

PROCESSAMENTO DE IMAGENS

INTRODUÇÃO

PROF. VALMIR MACÁRIO

OBJETIVO

Entender o conceito de imagem digital

Estudar várias técnicas de manipulação de imagens no computador

- Melhoria da informação visual para interpretação humana/computacional

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Conceitos básicos e terminologia.

- 1.1 Fases de processamento, sistemas de imageamento.**
- 1.2 Noções de Percepção visual**
- 1.3 Sistema Visual Humano**
- 1.4 Problemas, aplicações**

2. Digitalização

- 2.1 Amostragem**
- 2.2 Quantização**
- 2.3 Relacionamentos entre pixels**
- 2.4 Formatos de Imagens**

3. Operações Básicas

- 3.1 Operações Aritméticas**
- 3.2 Operações Lógicas**
- 3.3 Transformações geométricas,**
- 3.4 Métodos de interpolação**

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

4. Operações com Histograma

- 4.1 Histograma**
- 4.2 Equalização de Histograma**
- 4.3 Negativo, Brilho e Contraste**
- 4.4 Limiarização**

5. Sistema de Cores

- 5.1 Sistemas de cores aditivas. Modelo RGB**
- 5.2 Sistemas de cores subtrativas. Modelo CMY/CMYK**
- 5.3 Modelo HSI**
- 5.4 Outros Modelos**
- 5.5 Falsa cor, pseudocor**

6. Filtragem no Domínio Espacial

- 6.1 Filtros lineares**
- 6.3 Filtros não lineares**

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

7. Filtragem no Domínio da Frequência

- 7.1 Transformadas de Fourier (Discreta e Rápida)**
- 7.2 Filtragem no domínio da frequência**

8. Morfologia Matemática

- 8.1 Dilatação**
- 8.2 Erosão**
- 8.3 Outras operações**

9. Detecção de Bordas

- 9.1 Gradiente**
- 9.2 Canny**
- 9.3 Transformada de Hough**

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

10. Segmentação

10.1 Segmentação por regiões

10.2 Segmentação por agrupamento

11 Representação e descrição de imagens:

11.1 Descritores de forma

11.2 Descritores de cor

11.3 Descritores de textura

FERRAMENTAS DE APOIO

- **OPENCV**
- **MATLAB**
 - Image Processing Toolbox
- **Octave**
- **ImageJ**

BIBLIOGRAFIA

Processamento de Imagens Digitais

- Rafael Gonzalez e Richard Woods
- Ed. Edgard Blücher, 1992

Computação Gráfica: Imagem

- Jonas Gomes e Luiz Velho
- IMPA-SBM, 1994.

Computer Vision

- R. Szeliski
- Disponível grátis em: <http://szeliski.org/Book/>

Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab

- C. Solomon e T. Breckon
- John Wiley & Sons, 2011

AVALIAÇÃO

- 3 Provas Escritas
 - 1^a VA (Valendo 8 pontos)
 - 3^a VA (Valendo 4 pontos)
 - FINAL (Valendo 8 pontos)
- 1 Exercícios Práticos e Teóricos
 - 1^a VA (Valendo 2 Pontos)
- 1 Projeto
 - Projeto prático valendo 10 pontos para 2^a VA
 - Projeto prático valendo 6 pontos para 3^a VA
 - Projeto prático valendo 2 pontos para FINAL

OBS 2: A 3^a VA não será igual às provas já aplicadas e versará sobre todo assunto da disciplina.

OBS 3: Na 3^a VA será necessário incrementar o projeto realizado na 2^a VA, valendo até 6 pontos.

ADMINISTRAÇÃO DO CURSO

- **Cronograma, Notas de Aula, Exercícios e Material**
 - Estarão disponíveis no site:

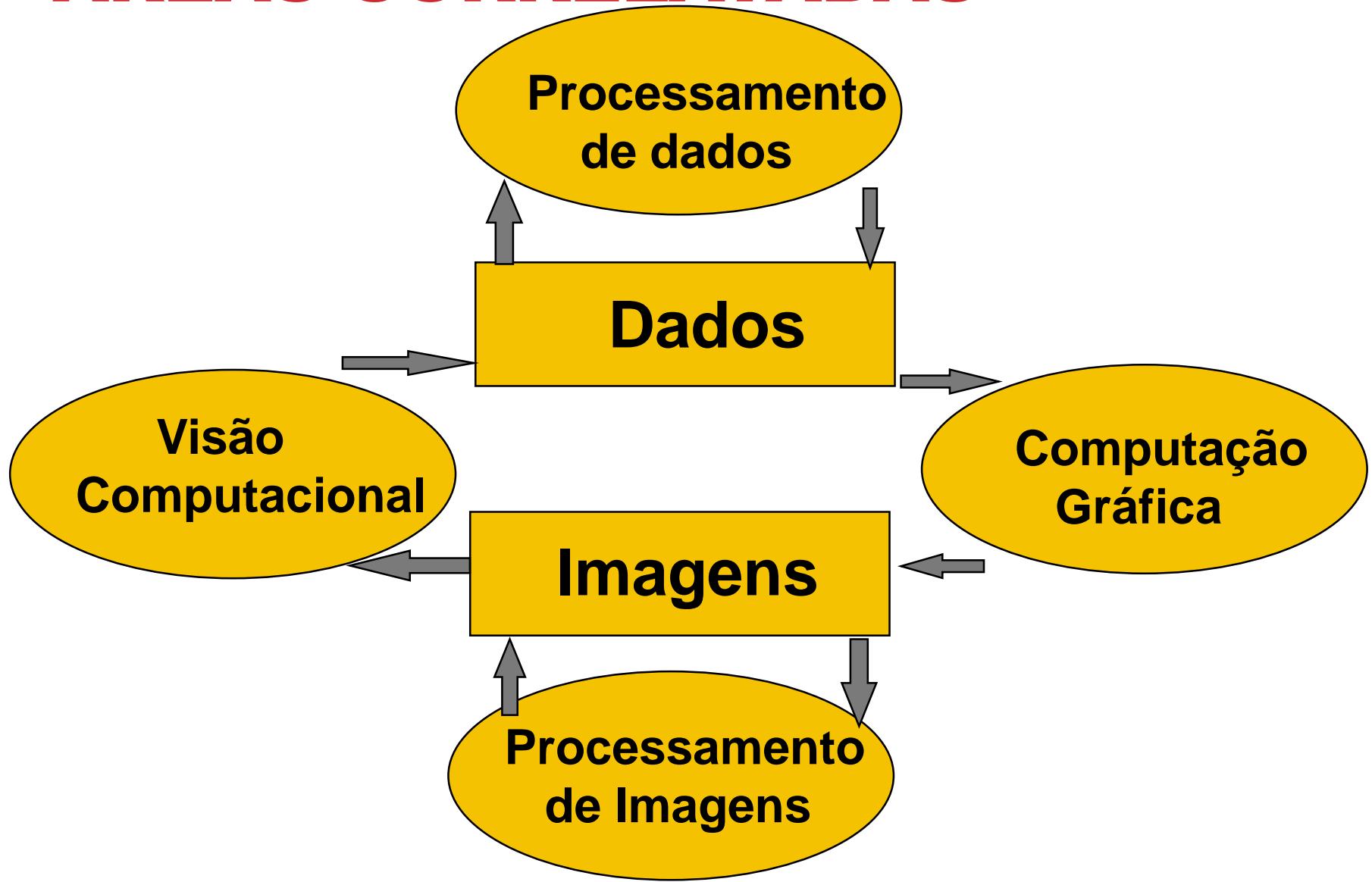
<https://github.com/valmirf/>

<http://ava.ufrpe.br/>

Faltas

- Chamadas todas as aulas

ÁREAS CORRELATADAS



MOTIVAÇÃO

Porque estudar processamento de imagem?

PORQUE?

Imagens e vídeos estão em todo lugar



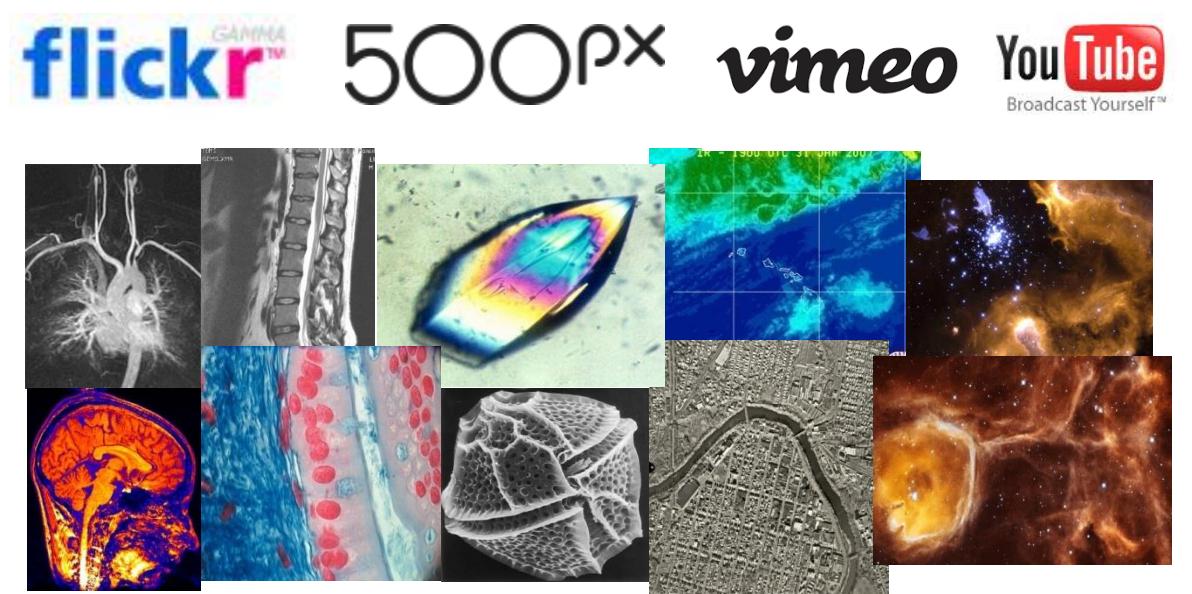
Álbum de fotos



Filmes, notícias, esportes



Surveillance and security



Imagens Médicas e científicas



Google Fotos



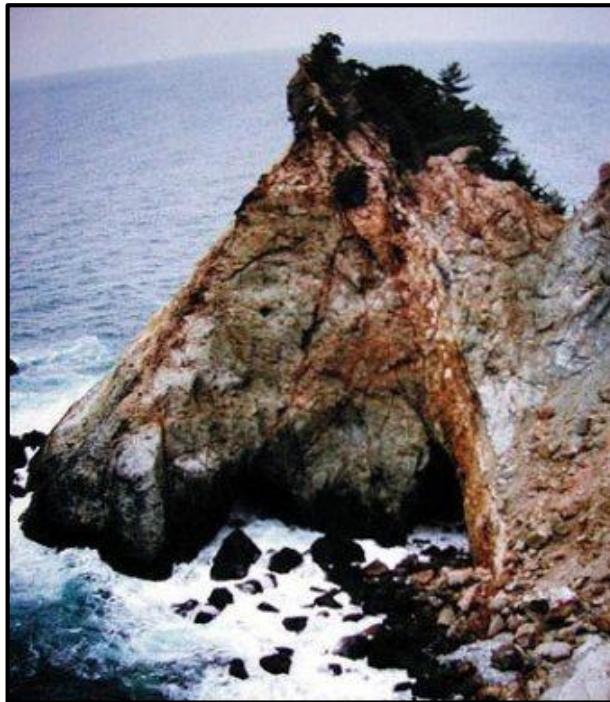
Broadcast Yourself™

O QUE OS HUMANOS VÊEM?



René Magritte, *Les valeurs personnelles*, 1952

O QUE OS HUMANOS VÊEM?



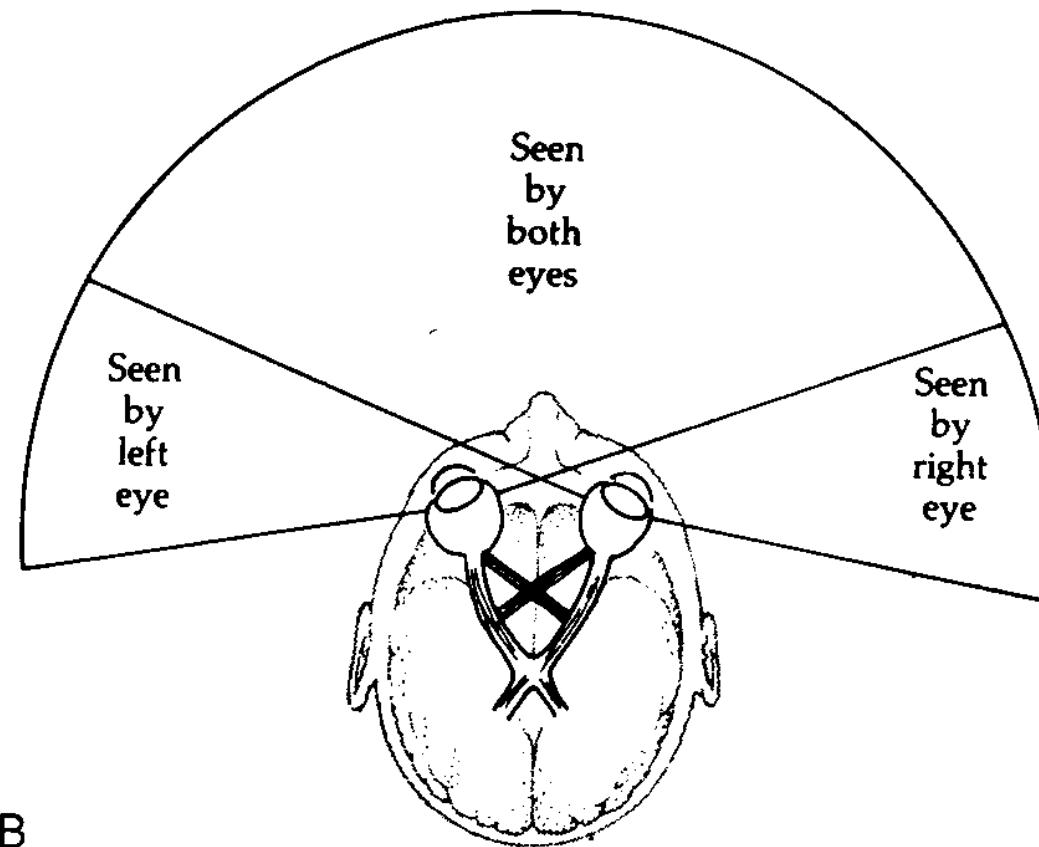
O QUE OS HUMANOS VÊEM?



O QUE OS HUMANOS VÊEM?

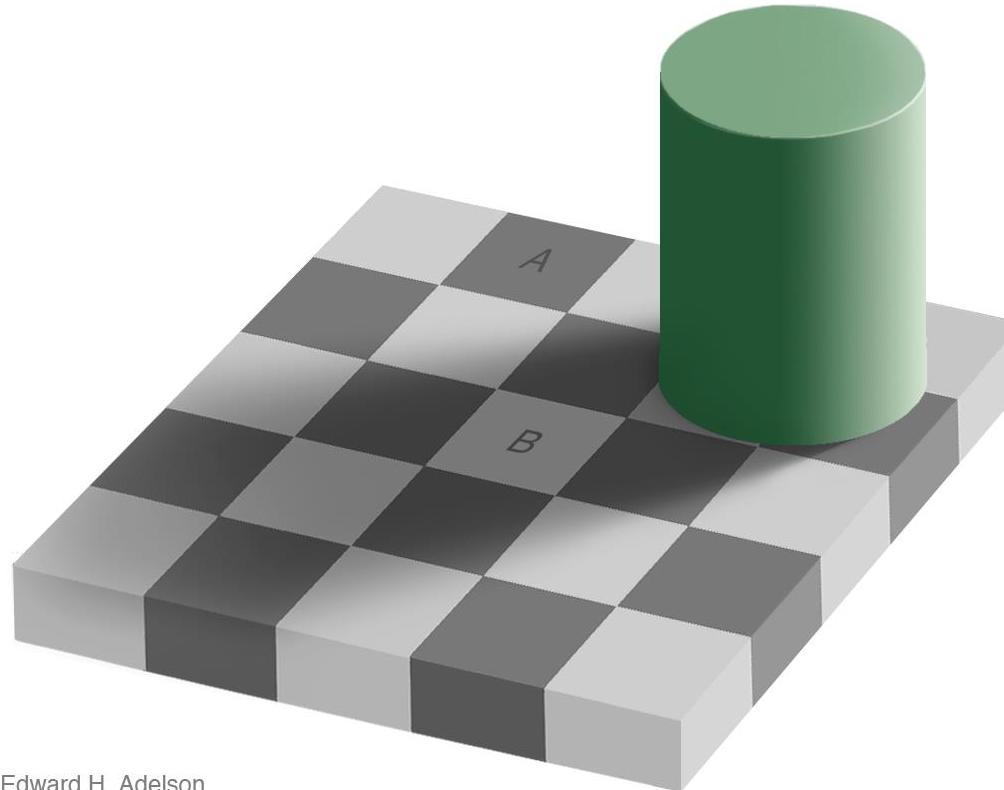


O olho não é apenas um instrumento para gravar uma imagem; ao invés, ele age como uma interface óptica entre o ambiente e os elementos neurais do sistema visual



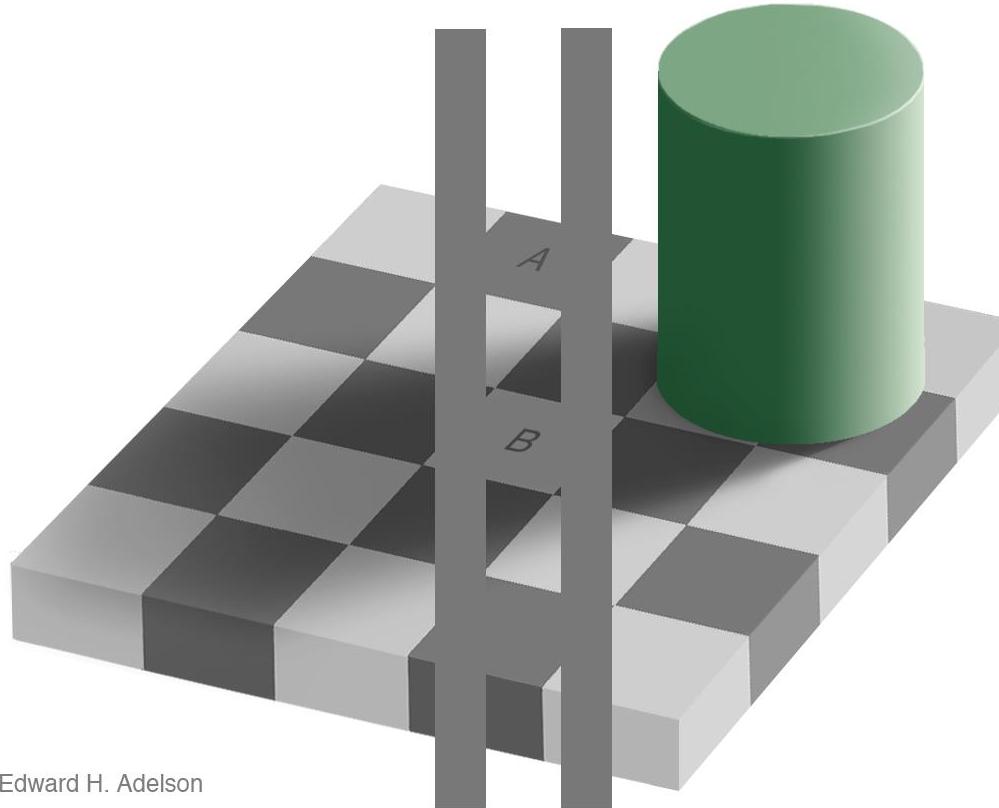
B

PERCEPÇÃO HUMANA

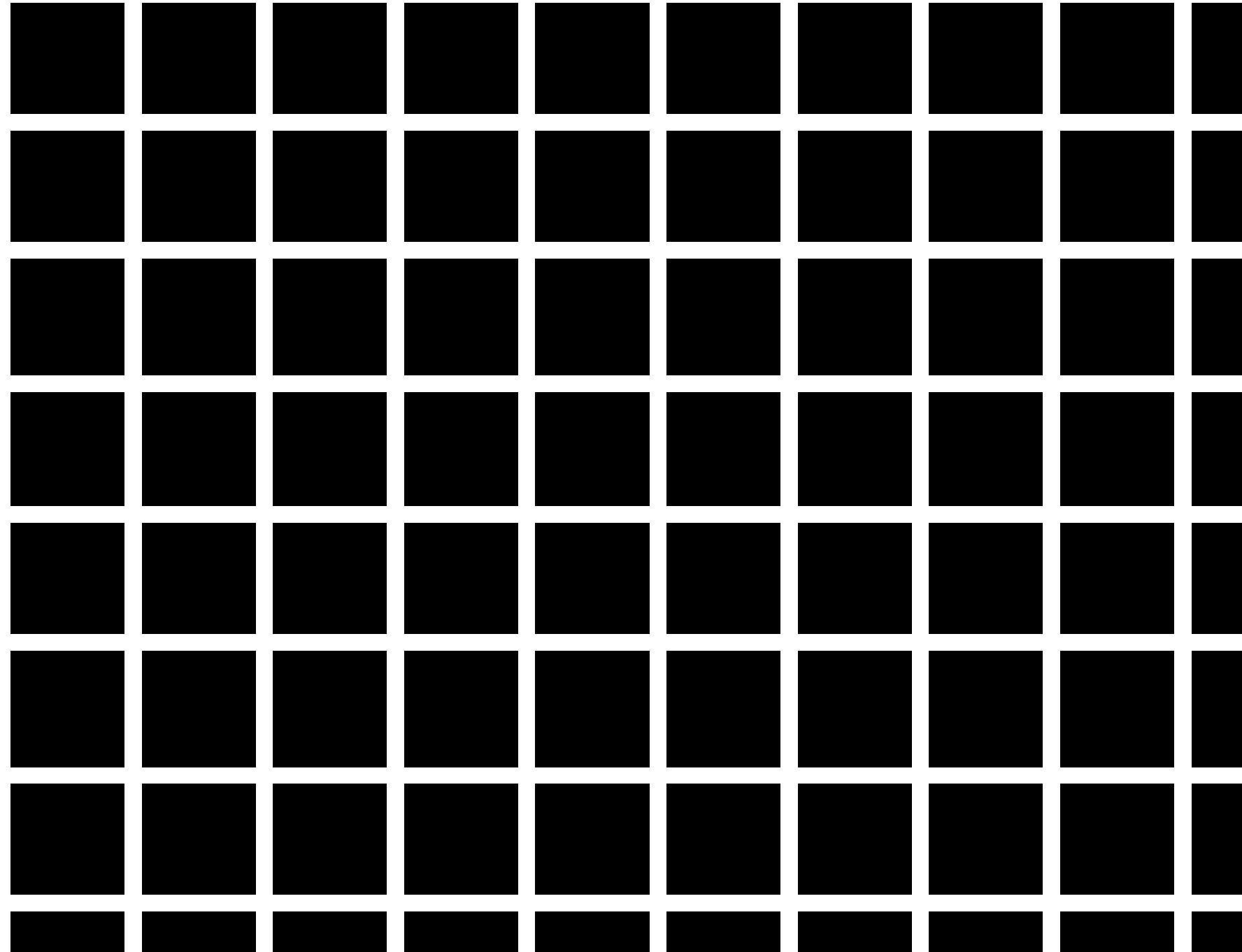


Edward H. Adelson

PERCEPÇÃO HUMANA



Prova!



ILUSÕES DE GRADES

- O efeito dessas ilusões é explicado tomando como base um processo neural chamado de **inibição lateral**
- A intensidade em um ponto do sistema visual não é simplesmente resultante de um único receptor, mas como resultado de um grupo de receptores que respondem a um estímulo do **campo receptivo**
- Inibição lateral também explica as *Mach Bands*

EXPERIMENTOS SIMPLES

Visão Tridimensional

- Usamos diversas “pistas” para perceber a relação entre objetos, incluindo tamanho, perspectiva e sombra entre objetos:
 - Tamanho é importante porque logo aprendemos que coisas longe parecem menores
 - Perspectiva mostra que objetos distantes aparecem menores no horizonte
 - Sombras: o fato que um objeto em frente de um segundo objeto vai cortar uma parte do objeto mais distante

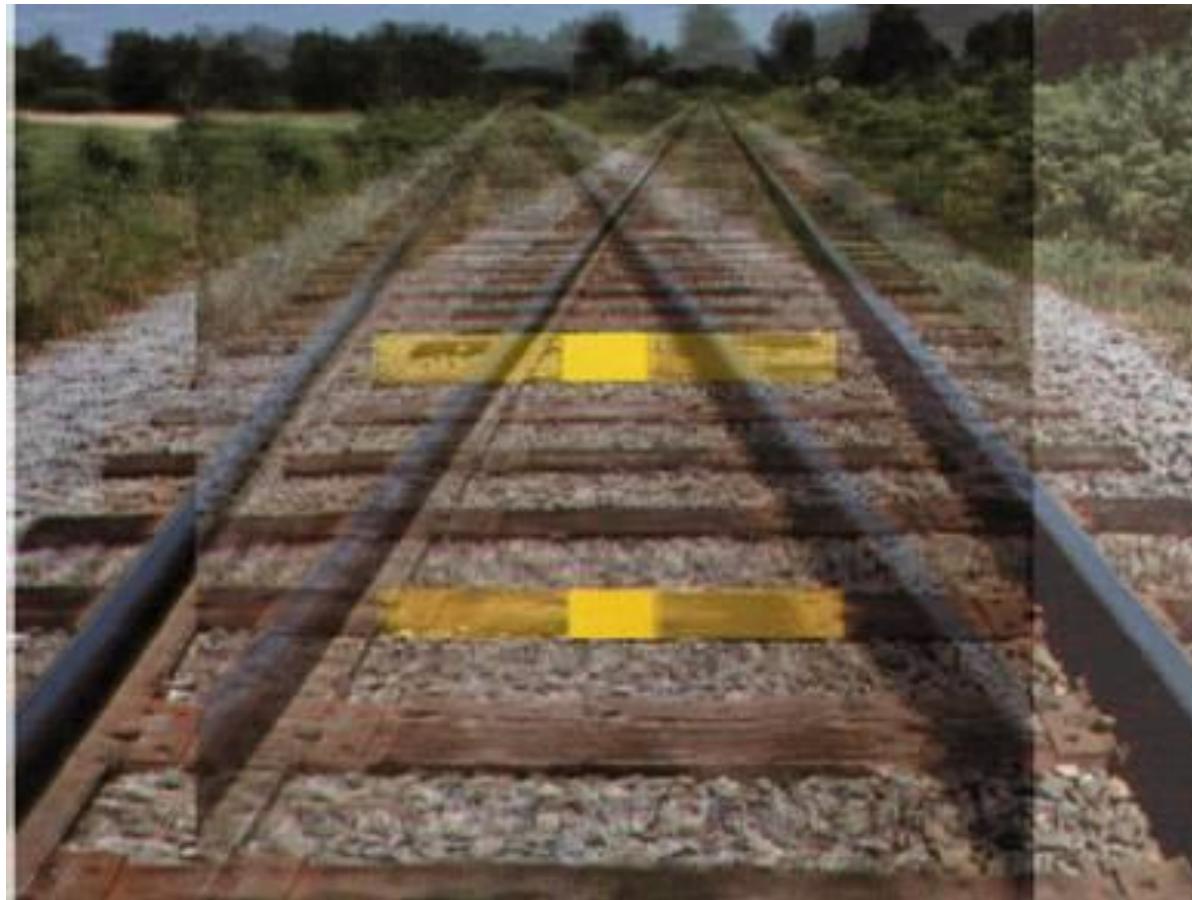
EXPERIMENTOS SIMPLES

Visão Estereoscópica

- O sistema olho-cérebro combina a imagem do olho esquerdo com a imagem do olho direito para formar uma imagem percebida em três dimensões
- As imagens tridimensionais são produzidas no cérebro a partir de duas imagens bidimensionais
- Esse é o princípio da visão estereoscópica

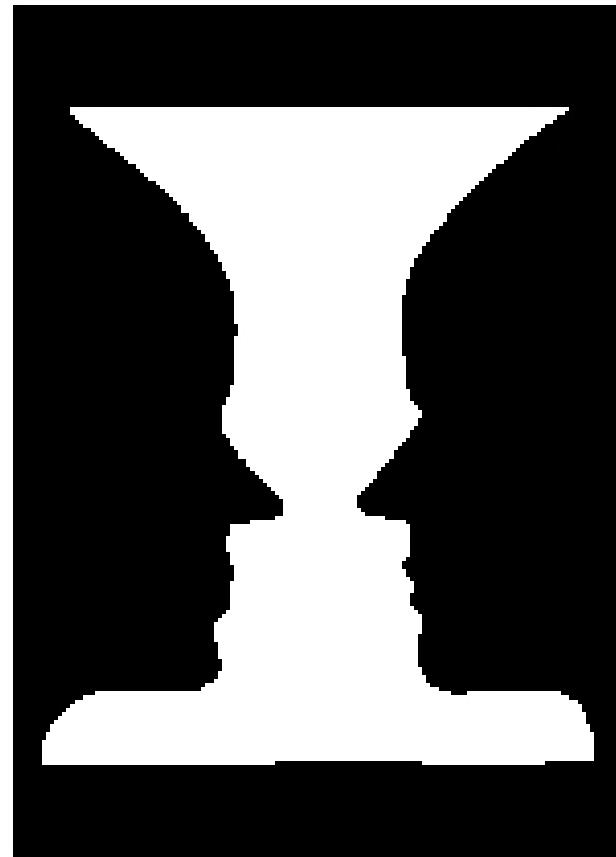
EXPERIMENTOS SIMPLES

Visão Estereoscópica



ILUSÕES

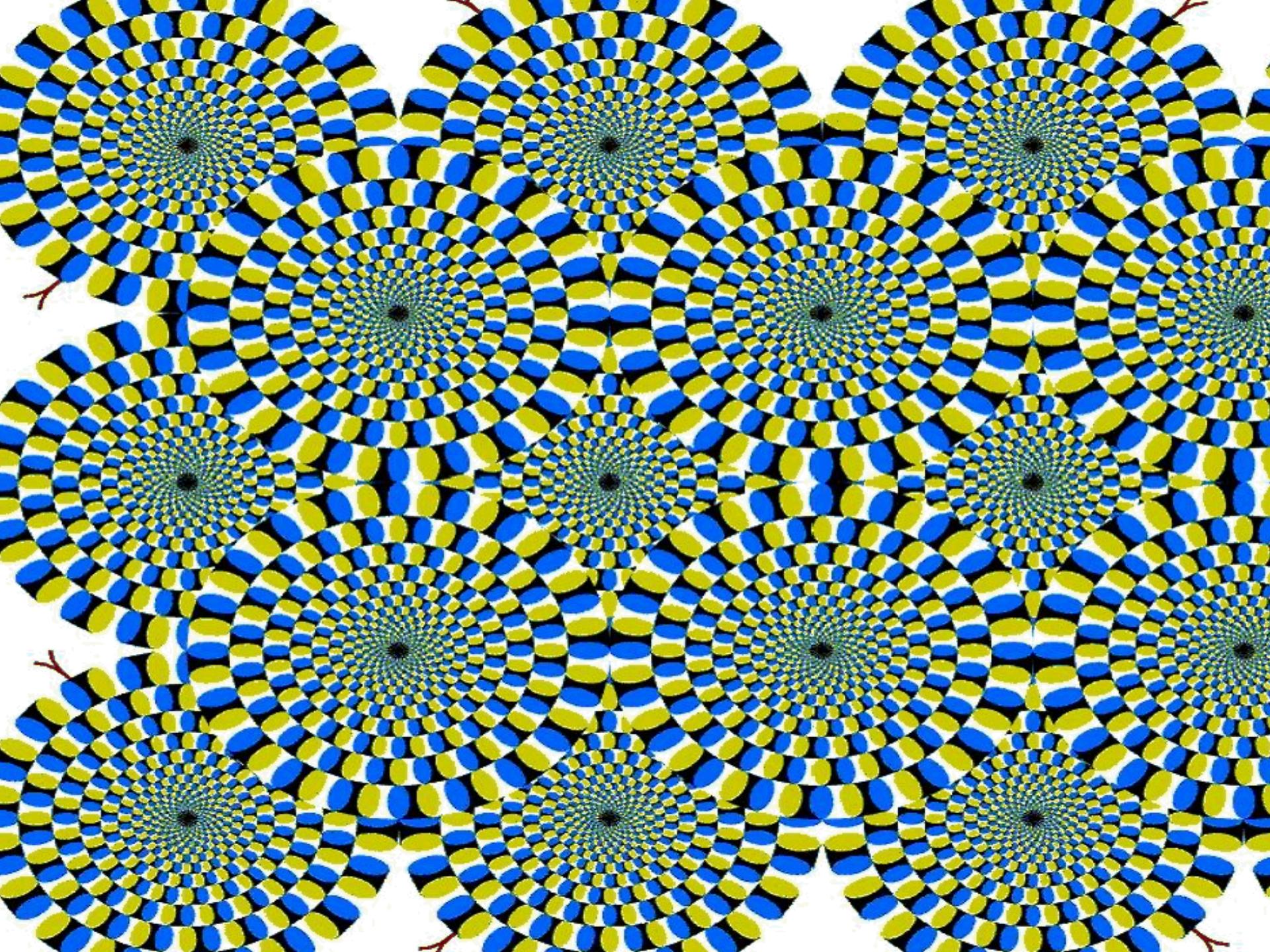
Ambiguidades: Faces ou Vaso?



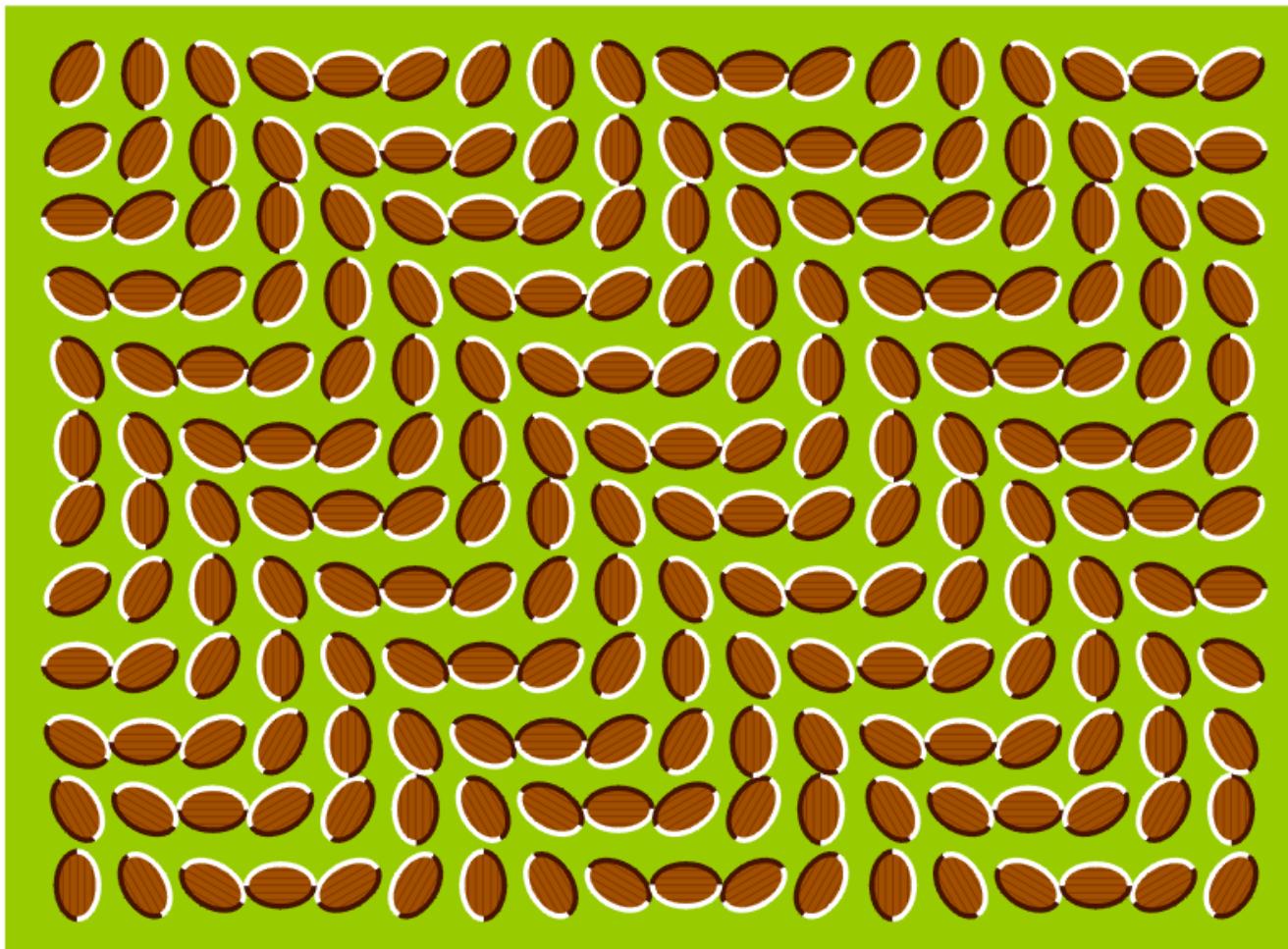
ILUSÕES

Ambiguidades: Mulher ou saxofonista?



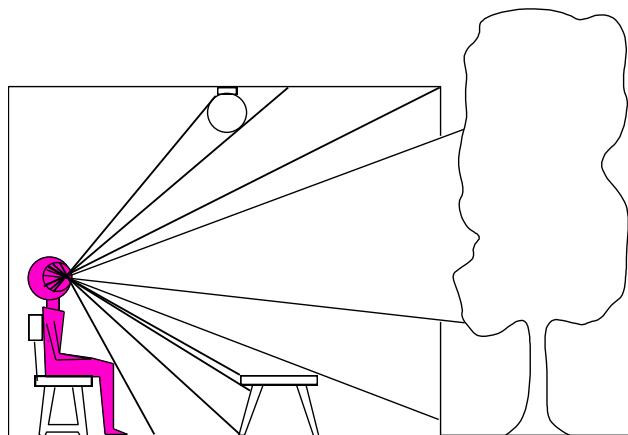


MAIS COISAS...



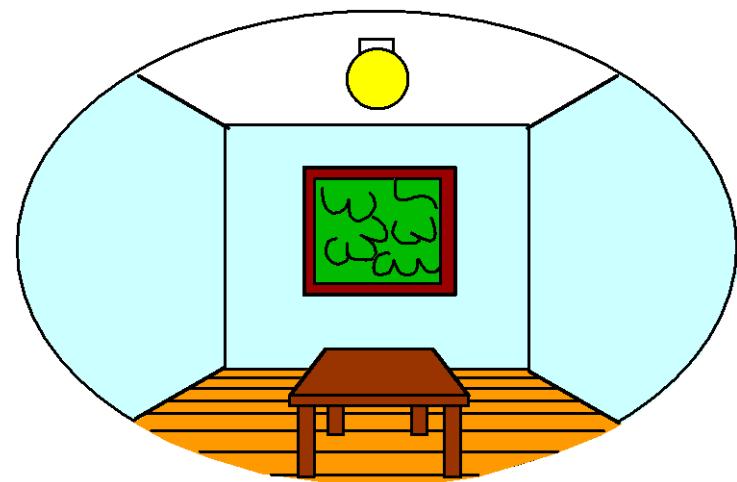
O QUE NÓS VEMOS?

Mundo 3D



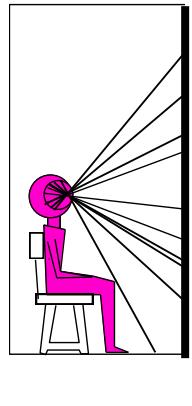
Point of observation

Imagen 2D



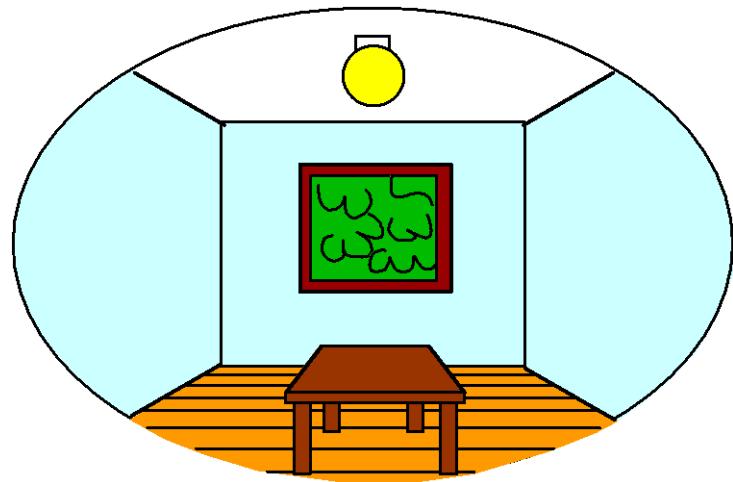
O QUE NÓS VEMOS?

Mundo 3D



Pano de fundo

Imagem 2D

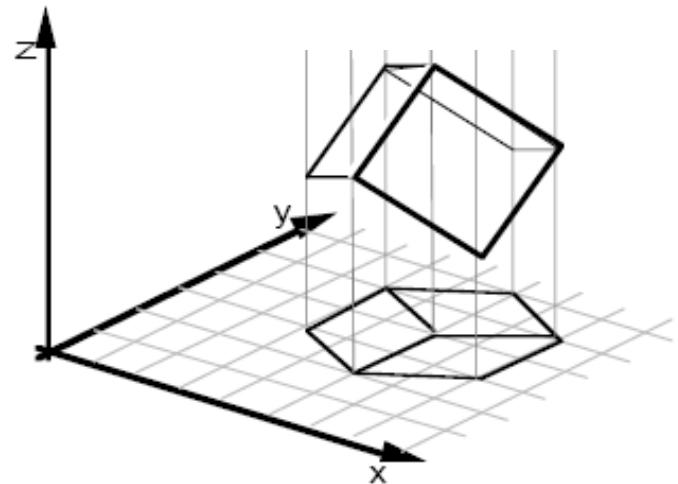


FORMAÇÃO DA IMAGEM

EXEMPLO:

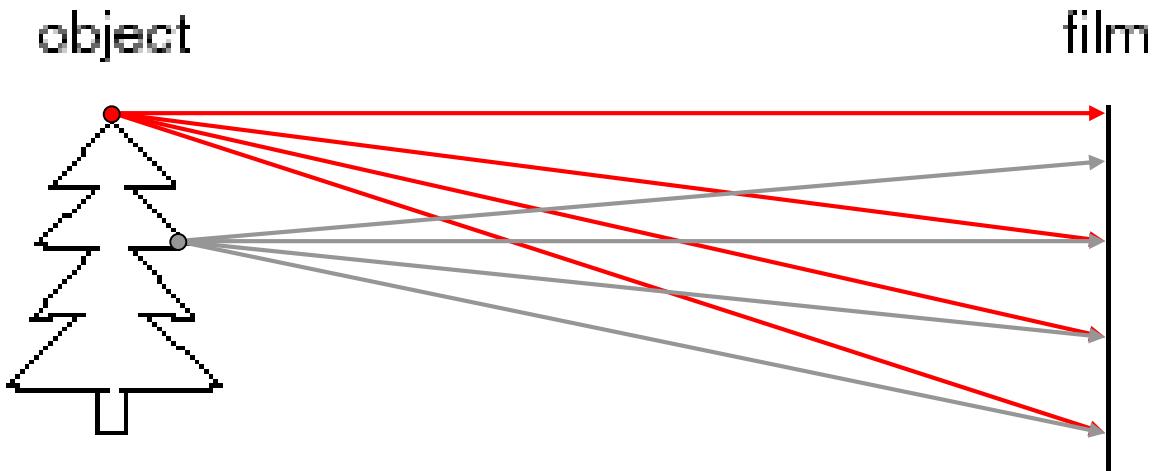
**Recuperando uma geometria 3D
de uma projeção 2D**

Número infinito de possibilidades



from [Sinha and Adelson 1993]

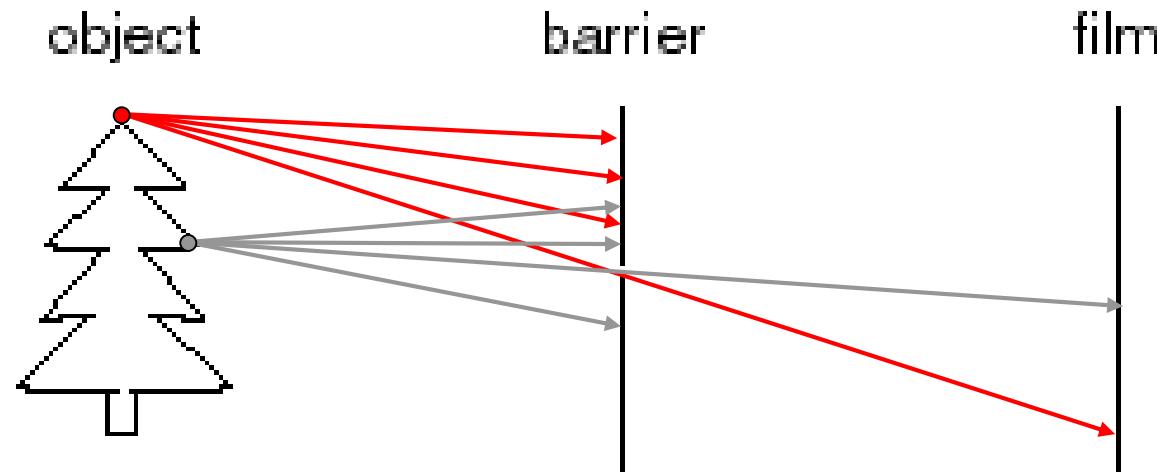
FORMAÇÃO DA IMAGEM



Passo 1: um pedaço de filme em frente ao objeto

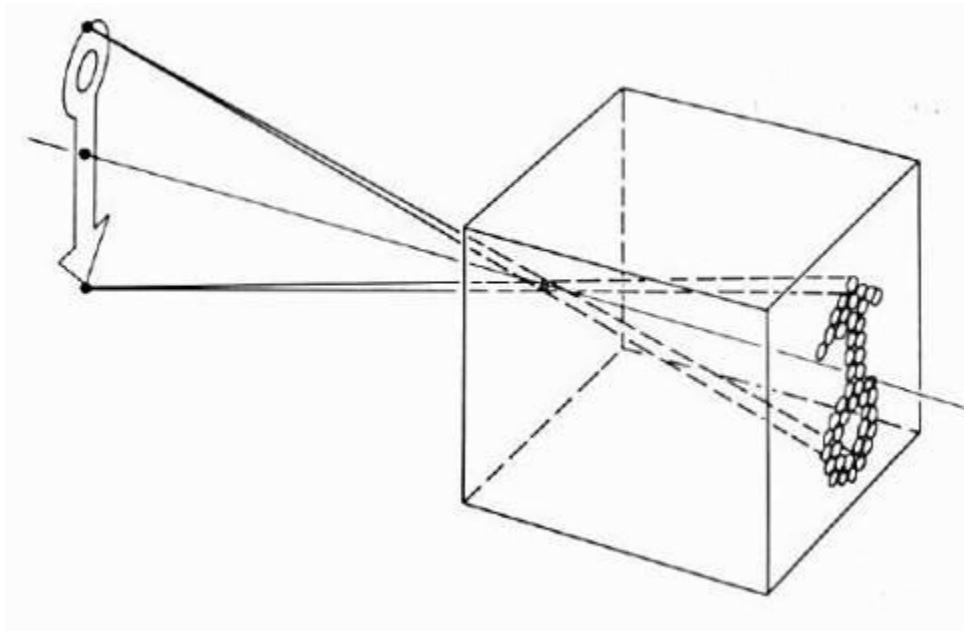
Teríamos uma imagem razoável?

CÂMERA



**Adicionar uma barreira para bloquear a maior parte dos raios
Isso reduz o embaçamento**

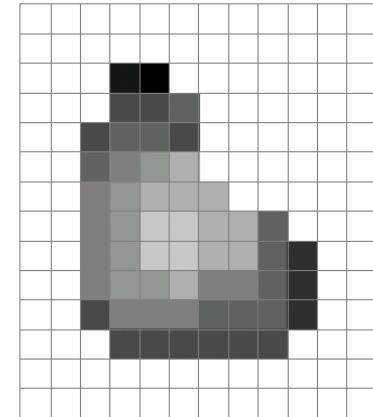
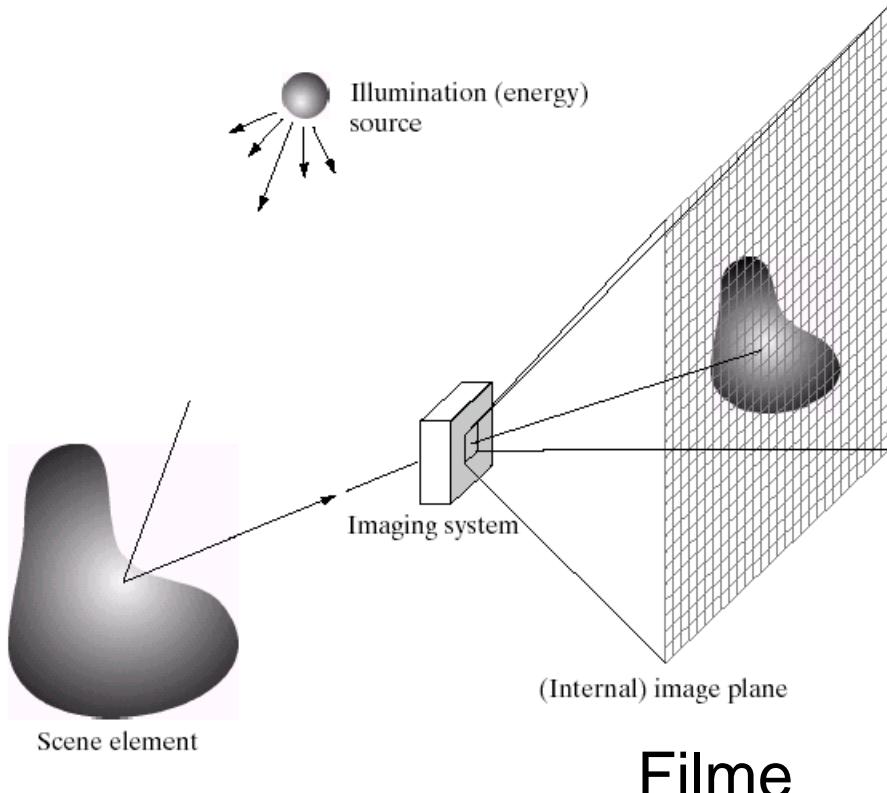
CÂMERA



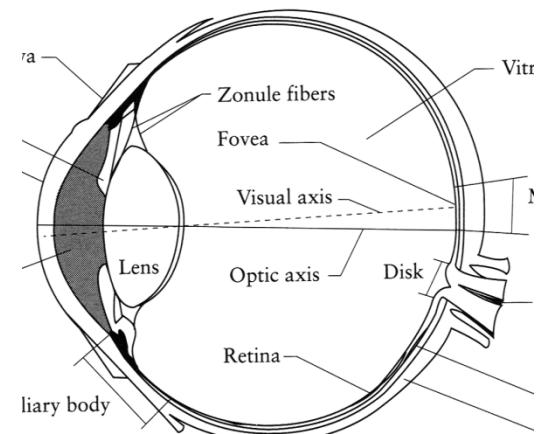
Modelo sem lentes:

- Todos os raios através de um único ponto
- O ponto é chamado de Centro de Projeção (ponto focal)
- A imagem é formada no plano de imagem

FORMAÇÃO DA IMAGEM



Câmera Digital



O Olho

VISÃO COMPUTACIONAL

Modelo Computacional

- Visa a usar computadores para modelar o sistema visual humano
- O sistema humano é muito eficiente e pode ser usado como um exemplo para melhorar o reconhecimento de imagens por computadores
- O processo visual pode ser quebrado em uma série de passos, incluindo detecção, processamento, e reconhecimento
 - Desenvolvendo uma aproximação computacional pode ajudar a explicar o que acontece no sistema humano

VISÃO COMPUTACIONAL



La Gare Montparnasse, 1895

O que nós enxergamos

0	3	2	5	4	7	6	9	8
3	0	1	2	3	4	5	6	7
2	1	0	3	2	5	4	7	6
5	2	3	0	1	2	3	4	5
4	3	2	1	0	3	2	5	4
7	4	5	2	3	0	1	2	3
6	5	4	3	2	1	0	3	2
9	6	7	4	5	2	3	0	1
8	7	6	5	4	3	2	1	0

O que o computador enxerga

Imagen Digital

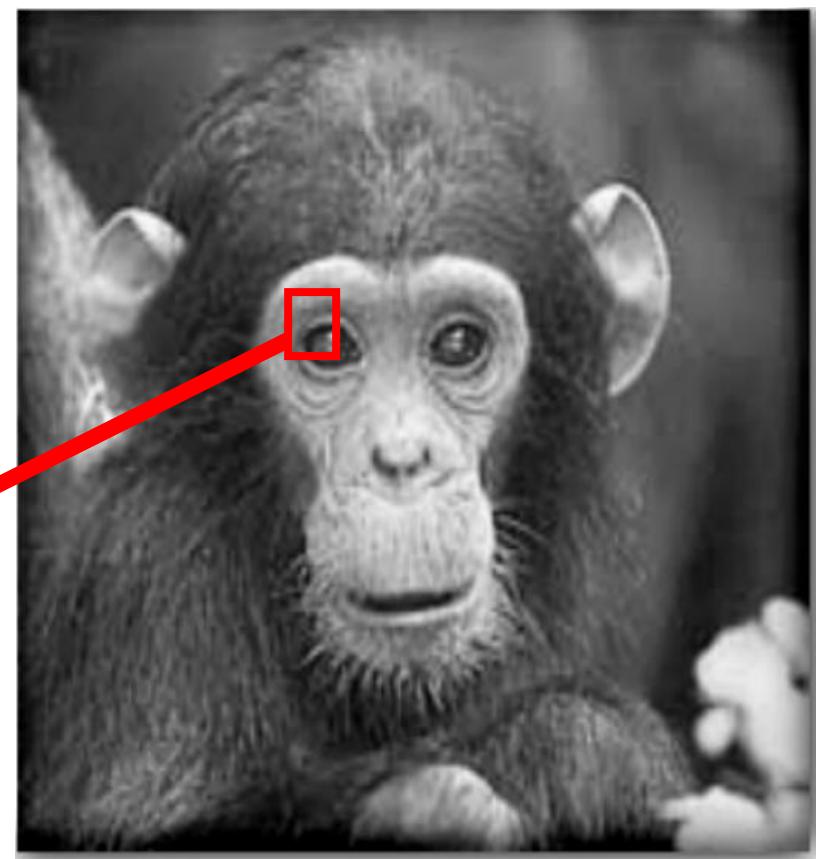
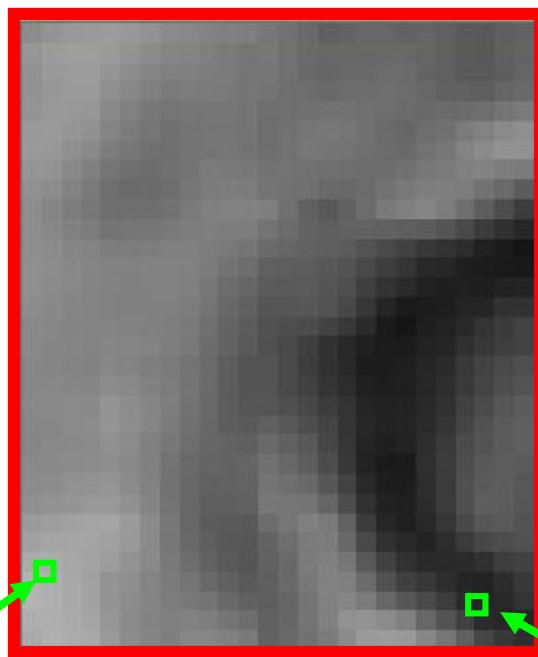
Intensidade: [0,255]

j=1

Largura

520

i=1

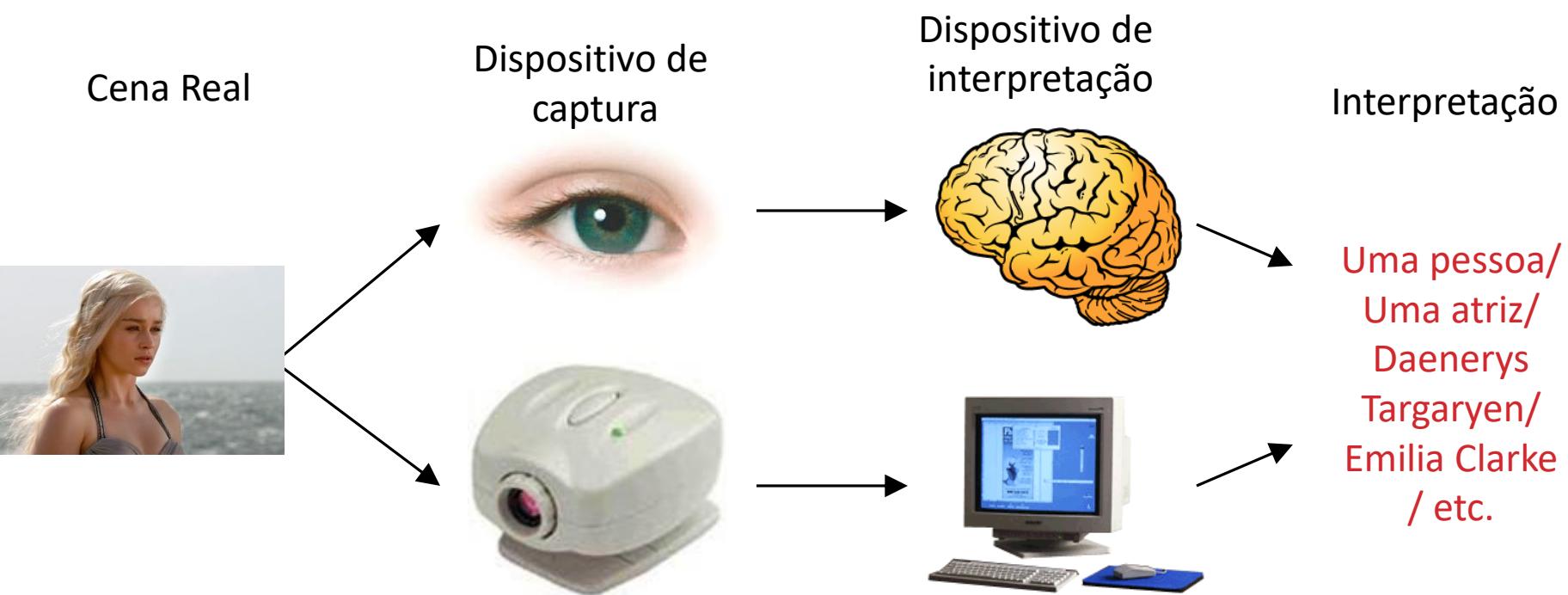


500

Altura

O PROBLEMA

- Queremos que um computador “entenda” as imagens

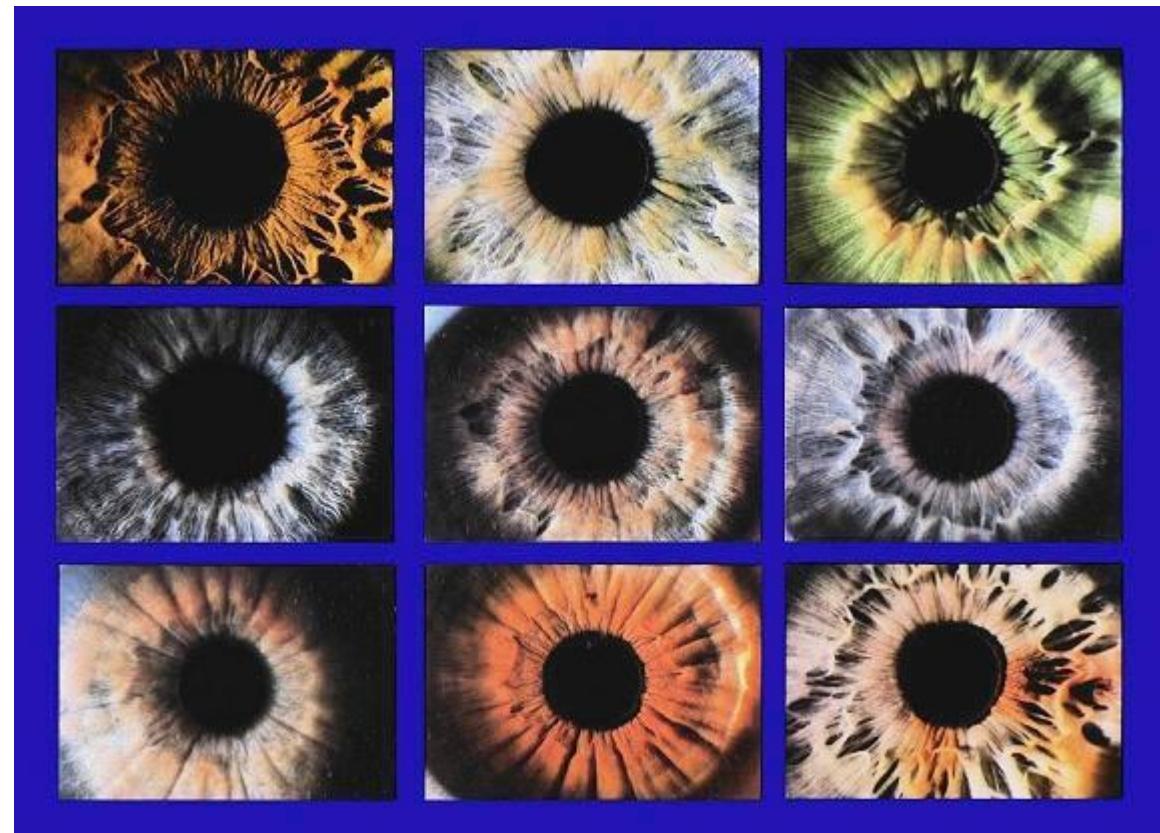
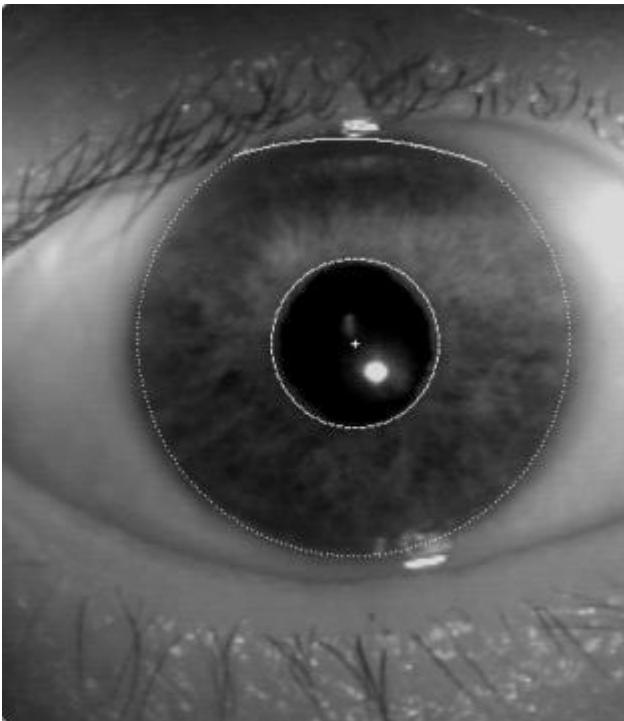


BIOMETRIA

Reconhecimento de Íris



BIOMETRIA



BIOMETRIA



Fingerprint scanners on
many new laptops,
other devices



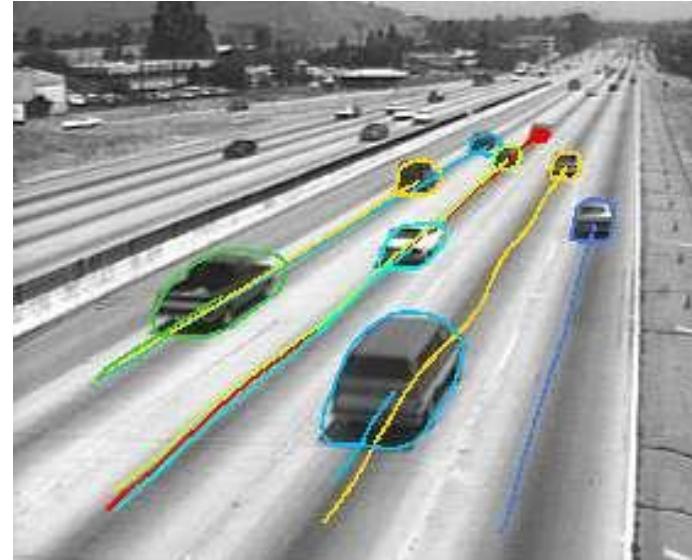
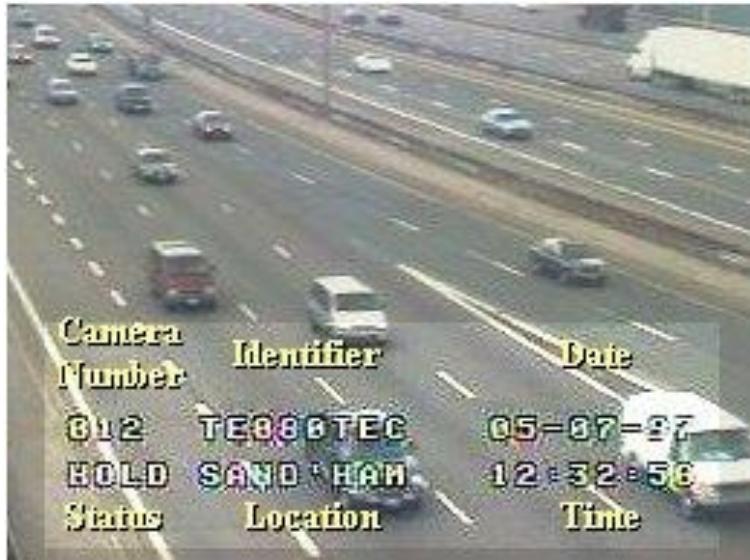
Face recognition systems now
beginning to appear more widely
<http://www.sensiblevision.com/>

Source: S. Seitz

RECONHECIMENTO DE PLACAS

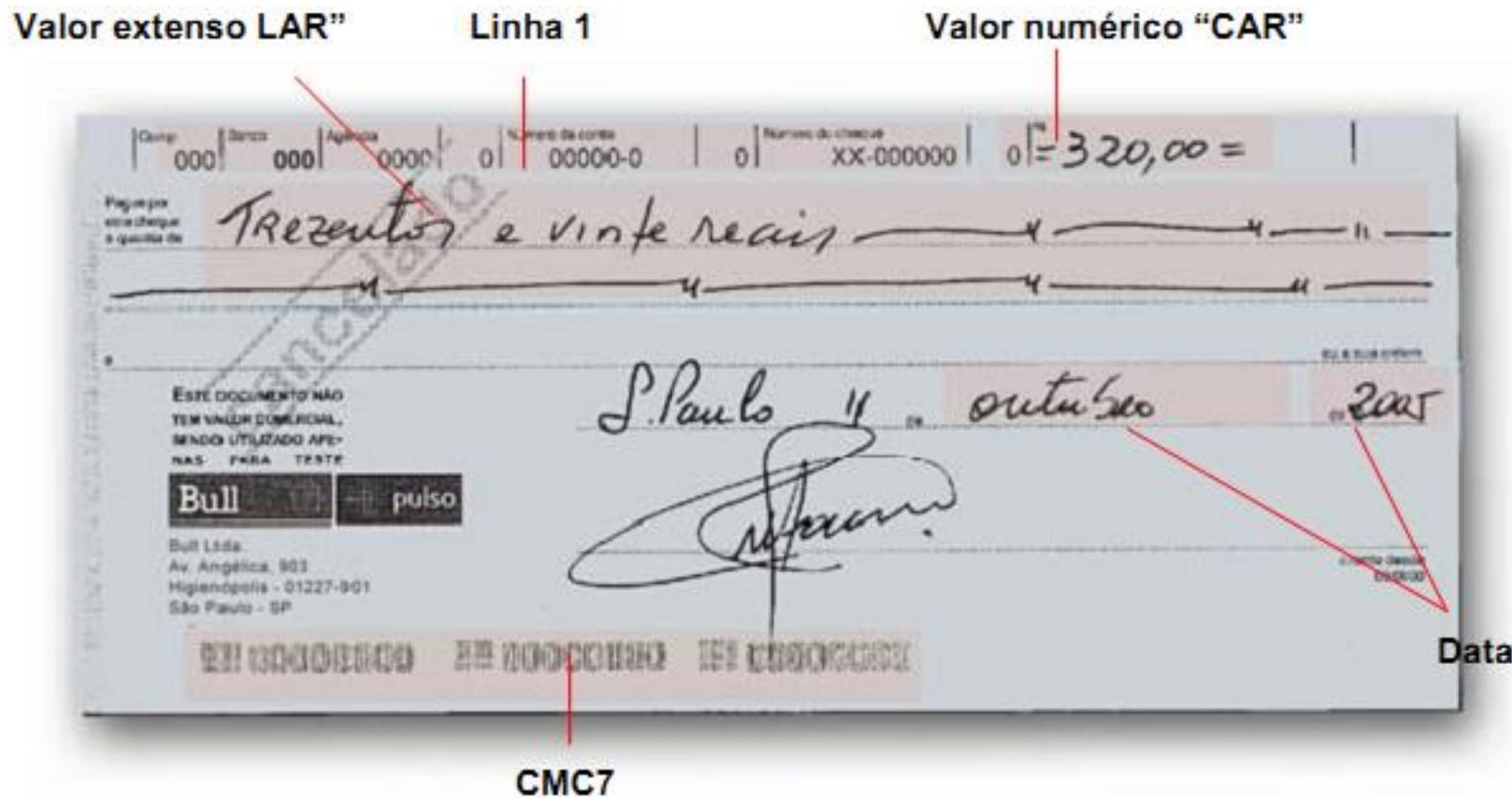


MONITORAMENTO DE TRÁFFECO



RECONHECIMENTO DE CARACTERES

- Reconhecimento de cheques



DIGITALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS

<http://arquivo.pernambuco.com/isearch/>

12. DP - Edição de 06/08/1990 - Caderno A - Página 9

... conhecimento automático de alvos, reconhecimento de voz humana, processamento de sinais de sonar (espécie...) ... o que minimiza a utilização do pessoal de processamento de dados. *o Contando com dois módulos básicos de Pa-... das redes neurais, estão as de processamento de padrões, que englobam processamento de imagem, fala...

DIARIO DE PERNAMBUCO
Recife, segunda-feira, 6 de agosto de 1990

INFORMÁTICA

Editor
Mimael
Barbosa

Secção A,
Página Nove

Impressora com três cabeças apresenta rendimento maior

Soft aplicativo já permite aprimorar controle patrimonial

A Dots - Tecnologia e Informática é a única empresa nacional fabricante de impressoras matriciais com múltiplas cabeças de impressão, está acabando de lançar dois novos modelos de impressoras, ambas com três cabeças, a Mirae 601-Pus e 701-Plus.

Os novos modelos, com capacidade de impressão de 600 e 700 cps (capacidades por segundo), respectivamente, apresentam uma alta eficiência em termos de velocidade e resolução, das classificadas na categoria de 300 linhas por minuto, com a vantagem significativa de custar 1/4 de seu preço, chegando no mesmo preço de uma impressora de 450 a 500 cps, em função da concepção de cabeças múltiplas baixar os custos eletrônicos, pois maximiza o aproveitamento de potencial maciço do equipamento.

O sistema NPY foi desenvolvido dentro dos padrões adotados pelo Centro de Desenvolvimento de Softwares Aplicativos da Consist, aproveitando ao máximo os recursos proporcionados pelo ambiente Adabas/Natural, aliando suas grandes facilidades de utilização uma ótima performance.

Para ser um sistema online, o NPY possibilita o esclarecimento de eventuais dúvidas nos procedimentos realizados, proporcionando maior rapidez na inclusão e recuperação de informações e, sendo totalmente parametrizável, o sistema ajusta-se às novas necessidades do usuário, independente de alterações, o que minimiza a utilização de pessoal de processamento de dados.

Contando com dois módulos básicos - de Patrimônio e de Seguros, o aplicativo atinge todos os bens da empresa, desde bens móveis e imóveis, até árdes, valores, contas, entre outros.

O módulo de Gestão de Patrimônio engloba o sistema de Ativo Fixo (controle de bens).

Especial destaque merece o módulo de Geração de Seguros, que facilita significativamente a gestão de seguros, contribuindo para uma melhor cobertura e economia de prêmios de seguro. Este módulo permite a confecção de mapas de risco

Dots pols, por atingirem a eficiência máxima em 81 colunas são especialmente indicadas para trabalhos que requerem utilização de formulários de largura média, enquanto os modelos 600 e 700, já em plena utilização pelo mercado, alcançam a melhor performance em 136 colunas, sendo portanto mais indicadas para trabalhos que requerem utilização em formulários grandes.

As impressoras fabricadas pela Dots por serem compactas, robustas, silenciosas e possuirem protocolo E/S compatível com a maioria dos equipamentos, são indicadas tanto para pequenos trabalhos diáários quanto para grandes volumes de relatórios mensais, podendo servir desde terminais ligados a grandes sistemas (Mainframe) até microcomputadores pessoais. Ainda disso apresentam excelente capacidade gráfica, oito tipos de capacidade de Buffer (número que equivale a 4 vezes a capacidade normal de qualquer impressora matricial comum), e que permite uma maior otimização na comunicação computador/impressora. Conta ainda com cartuchos que fazem com que a fita seja utilizada de forma mais eficiente.

As Redes Neurais chegaram!

Rildo Pragana

Poucos ramos do conhecimento humano atraem, atualmente, uma variedade de especialistas tão grande - e em tal intensidade - como as redes neurais (ou neurônios). Uma combinação de mecanismos aparentemente ingênuos (um artigo anterior do autor, publicado no DIARIO DE PERNAMBUCO de 16/10/89 mostra os fundamentos destes mecanismos) os redes neurais conseguem imitar com muita propriedade o "raciocínio" que antes se supunha exclusivo dos seres humanos. Uma rede neural consegue executar suas funções dependendo essencialmente da topologia (maneira como são interligados os elementos constituintes) e da "força" de cada ligação entre neurônios. A topologia é fixada pelo modelo de rede neural adotado, sendo algumas configurações notáveis, como a de Hopfield, com feedback (retroalimentação) entre os neurônios, e sistemas de "caminhos" mesmo em situações das quais o sistema foi "treinado". Esta característica é fundamental quando o problema significa reconhecer um sinal envolto de ruídos, ou a "retina de silício" de Macat, onde somente os vizinhos são interligados. Os pesos (a "força" mencionada acima) de cada conexão são definidos no processo de aprendizado. Uma vez que a rede neural foi treinada, ela é capaz de agir, tomar decisões, produzir saídas para seus estímulos, de forma bem semelhante ao sistema nervoso de um animal ou do próprio

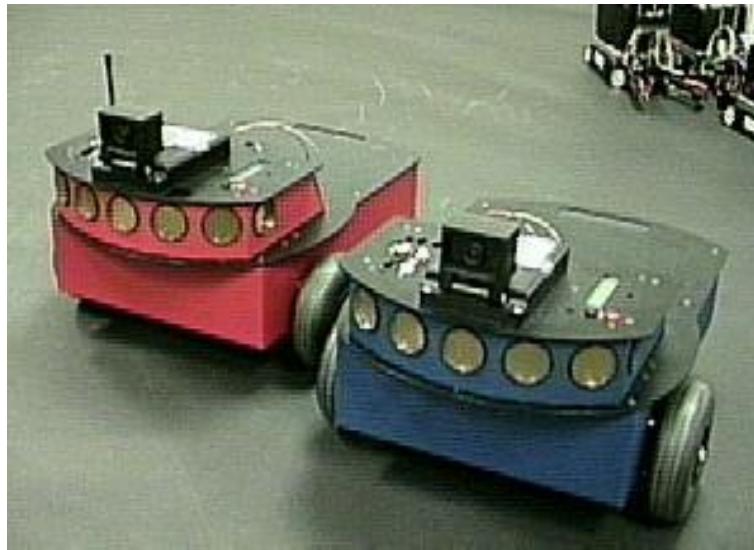
banco, capaz de classificar o risco em operações de crédito, de forma mais precisa e menos complexa que os sistemas especialistas com regras, visto-se por exemplo Marose, R. A. - "A Financial Neural-Network Application" AI Expert 5(5):50-53, 1990. A Agência de Projetos Avançados do Departamento de Defesa Norte-Americano (DARPA - United States Defense Advanced Research Projects Agency) escolheu quatro áreas de aplicação para avaliar os resultados do uso da tecnologia de redes neurais: reconhecimento automático de alvos, raciocínio de voz humana, processamento de sinais de radar, e classificação de danos sonoras, instaurado em navios e submarinos) e tratamento de sinais sísmicos. Uma das características mais impressionantes dos sistemas baseados em redes neurais, é a sua capacidade de generalizar e interpolar, permitindo conclusões mesmo em situações das quais o sistema foi "treinado". Esta característica é fundamental entre as mais promissoras aplicações das redes neurais, as de processamento de padrões que englobam processamento de imagem, fala humana, conhecimento inato ou aprimorado, linguagem natural, otimização, entre outros. Alguns outros problemas tradicionalmente numéricos, como o cálculo de integrais de convolução ou a filtragem Gaussiana de imagens, são resolvidos com vantagens por redes neurais. Se bem que um hardware dedicado resolva melhor este tipo de problema, a rede neural possui a vantagem de ser usada na simulação em sistemas de grau moderado de complexidade) o que trouxe suficiente motivação para que alguns circuitos VLSI fossem desenvolvidos na tentativa de se obter uma rede neural em hardware. Uma das maiores dificuldades reside na dificuldade de armazenarmos os pesos das conexões, pois não existem memórias analógicas disponíveis. Colocar resistores como pesos das conexões pode resolver no caso de um sistema previamente treinado, com aprendizado "congelado". O armazenamento digital dos pesos é muito caro, pois cresce com o número de conexões entre neurônios e não com o número de neurônios existentes. Uma solução interessante parece ser o uso de aritmética de pulsos, no cálculo dos pesos (veja-se Myray, A. F. - "Pulse Arithmetic in VLSI Neural Networks" IEEE Micro 9(6):64-74, 1989).

entre as mais promissoras aplicações das redes neurais, as de processamento de padrões que englobam processamento de imagem, fala humana, conhecimento inato ou aprimorado, linguagem natural, otimização, entre outros. Alguns outros problemas tradicionalmente numéricos, como o cálculo de integrais de convolução ou a filtragem Gaussiana de imagens, são resolvidos com vantagens por redes neurais. Se bem que um hardware dedicado resolva melhor este tipo de problema, a rede neural possui a vantagem de ser usada na simulação em sistemas de grau moderado de complexidade) o que trouxe suficiente motivação para que alguns circuitos VLSI fossem desenvolvidos na tentativa de se obter uma rede neural em hardware. Uma das maiores dificuldades reside na dificuldade de armazenarmos os pesos das conexões, pois não existem memórias analógicas disponíveis. Colocar resistores como pesos das conexões pode resolver no caso de um sistema previamente treinado, com aprendizado "congelado". O armazenamento digital dos pesos é muito caro, pois cresce com o número de conexões entre neurônios e não com o número de neurônios existentes. Uma solução interessante parece ser o uso de aritmética de pulsos, no cálculo dos pesos (veja-se Myray, A. F. - "Pulse Arithmetic in VLSI Neural Networks" IEEE Micro 9(6):64-74, 1989).

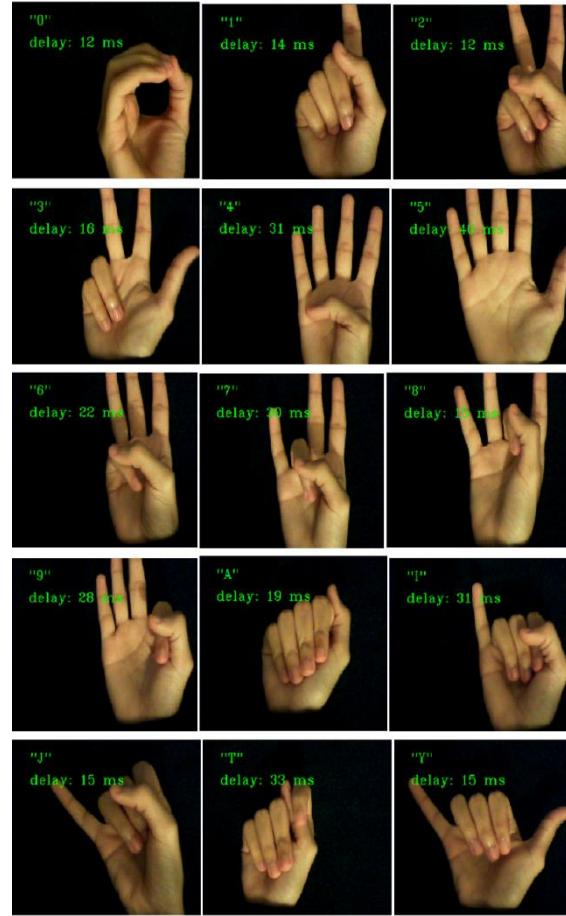
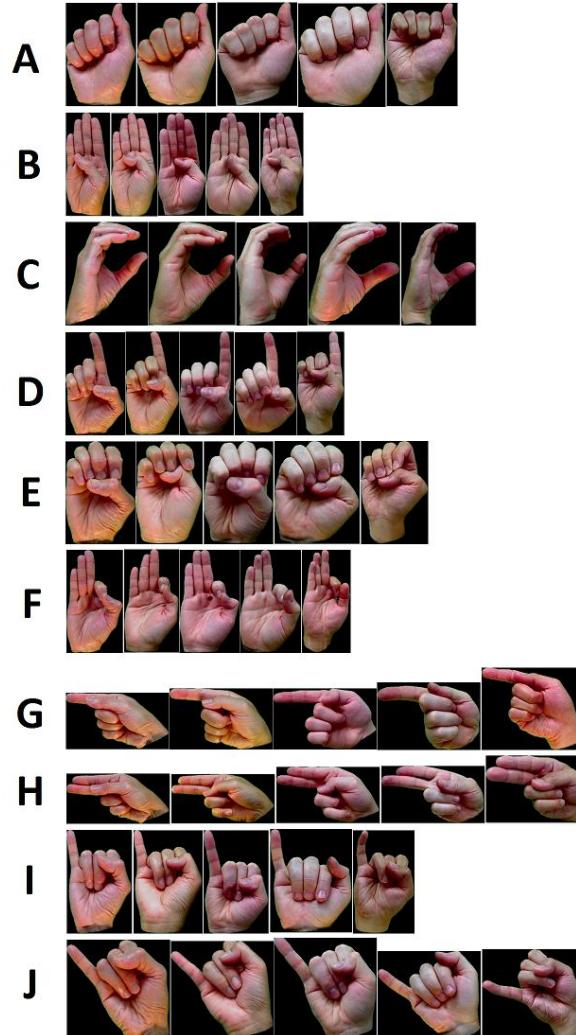
TRADUÇÃO DE TEXTOS



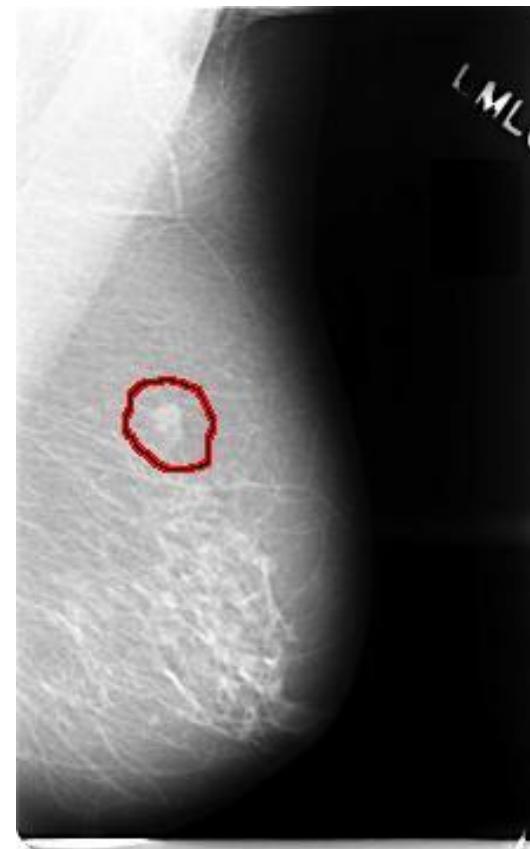
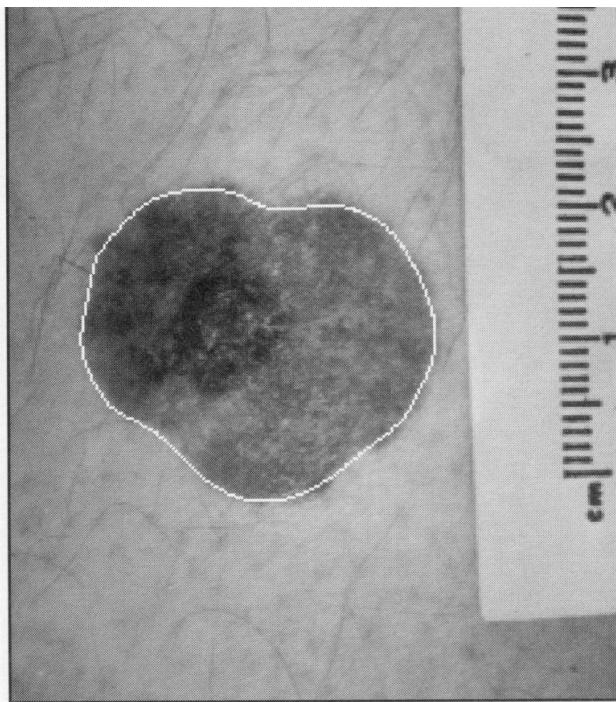
VEÍCULOS AUTÔNOMOS



RECONHECIMENTO DE GESTOS



IMAGENS MÉDICAS



DIAGNÓSTICO DE CÂNCER

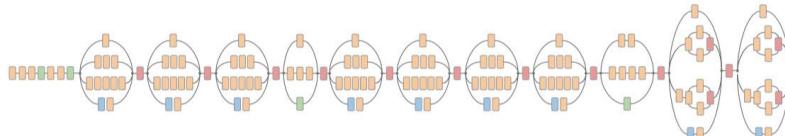
Nível de diagnóstico de câncer
no mesmo nível que especialistas
humanos.



Skin lesion image



Deep convolutional neural network (Inception v3)



- Convolution
- AvgPool
- MaxPool
- Concat
- Dropout
- Fully connected
- Softmax

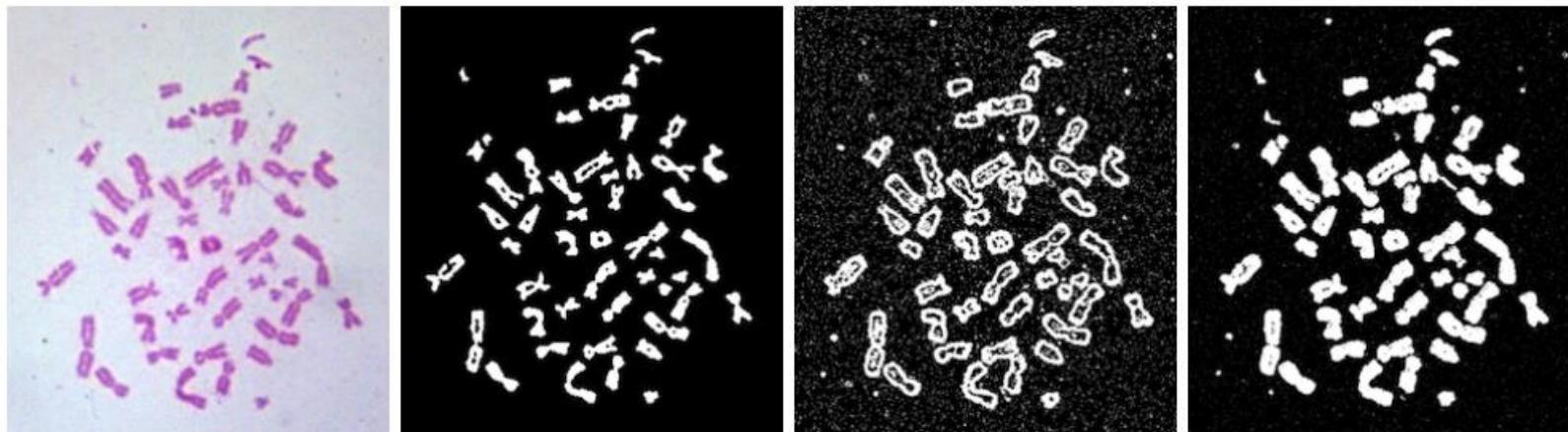
Training classes (757)

- Acral-lentiginous melanoma
- Amelanotic melanoma
- Lentigo melanoma
- ...
- Blue nevus
- Halo nevus
- Mongolian spot
- ...

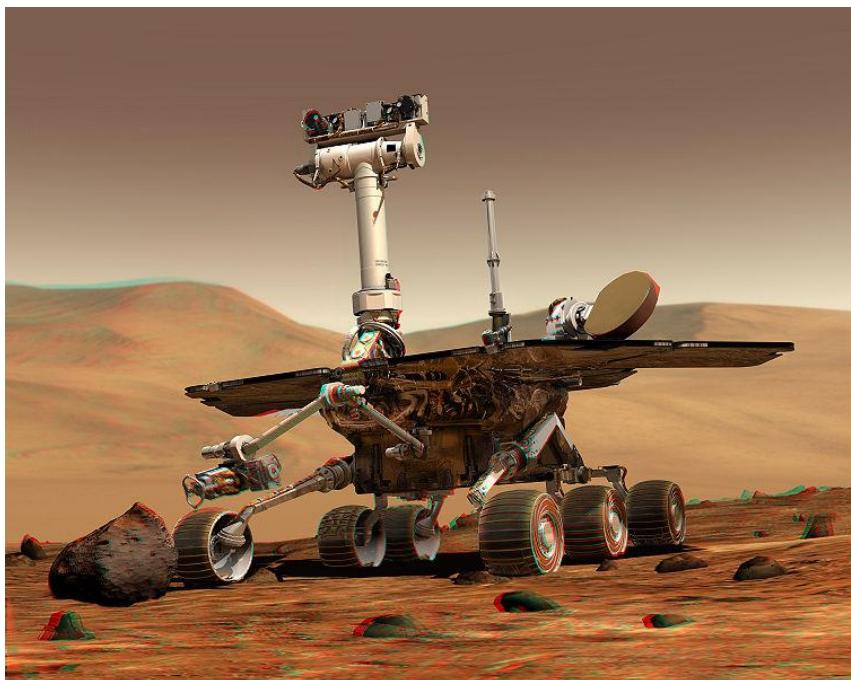
Inference classes (varies by task)

- 92% malignant melanocytic lesion
- 8% benign melanocytic lesion

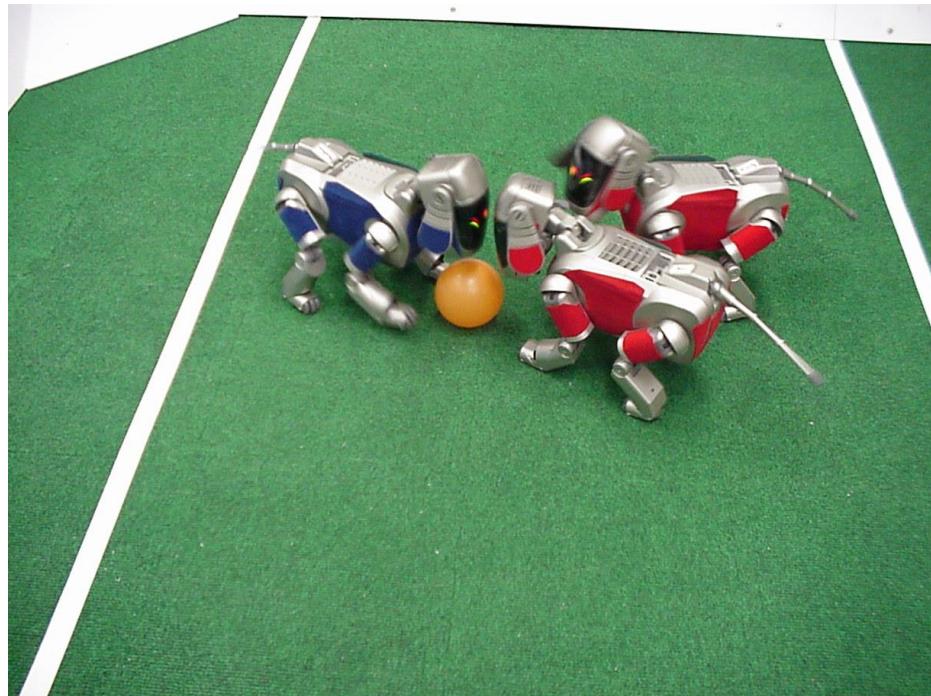
IMAGENS MICROSCÓPICAS



ROBÓTICA

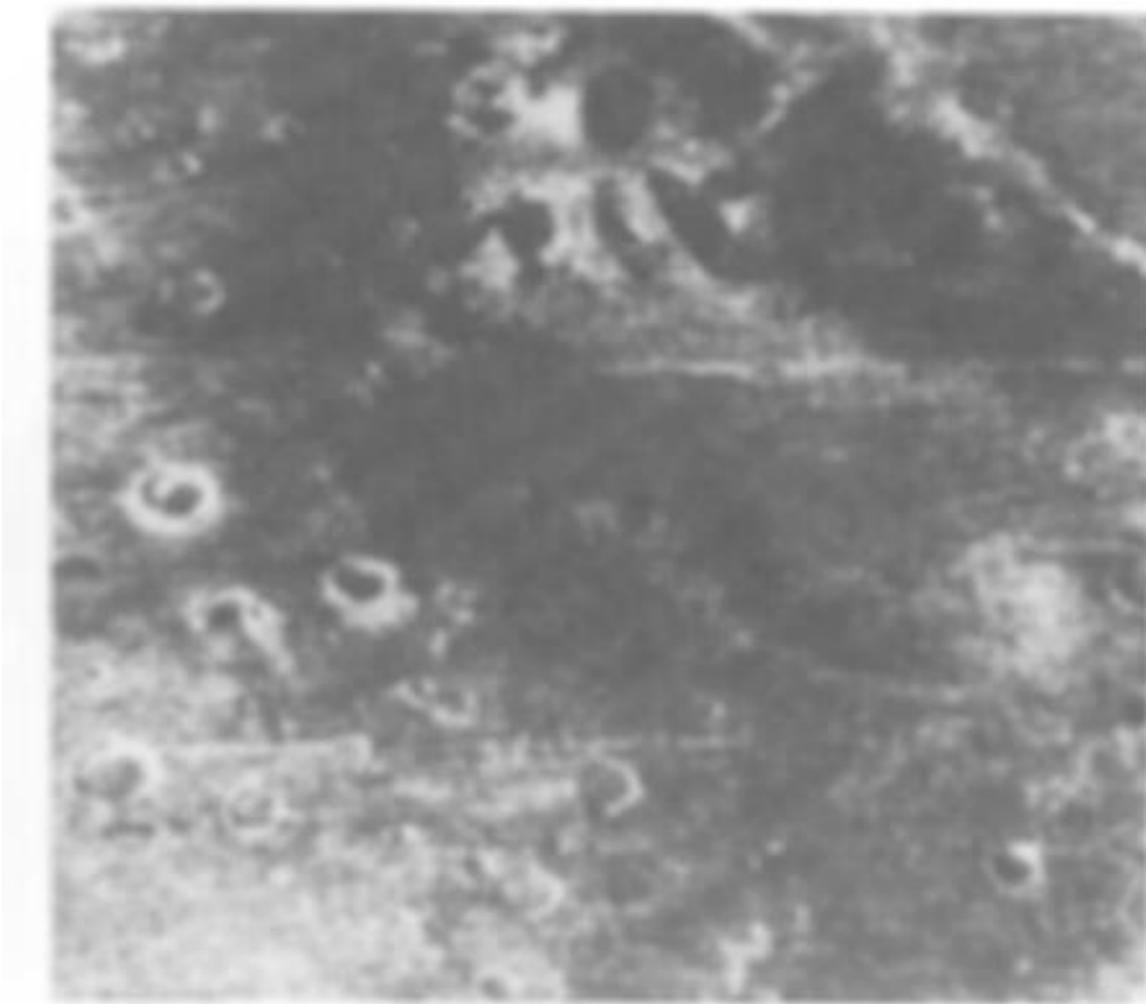


NASA's Mars Spirit Rover
http://en.wikipedia.org/wiki/Spirit_rover

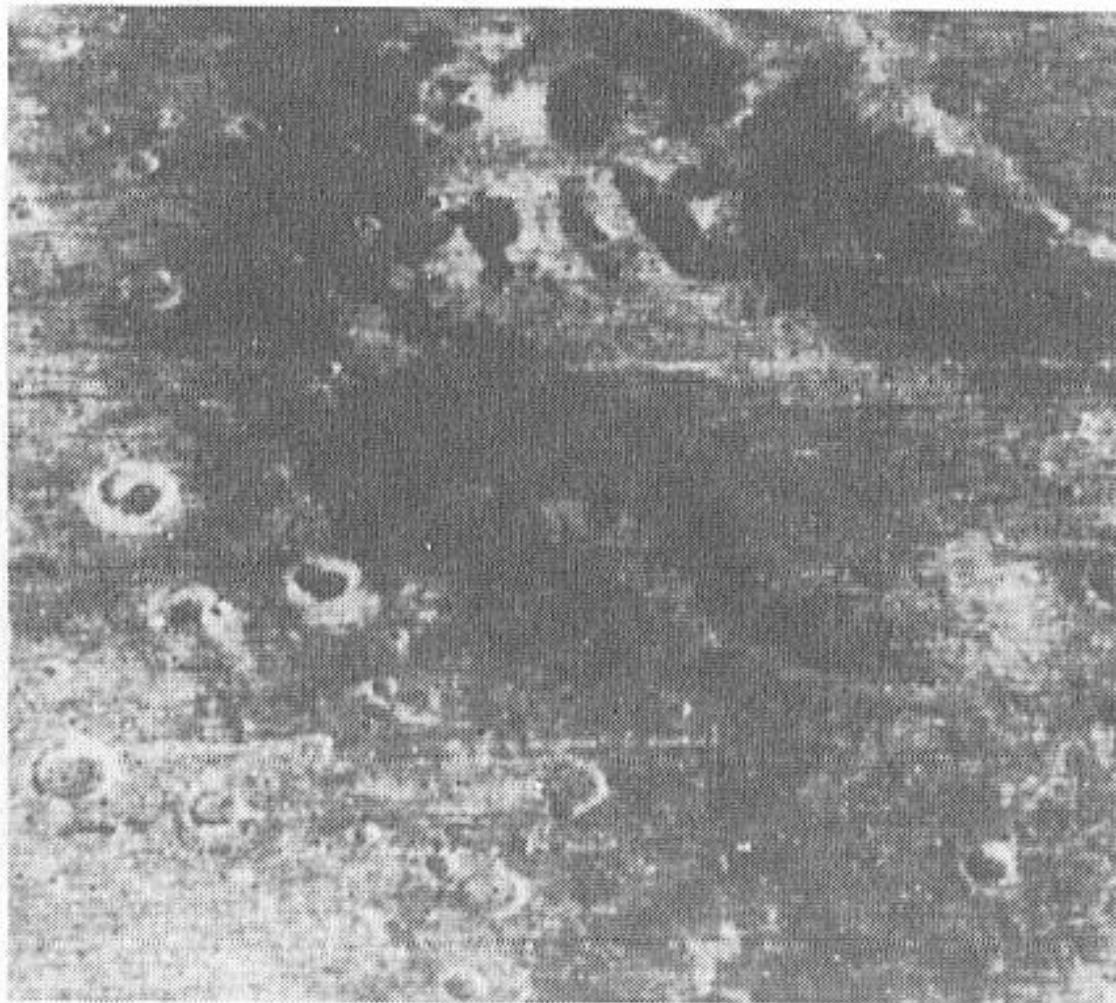


<http://www.robocup.org/>

IMAGENS ESPACIAIS: SUPERFÍCIE DE MARTE



IMAGENS ESPACIAIS: FILTRAGEM REDUZ RUÍDOS DE TRANSMISSÃO.



RECUPERAÇÃO DE IMAGENS

- Imagem sobreposta e deslocada

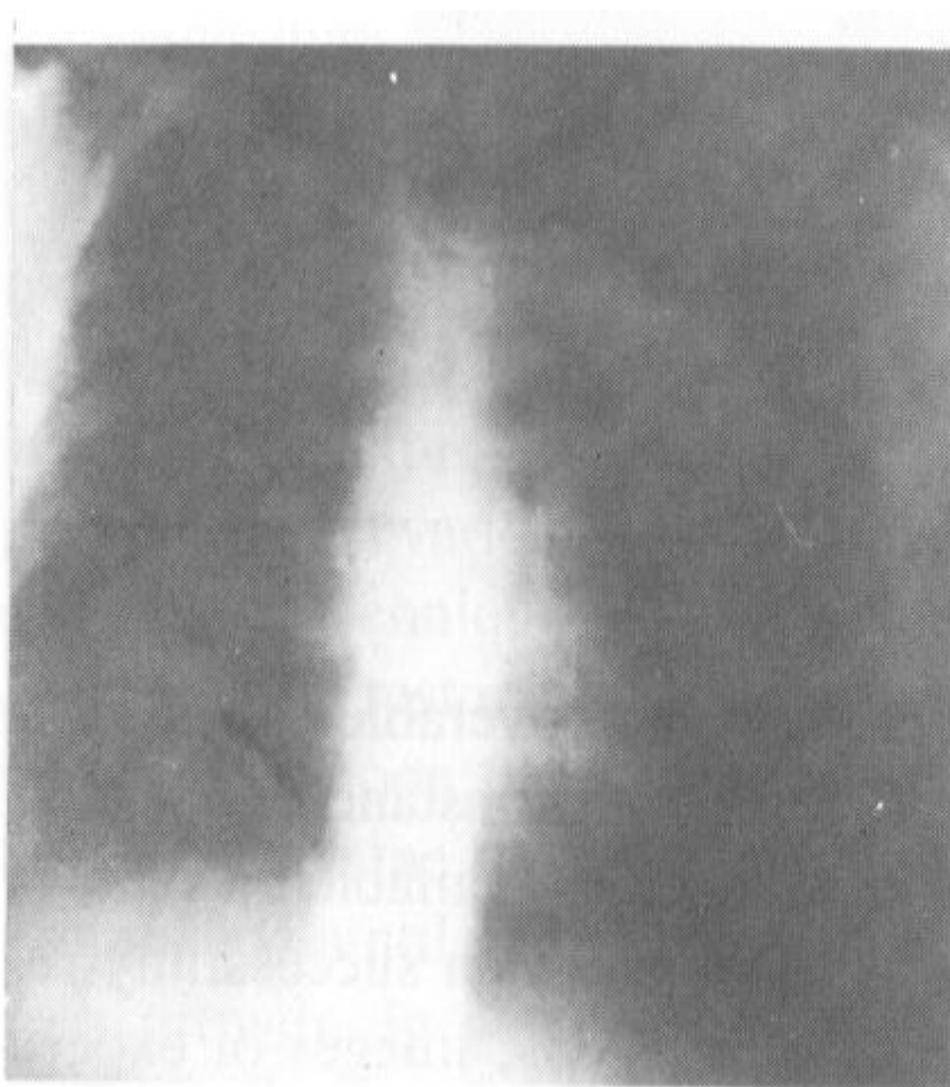


(e)

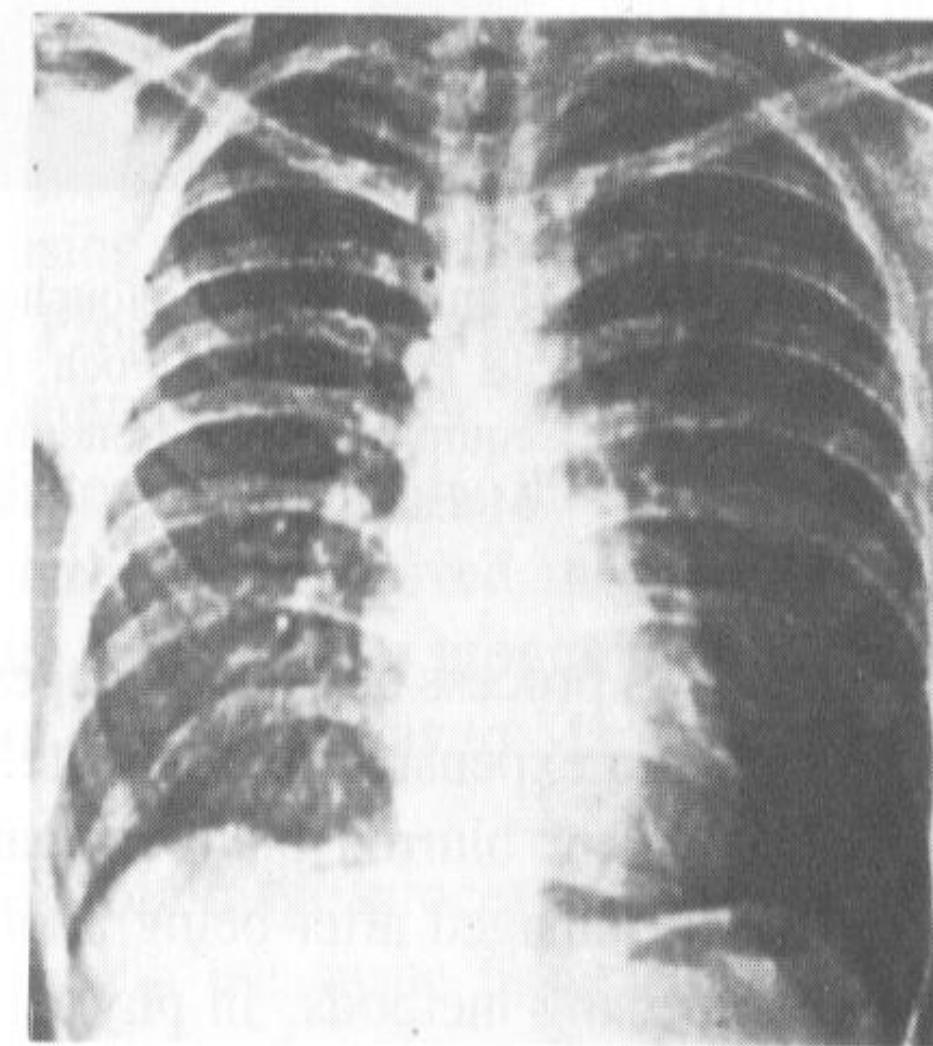
IMAGEM FILTRADA



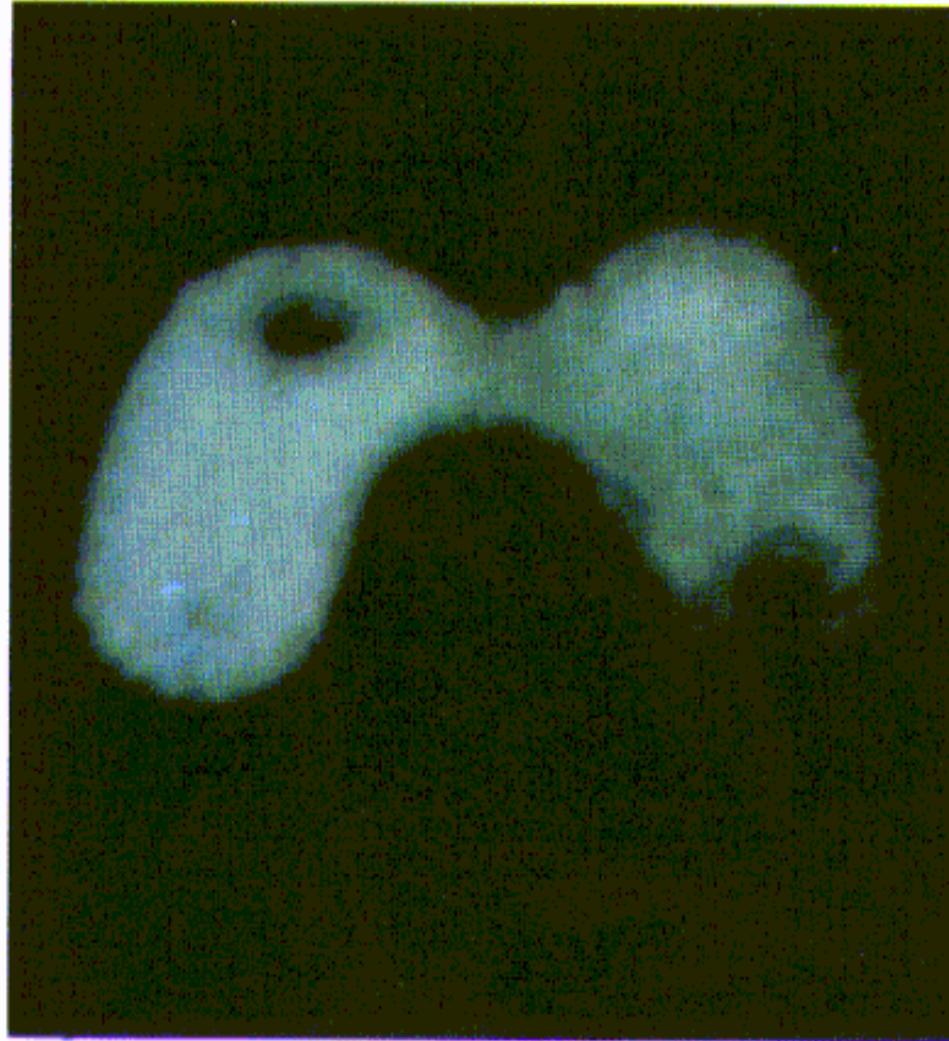
IMAGENS MÉDICAS: RAIO-X DE TÓRAX



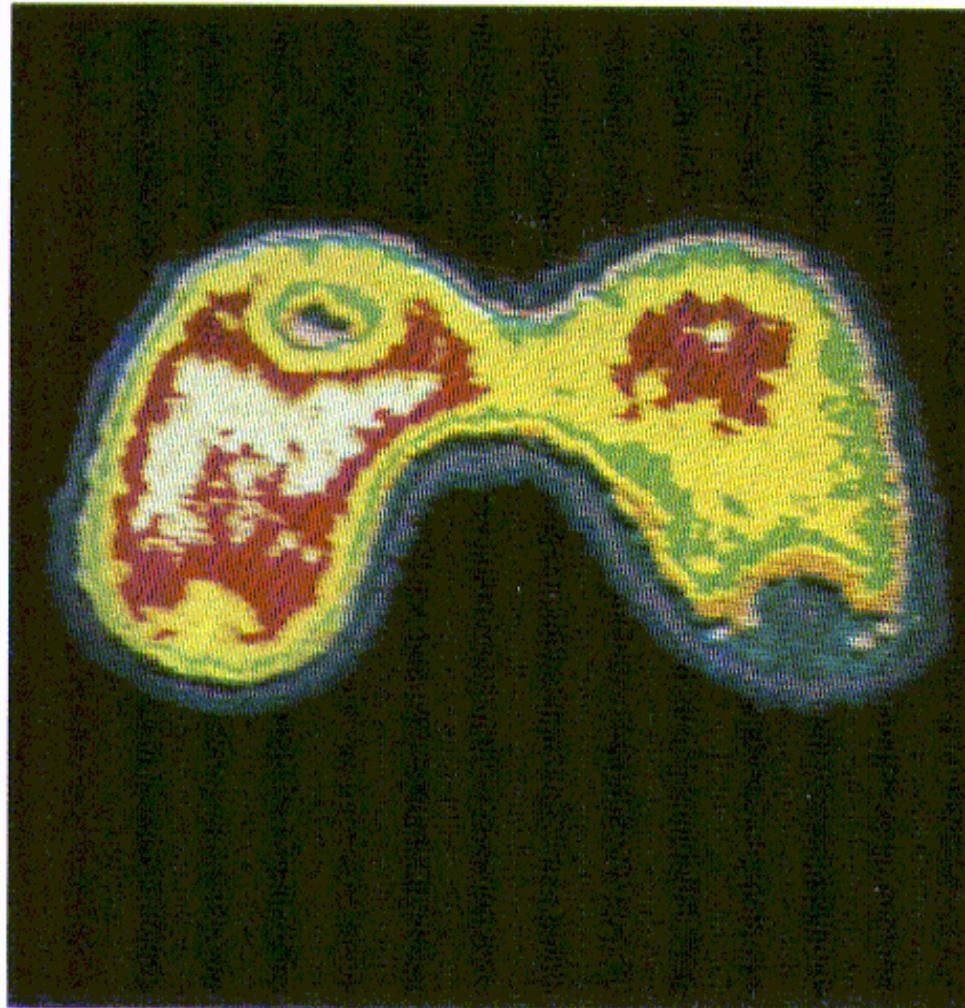
IMAGENS MÉDICAS: CONTRASTE E CONTORNO MELHORADOS



IMAGENS MÉDICAS: IMAGEM TOMOGRÁFICA MONOCROMÁTICA



IMAGENS MÉDICAS: CONTRASTE E CONTORNO MELHORADOS



2D Face Detection



Face Recognition



SEGMENTAÇÃO

