

Percepção Humana e Processamento de Informação

SCC5836 – Visualização Computacional

Prof. Fernando V. Paulovich

<http://www.icmc.usp.br/~paulovic>
paulovic@icmc.usp.br

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC)
Universidade de São Paulo (USP)

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas
- 6 Atividade
- 7 Referências

O que é Percepção

- Como as **visualizações** são **percebidas**?

O que é Percepção

- Como as **visualizações** são **percebidas**?
- Como sabemos se **nossa representação** visual não é **percebida diferentemente** por diferentes usuários?

O que é Percepção

- Como as **visualizações** são **percebidas**?
- Como sabemos se **nossa representação** visual não é **percebida diferentemente** por diferentes usuários?
- Como podemos ter certeza de que os **dados** que **apresentamos são entendidos**?

O que é Percepção

O que é Percepção

Percepção

- É o processo de **reconhecer**, **organizar** e **interpretar** informação sensorial (visão, audição, paladar e tato)

O que é Percepção

Percepção

- É o processo de **reconhecer, organizar e interpretar** informação sensorial (visão, audição, paladar e tato)
- É o processo pelo qual **interpretamos o mundo a nossa volta**, formando uma representação mental do que nos cerca

O que é Percepção

- **Representações visuais** de objetos são frequentemente **interpretadas erroneamente**
 - Efeito de ilusões visuais, ou ilusões de ótica
 - Em certas situações o observador percebe a ambiguidade, em outras não

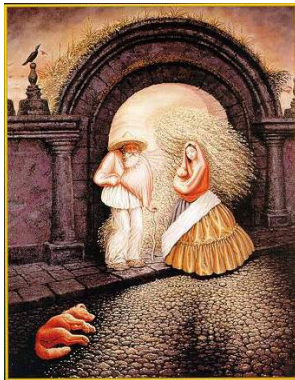


O que é Percepção

- As vezes um objeto **primário** pode ser **percebido mais rapidamente** do que objetos secundários
 - Objetos secundários normalmente requerem mais tempo e esforço para serem vistos

O que é Percepção

- As vezes um objeto **primário** pode ser **percebido mais rapidamente** do que objetos secundários
 - Objetos secundários normalmente requerem mais tempo e esforço para serem vistos



O que é Percepção

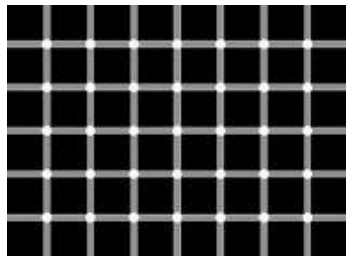
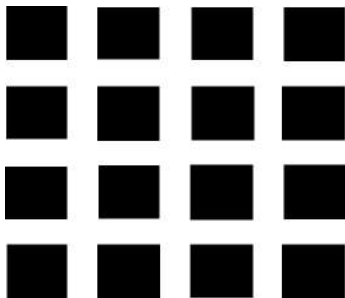


O que é Percepção

- Alguns **efeitos** do nosso sistema visual podem **ser inesperados**
 - Sistema não é estático, e frequentemente **não temos total controle** sobre o mesmo

O que é Percepção

- Alguns **efeitos** do nosso sistema visual podem **ser inesperados**
 - Sistema não é estático, e frequentemente **não temos total controle** sobre o mesmo

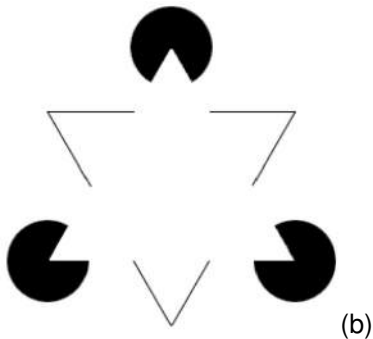
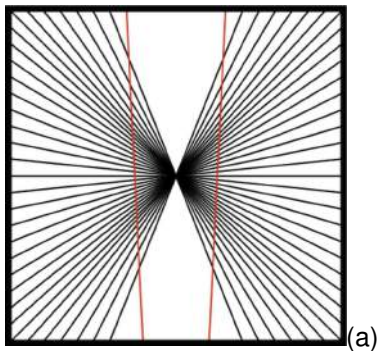


O que é Percepção

- As visualizações de dados devem ser construídas de forma a **evitar interferências indesejadas**
- **Artefatos visuais** - prejudicam a mensagem

O que é Percepção

- Nosso sistema visual tem mecanismos próprios de **interpretação**, nem sempre sob o nosso controle
 - É possível explicar as causas das ilusões de ótica?
 - Como evitar visualizações ambíguas ou com artefatos?



O que é Percepção

Objetivo

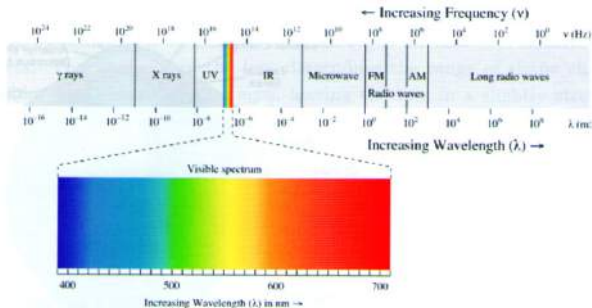
- Importante identificar ainda que de forma rudimentar **quais aspectos** da visualização **não podem ser violados**

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia**
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas
- 6 Atividade
- 7 Referências

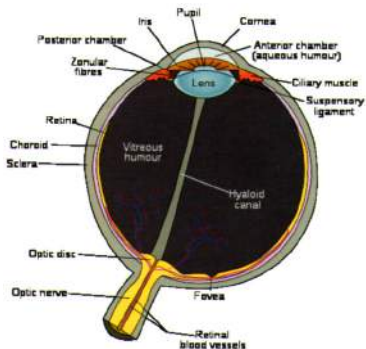
Espectro Visível

- Somente uma **pequena faixa** de ondas de luz é **visível**
 - Essa faixa depende de cada pessoa e da idade



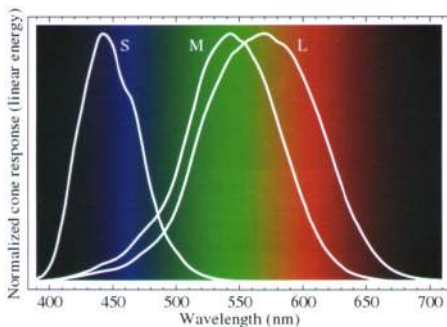
Anatomia do Sistema Visual

- A parte que **contém os fotoreceptores** e é responsável pela percepção visual é a **retina**
 - **Bastonetes**: percepção de intensidade, acromático (visão noturna)
 - **Cones**: percepção de cor (fóvea)



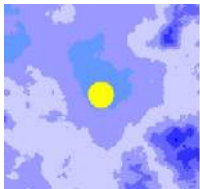
Anatomia do Sistema Visual

- três tipos de cones: *short*, *medium*, *long*
- diferenças na quantidade e distribuição espacial



Anatomia do Sistema Visual

- Os **fotoreceptores são distribuídos radialmente** a partir da **fóvea**, com cones concentrados na fóvea o que pode causar **pontos cegos**



1 2 3 4 5 6

Movimento dos Olhos

- Os olhos estão **sempre em movimento** para capturar uma cena, e existem diferentes tipos de movimentos

Movimento dos Olhos

- Os olhos estão **sempre em movimento** para capturar uma cena, e existem diferentes tipos de movimentos
 - **Movimento suave de perseguição**: os olhos movem suavemente, não há saltos, seguindo um objeto

Movimento dos Olhos

- Os olhos estão **sempre em movimento** para capturar uma cena, e existem diferentes tipos de movimentos
 - **Movimento suave de perseguição**: os olhos movem suavemente, não há saltos, seguindo um objeto
 - **Movimento de vergência**: direção de visão dos dois olhos não é paralela

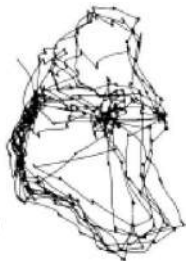
Movimento dos Olhos

- Os olhos estão **sempre em movimento** para capturar uma cena, e existem diferentes tipos de movimentos
 - **Movimento suave de perseguição**: os olhos movem suavemente, não há saltos, seguindo um objeto
 - **Movimento de vergência**: direção de visão dos dois olhos não é paralela
 - **Movimento sacádico**: resultado de focar em vários pontos de interesse (pode ser inconsciente). Olhos fixam a visão nos pontos de interesse

Movimento dos Olhos

- Os olhos estão **sempre em movimento** para capturar uma cena, e existem diferentes tipos de movimentos
 - **Movimento suave de perseguição**: os olhos movem suavemente, não há saltos, seguindo um objeto
 - **Movimento de vergência**: direção de visão dos dois olhos não é paralela
 - **Movimento sacádico**: resultado de focar em vários pontos de interesse (pode ser inconsciente). Olhos fixam a visão nos pontos de interesse
 - **Mascaramento sacádico**: entre movimento sácadicos e fixação existe a supressão do que está no meio

Movimento dos Olhos

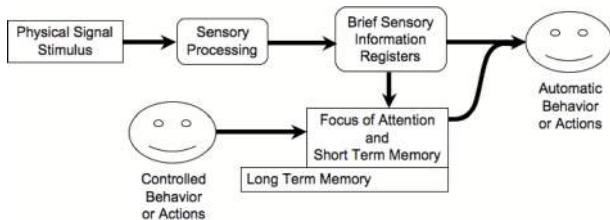


Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual**
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas
- 6 Atividade
- 7 Referências

Processamento Perceptual

- O processo de **percepção** pode ser **controlado** (ativo) e **não-controlado** (pré-ativo)
 - Processo **pré-ativo** é **rápido**, paralelo e inconsciente
 - Processo **ativo** é **mais lento**, sequencial e consciente.
 - recorre à memória de curto prazo e é responsável pela identificação de objetos a partir dos estímulos visuais iniciais



Processo Pré-Atentivo

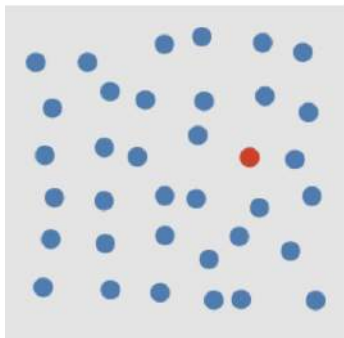
- Propriedades visuais **pré-atentivas** são **rapidamente** e **precisamente** detectados (conjunto pequeno)
 - Tarefas executadas em menos de $200ms$ a $250ms$ com pouco esforço (processamento paralelo)

Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para localizar o círculo vermelho (tonalidade)?

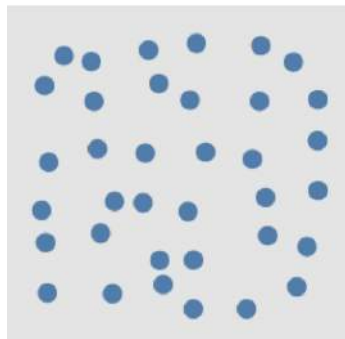
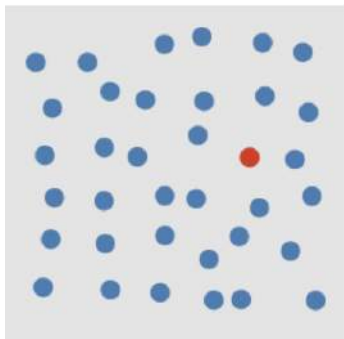
Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para localizar o círculo vermelho (tonalidade)?



Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para localizar o círculo vermelho (tonalidade)?

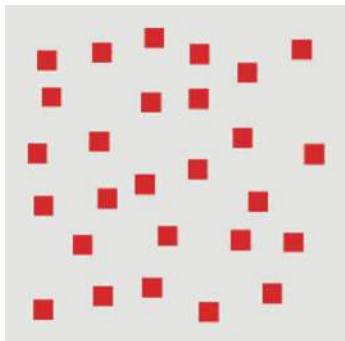


Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma)?

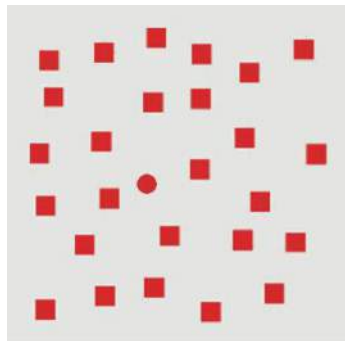
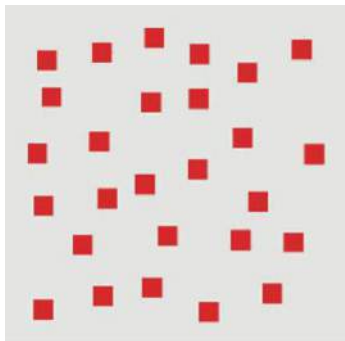
Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma)?



Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma)?



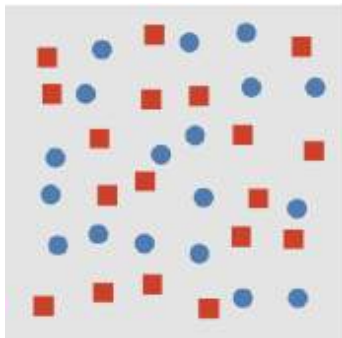
- **Distratores envolvem conjunção de características: processo deixa de ser pré-atentivo**
 - Se alguma das características do alvo estiver presente nos objetos não-alvo (distratores), processo pode se tornar sequencial

Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma + tonalidade)?

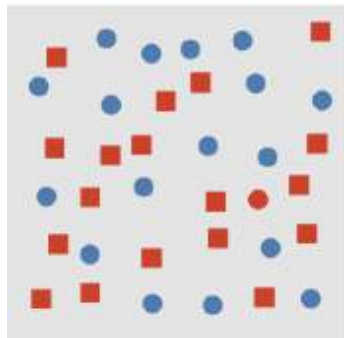
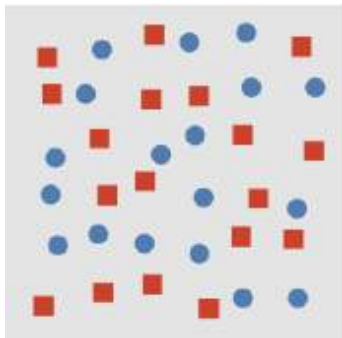
Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma + tonalidade)?



Processo Pré-Atentivo

- Quanto tempo um observador demora para identificar o círculo vermelho (forma + tonalidade)?



- Portanto, o **mapeamento** de diferentes atributos para elementos visuais deve ser criterioso e não **introduzir interferências**
- Além de cor e forma, as seguintes propriedades são pré-atentivas
 - comprimento
 - largura
 - tamanho
 - número
 - terminadores
 - intersecções
 - intensidade
 - etc.

Processo Pré-Atentivo

- Experimentos em psicologia têm estudado como explorar essas características para realizar tarefas (pré-atentivas) como

Processo Pré-Atentivo

- Experimentos em psicologia têm estudado como explorar essas características para realizar tarefas (pré-atentivas) como
 - **Deteção de alvos:** presença ou ausência de um objeto específico

Processo Pré-Atentivo

- Experimentos em psicologia têm estudado como explorar essas características para realizar tarefas (pré-atentivas) como
 - **Deteção de alvos:** presença ou ausência de um objeto específico
 - **Deteção de fronteiras:** detectar fronteiras (textura) entre dois grupos de elementos, em que todos os elementos de cada grupo compartilham uma propriedade visual em comum

- Experimentos em psicologia têm estudado como explorar essas características para realizar tarefas (pré-atentivas) como
 - **Detecção de alvos:** presença ou ausência de um objeto específico
 - **Detecção de fronteiras:** detectar fronteiras (textura) entre dois grupos de elementos, em que todos os elementos de cada grupo compartilham uma propriedade visual em comum
 - **Rastreo de região:** observadores rastreiam um ou mais elementos com uma característica única conforme eles movem no tempo e espaço

- Experimentos em psicologia têm estudado como explorar essas características para realizar tarefas (pré-atentivas) como
 - **Detecção de alvos:** presença ou ausência de um objeto específico
 - **Detecção de fronteiras:** detectar fronteiras (textura) entre dois grupos de elementos, em que todos os elementos de cada grupo compartilham uma propriedade visual em comum
 - **Rastreo de região:** observadores rastreiam um ou mais elementos com uma característica única conforme eles movem no tempo e espaço
 - **Contagem e estimação:** usuários contam ou estimam o número de elementos que compartilham uma mesma característica visual

- Além de entender quais características atraem atenção em uma cena, é interessante perguntar:
 - “O que acontece com a representação visual de um objeto quando **deixamos de prestar atenção** nele e **olhamos para outra coisa** (processo pós-atentivo)?”

Visão Pós-atentiva

- Além de entender quais características atraem atenção em uma cena, é interessante perguntar:
 - “O que acontece com a representação visual de um objeto quando **deixamos de prestar atenção** nele e **olhamos para outra coisa** (processo pós-atentivo)?”

- Aparentemente, a intuição de que as **representações visuais são mais registradas** quanto mais olhamos uma cena **não é verdadeira**
 - Relacionado ao fenômeno do “*change blindness*”
 - As pessoas não percebem variações significativas em uma cena ocorridas entre duas observações dela

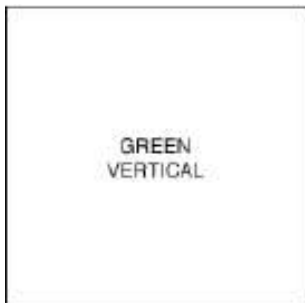
Visão Pós-atentiva

- Além de entender quais características atraem atenção em uma cena, é interessante perguntar:
 - “O que acontece com a representação visual de um objeto quando **deixamos de prestar atenção** nele e **olhamos para outra coisa** (processo pós-atentivo)?”
- Aparentemente, a intuição de que as **representações visuais são mais registradas** quanto mais olhamos uma cena **não é verdadeira**
 - Relacionado ao fenômeno do “*change blindness*”
 - As pessoas não percebem variações significativas em uma cena ocorridas entre duas observações dela
- A **representação visual** pré-atentiva de um objeto não parece ser afetada pelo fato do observador já ter visto uma imagem do objeto antes.
 - **Nenhuma informação fica ‘guardada’** no sistema visual após o observador mudar o foco de atenção

- Teste: Efetuar busca por objeto específico, sem olhar a cena previamente

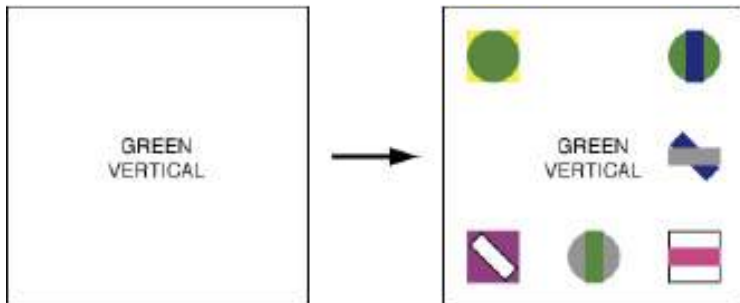
Visão Pós-atentiva

- Teste: Efetuar busca por objeto específico, sem olhar a cena previamente



Visão Pós-atentiva

- Teste: Efetuar busca por objeto específico, sem olhar a cena previamente

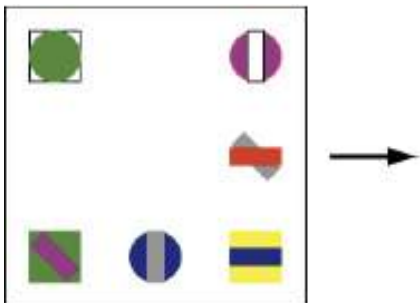


Visão Pós-atentiva

- Teste: Efetuar busca observando previamente a cena por um curto período (*300ms*)

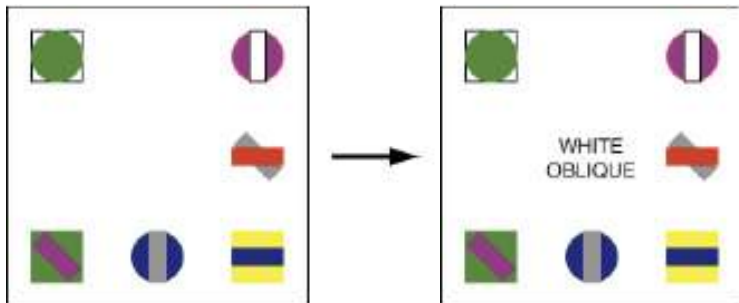
Visão Pós-atentiva

- Teste: Efetuar busca observando previamente a cena por um curto período (300ms)



Visão Pós-atentiva

- Teste: Efetuar busca observando previamente a cena por um curto período (300ms)



Conclusão

- Atenção prolongada aos objetos testados não torna a busca visual mais eficiente

Conclusão

- Atenção prolongada aos objetos testados não torna a busca visual mais eficiente
- Uma implicação é que, como muitas visualizações são novas, e ainda não estão registradas na memória de longo prazo, o fato de estudá-la não necessariamente vai ajudar um observador na busca por valores específicos de dados
- Portanto, as visualizações devem dar destaque às áreas de potencial interesse (i.e., favorecer os processos pré-atentivos)

Hierarquia de Características

- Uma abordagem promissora para visualização multidimensional seria **mapear diferentes atributos** para diferentes **características visuais**
 - Um requisito do mapeamento é **não introduzir interferências visuais**, interações não antecipadas entre diferentes características podem ocultar ou mascarar informação relevante

Hierarquia de Características

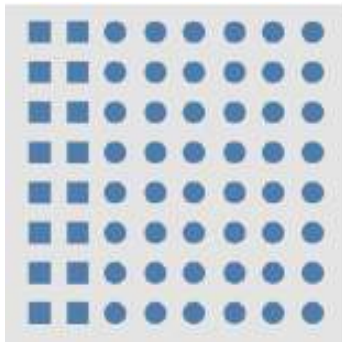
- Uma abordagem promissora para visualização multidimensional seria **mapear diferentes atributos** para diferentes **características visuais**
 - Um requisito do mapeamento é **não introduzir interferências visuais**, interações não antecipadas entre diferentes características podem ocultar ou mascarar informação relevante
- Um tipo de **interferência** resulta de um aparente **hierarquia de características** no sistema visual, que faz com que certas características tenham 'precedência' sobre outras
 - Por exemplo, em detecção de **fronteiras** o sistema visual parece favorecer **cor** sobre **forma**

Hierarquia de Características

- Fronteira diferenciada só por forma (pré-atentiva); se varia a cor aleatoriamente percepção deixa de ser pré-atentiva

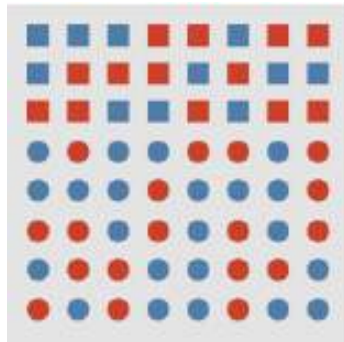
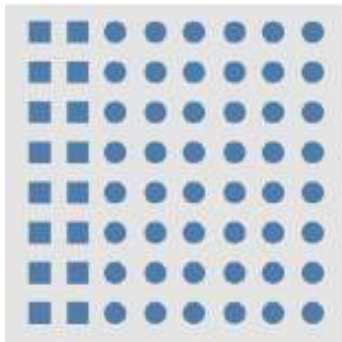
Hierarquia de Características

- Fronteira diferenciada só por forma (pré-atentiva); se varia a cor aleatoriamente percepção deixa de ser pré-atentiva



Hierarquia de Características

- Fronteira diferenciada só por forma (pré-atentiva); se varia a cor aleatoriamente percepção deixa de ser pré-atentiva



- Sabe-se hoje que as **imagens que formamos não são “fotografias”** de uma cena, elas dependem também de nossas **expectativas** e **objetivos**
 - O objetivo não é criar uma réplica do mundo real, mas extrair informação relevante

Change Blindness

- Sabe-se hoje que as **imagens que formamos não são “fotografias”** de uma cena, elas dependem também de nossas **expectativas e objetivos**
 - O objetivo não é criar uma réplica do mundo real, mas extrair informação relevante
- Sabe-se também que **detalhes** de uma imagem **não são lembrados** entre duas observações da mesma cena, exceto pelas áreas que receberam atenção
 - Interrupções na observação da cena causam “cegueira” para mudanças significativas que possam ter ocorrido entre as observações (“*change blindness*”)

Change Blindness



Change Blindness

Change Blindness



Change Blindness

- Implicações para visualização: como as imagens de uma visualização são, em geral, novas para nossos observadores, não existem expectativas prévias que possam guiar a análise:
 - Cabe ao projetista da visualização guiar o observador para **as áreas importantes**

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização**
- 5 Métricas
- 6 Atividade
- 7 Referências

- **Cor** é uma das **propriedades** mais usadas em visualização
 - Diferentes escalas para diferentes objetivos: arco-íris, vermelho-azul, vermelho-verde, etc.
 - Percebida como uma característica única, mas têm múltiplas dimensões perceptuais
 - Matiz, Saturação, Luminância/Brilho)
- Técnicas mais sofisticadas buscam **controlar as diferenças percebidas entre as cores**, ao invés da distância entre suas posições no espaço cores RGB. O objetivo é melhorar:
 - **Equilíbrio perceptual**: um passo unitário ao longo da escala produz uma diferença perceptualmente uniforme na cor resultante
 - **Poder de distinção**: em um universo discreto de cores, ter cores fáceis de distinguir e identificar
 - **Flexibilidade**: cores podem ser selecionadas em qualquer região do espaço de cores (sem privilegiar regiões)

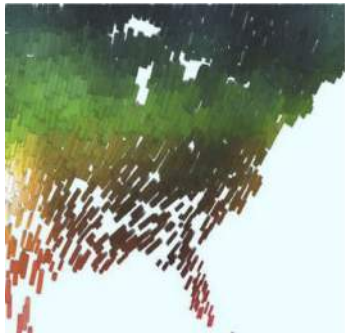


Figura: Exemplos de escalas de cor aplicadas a mapas meteorológicos.

- **Textura** é em geral percebida como uma propriedade visual única, mas assim como cor pode ser decomposta em múltiplas dimensões perceptuais:
 - Regularidade, direcionalidade, contraste, tamanho, granularidade, etc.
- Em visualização, múltiplas dimensões de texturas já foram usadas para mapear diferentes atributos de dados
 - Padrão da textura muda conforme os dados, ex. ícones 'stick-figure'
 - Orientação em 2D também foi empregada para codificar informação

Movimento

- **Movimento** é outra **propriedade** considerada perceptualmente saliente
 - Muito usado em visualizações de partículas e de escoamentos
 - Também para enfatizar alterações temporais nos dados

- Três propriedades perceptuais relevantes:
 - **Direção** de movimento
 - **Velocidade** de movimento
 - **Cintilação** (*flicker*)
- Estudos em psicofísica: exploram essas propriedades na execução de tarefas exploratórias básicas

O Papel da Memória

- Três tipos de memória são relevantes para a percepção de visualizações

O Papel da Memória

- Três tipos de memória são relevantes para a percepção de visualizações
- **Memória sensorial: grande capacidade, grande quantidade** de informação processada **rapidamente**. Aprendizado é **físico** e facilitado pela repetição

O Papel da Memória

- Três tipos de memória são relevantes para a percepção de visualizações
- **Memória sensorial: grande capacidade, grande quantidade** de informação processada **rapidamente**. Aprendizado é **físico** e facilitado pela repetição
- **Memória de curto prazo: pouca capacidade, curta duração** (< 30s). Pode ser facilitada por agrupamento de elementos e por repetição, e também por segmentação (grupos de objetos constituindo um segmento que pode ser lembrado como uma unidade).

O Papel da Memória

- Três tipos de memória são relevantes para a percepção de visualizações
- **Memória sensorial: grande capacidade, grande quantidade** de informação processada **rapidamente**. Aprendizado é **físico** e facilitado pela repetição
- **Memória de curto prazo: pouca capacidade, curta duração** (< 30s). Pode ser facilitada por agrupamento de elementos e por repetição, e também por segmentação (grupos de objetos constituindo um segmento que pode ser lembrado como uma unidade).
- **Memória de longo prazo: teoricamente ilimitada**, recuperação de informação é uma questão chave, acesso é lento e não confiável. Pode ser melhorada usando associações e segmentação de elementos

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas**
- 6 Atividade
- 7 Referências

- Perguntas relevantes

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?
 - Quantos diferentes tons e volumes de som podem ser distinguidos?

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?
 - Quantos diferentes tons e volumes de som podem ser distinguidos?
 - Qual a nossa 'channel capacity' quando manipulando cor, sabor, cheiro, ou qualquer outro de nossos sentidos?

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?
 - Quantos diferentes tons e volumes de som podem ser distinguidos?
 - Qual a nossa 'channel capacity' quando manipulando cor, sabor, cheiro, ou qualquer outro de nossos sentidos?
 - Como conseguimos distinguir centenas de rostos e milhares de palavras faladas?

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?
 - Quantos diferentes tons e volumes de som podem ser distinguidos?
 - Qual a nossa 'channel capacity' quando manipulando cor, sabor, cheiro, ou qualquer outro de nossos sentidos?
 - Como conseguimos distinguir centenas de rostos e milhares de palavras faladas?

- Perguntas relevantes
 - Quantos tamanhos e orientações distintos podem ser percebidos para linhas?
 - Quantos diferentes tons e volumes de som podem ser distinguidos?
 - Qual a nossa 'channel capacity' quando manipulando cor, sabor, cheiro, ou qualquer outro de nossos sentidos?
 - Como conseguimos distinguir centenas de rostos e milhares de palavras faladas?

- Ao projetar uma visualização é importante considerar as **limitações humanas** para evitar gerar imagens com informações **ambíguas, difíceis** de interpretar, ou **enganosas**

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:
 - Quais entidades gráficas podem ser medidas precisamente pelos humanos?

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:
 - Quais entidades gráficas podem ser medidas precisamente pelos humanos?
 - Quantas entidades distintas podem ser usadas em uma visualização sem confusão?

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:
 - Quais entidades gráficas podem ser medidas precisamente pelos humanos?
 - Quantas entidades distintas podem ser usadas em uma visualização sem confusão?
 - Com que nível de precisão percebemos as diversas primitivas?

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:
 - Quais entidades gráficas podem ser medidas precisamente pelos humanos?
 - Quantas entidades distintas podem ser usadas em uma visualização sem confusão?
 - Com que nível de precisão percebemos as diversas primitivas?
 - Como combinamos primitivas para reconhecer fenômenos complexos?

- Para gerar visualizações mais efetivas, seria bom conhecer as respostas para perguntas como:
 - Quais entidades gráficas podem ser medidas precisamente pelos humanos?
 - Quantas entidades distintas podem ser usadas em uma visualização sem confusão?
 - Com que nível de precisão percebemos as diversas primitivas?
 - Como combinamos primitivas para reconhecer fenômenos complexos?
 - Como cor deve ser usada para apresentar informação?

Modelo de Recursos do Processamento Humano de Informação

- Para medir e comparar o desempenho perceptual de pessoas é necessário adotar alguma **métrica**
 - Uma métrica conhecida é denominada **Capacidade do Canal**, emprestada do campo de teoria da informação
 - Ser humano visto como um canal de comunicação: **processa entradas, gera saídas** relativas a um determinado fenômeno

Modelo de Recursos do Processamento Humano de Informação

- Para medir e comparar o desempenho perceptual de pessoas é necessário adotar alguma **métrica**
 - Uma métrica conhecida é denominada **Capacidade do Canal**, emprestada do campo de teoria da informação
 - Ser humano visto como um canal de comunicação: **processa entradas, gera saídas** relativas a um determinado fenômeno

Capacidade do Canal

- Mede-se o número de **níveis distintos** de um estímulo que um sujeito consegue **identificar** com alto grau de **precisão**
 - A partir de um certo ponto, **aumentar o número de níveis** aumenta a taxa de erro e **nenhuma informação adicional** é extraída
 - Esse limiar determina a capacidade do canal
 - Medido em bits, 8 níveis corresponderiam a 3 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)
- **Salinidade:** 4 níveis são distinguíveis (2 bits)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)
- **Salinidade:** 4 níveis são distinguíveis (2 bits)
- **Posição de um marcador em uma linha:** entre 10 e 15 níveis são distinguíveis (3.25 bits)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)
- **Salinidade:** 4 níveis são distinguíveis (2 bits)
- **Posição de um marcador em uma linha:** entre 10 e 15 níveis são distinguíveis (3.25 bits)
- **Tamanhos de quadrados:** 4 e 5 níveis diferentes são distinguíveis (2.2 bits)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)
- **Salinidade:** 4 níveis são distinguíveis (2 bits)
- **Posição de um marcador em uma linha:** entre 10 e 15 níveis são distinguíveis (3.25 bits)
- **Tamanhos de quadrados:** 4 e 5 níveis diferentes são distinguíveis (2.2 bits)
- **Cor:** 10 níveis de matiz são distinguíveis e 5 níveis de brilho (3.1 e 2.3 bits, respectivamente)

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- **Timbre de um som:** 6 timbres são distinguíveis (2.5 bits)
- **Altura de um som:** 5 níveis de altura são distinguíveis (2.3 bits)
- **Salinidade:** 4 níveis são distinguíveis (2 bits)
- **Posição de um marcador em uma linha:** entre 10 e 15 níveis são distinguíveis (3.25 bits)
- **Tamanhos de quadrados:** 4 e 5 níveis diferentes são distinguíveis (2.2 bits)
- **Cor:** 10 níveis de matiz são distinguíveis e 5 níveis de brilho (3.1 e 2.3 bits, respectivamente)
- **Geometria de Linhas:** para comprimento da linha a 2.6-3 bits, para orientação 2.8-3.3 bits para orientação e 2.2 para curvatura

Julgamento Absoluto de Estímulos 1D

- Experimentos indicam um limite em nossa capacidade de perceber sinais 1D e medi-los com precisão
- Na **média** o largura do canal é de 2.6 bits, com desvio padrão de 0.6, ou seja, 6 a 7 níveis **podem ser distinguidos com precisão**
- Ou seja, se os usuários de nossas visualizações precisam extrair delas mais do que 6 ou 7 níveis de um valor de dado, é preciso recorrer a outros recursos

Julgamento Absoluto de Estímulos Multidimensionais

- Pode-se tentar amenizar essa limitação usando **múltiplos estímulos simultâneos**
 - Entretanto, combinar um canal com capacidade C_A a outro com capacidade C_B **não resulta** em um canal com capacidade $C_A + C_B$

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

- **Ponto no interior de um quadrado:** medida de duas posições (vertical e horizontal) não dobra o canal de posição em linha (6.5 bits), mas chega a 4.6 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

- **Ponto no interior de um quadrado:** medida de duas posições (vertical e horizontal) não dobra o canal de posição em linha (6.5 bits), mas chega a 4.6 bits
- **Salinidade e doçura:** não dobra o canal da salinidade (3.8 bits), mas alcança somente 2.3 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

- **Ponto no interior de um quadrado:** medida de duas posições (vertical e horizontal) não dobra o canal de posição em linha (6.5 bits), mas chega a 4.6 bits
- **Salinidade e doçura:** não dobra o canal da salinidade (3.8 bits), mas alcança somente 2.3 bits
- **Altura e tom do som:** não resulta na soma dos dois canais (4.8 bits), mas sim em 3.1 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

- **Ponto no interior de um quadrado:** medida de duas posições (vertical e horizontal) não dobra o canal de posição em linha (6.5 bits), mas chega a 4.6 bits
- **Salinidade e doçura:** não dobra o canal da salinidade (3.8 bits), mas alcança somente 2.3 bits
- **Altura e tom do som:** não resulta na soma dos dois canais (4.8 bits), mas sim em 3.1 bits
- **Matiz e saturação da cor:** não resulta na soma de ambos canais (4.8 bits), mas sim em 3.6 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos Multi-Dimensionais

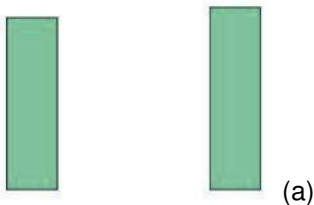
- **Ponto no interior de um quadrado:** medida de duas posições (vertical e horizontal) não dobra o canal de posição em linha (6.5 bits), mas chega a 4.6 bits
- **Salinidade e doçura:** não dobra o canal da salinidade (3.8 bits), mas alcança somente 2.3 bits
- **Altura e tom do som:** não resulta na soma dos dois canais (4.8 bits), mas sim em 3.1 bits
- **Matiz e saturação da cor:** não resulta na soma de ambos canais (4.8 bits), mas sim em 3.6 bits
- **Tamanho, brilho e matiz:** não resulta na soma das características individuais (7.6 bits), mas sim em 4.1 bits

Julgamento Absoluto de Estímulos Multidimensionais

- Combinar múltiplos estímulos aumenta a capacidade de comunicação de informação, mas não nos níveis que poderíamos esperar
 - A combinação dos estímulos reduz a capacidade de discernir os diferentes níveis dos estímulos individuais

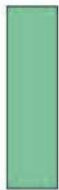
Julgamento Relativo

- Outra possibilidade seria solicitar **julgamento relativo**, ao invés de absoluto
 - Determinar diferenças, ao invés de extrair um valor
 - Outro tipo de habilidade perceptual

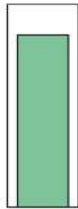


Julgamento Relativo

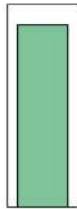
- Outra possibilidade seria solicitar **julgamento relativo**, ao invés de absoluto
 - Determinar diferenças, ao invés de extrair um valor
 - Outro tipo de habilidade perceptual



(a)



(b)



Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas
 - comprimento

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas
 - comprimento
 - ângulo/inclinação

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas
 - comprimento
 - ângulo/inclinação
 - área

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas
 - comprimento
 - ângulo/inclinação
 - área
 - volume

Julgamento Relativo

- Experimentos que estudaram a habilidade das pessoas avaliarem diferenças relativas detectaram que os erros de percepção são crescentes nas seguintes propriedades
 - posição ao longo de uma escala comum
 - posição ao longo de escalas idênticas, não alinhadas
 - comprimento
 - ângulo/inclinação
 - área
 - volume
 - matiz, saturação e densidade de cor

Julgamento Relativo

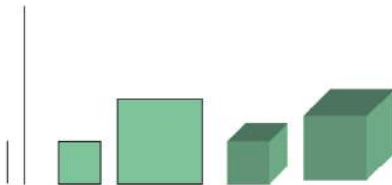
- A probabilidade de detectar uma mudança é proporcional à variação relativa do atributo gráfico, e não à variação absoluta.
- Aumentar um objeto não aumenta a sua eficiência para transmitir informação (*Weber's Law*)

Julgamento Relativo

- A probabilidade de detectar uma mudança é proporcional à variação relativa do atributo gráfico, e não à variação absoluta.
 - Aumentar um objeto não aumenta a sua eficiência para transmitir informação (*Weber's Law*)
-
- A medida que a dimensionalidade de um atributo visual aumenta, maior nossa tendência a subestimá-lo. (*Stevens's Law*)
 - Mapear informação em um volume é muito menos efetivo para comunicar informação do que mapear em uma área ou linha

Julgamento Relativo

- A probabilidade de detectar uma mudança é proporcional à variação relativa do atributo gráfico, e não à variação absoluta.
 - Aumentar um objeto não aumenta a sua eficiência para transmitir informação (*Weber's Law*)
-
- A medida que a dimensionalidade de um atributo visual aumenta, maior nossa tendência a subestimá-lo. (*Stevens's Law*)
 - Mapear informação em um volume é muito menos efetivo para comunicar informação do que mapear em uma área ou linha



- **Julgamento relativo tende a ser mais eficiente** do que o absoluto
 - Por isso a inclusão de grades ou marcas de referência pode melhorar muito uma visualização

Expandindo Capacidades

- **Julgamento relativo tende a ser mais eficiente** do que o absoluto
 - Por isso a inclusão de grades ou marcas de referência pode melhorar muito uma visualização

- Habilidade humana de perceber estímulos é bem limitada
- **Combinar estímulos** pode ampliar a capacidade do canal
 - Teoricamente (hipótese) existe uma limitação de 10 dimensões distintas que podem ser percebidas

Relacionamento com Memória Imediata

- Estudos sugerem que as pessoas conseguem se lembrar com precisão de aproximadamente **7 itens**, no máximo.
- Independe da complexidade dos itens.

Relacionamento com Memória Imediata

- Estudos sugerem que as pessoas conseguem se lembrar com precisão de aproximadamente **7 itens**, no máximo.
 - Independe da complexidade dos itens.
-
- Memorizar 6 palavras monossilábicas é tão difícil quanto memorizar 6 multissilábicas
 - Então tentamos **agrupar** os elementos em **unidades maiores**

Papel do *Recoding*

- *Recoding* é o processo de reorganizar informação em um número menor de 'segmentos' (*chunks*), com mais bits de informação por segmento.
- Podemos ampliar a complexidade dos segmentos para aumentar nossa capacidade de processamento?
 - lembrar uma sequência de N dígitos binários é comparável em esforço a lembrar N 'grupos' com 2 ou 3 dígitos
- A **organização da informação** em segmentos provê **maior capacidade**, mas depende do indivíduo

O Papel do Foco e Expectativa

- Em tarefas envolvendo imagens com múltiplos atributos, em que o observador precisa reportar apenas um, **conhecimento prévio do foco pode melhorar** os resultados
 - Parece óbvio, mas reforça que as pessoas têm melhor desempenho quando focam e um atributo por vez;
 - Se o observador foca em um número reduzido de atributos, é possível **diminuir a influência** dos atributos que não são o foco.

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas
- 6 Atividade**
- 7 Referências

- Na próxima aula trazer exemplos ilustrativos de visualizações que ignoram a teoria de percepção apresentada, gerando mapeamentos falhos. (Informe a fonte, descreva porque é falho).
 - IEEE Information Visualization
 - IEEE Visualization
 - IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics
 - Computer & Graphics
 - Information Visualization (London)
 - etc.

- Alguns artigos

- Nahum D. Gershon. *How to lie and confuse with visualization*. In Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '93). ACM, New York, NY, USA, 387-388.
- Al Globus e Eric Raible. *Fourteen Ways to Say Nothing With Scientific Visualization*, Computer, v.27 n.7, p.86-88, July 1994.
- Bernice E. Rogowitz, Lloyd A. Treinish e Steve Bryson. *How not to lie with visualization*. Comput. Phys. 10, 3 (June 1996), 268-273.

- Alguns endereços

- <http://www.datavis.ca/gallery/lie-factor.php>
- <http://www.idi.ntnu.no/~zoran/papers/VisLies.ppt>
- <http://vadl.cc.gatech.edu/getDocument.php?doc=407>
- <http://www.csc.ncsu.edu/faculty/healey/PP/>
- http://www.interaction-design.org/encyclopedia/data_visualization_for_human_perception.html

Sumário

- 1 O que é Percepção
- 2 Fisiologia
- 3 Processamento Perceptual
- 4 Percepção em Visualização
- 5 Métricas
- 6 Atividade
- 7 Referências**

- Ward, M., Grinstein, G. G., Keim, D. **Interactive data visualization foundations, techniques, and applications.** Natick, Mass., A K Peters, 2010.