usuário de computador sem interferir na aplicação” (DANNENBERG & BLATTNER, 1992). Para o áudio não falado, duas estruturas teóricas que servem de base para os estudos nesta área são:

- O enfoque de GAVER (1991). Propõe uma estrutura ecológica com sons complexos, concretos e imediatamente reconhecidos para serem usados na criação de metáforas em sistemas baseados em computador.
- O trabalho desenvolvido por BLATTNER et al (1989). Descreve qualidades musicais da informação auditiva, sugerindo que idéias simples possam ser combinadas em motivos musicais para proporcionar informação auditiva nas interfaces.

GAVER (1991) criou o termo “ícone auditivo” para descrever o uso de sons concretos (sons do mundo real) com representações de ações e objetos nas interfaces, como analogia aos ícones visuais. Desta forma, os sons tem um ligação intuitiva ao que eles representam; e BLATTNER et al (1989) criaram o termo “*earcon*”, neologismo a partir da palavra “*icon*”, com uma substituição da primeira sílaba “I” (*eye*) por “*ear*”.

Outros modelos que surgiram a partir dos trabalhos de GAVER (1991) e BLATTNER et al (1989) incluem o Modelo de Sonificação de ZABALA & TAYLOR (1993), Representações Aurais de SHERMAN & CRAIG (1993) e o Método estruturado de BREWSTER (1994).

4.1.Ícone

Segundo PEIRCE (apud PLAZA, 1987), ícone é um tipo de signo que compartilha propriedades com o objeto a que ele se refere. O termo ícone significa uma imagem de alta representação. Nas ciências da computação, o termo ícone tem um significado amplo que inclui tanto imagens representacionais como símbolos visuais. Ícones representacionais se referem tanto para imagens musicais como imagens gráficas.

Telas com uma densidade visual excessiva podem levar a um esforço cognitivo exagerado que afeta a performance. Nestes casos, canais alternativos de informação devem ser explorados.

Ícones podem apresentar grandes quantidades de informação concisamente e representar uma variedade de entidades de computador como informações sobre estados de sistemas, utilitários, processos, programas, comandos, cursores, menus, itens de menus, janelas, botões e objetos de status.

Segundo HUGGINS & ENTWISLE (apud BLATTNER et al, 1989), a comunicação através de ícones é eficiente pois se baseia na habilidade humana de perceber rapidamente formas e contornos. Além disso, ícones podem representar muita informação em um pequeno espaço. Pesquisas de SCHNEIDERMAN (apud

BLATNER et al, 1989) mostraram que os usuários processam e reconhecem imagens gráficas mais rápido do que as palavras.

SCOTT & FINDLAY (apud MOYES & JORDAN, 1993) concluíram que as interfaces icônicas poderiam construir um mundo eletrônico menos hostil. Em geral, o fator determinante do sucesso de um ícone é se ele consegue representar de forma efetiva a função ou objeto a que ele se refere.

4.1.1. Tipos de ícones

De acordo com a terminologia que descreve tipos de signo de MARCUS (apud BLATNER et al, 1989), ícones podem ser: a) representacionais, b) abstratos e c) semi-abstratos.

Ícones representacionais são imagens simples de objetos ou operações. São representacionais por causa da relação direta com o objeto descrito (Figura 22). Em certos casos, é difícil de encontrar representações pictóricas de certos objetos e operações.

Ícones abstratos são formados por marcas geométricas combinadas com formas que descrevem objetos e operações (Figura 23). A maior parte da comunicação internacional é feita através de representações abstratas. Ícones semi-abstratos podem ser compostos tanto por imagens representacionais como abstratas (Figura 24).



Figura 22 - Exemplo de ícone representacional

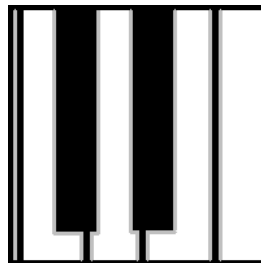


Figura 23 - Exemplo de ícone abstrato



Figura 24 - Exemplo de ícone semi-abstrato

Segundo BLATNER et al (1989), deve-se considerar representação e abstração como limites em uma escala contínua de abstração. Independente do tipo, a estrutura geral dos ícones, segundo KOLERS (apud BLATNER et al, 1989), pode ser dividida em dois componentes: elementos e combinações. Um elemento é uma imagem gráfica, tanto representacional como geométrica, que com decomposição resultaria em partes interpretáveis. Imagens pictográficas, formas geométricas e marcas podem ser usadas como elementos. Uma combinação envolve fusões destes elementos.

4.1.2.Design de ícones

Segundo KOLLERS (apud BLATNER et al, 1989), podemos criar ícones que trazem características comuns ou combinações de elementos para representar relacionamentos entre entidades. Desta forma, elementos com formas semelhantes representam classes de informação similares. A facilidade de aprendizado é uma das principais vantagens destas relações entre ícones.

BLATNER et al (1989) identificaram três formas de criação de ícones: combinação, transformação e herança. Nos ícones produzidos a partir de símbolos combinados, alguns elementos representam objetos e outros ações. O ícone que apresenta um objeto e uma ação representa a performance de uma ação sobre um objeto.

Ícones criados a partir de transformações representam objetos com estados associados. Heranças podem ser percebidas em linguagens pictolinguísticas onde ícones herdam elementos de outros ícones.

EASTERBY (apud BLATNER et al, 1989) descreve características de um bom ícone: concisão, continuidade, simetria, simplicidade e unidade. Estas diretrizes também podem ser aplicadas a figuras musicais. Psicólogos da gestalt propuseram que estímulos fossem agrupados em configurações baseadas em princípios simples como proximidade, similaridade e continuidade.

EASTERBY (apud BLATNER et al, 1989) também defende um método onde o designer primeiro define um protótipo para cada ícone da interface, enquanto considera princípios gerais, funções a serem representadas e noções de desenvolvimento a partir de padrões de percepção e discriminação. O designer então realiza testes ergonômicos com o público-alvo. Depois, os protótipos deverão ser manipulados de acordo com os resultados dos experimentos ergonômicos.

4.1.3. Ícones em relação aos componentes de usabilidade

Segundo MOYES & JORDAN (1993), existem certos componentes de usabilidade que explicam como a performance de usuários em uma nova interface pode ser esperada.

Guessability: é definida como a medida do custo para o usuário de uma interface quando executa uma nova tarefa pela primeira vez. Quanto menor o custo, maior a *guessability*. Custos podem ser medidos em termos de tempo, erros e esforços.

Learnability: é a medida do custo do usuário para alcançar um nível razoável de performance em uma tarefa.

Experienced User Performance: referência de desempenho excelente em uma performance. Corresponde a um nível avançado de aprendizado.

4.2. Earcons: Padrões musicais aplicados junto a informações auditivas

Os *earcons* podem ser melhor compreendidos através de suas semelhanças com os ícones. São mensagens de áudio utilizadas na interface entre usuário e computador para transmitir informações e *feedbacks*; e também sons sintéticos e abstratos que podem ser usados em combinações estruturadas para criar mensagens sonoras e representar partes de uma interface. Incluem mensagens e funções associados a estados e rótulos.

Sons podem ser agrupados ou estruturados de acordo com princípios similares aos dos ícones para proporcionar ao usuário informações sobre objetos, operações ou interações.

Earcons, segundo BLATNER et al (1989), seriam versões sonoras dos ícones. Muitas das técnicas de design de ícones também se aplicam ao design de *earcons*. Então, devem ser observados estes princípios para que possam ser realizadas comparações com análises dos tipos de ícones e métodos de construção, pois estes métodos se aplicam ao arranjo formal dos símbolos. *Earcons* para serem úteis devem ser fáceis de entender e lembrar. Assim, foi observado em pesquisas como os usuários recebem e retêm informações auditivas associadas a eventos externos.

BLATNER et al (1989) propõem métodos para construir mensagens sonoras com significados. Utilizam motivos, grupos de *pitches* simples ou seqüências rítmicas de *pitches* que podem ser agrupados em grandes grupos chamados famílias.

Ícones são selecionáveis e informativos, enquanto que os *earcons* são apenas informativos. Quando executados, os *Earcons* demandam a nossa atenção.

BLATTNER et al (1989) propuseram o uso de informações auditivas nas interfaces baseado em padrões musicais de som. No seu sistema de “*earcons*”, o bloco básico de construção é o motivo, nota simples com altura e duração ou seqüência rítmica destas notas. O *earcon* mais simples é o *earcon* rudimentar. *Earcons* simples devem ser usados para representar algo fundamental e comum como mensagens de erro, informações sobre o sistema, janelas e arquivos. *Earcons* mais complexos podem ser construídos a partir de princípios de combinação, herança e transformação. Por exemplo, se a ação de “criar” é representada por um certo *earcon* e o objeto “string de texto” por outro, então a ação de “criar” um objeto “string de texto” envolverá uma combinação dos dois *earcons* originais.

Quando *earcons* que representam um objeto e uma ação específica são acionados ao mesmo tempo, as informações musicais de cada *earcon* devem ser remodeladas para que informações melódicas e harmônicas fiquem adaptadas entre si. Objetos e ações que normalmente não deveriam ser combinados no sistema podem ser modelados com harmonias dissonantes ou clusters sonoros.

Devem ser verificados quais são os melhores *earcons* para facilitar a memória e as melhores associações empíricas dos objetos, eventos e ações, de forma que um grupo de *earcons* seja psicologicamente adequado.

Ícones auditivos podem ajudar na memória inicial. São mais apropriados para sistemas fáceis de aprender, onde podem ficar mais tempo na memória. Porém também podem ser utilizados em sistemas complexos aonde os usuários tenham tempo para aprender a usá-lo, como, por exemplo, em processadores de texto e serviços telefônicos freqüentemente utilizados.

4.2.1.Princípios de design de earcons

Apesar de utilizarem sentidos diferentes, tanto ícones como *earcons* envolvem necessidades de comunicação e problemas de design similares. Assim como os ícones visuais, podemos dividir *earcons* em três classes: representacionais, abstratos e semi-abstratos.

4.2.1.1.Earcons representacionais

Muitos esquemas diferentes para design de *earcons* são possíveis. Um deles envolve a digitalização de sons naturais. Estes podem ser classificados como *earcons* representacionais. As vantagens e desvantagens dos *earcons* representacionais são similares as dos ícones pictóricos. GAVER (1986) investigou *earcons* representacionais e os chamou de ícones auditivos.

4.2.1.2. *Earcons* abstratos

Utilizam *pitches* simples, grupos de *pitches* ou motivos como elementos ou blocos de construção dos *earcons*. *Earcons* com combinações de motivos ou *pitches* simples podem ser utilizados para expressar objetos complexos.

4.2.2. Motivos

O motivo é uma seqüência breve de *pitches* arranjados para produzir padrões rítmicos e tonais suficientemente distintos para permitir seu funcionamento como entidades reconhecíveis e individuais. Ritmo e *pitch* são parâmetros fixos dos motivos; e timbre, registro e dinâmica, parâmetros variáveis. Contudo, podemos ter um motivo que não esteja associado a nenhum significado. Motivos podem ser combinados em grandes estruturas.

Algumas vantagens dos motivos: servem para construir grandes grupos de *earcons* com uma modularidade que facilita modificações e futuras expansões; podem ser transformados, combinados e herdados em motivos relacionados; e podem ser agrupados em famílias onde sons semelhantes tem significados similares.

4.2.2.1. Seqüência rítmica

Seqüência rítmica¹ é a característica mais importante de um motivo. Ouvintes respondem mais rapidamente a ritmos do que outros parâmetros musicais. A forma mais fácil de se produzir dois motivos diferentes é variar a estrutura rítmica de cada um. A mesma seqüência de *pitches* pode soar diferente quando diferentes estruturas rítmicas são impostas a eles.

¹ Pode ser definida como a seqüência de valores sonoros e pausas com durações variáveis ou não que em um mesmo *pitch* definem padrões musicais.

4.2.2.2. Altura (*Pitch*)

Todas as alturas de um motivo devem ser escolhidas dentro de uma mesma oitava² para facilitar mudanças de registro em seqüências de altura. Em função da familiaridade cultural com modos maiores e menores e pentatônicas, motivos com notas destas escalas serão reconhecidos e compreendidos com mais facilidade, ajudando também na composição e combinação de motivos. Consideram-se também características de costumes musicais locais para onde se destinam os *earcons*.

4.2.2.3. Parâmetros variáveis de motivos

Em um *earcon*, os significados associados aos motivos podem variar com as mudanças de qualidade sonora, dinâmica e extensão.

Registro é a região onde o som reproduzido está localizado. Dinâmica se refere ao *loudness* relativo de um *earcon*. Pode ser constante ou variável e varia de suave (*soft*) para mais intenso (*loud*). Pode ser utilizada em representações de direções e movimentos como nas relações nômicas sugeridas por GAVÉR (1986). Crescendo é o termo musical que se refere ao crescimento do som do suave para o alto e decrescendo é o reverso.

4.2.3. Dimensão temporal dos *earcons*

A dimensão temporal do *earcon* deve ser suficientemente grande para conduzir a mensagem com eficiência e de forma instantânea. BLATNER et al (1989) colocam que o número ideal de notas em um motivo seria de dois a quatro. Motivos que consistem em mais de quatro *pitches* podem ter implicações melódicas indesejáveis. Se um *earcon* soar como uma melodia, o ouvinte pode associar o *earcon* a uma música contínua. Ouvir uma música dez vezes ou mais por dia pode irritar e causar fadiga auditiva no usuário.

² Intervalo entre duas notas do mesmo nome com valores de frequência na razão de 1:2 ou 2:1.

4.2.4. Construção do *earcon*

Earcons e ícones consistem em diferentes estruturas que coexistem na mesma interface. Ao combinar um ou mais elementos para criar um *earcon* podemos ter duas estruturas básicas: a) *earcons* compostos de um único elemento e b) *earcons* compostos de mais de um elemento (*earcons* combinados).

4.2.4.1. *Earcons* com um elemento

Earcons com um elemento podem ser sons digitalizados, sons criados em sintetizador, uma nota simples ou um motivo. *Earcons* com um *pitch* ou motivo simples são compostos por um único elemento.

Um *earcon* com *pitch* simples é uma mensagem de áudio composta de uma nota com atributos como *pitch*, duração e dinâmica. Por serem os mais simples, estes *earcons* podem ser utilizados para representar entidades básicas e ocorrências comuns em teclas, cursores ou mecanismos de seleção.

Earcons com motivos simples têm atributos como ritmo, *pitch*, timbre, registro e dinâmica. Podem representar mensagens de erro, informação sobre sistemas, janelas e arquivos.

Metáforas podem ser construídas a partir dos recursos inerentes aos *earcons*. Sons crescentes e decrescentes prestam-se para acompanhar inicializações e fechamento de programas, localizações distintas na tela podem ser representadas por sons com alturas e audibilidade diferenciadas.

4.2.4.2. *Earcons* combinados

Três princípios para construção de *earcon* combinados, segundo BLATNER et al (1989), são combinação, herança e transformação. Estes três métodos são utilizados tanto com elementos representacionais como abstratos.

Earcons combinados são formados a partir da junção de dois ou mais elementos de áudio em sequência. Da mesma forma que os ícones combinados,

earcons combinados podem representar entidades computacionais que compartilham características comuns para representar classes de informação semelhantes. Grupos de elementos sonoros podem ser combinados em diferentes *earcons* para formar um grupo primário (*primary set*).

“Utilizamos os elementos deste grupo primário para construir um *earcon* único que representa uma função no sistema ou entidade computacional. Podemos construir sistematicamente grandes grupos de *earcons* para sistemas inteiros. Ao repetir elementos sonoros, temos as mesmas vantagens que os ícones conseguem com suas repetições visuais: facilidade de construção, expansão dos grupos, identificação e retenção” (BLATNER et al, 1989).

4.2.4.2.1. Earcons herdados

A hierarquia de mensagens que existe em entidades computacionais deve estar presente em famílias de *earcons* para que possam ser criadas mensagens auditivas dentro do conceito de herança.

Cada família recebe uma estrutura rítmica diferente. Esta estrutura servirá de base para a construção dos *earcons* de níveis subseqüentes. O nível mais alto na hierarquia de uma família será representado por um *earcon* composto exclusivamente de uma estrutura rítmica que identifica a família.

Todas as entidades que se encontram no segundo nível da hierarquia são representadas por um *earcon* de duas partes. O primeiro utiliza o ritmo característico da família e o segundo é uma seqüência de *pitches* baseados no ritmo da família. BLATNER et al (1989) sugerem que todos os motivos de segundo nível sejam compostos em ondas senoidais. No terceiro nível deve ser acrescentado um novo elemento com novo timbre.

4.2.4.2.2. Earcons transformados

A transformação de um segmento musical envolve mudanças em seus atributos. Entre as transformações musicais mais interessantes estão aquelas utilizadas por Arnold Shoenberg. Ele propôs que um grupo de notas poderia ser

reconhecido como equivalente ao original quando os intervalos ascendentes se transformam em descendentes e vice-versa, quando apresentados em ordem retrógrada ou quando transformados por ambas as operações.

BLATNER et al (1989) sugerem que os *earcons* transformados devem ser modificados com simplicidade para manter equivalências perceptivas.

4.2.5. Aprendizado, lembrança e compreensão de *earcons*

Para que um *earcon* seja útil, ouvintes devem conseguir compreendê-lo e lembrá-lo. Lembrança e memória representam os processos pelos quais os ouvintes adquirem e retêm informações sonoras associadas a algum evento externo.

Segundo DAVIES (apud BLATNER et al, 1989), os ouvintes têm representações internas de unidades perceptivas organizadas que compõe um *earcon*. Ao conhecer um *earcon*, o ouvinte codifica a estrutura exata da sua representação interna. O ouvinte então utiliza suas representações internas e as compara com padrões existentes de *earcons*. Se a seqüência de sons for suficientemente similar a padrões existentes, então estes serão reconhecidos. Para lembrar de novos *earcons*, ouvintes devem passar por novo processo de aprendizado.

A habilidade do cérebro de agrupar sons em unidades organizacionais facilita a lembrança de informações sonoras. MILLER (apud BLATNER et al, 1989) descreve o processo de memorização como a formação interna de grupos de sons relacionados.

4.2.6. Vantagens e desvantagens de *earcons*

Earcon representacional: são úteis em sistemas que requerem poucos *earcons*. Usuários podem associar um *earcon* com sua representação rapidamente. Representações bem escolhidas podem ser discriminadas facilmente.

Earcons combinados: podem conter combinações de *earcons* abstratos e representacionais. São úteis em sistemas de *earcon* de tamanho médio.

Famílias de *earcon* (hierarquia e transformação): elementos modulares como motivos devem ser utilizados. Associações entre interpretações semânticas e *earcons* podem ser feitas através do ritmo e dinâmica.

4.3.Ícones Auditivos

Com o aparecimento de *softwares* e *hardwares* para produção de sons digitais, surgiu um interesse em utilizar sons mais complexos do que os *beeps* simples utilizados inicialmente nos computadores. Segundo GAVR (1986), seria desejável que os sons fossem utilizados de forma análoga aos ícones visuais para transmitir informações.

GAVR (1986) enfatiza o uso de sons em ambientes computacionais como condutores de informações para o usuário da mesma forma que eles aparecem no mundo real. Quando ouvimos algo no mundo real, estamos interessados em descobrir informações sobre as fontes que estão produzindo os sons e o ambiente onde eles são produzidos, mais do que as características dos próprios sons, o que ocorre mais quando ouvimos alguma composição musical. De acordo com seu enfoque, ícones auditivos ou caricaturas de sons naturais poderiam ser utilizados para transmitir informações sobre fontes de dados ou eventos. Permitem a categorização de dados em famílias distintas, utilizando sons simples.

Existem três tipos de relacionamentos entre dados e representações sonoras: simbólicos, que se baseiam em convenções sociais de significado e são arbitrários; nômicos (*nomic*), que são os mais concretos com representações físicas; e metafóricos, baseados em similaridades. GAVR (1986) salienta que ícones auditivos não precisam ser representações realísticas dos objetos a que eles se referem, mas devem capturar suas essências fundamentais como fazem os ícones representacionais.

Os ícones auditivos e objetos a que eles se referem devem ter correspondência de tamanho e localizações. Grandes quantidades de informação ou grandes dimensões físicas podem ser relacionadas a volumes ou frequências mais altas e localizações na tela, a espacializações sonoras. Desta forma, seria possível criar um som informativo. GAVER (1986) se refere a este tipo de som como ícone auditivo.

GAVER (1986) enfatiza a importância do som para receber informações sobre o mundo. Normalmente, ao ouvimos sons, identificamos o evento que os causou. Desta forma, sons podem transmitir informações sobre a interação de materiais em um local do ambiente. Esta perspectiva é semelhante ao enfoque ecológico à percepção de GIBSON (1979) e pode ser utilizado em um nível computacional do processamento sonoro (MARR apud GIBSON, 1986).

Ícones auditivos, segundo GAVER (1986), podem representar objetos conceituais em sistemas computacionais com mais clareza do que outros sons. Se for feito um bom mapeamento entre fonte sonora e fonte de dados, o significado do ícone auditivo pode ser facilmente aprendido e lembrado.

4.3.1.Mapeando informações para representações

O transmissor da mensagem tem uma idéia na mente. Esta idéia não pode ser transferida diretamente para a mente do receptor, mas pode ser transmitida através de alguma mídia. É necessário, desta forma, representar idéias de forma adequada para a mídia escolhida. O transmissor pode representar uma idéia através de uma série de sons. O receptor ouve estes sons e traduz a representação sonora em idéias próprias. Nem sempre a informação recebida é compreendida perfeitamente. Comunicações através de qualquer mídia, incluindo a voz humana, requerem uma representação e compreensão comum entre as partes.

Nós interpretamos o mundo externo com nossos sentidos, representações e organizações. As pessoas se comunicam melhor através de múltiplos canais. No cinema, as trilhas sonoras, ambiências e efeitos especiais podem ser usados para

comunicar aspectos da história e situação, de forma mais eloqüente do que a voz do ator.

Informações podem ser relacionadas com representações. Mapeamentos relacionam dados e significados. Em um extremo, o mapeamento é essencialmente arbitrário e simbólico, baseado em convenções sociais para os significados. Exemplos de símbolos são campainhas de telefone, sirene e sinais de parada. No outro extremo, estão as representações nômicas com seu significado que, segundo HEIL (apud GAVER, 1986), depende da situação. A relação entre o som e sua fonte ou uma foto e o cenário original que ela descreve são bons exemplos de mapeamento nômico. Representações nômicas são imagens das informações. Finalmente, alguns tipos de mapeamento são considerados metafóricos. Mapeamentos metafóricos utilizam similaridades entre objeto e representação. Não são completamente arbitrários, contudo não dependem de aspectos físicos. Em mapeamentos metonímicos, por sua vez, características são utilizadas para se referir ao todo, atuando por contiguidade. Por exemplo, mapeamentos entre genealogias e árvores correspondem a mapeamentos metafóricos e o uso do sibilante para se referir a uma cobra corresponde a um mapeamento metonímico.

É importante notar que a relação também pode ser mapeada entre uma das três categorias citadas acima. Por exemplo, se uma metáfora fraca é utilizada ou se uma metáfora não é compreendida, mapeamentos metafóricos tendem a ser simbólicos.

Motivos temáticos utilizam metáforas baseadas em similaridades entre progressões temporais de sons e eventos que eles representam. Exemplos incluem os *leitmotifs* de Wagner e o uso de sons em videogames como o Pac-man. Outros casos, como mudanças de *pitch* que se referem a mudanças de altura físicas, se referem ao uso de metáforas dimensionais, aonde uma dimensão é utilizada para representar outra.

4.3.2.O aprendizado de mapeamentos

NORMAN (apud GAVER, 1986) conceitua o relacionamento entre forma e significado como direção articulatória. Pouca direção articulatória estaria, por exemplo, na relação entre um *beep* e uma informação de erro e alta direção articulatória entre a ação de pintar de um pincel com um som de pincel deslizando sobre uma superfície.

Desta forma, fica claro que mapeamentos nômicos têm maior direção articulatória do que mapeamentos metafóricos, que, por sua vez, tem mais direção articulatória do que os simbólicos. Um aumento na direção articulatória estaria relacionado a uma maior facilidade de aprendizado. Quanto mais próxima a representação estiver do significado, mais facilmente ele poderá ser compreendido. Assim, mapeamentos nômicos são simples de serem aprendidos, mapeamentos metafóricos um pouco mais difíceis e mapeamentos simbólicos, os mais difíceis. No entanto, uma vez que o mapeamento tenha sido aprendido, a direção articulatória não afetará tanto a performance.

Um mapeamento nômico pode ser conseguido com o uso de sons naturais. Contudo, sons naturais também podem ser metafóricos ou arbitrários em relação à informação que eles representam. Mas, de uma forma geral, a utilização de sons naturais possibilita um grau de direção articulatória maior.

Uma representação simbólica que já exista na cultura e que seja apropriada para representar a informação deve ter preferência a um mapeamento nômico desconhecido.

4.3.3.Aplicação de ícones auditivos nas interfaces de computadores

Segundo GAVER (1986), as representações de sons não devem ser baseadas em sensações sonoras ou experimentos psicoacústicos e sim sons ouvidos diariamente, com as características essenciais dos eventos que eles retratam. Apenas desta forma, podemos utilizar todo potencial que os sons podem nos oferecer em termos de informações sobre o mundo.

Também é necessário saber o quanto de informação os usuários realmente utilizam, pois, segundo MASSARO & COHEN (apud GAVER, 1986), em alguns casos o usuário parece focar exclusivamente em informações obtidas visualmente, ignorando a audição, e em outros, percebe-se apenas algumas das informações apresentadas através de sons.

Quando um mapeamento nômico entre um ícone auditivo e uma informação é impraticável, devem ser utilizadas metáforas para representar dados através de eventos sonoros. Neste caso, a informação conduzida pelo ícone auditivo não seria diretamente ligado ao objeto e sim a algo que ele representa.

Ícones auditivos também possibilitam a representação de dados dimensionais de forma natural e intuitiva. Não é necessário que eles sejam reproduzidos com a qualidade máxima.

4.3.4. Enfoque ecológico para o uso da informação auditiva

A relação direta entre sons e ações proposta por GAVER em 1991 ficou conhecida como enfoque ecológico e os sons capazes de conduzir significados com uma metáfora fácil de ser compreendida, como ecologicamente significativos.

4.4. Modelo de sonificação (ZABALA & TAYLOR, 1993)

É a apresentação de informações na forma de sons abstratos. Um exemplo seria o som que varia baseado em mudanças de temperatura de um objeto. Sonificação, segundo BREWSTER (1994), é uma forma de visualizar informações através do som. É um recurso que vem sendo utilizado até hoje com sucesso em dados de censos, geográficos e ambientais.

Sara Bly em 1982 defendeu uma tese sobre sonificação (*sonification*), envolvendo a representação de grandes bancos de dados através de sons. Desenvolveu uma classificação de grupos de dados variados e não ordenados de onde podiam ser criados eventos sonoros discretos e mapeou componentes de banco de dados de acordo com parâmetros de som.

ZABALA & TAYLOR (1993) consideram os sons como condutores de dados potenciais. Eles propuseram um sistema auditivo e um modelo para apresentar dados dinâmicos. O som serviria para complementar os dados apresentados através das imagens.

O modelo de sonificação de ZABALA & TAYLOR (1993) é aplicado na ferramenta SRT, Sonic Representation Tool, criada por eles. Este modelo sugere que sejam utilizados em suas vozes ícones auditivos semelhantes aos apresentados por GAVAR (1989), por serem sons reais do dia-a-dia com significado. Este significado facilitaria suas interpretações, evitando longos períodos de treinamento. Além disso, esta relação com o mundo real insere o usuário dentro do modelo.

Sons musicais foram descartados pois, segundo ZABALA & TAYLOR (1993), não existe nenhum significado associado a eles. Sons naturais podem ser pré-gravados e utilizados como unidades sonoras básicas que são modificadas de acordo com o item mapeado. A família do som traz todas as modificações possíveis com uma unidade sonora. Os dados devem ser mapeados em vozes.

Repetições de unidades sonoras devem ser proporcionais aos valores dos dados. Quanto maior o valor, mais vezes as unidades sonoras serão repetidas nas vozes de saída.

4.4.1.Famílias de sons

São utilizados dois tipos de som: vozes contínuas que conduzem fluxos de dados e marcações discretas acionadas em condições especiais. Vozes podem ser divididas em famílias artificiais e naturais. As primeiras incluem aviões, locomotivas, helicópteros, carros e outras máquinas. Nas famílias naturais, temos gotas d'água pingando, vento, bateria, locuções etc. Explosões, trovões, campainha, apito de trem, buzina e vidro quebrando seriam sons utilizados em marcações.

4.4.2. Evolução através do tempo

SRT – Sonic Representation Tool, a ferramenta criada por ZABALA & TAYLOR (1993) para apresentar dados dinâmicos em sistemas que utilizam recursos de áudio, não gera uma trilha sonora contínua. Gera uma sucessão de sons separados por pequenas pausas. São utilizadas pausas por duas razões:

- 1) Evitar adaptação, onde o estímulo deixa de surtir efeito; e fadiga, cansaço causado pelo excesso de estímulo. Segundo MOORE (apud ZABALA & TAYLOR, 1993), em geral, adaptação e fadiga em sistemas auditivos são muito menores do que em sistemas visuais.
- 2) Pausas delimitam sons em subgrupos discretos, refletindo a estrutura do grupo de dados representado.

Durações dos subgrupos devem ter cerca de 2,5 segundos. Este seria um tempo suficiente para o reconhecimento. Serve para prevenir repetições supérfluas.

4.5. Representações aurais (SHERMAN & CRAIG, 1993)

Segundo SHERMAN & CRAIG (1993), os sons existem em alguma parte do realismo contínuo. Podem ser divididos em: ambientes, marcadores de algum evento, fontes de informações contínuas sobre o estado de alguma coisa e ampliadores ou substitutos da percepção realizada normalmente por outros sentidos.

Sons podem ser utilizados para apresentar informações quantitativas e qualitativas. Ambiências e marcações podem ser utilizadas para indicar o estado geral do mundo.

4.5.1. Sons ambientes

São muito utilizados por diretores de cinema e teatro. Segundo SHERMAN & CRAIG (1993), contribuem com a imersão e são utilizados para guiar o usuário.

Sons ambientes contrastantes podem ser utilizados para enfatizar mudanças na narrativa.

4.5.2. Marcações

São sons que marcam a ocorrência de algum evento. Os tipos de evento que podem ser marcados incluem eventos da interface, sonificação e substituição sensorial. Recomenda-se a utilização de estampidos sintetizados em sons muito curtos presentes na interface. Estes são classificados como eventos de interface. Eventos de sonificação são sons relacionados ativamente com alguma função e eventos de substituição sensorial são representações diretas de eventos. Sons naturais e concretos podem ser utilizados em marcações de eventos de sonificação ou substituição sensorial.

4.5.3. Sons indexados

Mapeiam diretamente valores contínuos com algum parâmetro sonoro. Diferente das marcações que denotam eventos discretos, sons indexados são contínuos e variam para refletir mudanças nos valores representados.

No mundo real, podemos perceber se as rotações de uma máquina estão em nível crescente ou decrescente de acordo com o som. Quanto mais rápida a rotação, mais alta a frequência.

4.6. Método estruturado de BREWSTER (1994)

BREWSTER (1994) introduz um método estruturado para definir onde os sons deveriam ser utilizados na interface e a forma mais eficiente de comunicar mensagens associadas. Indica ao sound designer como aplicar *feedbacks* sonoros para melhorar a usabilidade. Propõe a modelagem da interação em termos de evento, status e modo de informação. Através de uma análise técnica são definidos os locais onde serão adicionados os sons e depois as *guidelines* de *earcon* são utilizadas para criar os sons necessários.

Algumas *guidelines* apresentadas por BREWSTER (1994) incluem:

- Utilize sons com múltiplos harmônicos

O uso de timbres como tom simples com ondas senoidais ou quadradas mostrou-se ineficiente em estudos realizados. Sempre que possível devem ser utilizados timbres com múltiplos harmônicos. Isto auxilia a percepção e pode evitar mascaramentos. A utilização de timbres múltiplos em um *earcon* pode oferecer vantagens aos sons combinados.

- Combine variações de *pitch* com outros parâmetros

Uma combinação de variações de *pitch* com outro parâmetro resultará em melhores reconhecimentos. Se for obrigatório utilizar apenas variações de *pitch*, os *earcons* devem ter grandes diferenças entre si. Duas ou três oitavas de distância entre *earcons* podem auxiliar no seu reconhecimento.

- Use sons espacializados para reproduzir *earcons* simultaneamente

Disposições em estéreo ou 3D podem ser úteis para *earcons* reproduzidos simultaneamente ou em série. Cada família de *earcons* pode ter uma localização diferente.

- Utilizar *gaps* entre *earcons* sucessivos

Ao reproduzir *earcons* em sequência, deve ser utilizado um *gap* de pelo menos 0,1 segundos de forma que o usuário perceba onde um *earcon* começa e o outro acabe.

4.7.Outras guidelines utilizadas na aplicação e criação de símbolos auditivos (ETSI, 2006)

- Timbre e *pitch* precisam ser compatíveis

Alguns instrumentos não reproduzem bem certas gamas de frequência. Se uma ampla gama de frequências for necessária, devem ser utilizados instrumentos como piano ou órgão.

- Manter a intensidade confortável

Deve-se ter cuidado com a intensidade dos *earcons* produzidos, pois sons muito altos podem incomodar o usuário. O usuário precisa ter o controle sobre o nível geral do som através de um controle de volume.

- Combinar variações de volume com outros parâmetros

Diferenças entre *earcons* não devem ser frisadas apenas com variações de volume. Se for necessário utilizar variações de intensidade para diferenciação entre *earcons*, para que estas sejam efetivas, devem ser aplicadas diferenças de intensidade significativas.

- *Earcons* devem ser adequados para reprodução em baixa qualidade

Nos sistemas telefônicos tradicionais, onde as reproduções são de baixa qualidade, é possível diferenciar *earcons*. Contudo, *earcons* devem ser projetados de forma clara para serem percebidos nestas condições.

- Fornecer treinamentos para o usuário

Deve ser fornecido um tempo para os usuários aprenderem a trabalhar com os *earcons* através de instruções escritas (tutoriais) ou audições preliminares para melhorar seu reconhecimento.

4.8.Conclusão Parcial

O uso da informação auditiva vem se tornando um item importante no desenvolvimento de interfaces, pois pode alertar o usuário com grande efetividade. O som pode ser utilizado como fonte importante de informações para

fornecer aos usuários detalhes do sistema que não podem ser vistos, adicionando uma sofisticação à interface gráfica.

A analogia com o ícone visual pode auxiliar na compreensão das relações entre signo e objeto no âmbito musical. Vantagens dos ícones como versatilidade, eficiência e facilidade de processamento também podem ser percebidas em representações sonoras.

Tanto BLATNER et al (1989) como GAVER (1986) se baseiam em conceitos de ícone visual para conceber suas representações sonoras. De forma semelhante, o enfoque ecológico à percepção de GIBSON (1979) mostra que a interação de materiais permite que sejam recebidas e identificadas informações.

Um som informativo pode ser utilizado para representar aspectos essenciais dos objetos, metáforas e correspondências de tamanho e localizações. Os diferentes tipos de mapeamentos possíveis mostram como as informações podem ser relacionadas às representações.

Tanto *earcons* como ícones auditivos possibilitam a criação de representações sonoras com características comuns em classes de informação semelhantes. A utilização de representações sonoras pode facilitar o aprendizado do usuário.

Em relação à facilidade de uso, apesar de terem sido realizados testes com *earcons*, também devem ser realizados testes comparativos entre *earcons* e ícones auditivos.

Deve ser frisada a necessidade de avaliação das representações sonoras com usuários durante as fases de desenvolvimento e implementação, para garantir a satisfação do usuário, facilidade de uso e eficácia dos resultados.

Para a criação de *earcons*, BLATNER et al (1989) forneceram instruções detalhadas sobre os elementos constituintes e relações entre *earcons*. Este material

é adequado para auxiliar na criação de sistemas de *earcons*, especificando os tipos mais convenientes para componentes e eventos diferentes.

Earcons são formas de representação sonoras abrangentes que consideram também a utilização de ícones auditivos com sons naturais. Porém, estes tipos de som não são considerados nos processos de design e organização de *earcon* de BLATNER et al (1989).

Em certos casos, será difícil para o sound designer criar sons representacionais que sejam percebidos desta forma pelo usuário. *Earcons*, por exemplo, raramente serão percebidos como representacionais.

A utilização de motivos nos *earcons* permite que seja explorada a modularidade nos *earcons* em expansões diversas. Tanto os motivos como os métodos utilizados no design de *earcons* são semelhantes aos conceitos provenientes da composição musical. Contudo, aqui são exploradas também relações de significado.

Além das técnicas de composição propostas por Shoenberg, também podem ser utilizadas na criação de *earcons* técnicas como melodias de timbre de Webern ou contraponto de Bach.

O processo criativo sugerido por BLATNER et al (1989) facilita o desenvolvimento de *earcons* com técnicas de combinação, herança e transformação. A partir de *earcons* mais simples, é possível desenvolver uma estrutura que deverá ser aplicada em componentes e ações relacionados em interfaces.

Dependendo do usuário, diferentes tipos de relacionamento entre forma e significado influirão na facilidade de compreensão. Assim, devem ser utilizadas representações que facilitem a compreensão em termos de representatividade.

Representações sonoras devem ser utilizadas com cuidado pois, ao exigir a atenção, podem atrapalhar o usuário na realização de alguma tarefa.

Existe uma discordância entre os autores sobre o formato adequado para ser utilizado em modelos sonoros de transmissão de dados, com opiniões que variam entre abstrato e concreto ou discreto e contínuo. Apesar de restringir uma sonificação com o uso de sons naturais, ZABALA & TAYLOR (1993) apresentam famílias de sons com referências abrangentes a tipos de sons diferentes. Contudo, recomenda-se a utilização de pausas entre os sons.

BREWSTER (1994) desenvolveu um método detalhado para criação de representações sonoras que tem semelhanças com os *earcons*. Contudo, diferente de BLATTNER et al (1989), recomenda-se que sejam utilizados sons complexos sintetizados. O uso de pausas entre os sons é semelhante à sugestão de ZABALA & TAYLOR, porém com um tempo menor.

SHERMAN & CRAIG (1993) relacionam sons de marcações a diversos tipos de eventos, ambiências ou sons indexados para contribuir com a imersão. Assim, é possível representar aspectos qualitativos e quantitativos.

A aplicação de sons em interfaces deve auxiliar o usuário na realização de tarefas. Representações sonoras são realizadas normalmente através de áudio não-falado tanto com sons concretos como motivos musicais. Apesar de não existir um consenso sobre o modelo ideal para mapear informações através dos sons, combinações de sons naturais e sintetizados devem ser consideradas em experiências que envolvam símbolos auditivos.

4.9. Bibliografia:

BLATTNER, M., SUMIKAWA, D., GREENBERG, R., Earcons and icons: their structure and common design principles, In: **Human Computer Interaction**, 4, pp 11-44, Livermore: Lawrence Erlbaum Associates, 1989.

BLATTNER, M., DANNENBERG, R., **Multimedia interface design**, ACM Press, 1992.

BREWSTER, S., **Providing a Structured Method for Integrating Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces**, paper, University of York, Human-Computer Interaction Group, Department of Computer Science, 1994

ETSI, **Human Factors**: Guidelines on the multimodality of icons, symbols and pictograms, European Telecommunications Standards Institute, Disponível em: webapp.etsi.org/action/PU/20020903/eg_202048v010101p.pdf, Acessado em 22/04/2006

GAVER, W., Auditory icons: Using sound in computer interfaces. **Human-Computer Interaction**. 2, 167-177, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1986

GAVER, W., SMITH, R., O'SHEA, T., Effective Sounds in Complex Systems: The ARKola Simulation. In: Robertson, Scott P., Olson, Gary M., Olson, Judith S. (ed.): **Proceedings of the ACM CHI 91 Human Factors in Computing Systems Conference**, Louisiana: ACM CHI, 1991. p.85-90.

GENTNER, D. Structure mapping: a theoretical framework for analogy, **Cognitive Science**, 7, pp 155-170., 1983.

GIBSON, J., **The Ecological approach to Visual Perception**, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1986.

MOYES, J., JORDAN, P., Icon Design and its effect on Guessability, Learnability and Experienced User Performance, In: **People and Computers VIII**: Proceedings of the HCI'93 Conference, British Computer Society Conference Series, 1993.

PLAZA, J., **Tradução Intersemiótica**, São Paulo: Editora Perspectiva, 1987.

SHERMAN, W., CRAIG, A., **Understanding Virtual Reality**: Interface, Application and Design, Oakleigh: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1993.

ZABALA, E., TAYLOR, R., Powertools: New Generation Data Presentation Tools, In: **People and Computers VIII**: Proceedings of the HCI'93 Conference, British Computer Society Conference Series, 1993.