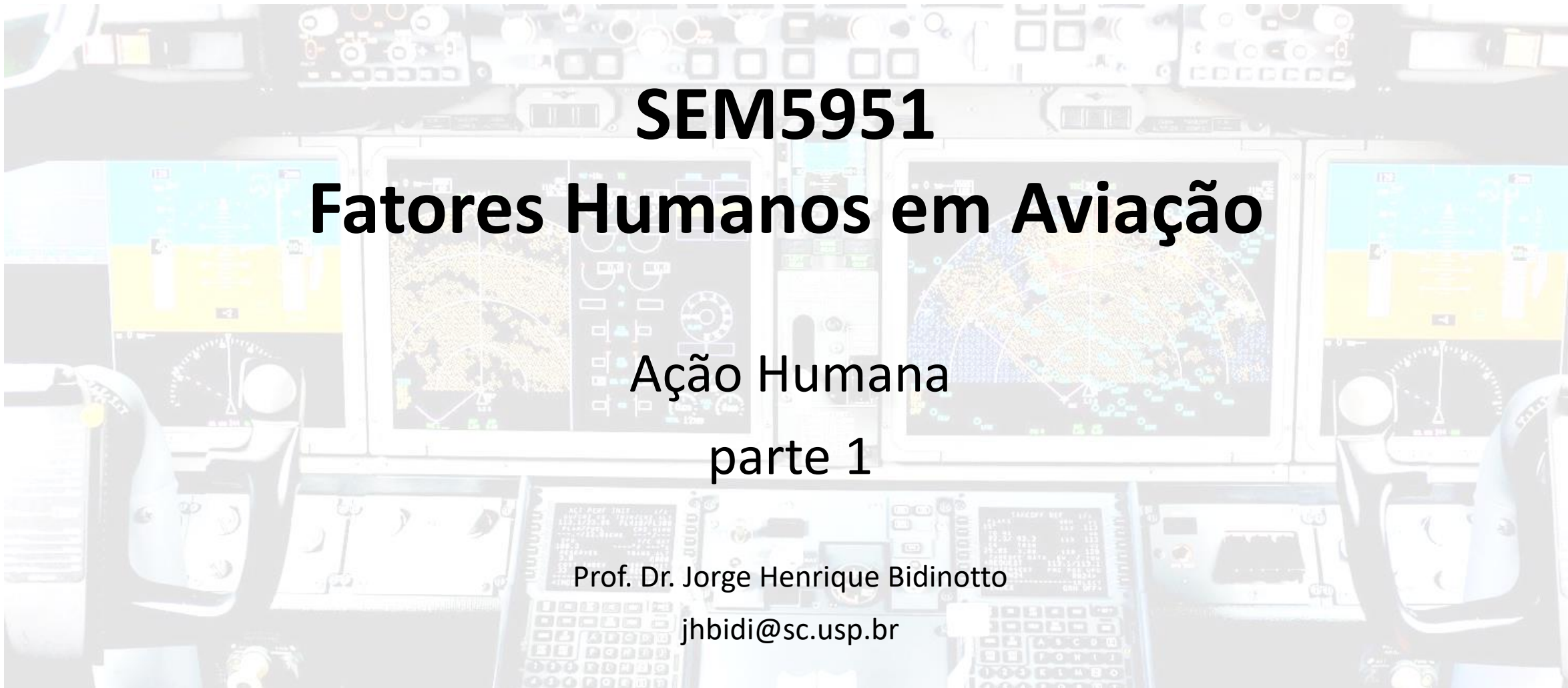




# SEM5951

## Fatores Humanos em Aviação

### Ação Humana parte 1

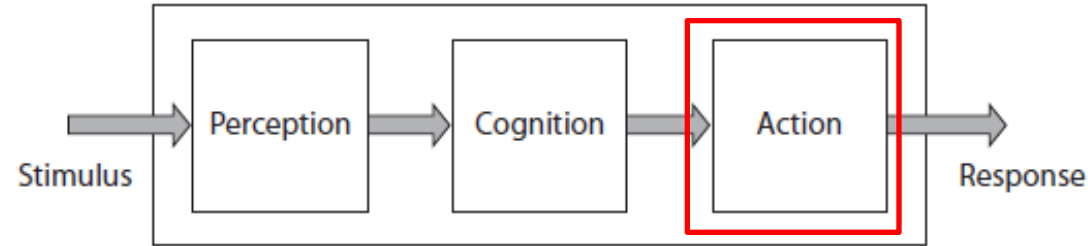
Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto

[jhbidi@sc.usp.br](mailto:jhbidi@sc.usp.br)

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

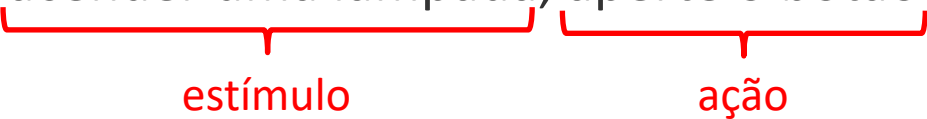
- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

- Definição de como é a ação a ser tomada após um estímulo e a seleção da resposta



- Ocorre após o recebimento do estímulo e uma ação cognitiva
- Várias formas de ação podem ser tomada, desde muito simples até muito complexa

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

- Forma mais simples de ação: definir entre fazer ou não fazer algo (go/no-go)
- Exemplo: ao acender uma lâmpada, aperte o botão  


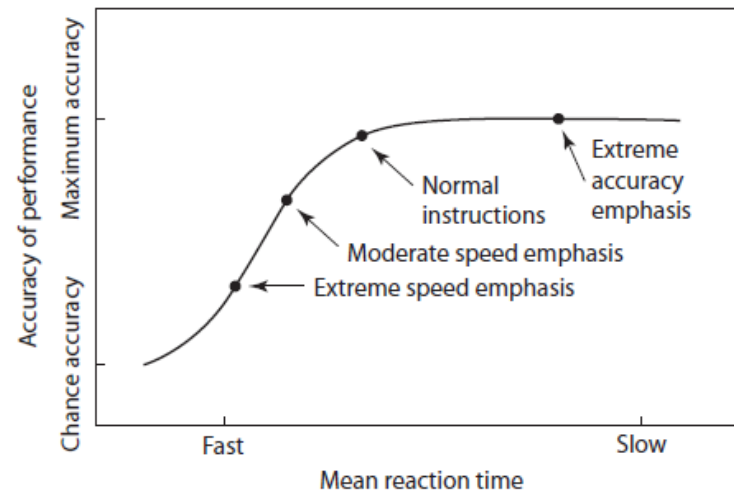
estímulo                      ação
- A ação pode se tornar mais complexa quando a decisão é mais séria ou quando depende de diversos fatores (exemplo: decidir pela parada de uma linha de produção)
- Estímulos também influenciam na ação (duração, intensidade, etc.)

- Introdução
- Reações simples
- **Reações de escolha**
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

- Ocorre quando existem várias decisões possíveis, e uma delas necessariamente deve ser tomada, baseada em estímulos
- Exemplo: vários alarmes podem tocar, e para cada alarme diferente, um botão deve ser acionado
- Fatores importantes nesse tipo de decisão:
  - velocidade
  - precisão
  - ênfase na velocidade ou precisão
  - intervalo de aviso
  - quantidade de incerteza
  - compatibilidade de estímulos e resposta
  - Prática do agente

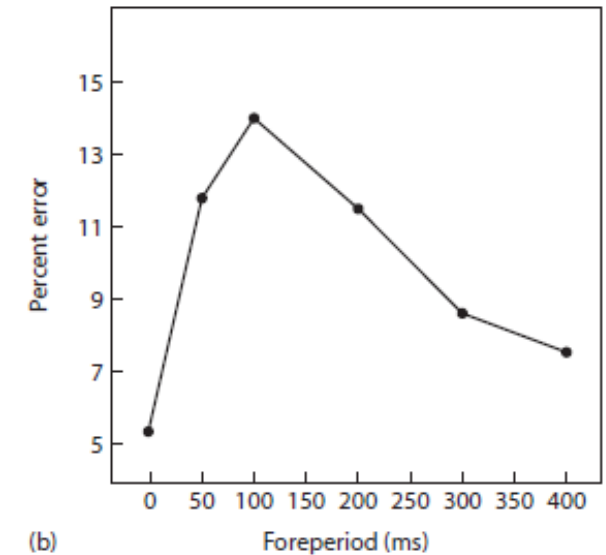
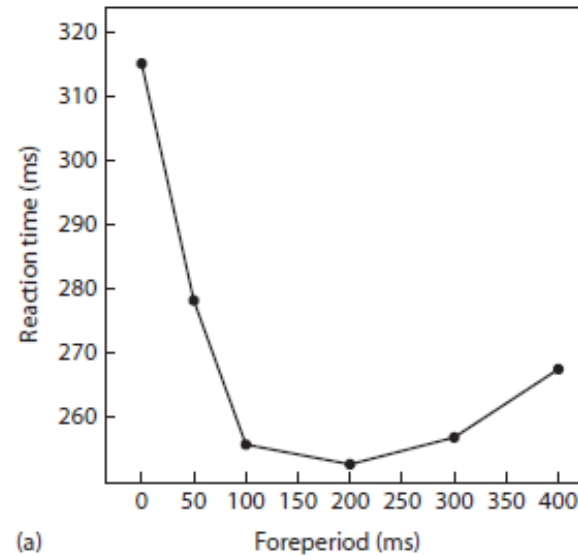


- Tradeoff velocidade x precisão
- Uma resposta só será realizada quando houver um acúmulo de evidências o suficiente para que a decisão seja tomada
- Mais evidências → mais certeza na decisão (mais precisão na resposta)

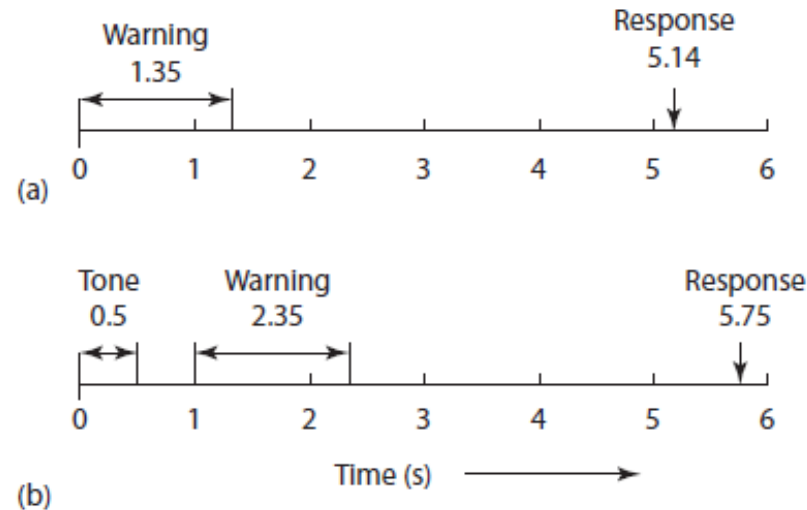


- Substâncias como álcool e drogas apresentam uma influência considerável na capacidade de acúmulo de informações

- Incertezas temporais
- A certeza de que virá um estímulo permite que o agente se prepare para a resposta
- Existem intervalos mais apropriados para o anúncio prévio de um estímulo
- Exemplo: foi solicitado que voluntários apertassem o botão direito quando um X surgia à direita de uma linha, e um botão esquerdo quando surgia à esquerda. Antes do surgimento do X, um sinal sonoro era enviado
- Os gráficos mostram que o tempo entre o sinal sonoro e o X influenciam no tempo de resposta, mas não na precisão



- Incertezas temporais
- Para decidir se deve-se ou não aplicar um sinal antes de qualquer estímulo (por exemplo um alerta em aeronave), deve ser levado em consideração o tempo do sinal e o intervalo



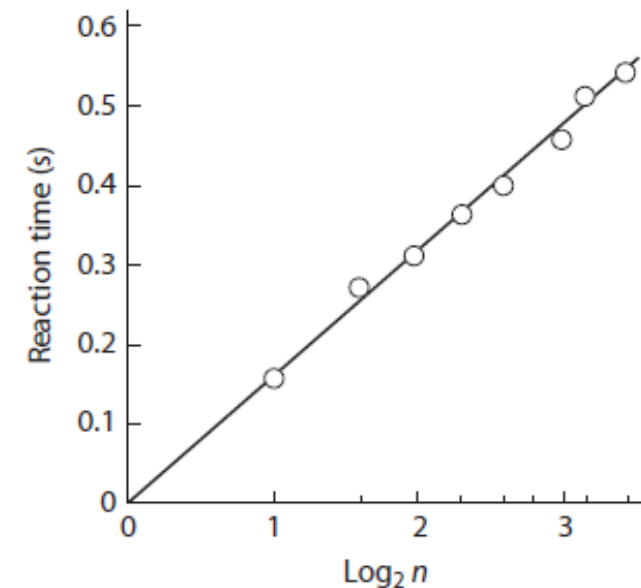
- Incerteza estímulo-resposta
- O tempo de reação aumenta com o aumento da incerteza
- O número de possíveis estímulos aumenta a incerteza (e consequentemente o tempo de reação) – exemplo do número de lâmpadas (gráfico abaixo)
- A lei de Hick-Hyman traduz isso em forma de equação

$$\text{Tempo de reação} = a + b[T(S, R)]$$

$a$  é uma constante que depende de fatores sensoriais e motores

$b$  é o tempo de transmissão de informação (fortemente influenciado pelas características do estímulo)

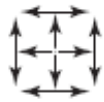
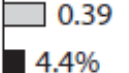
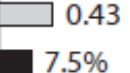
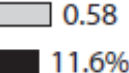
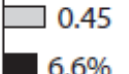
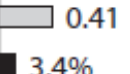
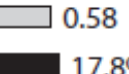
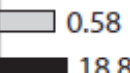
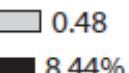
$T(S, R)$  é a informação transmitida entre estímulo (S) e resposta (R) – gráfico ao lado



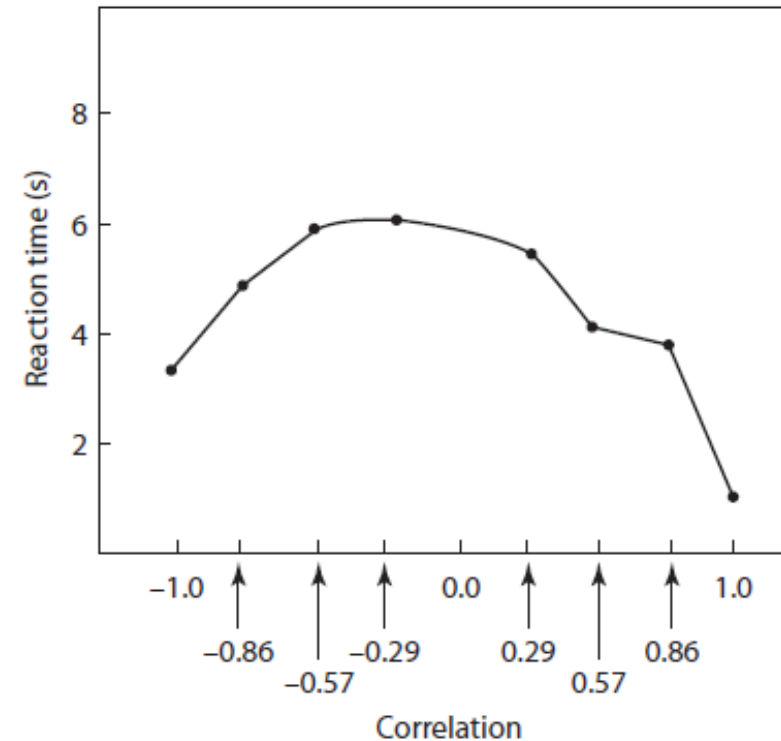
$n$  é o número de estímulos possíveis

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- **Princípios de compatibilidade**
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

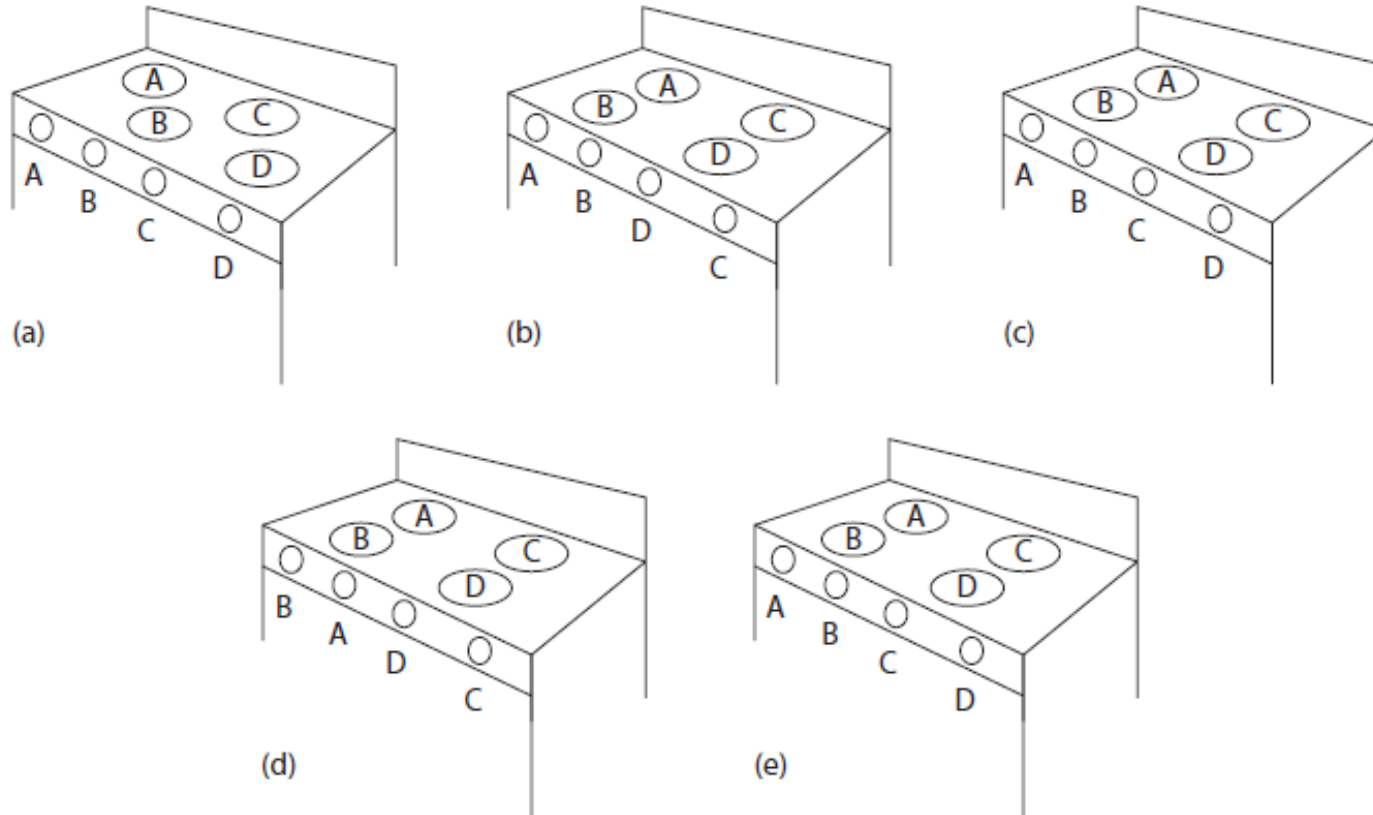
- **Compatibilidade estímulo-resposta**
- Também chamada de compatibilidade S-R
- A rapidez e a precisão da resposta são fortemente influenciadas quando há uma correspondência clara entre o estímulo e a resposta requerida
- Exemplo:

| Stimulus sets                                                                                | Response sets                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              |    |    |    |
| $S_a$<br>   |    |    |    |
| $S_b$<br>  |    |    |    |
| $S_c$<br> |  |  |  |
|          |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |

- **Compatibilidade estímulo-resposta**
- O gráfico abaixo fez uma variação dessa correlação. Usando o mesmo estímulo-resposta do caso anterior, a indicação das setas teve o ângulo variado em diversas posições
- O gráfico mostra que uma correlação de -1 (espelhado) teve um desempenho melhor do que posições intermediárias
- Isso mostra que regras bem definidas facilitam na execução da resposta

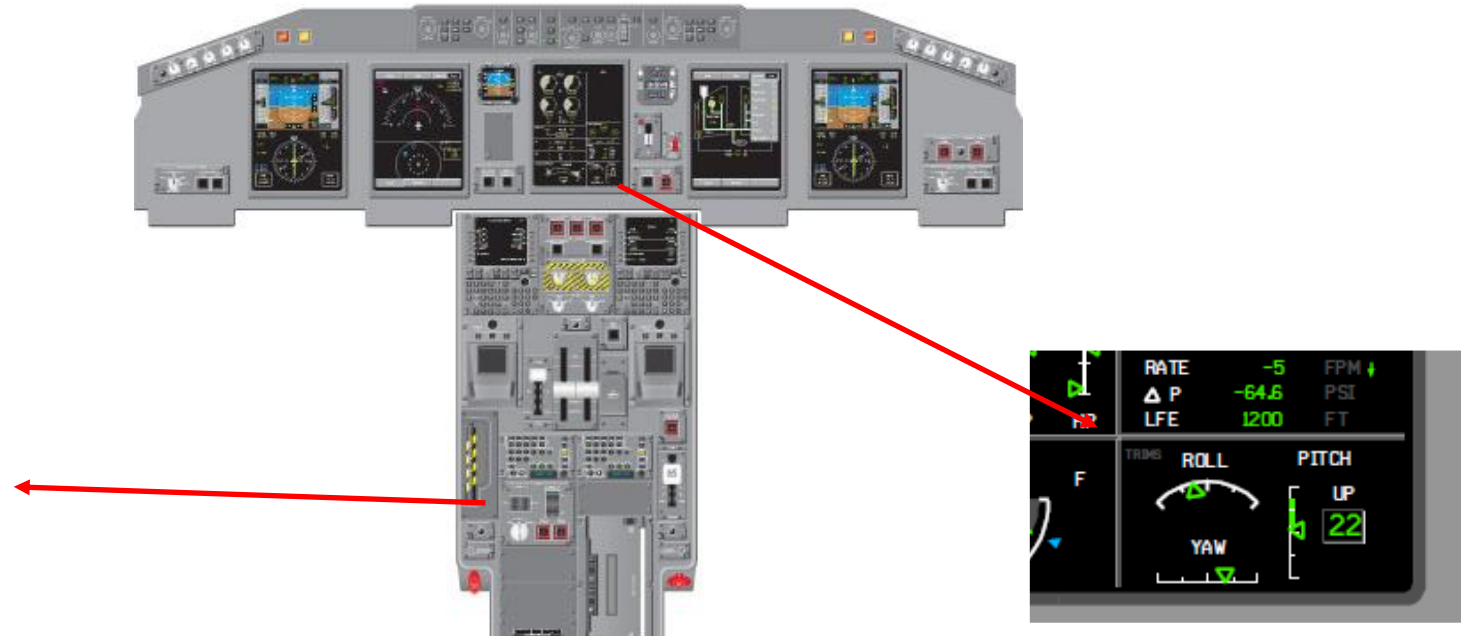
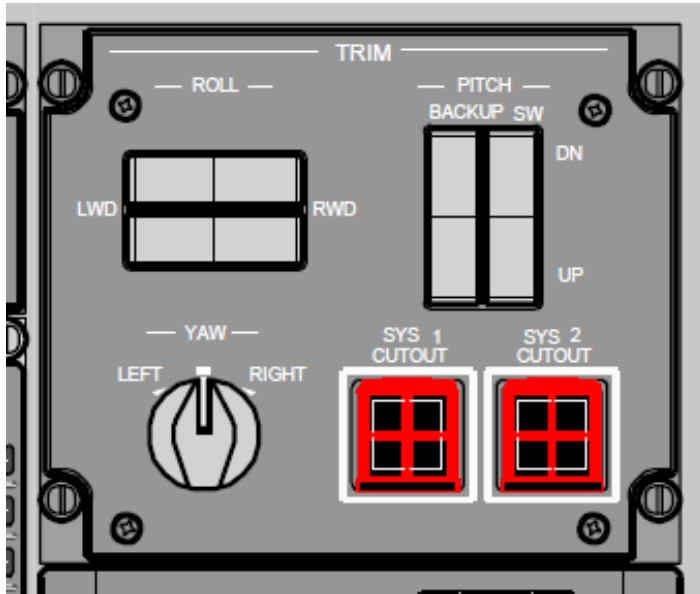


- Compatibilidade estímulo-resposta
- Exemplo: disposição de queimadores de fogão

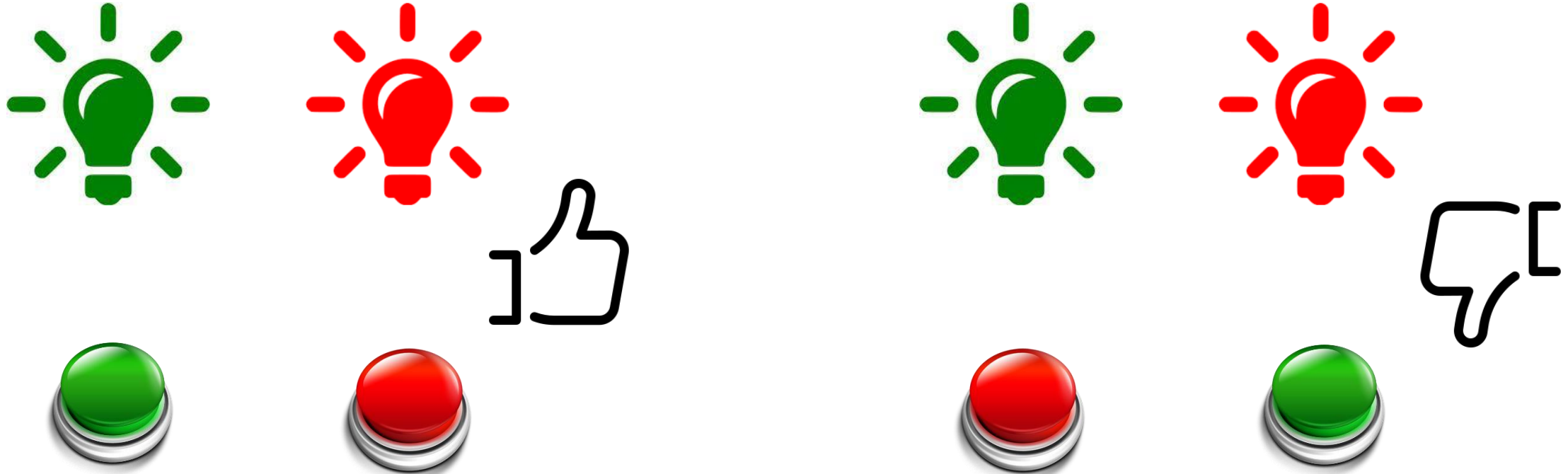




- Compatibilidade estímulo-resposta
- Exemplo: compensadores – EMBRAER 170



- Compatibilidade estímulo-resposta
- Codificação de posição relativa
- É eficiente, sempre que a posição utilizada é RELATIVA



- **Compatibilidade estímulo-resposta**
- Interpretação teórica da compatibilidade
- O cérebro humano define respostas através de algoritmos. Se o estímulo-resposta tem pouca compatibilidade, mais “linhas de código” devem ser inseridas nesse algoritmo, tornando a resposta mais lenta e mais sujeita a erros
- Prática e seleção de respostas
- Com a prática (treinamento), o tempo de reação cai logaritmicamente
- O aumento do número de estímulos também aumenta exponencialmente o tempo de resposta

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- **Estímulos irrelevantes**
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

- Estímulos sem importância também influenciam as respostas a estímulos relevantes
- Nesta questão, três efeitos são importantes e devem ser considerados:
  - Efeito Simon: estímulos vindos da direita tendem a ser respondidos pela direita, e vice-versa
  - Efeito Stroop: estímulos de diferentes naturezas podem atrapalhar o tempo de resposta e/ou a precisão

AMARELO   AZUL   LARANJA  
PRETO   VERMELHO   VERDE  
ROXO   AMARELO   VERMELHO  
LARANJA   VERDE   PRETO  
AZUL   VERMELHO   ROXO  
VERDE   AZUL   LARANJA

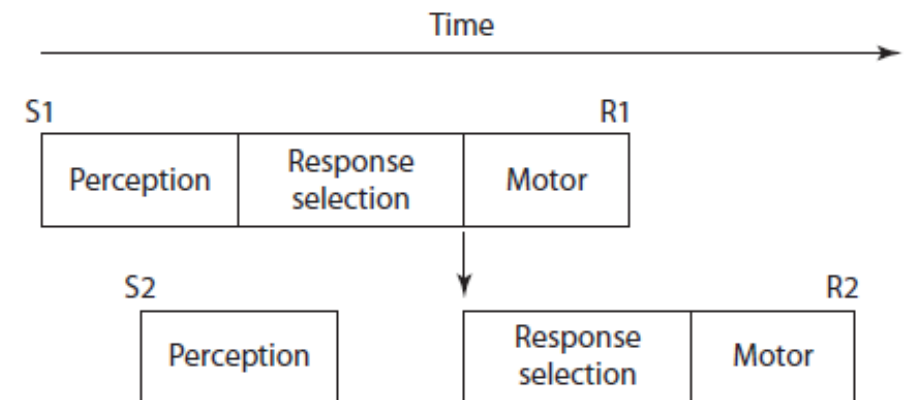
\*Efeito Simon está relacionado  
com respostas conflitantes

Efeito Stroop está relacionado com  
estímulos conflitantes

- Estímulos sem importância também influenciam as respostas a estímulos relevantes
- Nesta questão, três efeitos são importantes e devem ser considerados:
  - Efeito Flanker: a pessoa pode estar focada em um estímulo rodeada de estímulos irrelevantes. Mesmo assim, dependendo da natureza dos estímulos irrelevantes, eles podem influenciar na detecção e na resposta
  - Exemplo: XHX, SHS

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

- Algumas atividades podem exigir várias ações ao mesmo tempo, como dirigir um carro ou pilotar uma aeronave
- **Efeito do período refratário psicológico**
- Se dois estímulos que requerem ação, são efetuados na sequência, a resposta ao segundo estímulos será atrasada se ele for dado muito próximo ao primeiro estímulo
- Modelo de gargalo: a cognição para a segunda resposta começa quando a cognição para a primeira resposta termina
- Isso é minimizado se as respostas forem compatíveis uma com a outra



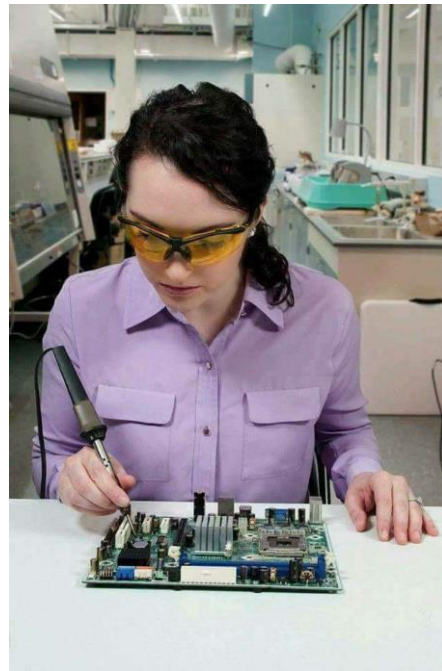


- Repetição de estímulo e resposta
- Alguns fatores influenciam no tempo de resposta:
  - Número de estímulos-respostas
  - Intervalo entre os estímulos
  - Similaridade entre as respostas
  - Simplicidade das respostas
  - Prática do agente (treinamento)

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- **Preferências para ação de controle**
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- Treinamento

# Preferências para ação de controle

- **Padrões de empunhadura**
- Consiste no movimento das mãos e membros superiores para manipular um objeto. Dependem de:
- Propriedades do objeto (peso, tamanho, formato, etc.)
- Função de uso

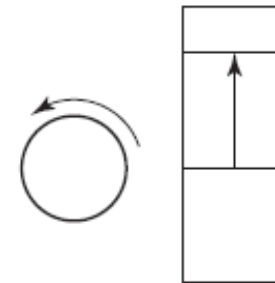


Função: sair na foto

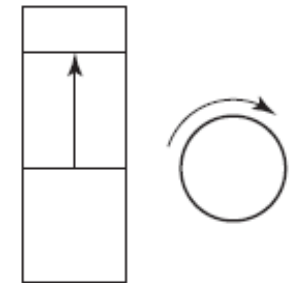


Função: realizar solda

- **Estereótipos populacionais**
- Por questões “culturais”, alguns movimentos são preferidos para determinadas respostas
- Imagine um joystick ou um botão rotativo controlando um cursor em uma tela. Valem quatro princípios importantes:
  - Princípio do sentido horário para a direita ou para cima: Espera-se que uma rotação do controle no sentido horário mova um ponteiro horizontalmente para a direita ou verticalmente para cima
  - Princípio de Warrick: Quando o controle está em um lado da tela, o ponteiro deve se mover na mesma direção que o lado do controle mais próximo do display



(a)

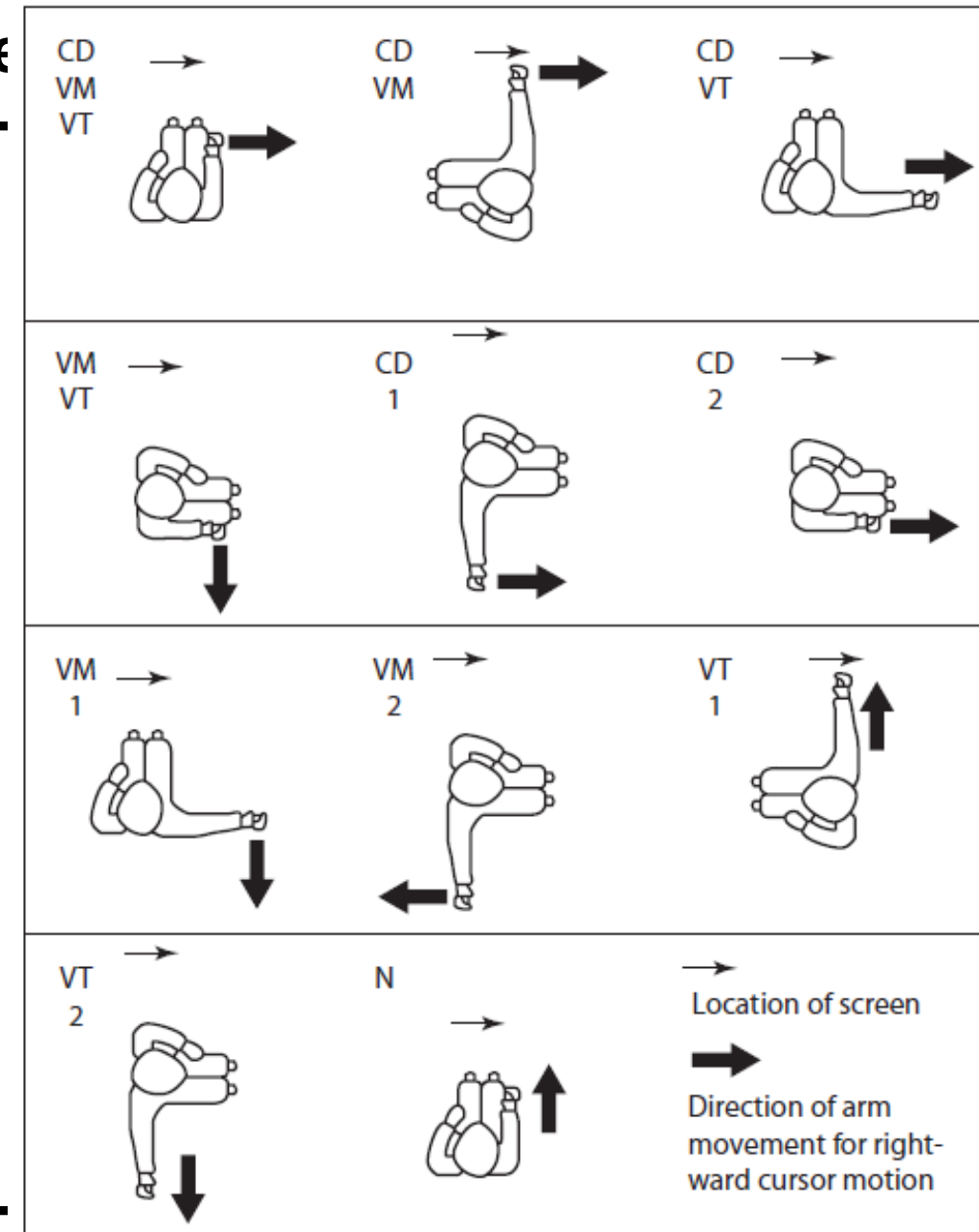


(b)

- **Estereótipos populacionais**
- Por questões “culturais”, alguns movimentos são preferidos para determinadas respostas
- Imagine um joystick controlando um cursor em uma tela. Valem quatro princípios importantes:
  - Princípio de aumentar no sentido horário: Espera-se que a rotação no sentido horário corresponda a um aumento da leitura na escala de exibição
  - Princípio do lado da escala: Espera-se que o indicador se mova na mesma direção que o lado do controle que está próximo à escala do display

# Preferências para ação de

- **Estereótipos populacionais**
- Até aqui, as regras foram para casos bidimensionais. Aplicando ao caso tridimensional:
  - Um movimento de empurrar é preferencial que induza movimento para a direita ou para baixo (arfagem em aeronave)
- Neste tipo de preferência, ainda pode se aplicar a escolha entre compatibilidade do campo visual-motor, compatibilidade do campo visual-tronco e compatibilidade comando-display. Em geral, a compatibilidade do campo visual-motor deve ser privilegiada



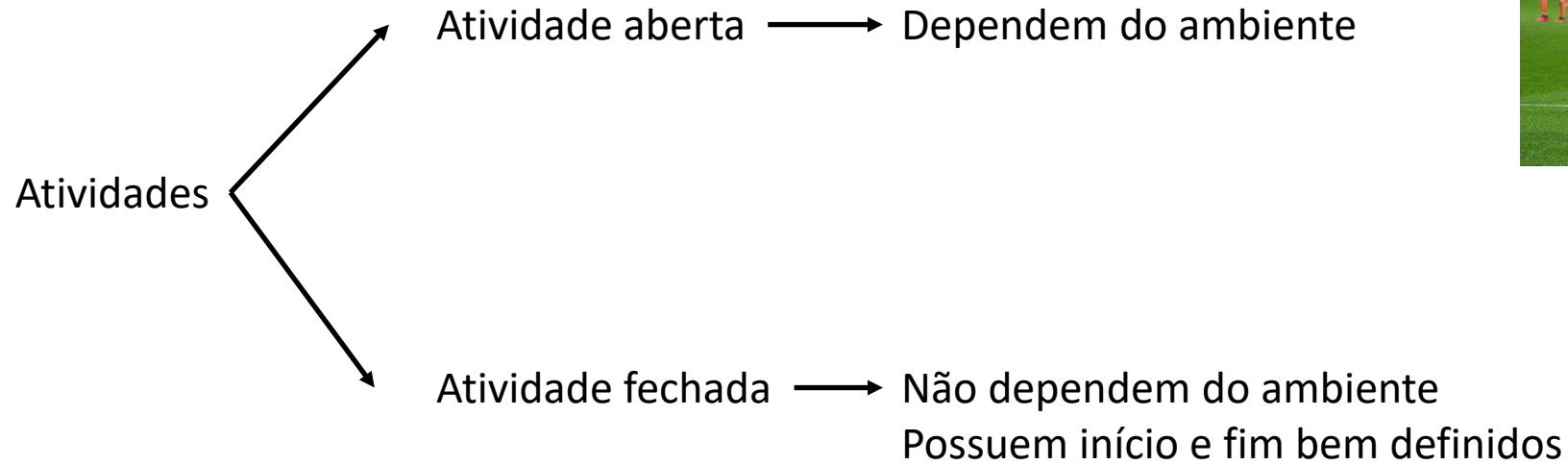
# Preferências para ação de controle

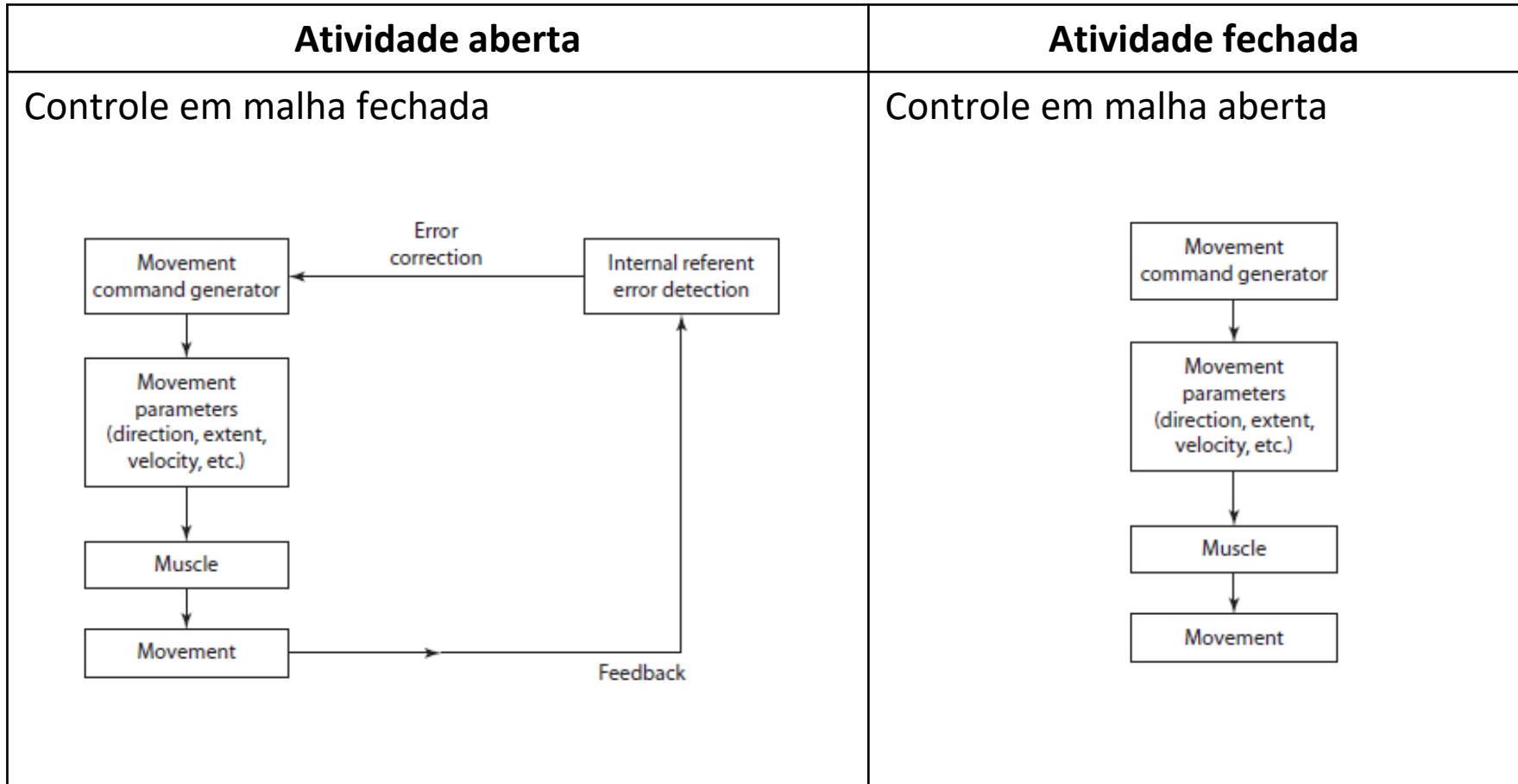
- Estereótipos populacionais
- Recomendação de direção de movimento

| Movimentos recomendados |                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------|
| Controle aplicado       | Resposta esperada                                  |
| Ligar                   | Para cima, direita, para frente, puxar             |
| Desligar                | Para baixo, esquerda, para trás, empurrar          |
| Direita                 | Sentido horário, direita                           |
| Esquerda                | Sentido anti-horário, esquerda                     |
| Para cima               | Para cima, para trás                               |
| Para baixo              | Para baixo, para frente                            |
| Retrair                 | Para trás, puxar, sentido anti-horário, para cima  |
| Estender                | Para frente, empurrar, sentido horário, para baixo |
| Crescer                 | Direita, para cima, para frente                    |
| Diminuir                | Esquerda, para baixo, para trás                    |

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- **Controle de movimento**
- Movimento direcionado
- Treinamento







- **Características invariantes**
- Algumas características de movimento são próprias da pessoa (como caligrafia ou outros tipos específicos de movimento)

*My name is Jonathan.* → Escrita com a mão dominante

*My name is Jonathan.* → Escrita com uma caneta presa ao braço

- **Organização modular**
- Pessoas com movimentos mais precisos também têm menor variabilidade de tempo na execução de uma tarefa
- **Importância do feedback**
- Movimentos mais lentos utilizam o feedback “em tempo real” para correção da atividade

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- **Movimento direcionado**
- Treinamento

# Movimento direcionado

- São aqueles em que um membro deve se mover a um local de destino (pedal de acelerador, comando de voo, etc.)
- Dependem de feedback para definir a amplitude

- Lei de Fitts:
- Fitts (1954) fez pessoas tocarem com uma haste dois alvos, continuamente
- Quanto mais perto os alvos, menor o tempo
- Quanto menor o alvo, maior o tempo
- Esse tempo foi equacionado da seguinte forma:

$$MT = a + bI$$

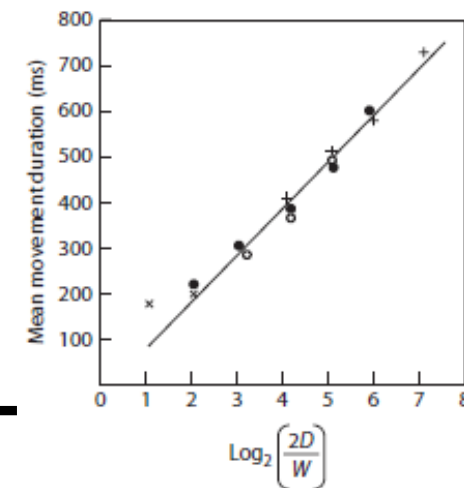
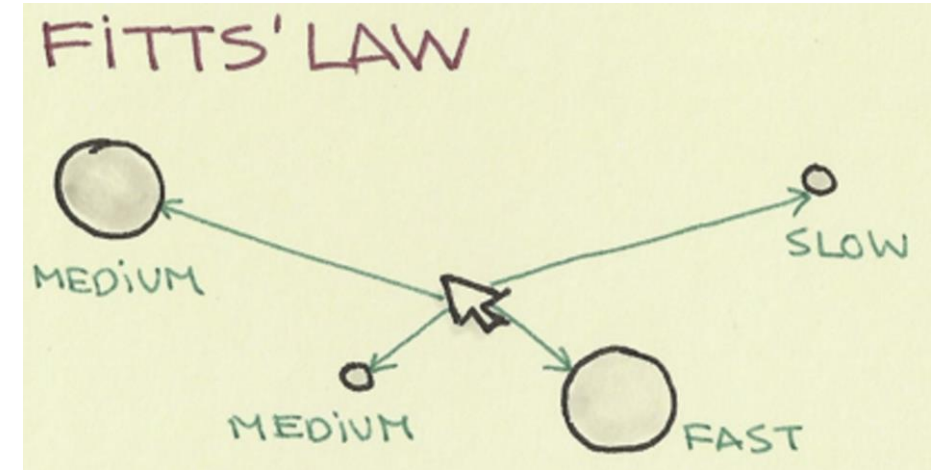
Tempo do movimento  $\rightarrow$   $MT$   $\leftarrow$  Índice de dificuldade (eq abaixo)

$a$   $b$   $I$   
Constantes

$$I = \log_2 \left( \frac{2D}{W} \right)$$

D – Distância centro a centro dos alvos

W – Tamanho dos alvos

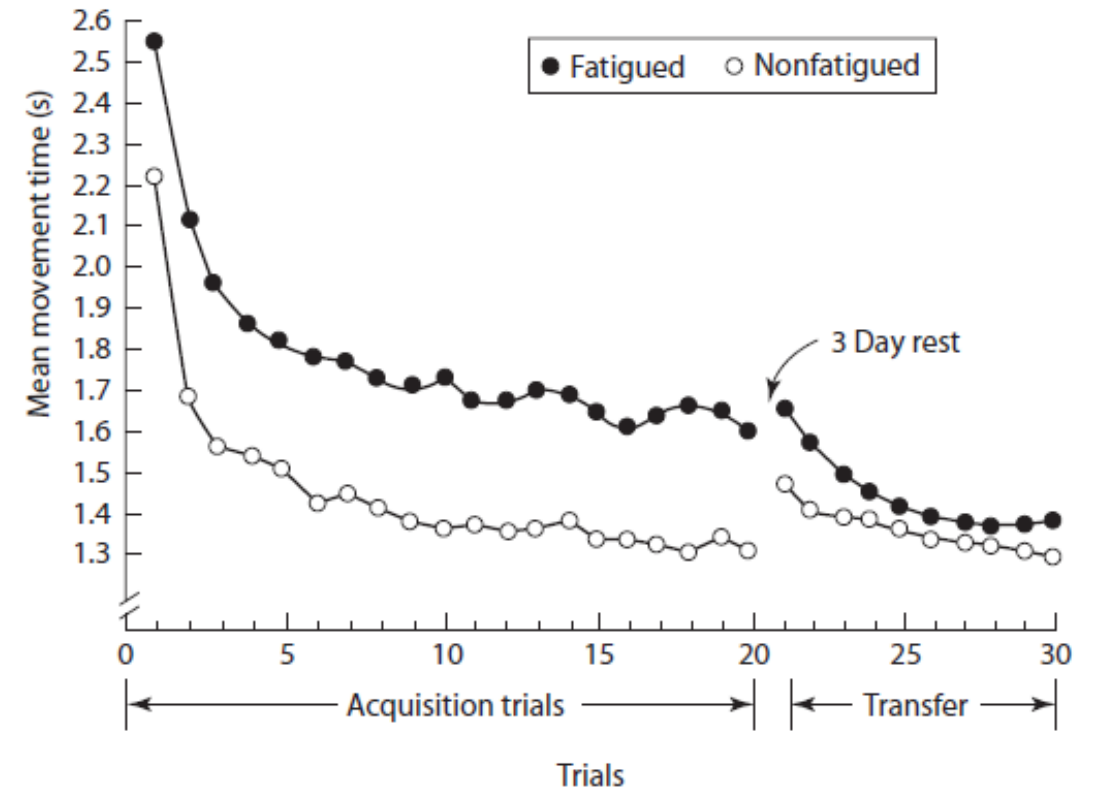


- **Lei de Fitts:**
- Extremamente importante para diversos campos do conhecimento que envolvem Fatores Humanos (exemplos: interfaces de todo tipo)
- A lei de Fitts se aplica apenas ao movimento realizado por uma mão
- Quando aplicado a duas mãos (com tarefas de dificuldades diferentes), ambas se sincronizam e levam o tempo da mão mais lenta, o que mostra uma dependência do sistema motor
- A prática pode facilitar um desacoplamento entre as mãos (desacoplamento somente parcial, nunca total)

- Introdução
- Reações simples
- Reações de escolha
- Princípios de compatibilidade
- Estímulos irrelevantes
- Tarefa dupla e desempenho sequencial
- Preferências para ação de controle
- Controle de movimento
- Movimento direcionado
- **Treinamento**



- Para ações repetitivas, faz muita diferença a realização de treinamento
- Alguns fatores têm influência permanente na retenção de informações, outros têm influência temporária (como o cansaço, por exemplo)
- A fadiga pode afetar o desempenho, mas não afeta a capacidade de retenção de informação (aprendizado). Períodos curtos de não-prática afetam pouco e temporariamente a capacidade de retenção



- Em ações de treinamento, vale a distinção:

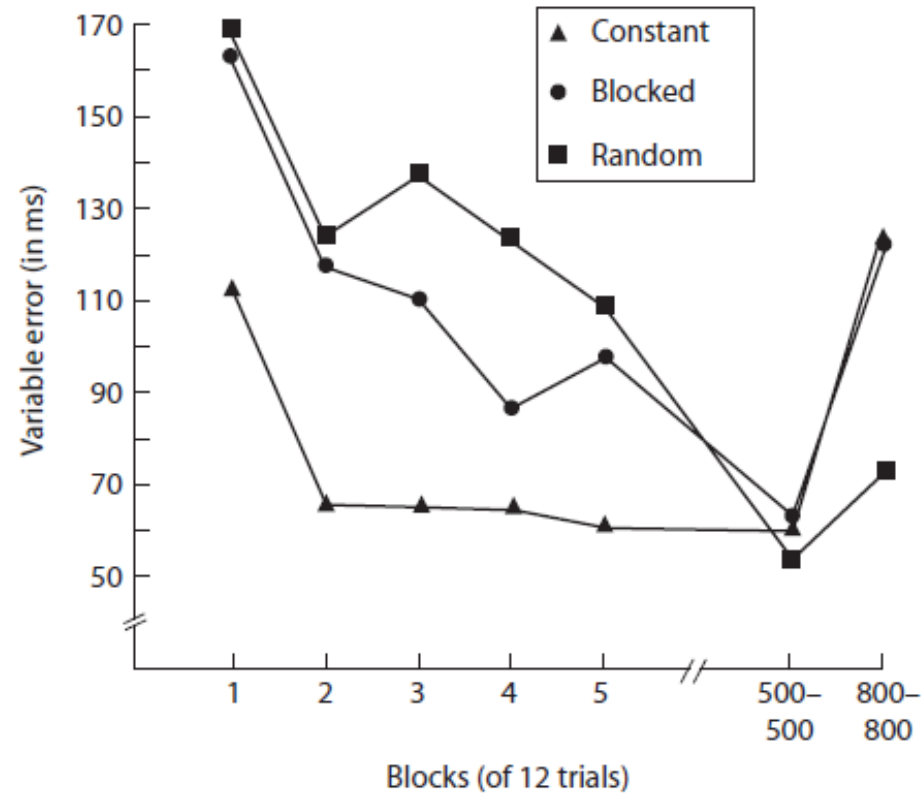
Atividades massivas x atividades distribuídas

Resolvidas em  
menos tempo

Maior índice de retenção  
de informações

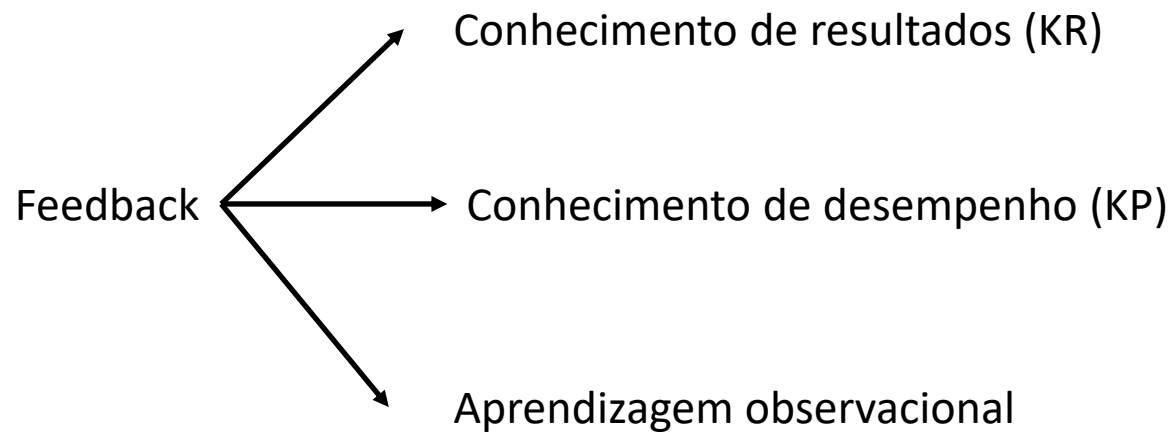
- Experimento de variabilidade de treinamento: três grupos foram solicitados a fazer uma mesma tarefa
  - Grupo 1 (constant): as atividades eram bem definidas
  - Grupo 2 (blocked): as atividades eram parcialmente definidas
  - Grupo 3 (random): as atividades não eram definidas (os membros poderiam fazer como quisessem)
- Ao final, a mesma tarefa foi comandada, de outra forma, diferente do que tinha sido comandado aos grupos 1 e 2
- Resultados: quanto mais definição, menos variabilidade na conclusão da tarefa, mas pior capacidade de adaptação a novos procedimentos

- Experimento de variabilidade de treinamento: Resultado

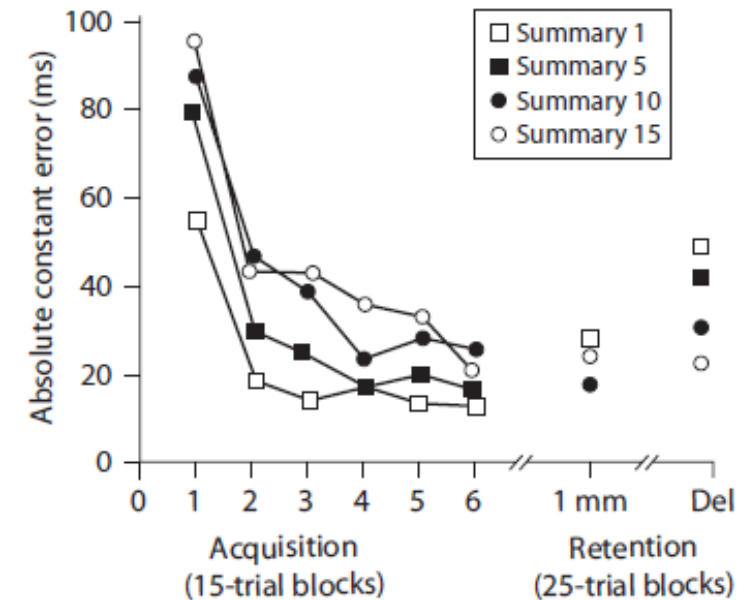


- **Treinamento em simuladores**
- Auxiliam na aprendizagem. Em geral são mais baratos e com menos risco (especialmente em aviação)
- Realismo é dispensável para treinamento de tarefas simples
- Para tarefas complexas ou conjunto de tarefas, o realismo é importante

- Feedback e retenção da informação
- O retorno de um agente de treinamento (professor) é importante na fase de aprendizado. O feedback pode ser de três tipos



- Feedback e retenção da informação
- Conhecimento de resultados (KR):
- Se aplica a ações simples e rápidas, com muitas repetições
- Deve ser dada a cada final de repetição
- Experimento: quatro grupos devem fazer uma tarefa. Um teve feedback a cada repetição, outros a cada 5, a cada 10 e a cada 15. O grupo com repetições mais frequentes teve maior precisão, maior taxa de aprendizado, porém maior atraso (delay) na realização da tarefa



- **Feedback e retenção da informação**
- Conhecimento de resultados (KR):
- Outros experimentos mostram que um “atraso” proposital antes do fornecimento do KR é benéfico, pois ativa a memória (de curto ou longo prazo) do agente
- Funções importantes do KR:
  - Melhora a motivação
  - Forma associações de memória
  - Fornece orientações e direcionamento do desempenho



- **Feedback e retenção da informação**
- Conhecimento de desempenho (KP):
- Fornece feedback contínuo ao longo da tarefa, ou informações detalhadas da atividade após seu cumprimento
- Neste segundo caso, pode ser considerado um “KR quantitativo”
- Em geral, é mais eficiente que o KR convencional

- **Feedback e retenção da informação**
- Aprendizagem observacional:
- Aprendizado observando um modelo (uma pessoa ou algo)
- Atividades motoras podem ser parcialmente aprendidas dessa forma, pois fatores como força e tensão muscular necessárias para uma tarefa não podem ser aprendidas por observação

