

## Aspectos e Capacidades Humanas:



Erro humano?

O factor humano é crucial:

- é consensual que 60-90% de todas as falhas são atribuíveis a erro humano [Hollnagel, 1993]
- 92% das fatalidades consideradas num estudo entre 1979 e 1992 podiam ser atribuídas a problemas na interacção humano-computador (destas só 4% a causas físicas e 3% a erros de software)  
[MacKenzie, 1994]

Mas...

Erro de qual humano?!

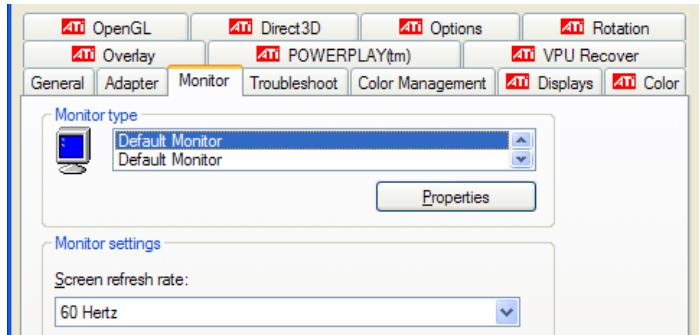
Do que utiliza o sistema, ou do que o desenhou/implementou?

[Leveson, 1995]

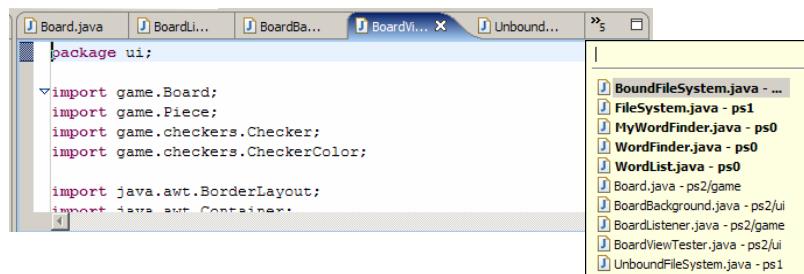
*Desenvolvimento de software não pode ser encarado como arte, mas como Engenharia.  
Necessitamos de métodos e ferramentas apropriados.*



## Exemplo de dificuldade humana com interfaces:



Demasiados níveis Tabs,  
entre 5-10 ainda tolerável...  
mas é impossível..

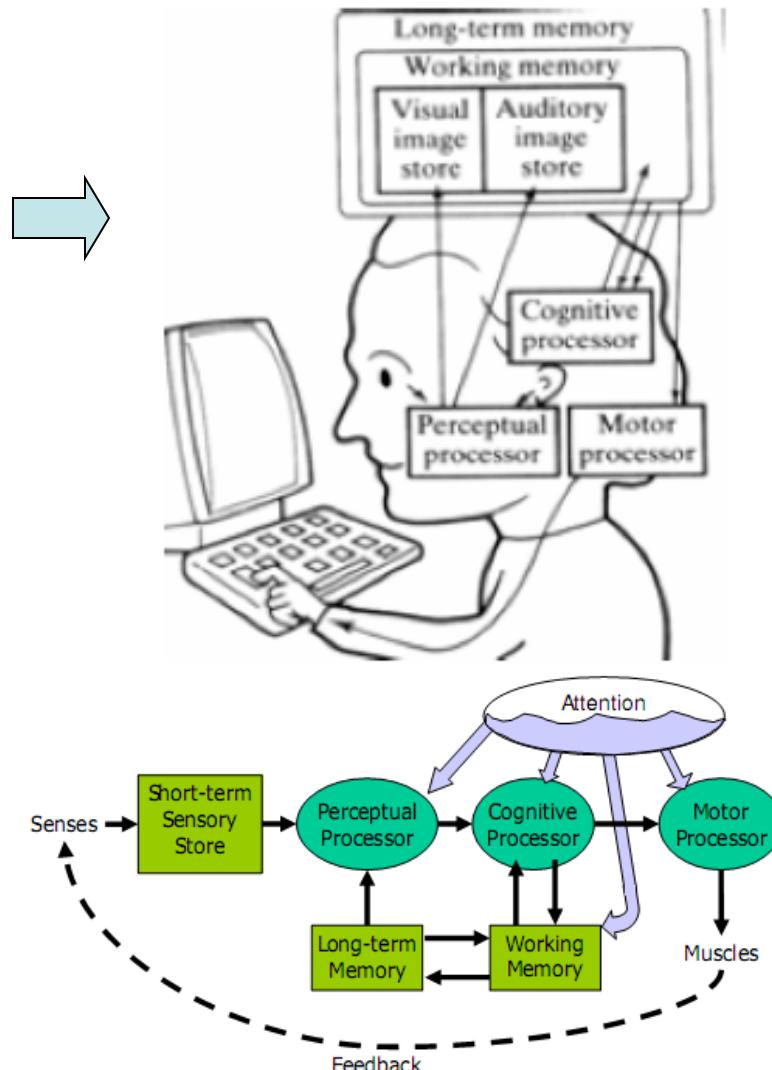


Opção alternativa de activar e ocultar...  
Mas mais problemas podem surgir ...  
quais?

*Factores como:  
VISÃO, PERCEPÇÃO, CAPACIDADE MOTORA, MEMÓRIA, DECISÃO,  
ATENÇÃO, entre outros têm de ser estudados e considerados ...*

## Modelo de Processamento Humano (MPH):

Visões simplificadas do processamento humano envolvido na interacção com um sistema computacional



### Os Humanos

- Entradas/Saídas de Informação via:
  - visual
  - auditiva
  - táctil
  - canais de movimento
- Informação armazenada na memória
- Informação processada e aplicada



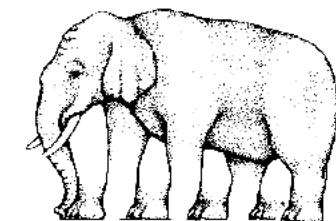
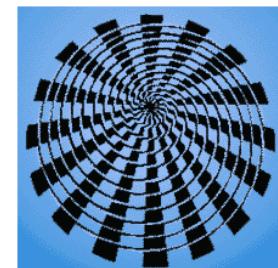
Memória Ex: Devolução sequencial do cartão e dinheiro numa caixa ATM

## A Visão:

Duas etapas na Visão:

- recepção física dos estímulos
- processamento e interpretação dos estímulos

Ilusões Ópticas: <http://www.cooolopticalillusions.com/>



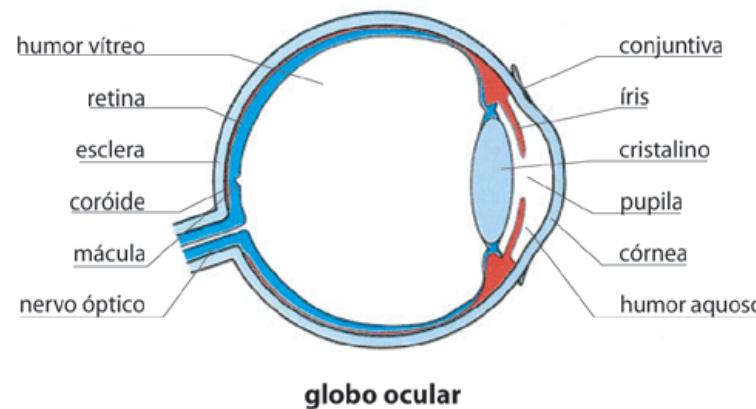
## O Olho Humano

### • Bastonetes\*

- permitem a visão para baixas intensidades luminosas
- objectos coloridos aparecem sem cor no escuro

### • Cones\*

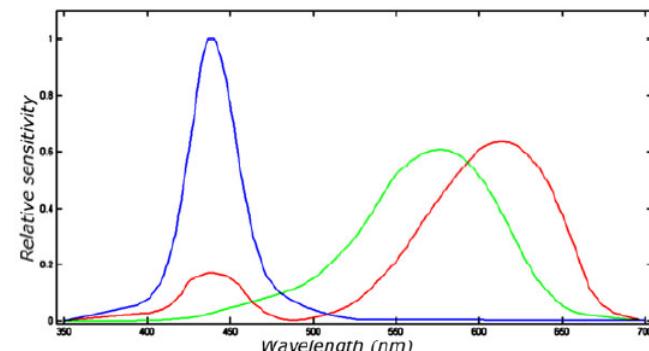
- permitem a visão colorida em claridades média e grande (visão diurna)
- se a intensidade luminosa oscilar muito rapidamente, o olho não pode acompanhar as variações



\*(células foto-receptoras na retina)

## O Olho Humano:

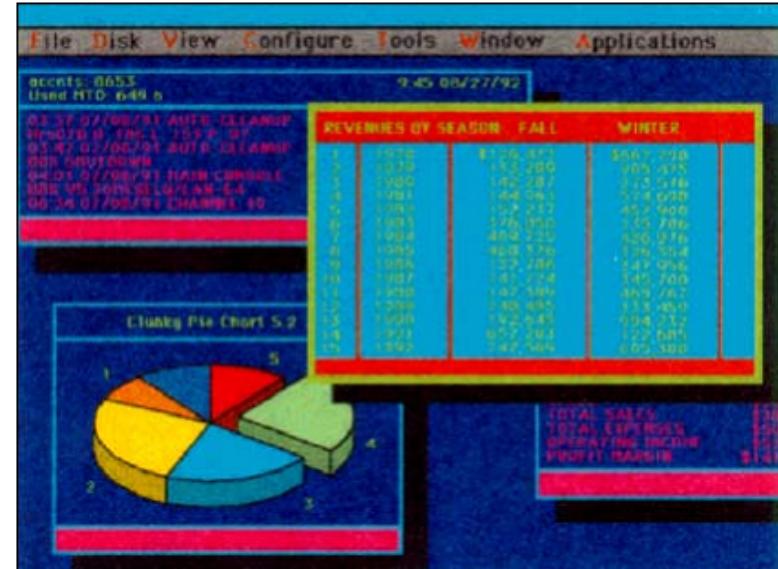
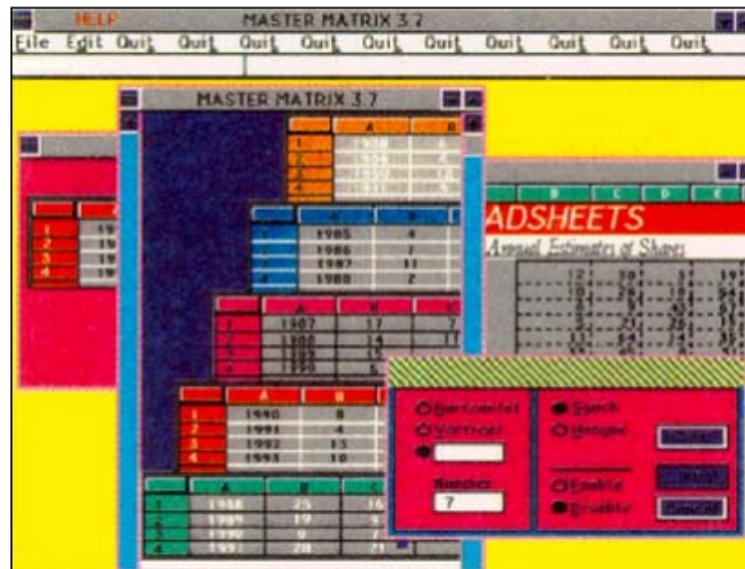
- Brilho
  - reacção subjectiva aos níveis de cor
  - influência da luminância do objecto
- Cor
  - composta por tonalidade, saturação e brilho
  - cones sensíveis aos comprimentos de onda
  - acuidade com azul é melhor e menos cansativa para a pupila
  - 8% dos homens e 1% das mulheres são daltónicos
- Pode ser representada:
  - \* pelas intensidades das componentes vermelho R, verde G e azul B, no sistema de cores RGB, ou
  - \* pela intensidade I, pela cor ou matiz H e pela saturação S no espaço IHS.
  - \* Intensidade ou brilho
    - é a medida de energia total envolvida em todos os comprimentos de onda
  - \* Matiz de um objecto
    - é a medida do comprimento de onda médio da luz que se reflecte ou se emite, definindo, a cor do objecto.
  - \* Saturação ou pureza
    - expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio, no qual a energia é reflectida ou transmitida. Um alto valor de saturação resulta numa cor espectralmente pura, ao passo que um baixo valor indica uma mistura de comprimentos de onda produzindo tons pastéis (apagados).



## O Olho Humano:

Apenas um profissional com muita experiência de utilização da cor pode prever as alterações que o meio de projeção ou impressão envolve:

- Projecção (Apresentações)
- Trabalho Diário
- Jogos
- Etc..



Aplicação de cores pouco adequada a uma interface de trabalho mas eventualmente própria para jogos de vídeo



## Sentidos:

### Leitura

- Várias Etapas:
  - padrão visual percebido
  - descodificado usando a representação interna da linguagem
  - interpretado recorrendo ao conhecimento da sintaxe, semântica e prática
- Forma das palavras é importante para o reconhecimento
- Contraste negativo melhora a leitura do ecrã

### Audição

- Fornece informação sobre o ambiente
  - distâncias, direcções, objectos
- Físico:
  - ouvido médio: protege o interno e amplifica o som
  - ouvido externo: transmite as ondas como vibrações para o interno
  - ouvido interno: liberta transmissores químicos e causa impulsos ao nervo auditivo
- Som:
  - altura: forma como o ouvido humano percebe a frequência dos sons
  - intensidade: percepção da amplitude da onda sonora
  - timbre: tipo ou qualidade de um som
- Ouvido humano detecta frequências dos 20Hz aos 15kHz:
  - Maior precisão a distinguir altas frequências
- O sistema auditivo filtra os sons:
  - conseguimos ouvir sons sobre ruído de fundo



## Sentidos:

### Toque

- Fornece feedback importante sobre o ambiente
- Pode ser o sentido central para inviduais
- Algumas áreas mais sensíveis que outras (exº dedos)
- Ergonomia
  - percepção da posição do corpo afecta o conforto e desempenho

### Movimento

- Tempo de resposta ao estímulo: tempo de reacção + tempo de movimento
- Tempo de movimento: depende da idade, forma física, etc.
- Tempo de reacção: depende do tipo de estímulo:
  - visual ~ 200 ms
  - auditivo ~150 ms
  - dor ~700 ms
- Aumento do tempo de reacção diminui a precisão do utilizador não-experiente mas não do utilizador experiente.

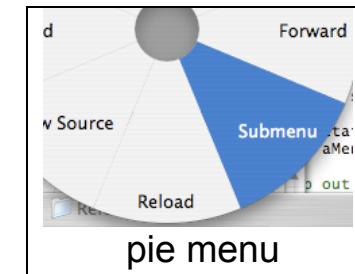


## Sentidos:

**Lei de Fitts :** Exemplo: <http://www.ibrau.com.br/artigoleidefitts.htm>

- Tempo para atingir um alvo no ecrã
- Depende do tamanho do alvo e da distância

$$T = a + k \log (\text{Dist}/\text{Size} + 1)$$



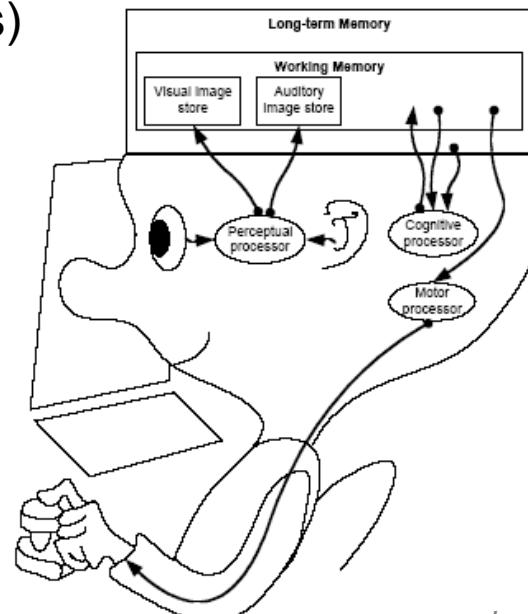
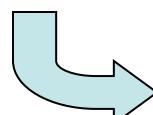
- Alvos devem ser suficientemente grandes e estar suficientemente próximos (Exemplo do pie menu vs. linear menu) (Mac vs Windows)

## Lei de Hick

- Permite estimar o tempo necessário para tomar uma decisão face a várias alternativas. (Ex: Menus hierárquicos)

## Modelos Cognitivos da Interacção Homem-Máquina

Modelo de Processamento Humano (MPH)





## Princípios de Operação de MPH :

- P0. O Ciclo de Reconhecimento Acção do Processador Cognitivo
  - Em cada ciclo do processador cognitivo, o conteúdo da memória de trabalho inicia acções associativamente ligadas à memória de longa duração, estas acções por sua vez modificam o conteúdo da memória de trabalho.
- P1. O Princípio da Proporcionalidade da Variação do Processador Perceptual
  - O número de ciclos do processador perceptual (#P) varia proporcionalmente com a quantidade da informação dos estímulos.
- P2. O Princípio da Especificidade da Codificação
  - As operações de codificação, executadas sobre o que é perceptível, determinam o que é armazenado; o que é armazenado determina quais as “pistas” efectivas para a recuperação do que está armazenado.
- P3. O Princípio da Discriminação
  - A dificuldade de recuperação da memória é determinada pelos candidatos que nela existem, em relação às “pistas” de recuperação.
- P4. O Princípio da Proporcionalidade da Variação do Processador Cognitivo
  - O tempo de ciclo do processador cognitivo (#C) é menor quanto maior for o esforço induzido pelo aumento da exigência das tarefas; também diminui com a experiência.
- P5. A Lei de Fitts
  - (*Já vista anteriormente*)



## Princípios de Operação de MPH :

- P6. A Lei da Exponencial da Prática

- O tempo TN para executar uma tarefa na enésima tentativa segue uma lei exponencial, em que:  $T_n = T_1 n^{-\alpha}$        $\alpha = 0.4 [0.2 \sim 0.6]$

- P7. O Princípio da Incerteza

- O tempo de decisão T aumenta com a incerteza sobre o julgamento ou decisão a tomar:  $T=ICH$ , em que H é a entropia da teoria da informação e IC=150(0~157) ms/bit.
- Para N equiprováveis alternativas (Lei de Hick):  $H = \log_2(n+1)$
- Para N alternativas com probabilidades diferentes de ocorrência Pi:  $H = \sum_i p_i \log_2(1/p_i + 1)$

- P8. O Princípio da Racionalidade

- Uma pessoa actua de forma a atingir o seu objectivo através de acções racionais, dada uma estrutura da tarefa e os seus inputs de informação e limitada às suas capacidades de processamento e conhecimento: Objectivos + Tarefa + Operadores + Inputs + Conhecimento + Limites de Processamento -> Comportamento

- P9. O Princípio do Espaço do Problema

- A actividade racional em que as pessoas se envolvem para resolver um problema pode ser descrito em termos de:
  1. Um conjunto de estados de conhecimento
  2. Operadores para mudar de um estado para outro
  3. Restrições na aplicação dos operadores
  4. Conhecimento de controlo para decidir qual dos operadores aplicar em seguida



## Modelos GOMS :

GOMS = *Goals, Objects, Methods and Selection Rules*

Métodos Quantitativos baseados no Modelo de Processamento Humano (MPH).

Dentro deste tipo de métodos vamos ver o KLM:

-KLM - Keystroke Level Model (KLM)

(Estima tempos de processamento humano em interacção com diferentes interfaces.)

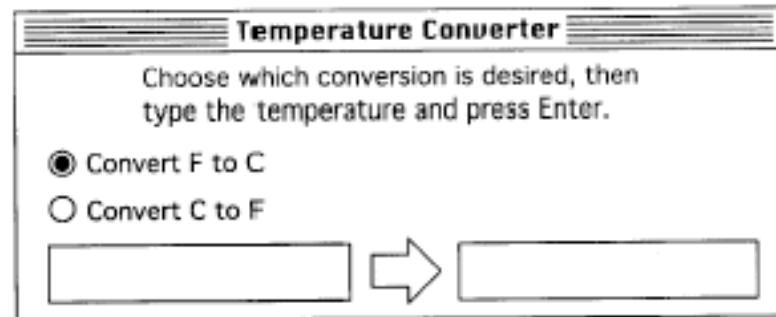
- **Keying** - K = 0.2 s
  - Digitação no teclado - o tempo que leva um utilizador a carregar no teclado
- **Pointing** - P = 1.1 s
  - Apontar - o tempo que leva um utilizador a apontar uma posição no ecrã
- **Homing** - H = 0.4 s
  - Recuperação - o tempo que um utilizador leva a mover a mão do teclado para o dispositivo de controlo do apontador
- **Mentally Preparing** - M = 1.35 s
  - Preparação mental - o tempo que o utilizador leva a preparar mentalmente a próxima acção
- **Responding** - R
  - Resposta - o tempo que um utilizador deve esperar pela resposta do computador



## Exemplo de Aplicação do KLM :

(Converter um dado valor de graus Fº para Cº)

- Mover a mão para o rato
  - H
- Apontar para o menu apropriado
  - HP
- Clicar no botão de rádio
  - HPK
- Mover a mão novamente para o teclado
  - HPKH
- Digitar a temperatura
  - HPKHKKKK
- Digitar Enter
  - HPKHKKKKKK



*Qual o tempo gasto?*

**Existem ainda várias regras de Heurísticas para a colocação de operadores mentais associadas ao Modelo KLM, que associam tempos médios e estimados entre tarefas normais de funcionamento, de modo a prever com maior precisão os tempos de resposta.**

## GOMS engloba (Objectivos, Tarefas e Acções)

- Objectivo
  - “(definição)... estado do sistema que o humano pretende alcançar.”
  - Um objectivo ou tarefa externa pode ser atingido utilizando algum instrumento, método, agente, ferramenta, técnica, competência, ou de uma forma geral, um dispositivo que permite a alteração do estado do sistema.
- Tarefa
  - Uma tarefa (ou tarefa interna) é definida como o conjunto das actividades necessárias, ou julgadas necessárias, para atingir um objectivo utilizando um determinado dispositivo.
  - Uma tarefa é assim uma sequência estruturada de acções sequenciais que um humano tem que executar (ou julga que tem que executar) de forma a atingir um objectivo.
- Acção
  - Uma acção é uma tarefa interna que não envolve resolução de problemas ou alguma componente de estrutura de controlo



## Modelos Mentais :

- Modelos Mentais (humano)

- Representações que as pessoas desenvolvem de si próprias, de outras pessoas, de objectos físicos e do ambiente que as rodeia; que as ajudam a decidir o que fazer em situações correntes e futuras.
- Os modelos mentais são desenvolvidos através da experiência, treino e instrução.

- Modelos Conceptuais (máquina)

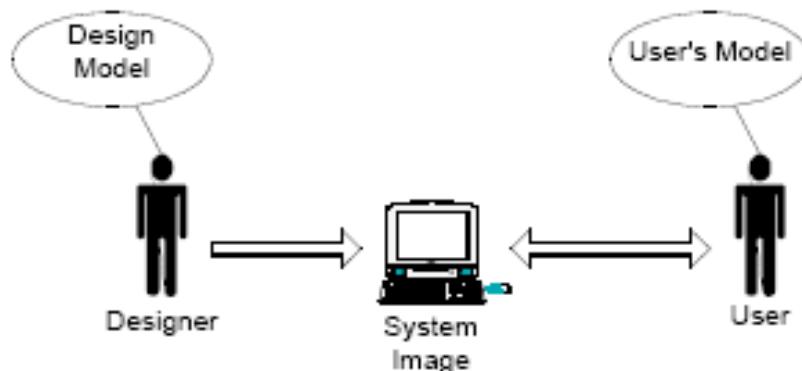
- Quando os modelos mentais se referem ou se fazem representar por sistemas físicos ou de software.

*“ A good conceptual model allows humans to predict the effects of their actions:*

*without a good (conceptual) model we operate by rote, blindly; we do operations as we were told to do them; we can't fully appreciate why, what effects to expect, or what to do if things go wrong (...) “*

**Norman, 1986**

## Modelos Mentais em Sistemas Interactivos:



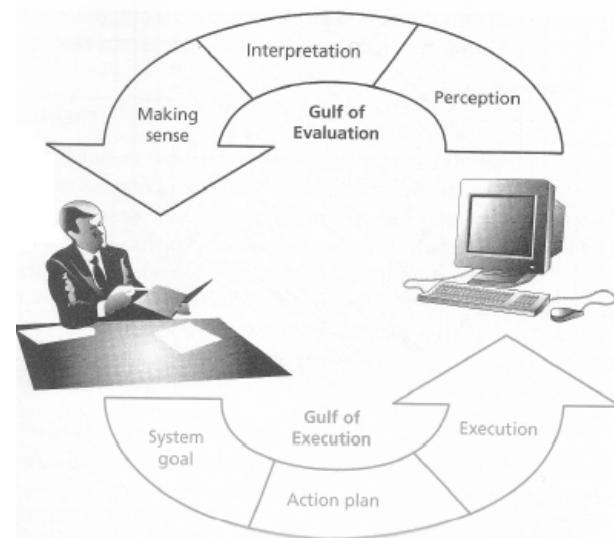
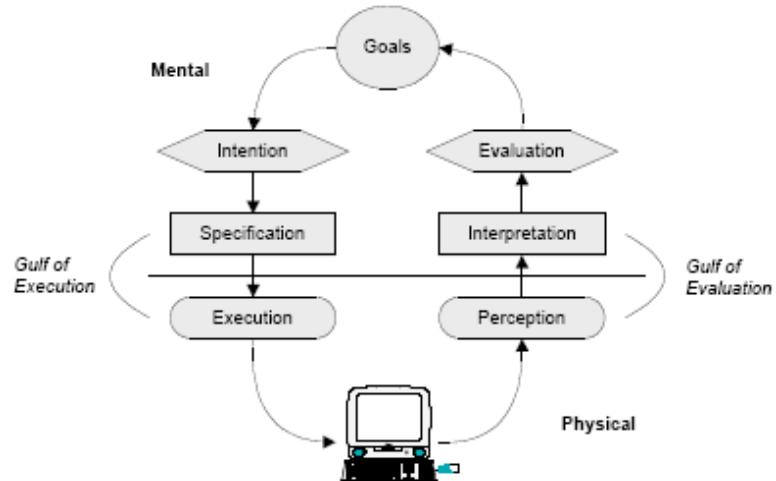
- **O Modelo de Desenho**
  - Modelo mental da pessoa que desenvolveu o sistema.
- **O Modelo do Utilizador**
  - Modelo mental que o utilizar desenvolve quando interage com o sistema, através da experiência, treino e instrução.
- **A Imagem do Sistema**
  - A estrutura física (perceptível) do sistema desenvolvido.
- **Problemas com Modelos Mentais**
  - Como toda a comunicação acontece através da imagem do sistema, se esta não reflectir de forma clara e consistente o modelo de desenho, ou se este modelo for mal formado, existe uma boa possibilidade dos utilizadores formarem modelos mentais incorrectos.

## Ciclo de Interacção de Norman:

- Um Modelo Cognitivo permite a identificação das fases da Interacção (as sete etapas da acção):

1. • Estabelecer um Objectivo
2. • Formar a Intenção
3. • Especificar a acção ou sequência de acções
4. • Execução
5. • Percepcionar o estado do sistema
6. • Interpretar o estado do sistema
7. • Avaliar o Resultado de acordo com objectivos e intenções

- Embora este modelo não corresponda a uma teoria cognitiva completa, permite extraír um conjunto de heurísticas para o desenho e avaliação de sistemas interactivos.





## Ciclo de Interacção de Norman:

### - As etapas de execução

- Traduzem o objectivo inicial numa intenção para executar qualquer coisa. A intenção é depois traduzida numa sequência de acções (ainda um acontecimento mental).

Finalmente as acções são executadas sobre o mundo físico.

### - As etapas de avaliação

- Iniciam-se com a percepção do mundo. Esta percepção é interpretada de acordo com as expectativas e avaliação (comparada) em função das intenções e dos objectivos.

O Ciclo de Norman permite a identificação de 2 Golfos que indicam potenciais problemas:

### **- O Golfo de Execução**

- É a diferença entre as intenções do utilizador e as acções permitidas no sistema.

### **- O Golfo de Avaliação**

- Reflecte a quantidade de esforço que uma pessoa tem que exercer para interpretar o estado físico do sistema e determinar de que forma as expectativas e intenções foram cumpridas.



## O Sistema Cognitivo:

- Memória Sensorial
- Memória de Curta Duração (STM)
- Memória de Longa Duração (LTM)
  - Modelos de Representação
  - Armazenamento, esquecimento, recuperação
  - Raciocínio
  - Solução de problemas

### **Memória Sensorial**

- Buffer de estímulos recebidos dos sentidos
  - Visual Icónico (exº passar dedo frente ao olho)
  - Auditivo Ecóico (exº direcção do som)
  - Tacto Háptico
- Armazena uma imagem fixa do mundo real o tempo necessário para a informação ser processada
- Armazena muita informação durante pouco tempo

## O Sistema Cognitivo:

### **Memória de Curto Prazo (STM)**

- Memória de Trabalho
- Guarda informação temporária
  - Guardamos resultados intermédios ao fazer operações “de cabeça”
  - Guardamos o início de uma frase ao ler
- Acesso rápido: ~ 70 ms
- retenção curta: ~ 2s até menos de 1 minuto
- Capacidade limitada:  $7 \pm 2$  pedaços de informação (*chunks*)
- O agrupamento de informação aumenta a capacidade e optimiza a utilização da STM

7

### **Memória de Longo Prazo (LTM)**

- Repositório de todo o nosso conhecimento
  - Informação factual
  - Conhecimento experimental
  - Regras de comportamento
  - ... tudo o que sabemos

### **LTM versus STM**

- Capacidade maior ou ilimitada
- Acesso mais lento: 0.1 seg vs. 70 ms
- Evanescência lenta (quando acontece)



## O Sistema Cognitivo:

### LTM - Esquecimento

- O que provoca o esquecimento?
  - Evanescência - informação perde-se gradualmente, mas muito lentamente
  - Interferência
    - Nova informação substitui antiga: **Interferência Retroactiva**
      - exº: ao trocar de nº de telemóvel, é difícil lembrar-se do nº antigo
    - Informação antiga interfere com nova: **Inibição Pró-activa**
      - exº: ir para a casa antiga em vez da nova
  - Factores emocionais
    - A memória é selectiva: lembra coisas boas e esquece as más

---

### LTM - Recuperação de Informação

- Lembrança
  - Informação reproduzida a partir da memória
  - Pode ser assistida por pistas
    - exº categorias, imagens
- Reconhecimento
  - Informação apresenta conhecimento antes visto (exº: opção de menu)
  - Menos complexo que lembrança, porque a lembrança constitui a pista!
- Queremos desenvolver sistemas baseados no reconhecimento!
- “Reconhecer, em vez de lembrar”





## Raciocínio e resolução de problemas:

### **Tipos:**

- **Dedutivo**
- **Indutivo**
- **Abdutivo**

### Raciocínio Dedutivo

- Chega a conclusões lógicas a partir de premissas dadas
  - Exemplo:
    - Se é Sexta-Feira, então ela vai trabalhar.
    - É Sexta-Feira.
    - Logo, ela vai trabalhar.
  - A conclusão lógica não é necessariamente verdadeira
    - Exemplo:
      - Se não chove, então o chão está seco.
      - Não chove.
      - Logo, o chão está seco.?



## Raciocínio e resolução de problemas:

### **Raciocínio Indutivo**

- Generaliza de casos vistos para casos nunca vistos
  - Exemplo:
    - Todos os elefantes conhecidos têm tromba
    - Logo, todos os elefantes têm tromba
    - Pouco fiável
  - Pode-se demonstrar de falsidade ou não verdade
  - ...Mas útil e usada constantemente
- Humanos têm melhor desempenho com provas positivas
  - Um elefante sem tromba não invalida a nossa indução
  - Exº cartas de Wason



### **Raciocínio Abdutivo**

- Raciocinar a partir dos **factos** para as **causas**
  - exº Johnny guia depressa quando está bêbedo
  - Se vejo o Johnny a guiar depressa, assumo que ele deve estar bêbedo
- Pouco fiável, pode conduzir a falsas explicações

