

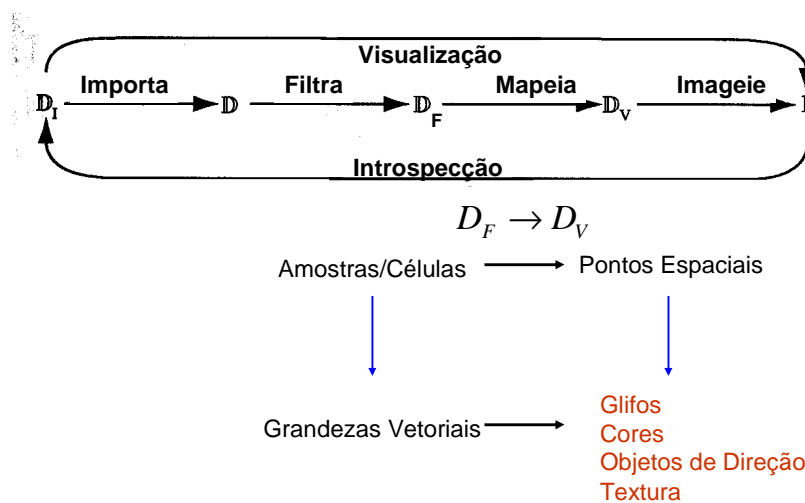
IA369P – Tópicos em Engenharia de Computação VI

Visualização de Informação: Algoritmos

Visualização de Vetores

Capítulo 6 do livro-texto Telea
Capítulos 5,6 de Colin Ware

Modelo Conceitual



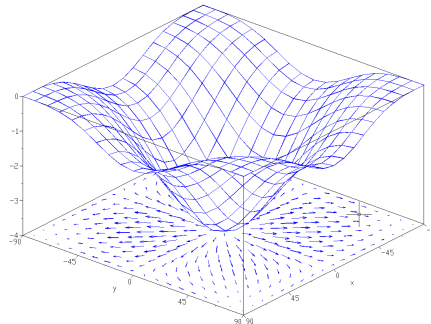
Cálculo Vetorial

Operador Gradiente

- O **gradiente** é a alteração no valor de uma **quantidade escalar** $f(x,y,z)$ por unidade de espaço.

$$\text{grad}f = \nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{k}$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ versores dos eixos
coordenados cartesianos



IA369P – 2s2009 - Ting

Cálculo Vetorial

Operador Nabla ∇

- O operador **nabla** aplicado sobre uma **grandeza vetorial** $\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k}$ por unidade de espaço.

$$\begin{aligned} \text{grad}\vec{F} = \nabla\vec{F} &= \frac{\partial \vec{F}}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \vec{F}}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \vec{F}}{\partial z} \vec{k} = & \vec{i}\vec{i} = \vec{j}\vec{j} = \vec{k}\vec{k} = -1 \\ & & \vec{i}\vec{j} = \vec{k} \\ & & \vec{j}\vec{k} = \vec{i} \\ & & \vec{k}\vec{i} = \vec{j} \\ & = -\left(\frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}\right) + \\ & \left(\frac{\partial F_z}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial z}\right)\vec{i} + \left(\frac{\partial F_x}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial x}\right)\vec{j} + \left(\frac{\partial F_y}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial y}\right)\vec{k} \end{aligned}$$

Quatérnios (Hamilton, 1853)

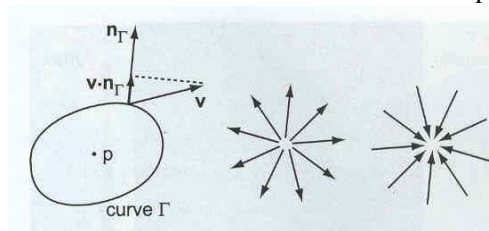
IA369P – 2s2009 - Ting

Cálculo Vetorial

Operador Divergência

- A **divergência** é um operador que mede a magnitude de "fonte" ou "sorvedouro" de um campo vetorial em um dado ponto, isto é, ele pode ser entendido como um escalar que mede a dispersão ou divergência dos vetores do campo num determinado ponto.

$$\operatorname{div} \vec{F} = \nabla \cdot \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z} = \lim_{\Gamma \rightarrow 0} \int_{\Gamma} (\vec{v} \cdot \vec{n}_{\Gamma}) ds$$



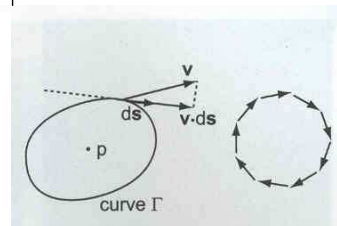
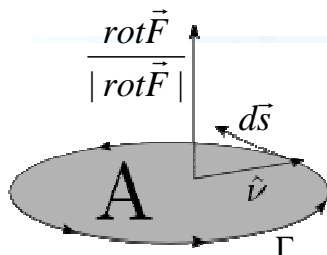
IA369P – 2s2009 - Ting

Cálculo Vetorial

Operador Rotacional

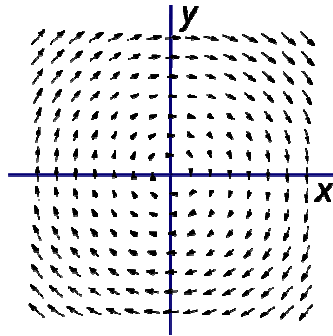
- O **rotacional** de um campo vetorial \vec{F} caracteriza a velocidade e a direção da circulação desse campo vetorial, por unidade de área, em torno do eixo perpendicular ao plano de circulação.

$$\operatorname{rot} \vec{F} = \nabla \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = \lim_{\Gamma \rightarrow 0} \frac{1}{|\Gamma|} \int_{\Gamma} \vec{v} \cdot d\vec{s}$$

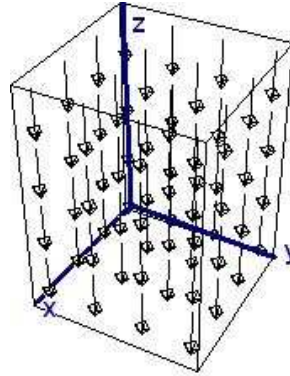


IA369P – 2s2009 - Ting

Cálculo Vetorial Operador Rotacional



$$\vec{F}(x, y, z) = y\vec{i} - x\vec{j}$$



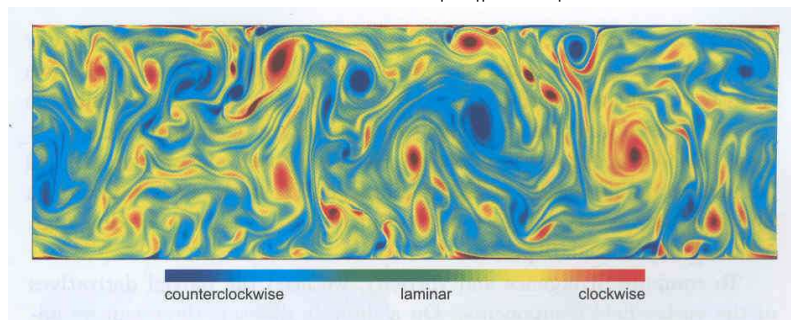
$$\nabla \times \vec{F} = -2\vec{k}$$

IA369P – 2s2009 - Ting

Vorticidade

- Um **vórtex** é um escoamento giratório onde as linhas de corrente apresentam um padrão circular ou espiral.

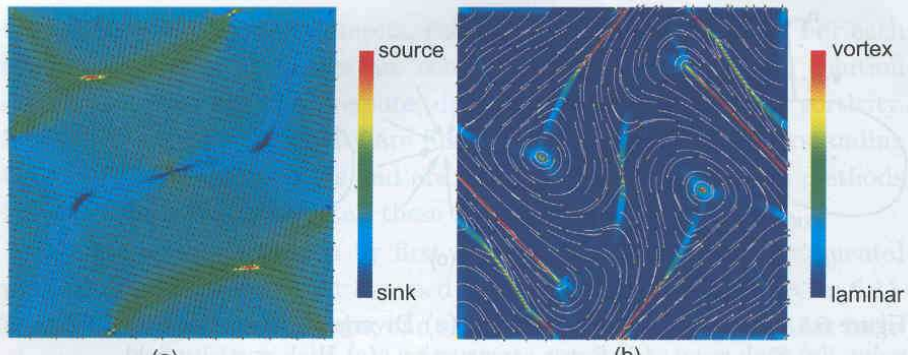
$$\text{vorticidade} = \frac{\vec{v} \bullet \text{rot}\vec{v}}{|\vec{v}| |\text{rot}\vec{v}|}$$



IA369P – 2s2009 - Ting

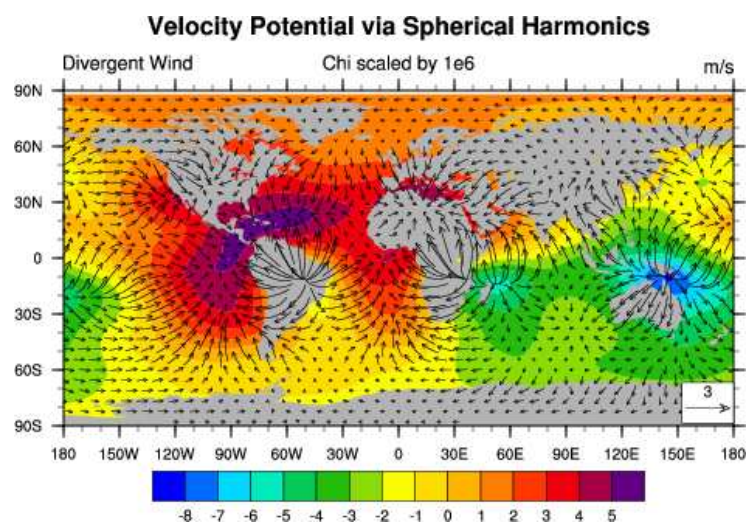
Componentes de um Campo Vetorial

- Divergência
- Rotacional



IA369P – 2s2009 - Ting

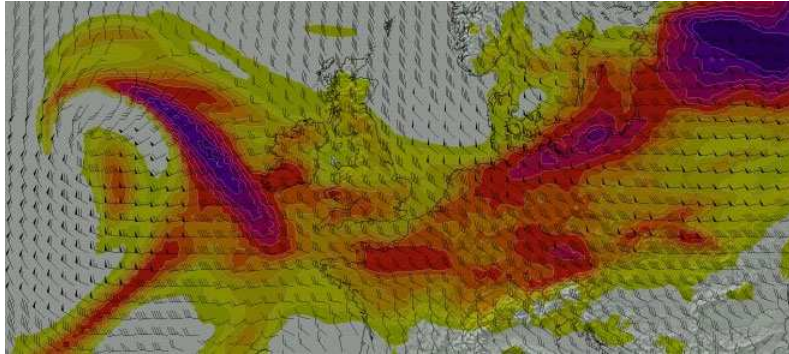
Componentes de um Campo Vetorial



IA369P – 2s2009 - Ting

Helicidade

- **Meteorologia: helicidade** refere-se aos movimentos convectivos helicoidais verticais quando há sobreposição de ar frio e seco sobre ar quente e úmido. Tempestades severas tendem a ocorrer em ambientes com elevados valores de helicidade.



IA369P – 2s2009 - Ting

Exercícios

1. Dado um campo escalar $f(x, y, z) = x^2 y + yz$ determine o seu gradiente.
2. Dado um campo vetorial

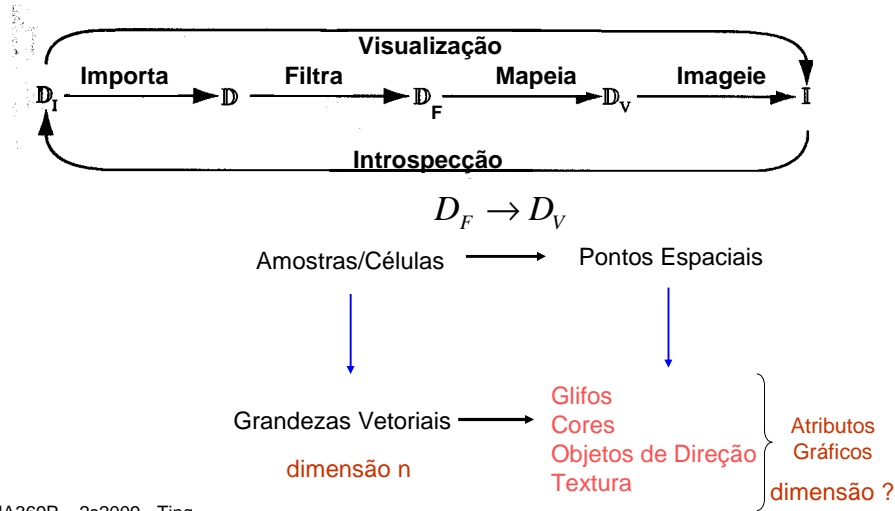
$$\vec{F}(x, y, z) = -x^2 \vec{j}$$

Determine a divergência e o rotacional deste campo.

3. Qual é a relação entre turbulência e vorticidade? E a relação entre helicidade e tempestades severas?
4. Como se estimam as derivadas parciais necessários para determinar os componentes dos campos vetoriais?

IA369P – 2s2009 - Ting

Modelo Conceitual



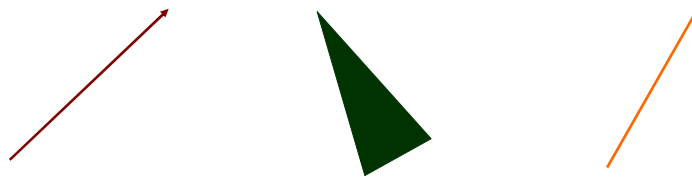
IA369P – 2s2009 - Ting

Dimensionalidade dos atributos gráficos	Visual variable	Dimensionality	Comment
	Spatial position of glyph	3 dimensions: X, Y, Z.	
	Color of glyph	3 dimensions: defined by color opponent theory.	Luminance contrast is needed to specify all other graphical attributes.
	Shape	2-3? Dimensions unknown.	The dimensions of shape that can be rapidly processed are unknown. However, evidence suggests that size and degree of elongation are two primary ones.
	Orientation	3 dimensions: corresponding to orientation about each of the primary axes.	Orientation is not independent of shape. One object can have rotation symmetry with another.
	Surface texture	3 dimensions: orientation, size, and contrast.	Not independent of shape or orientation. Uses up one color dimension.
	Motion coding	2-3? Dimensions largely unknown, but phase may be useful.	
	Blink coding: The glyph blinks on and off at some rate.	1 dimension.	Motion and blink coding are highly interdependent.

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos

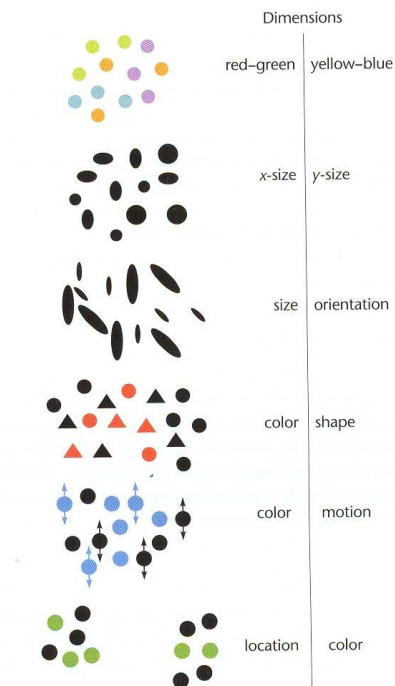
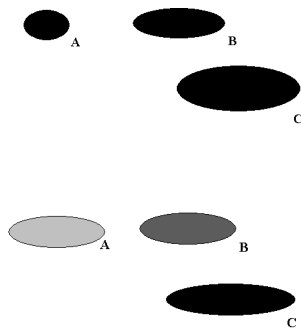
- **Grafema:** elemento gráfico primitivo indetectável por neurônios visuais.
- **Glifo:** ícone cuja aparência gráfica varia conforme os múltiplos atributos da amostra que ele representa.
 - Atributos de um vetor: direção, orientação, magnitude, vorticidade, divergência, rotacional, helicidade.



IA369P – 2s2009 - Ting

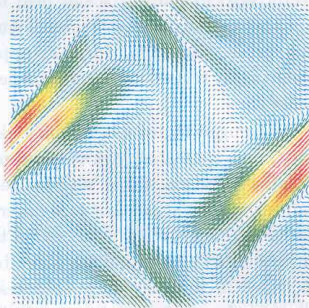
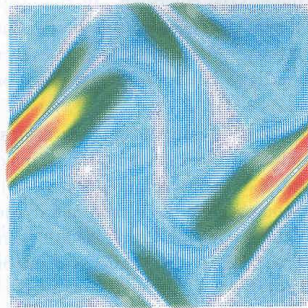
Glifos

Atributos gráficos
separáveis e integráveis



IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos



Segmentos

$$l = (x)(x + k\vec{v})$$

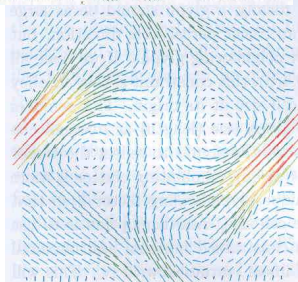
$k\vec{v}$ (2D)

x

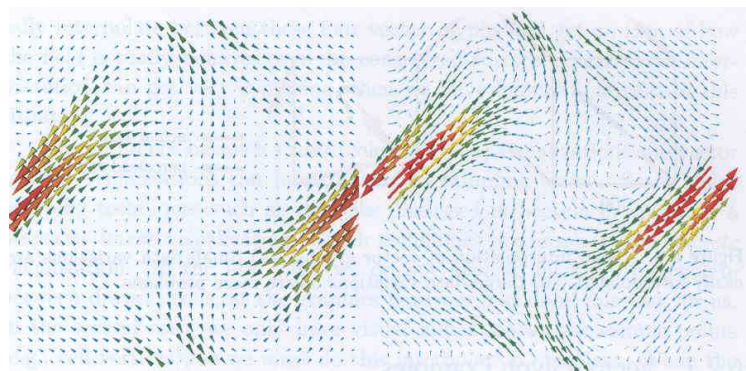
$k \rightarrow \text{cor}$

Campo de velocidade em
um simulação de
Magnetohidrodinâmica

IA369P – 2s2009 - Ting



Mapeamento em Glifos

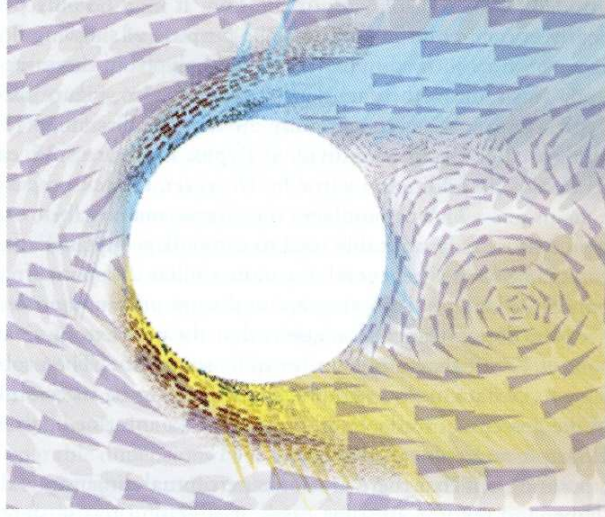


Cones

Setas

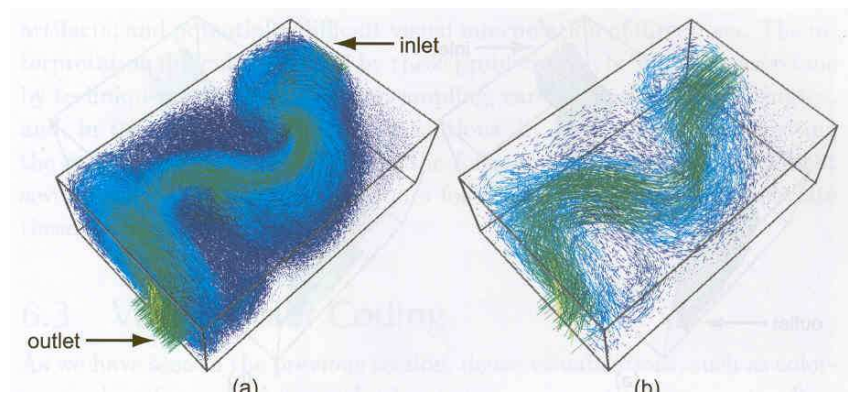
IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos



IA369P – 2s2009 - Ting

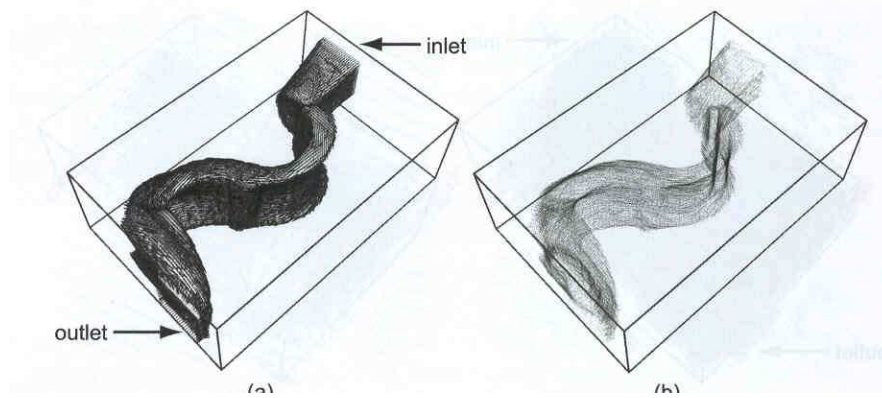
Mapeamento em Glifos Vetores 3D



IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos

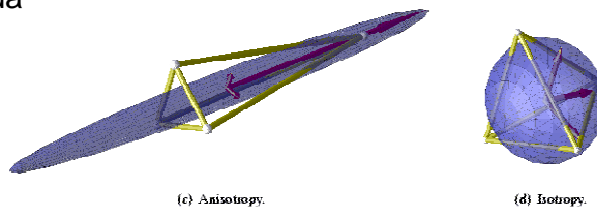
Vetores 3D



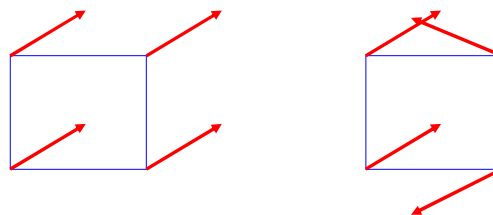
IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos

- Quantidade de atributos codificados X área mínima ocupada



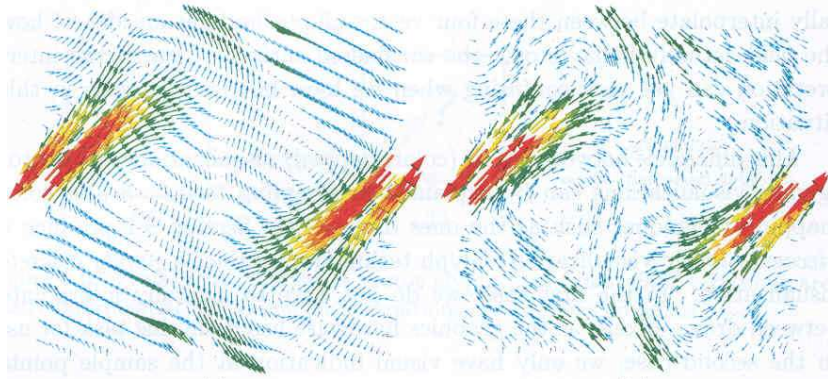
- Simplicidade da função perceptual inversa X taxa de amostragem



IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Glifos

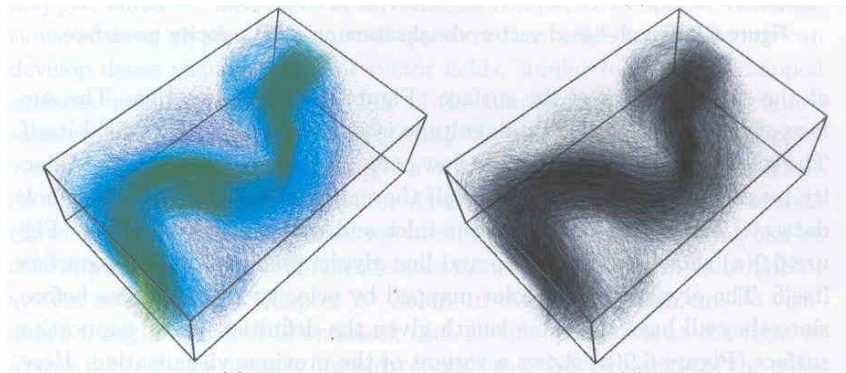
- Regularidade na amostragem X Representatividade



IA369P – 2s2009 - Ting

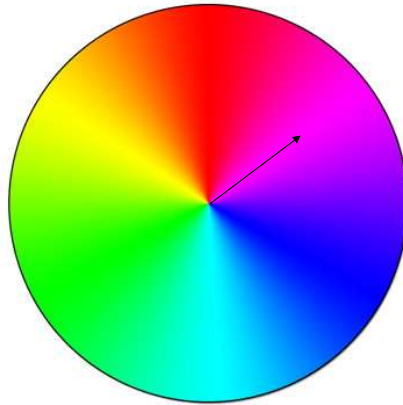
Mapeamento em Glifos

- Oclusão (Vetores 3D)



IA369P – 2s2009 - Ting

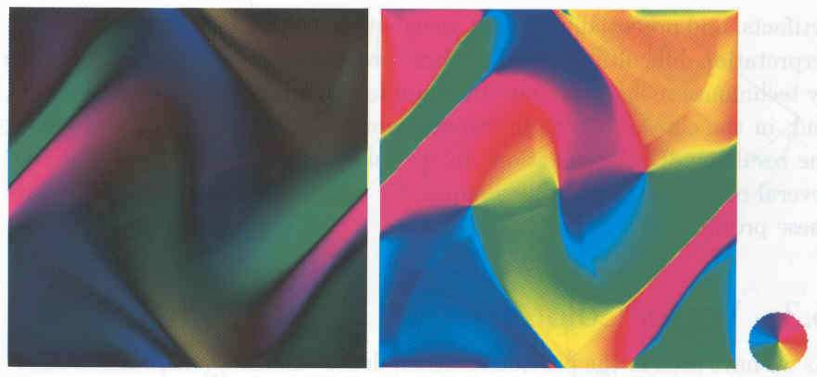
Mapeamento em Cores Vetores 2D



Orientação → matiz
Magnitude → valor

IA369P – 2s2009 - Ting

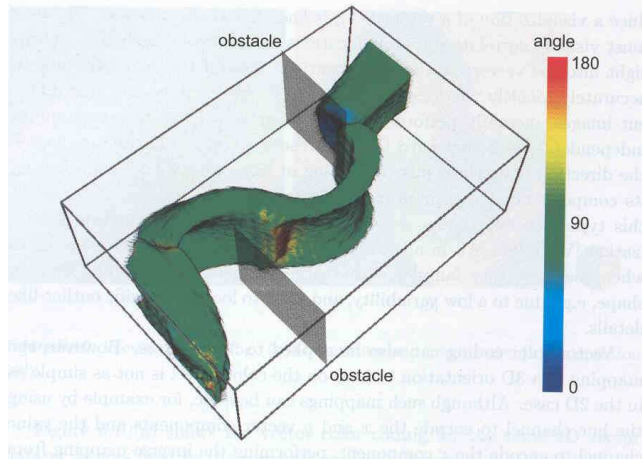
Mapeamento em Cores Vetores 2D



IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Cores

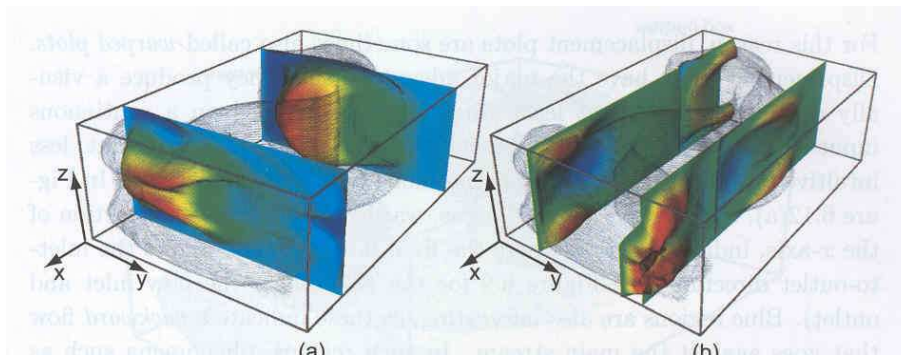
Vetores 3D há mais “componentes” → características particulares



IA369P – 2s2009 - Ting

$$\alpha = \arccos \frac{\vec{n} \cdot \vec{v}}{|\vec{v}|}$$

Mapeamento em Função de Deslocamento



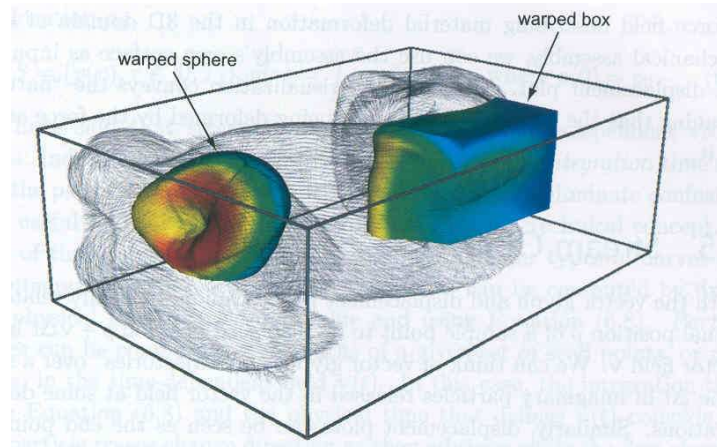
Planos

$$x' = x + k\vec{v}$$

fator de deslocamento → cor

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Função de Deslocamento



Utilizar a geometria do objeto de interesse como referência

IA369P – 2s2009 - Ting

Exercícios

1. Quais das três técnicas de mapeamento, glifo, cor e função de deslocamento, são mais apropriados para indicar trajetória? E quais para representar diferenciais no campo vetorial? Justifique.
2. Comparando o mapeamento em cores com o mapeamento em glifos, qual dos dois é mais intuitivo e qual dos dois proporciona “continuidade” na visualização dos dados?
3. Comparando o mapeamento em glifos e mapeamento em função de deslocamento, qual dos dois é mais intuitivo e qual dos dois proporciona “continuidade”?
4. Quais são as vantagens e desvantagens de cada uma das três técnicas de mapeamento?

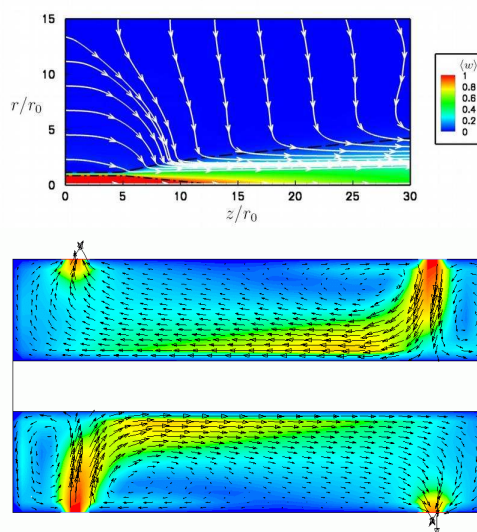
IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção

- Apropriados para visualizar a **trajetória** (“vetor” independente de tempo)
- Requisitos:
 - Máxima cobertura
 - Uniformidade para evitar sobreposições/perda de informação
 - Continuidade

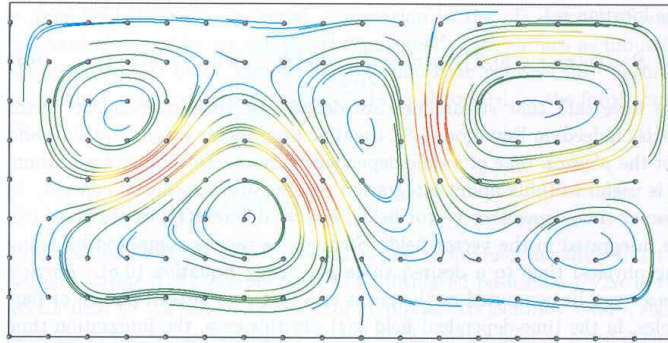
IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção



IA369P – 2s2009 -

Mapeamento em Objetos de Direção



Linhas

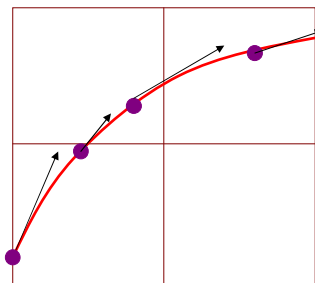
$$\int_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x) dt$$

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção

Linhas

$$\int_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x) dt \Rightarrow \sum_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x_i) \Delta t$$



IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção Linhas - Algoritmo

$$\int_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x) dt \Rightarrow \sum_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x_i) \Delta t \Rightarrow x_{n+1} = x_n + a \Delta t$$

- Dado um ponto P_i
- Determine $P_{i+1} = P_i + a \Delta t$ $x_n = \vec{v}_n$
- Se o critério de parada não for satisfeito:
 - Estimar em qual célula C_{i+1} está localizado P_{i+1}
 - Interpolar a posição de P_{i+1} em C_{i+1}
 - Conectar $P_i P_{i+1}$
 - Determinar o comprimento $P_0 P_1 \dots P_{i+1}$
- Senão, encerra o percurso.

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção Método de Integração

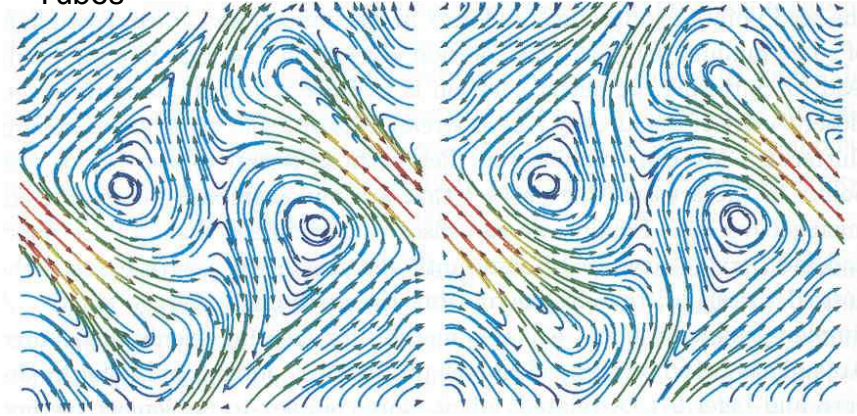
$$\int_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x) dt \Rightarrow \sum_{t=0}^{\tau} \vec{v}(x_i) \Delta t \Rightarrow x_{n+1} = x_n + a \Delta t$$

- Métodos Numéricos
 - Integração de Euler (a é derivada em $x_n = \vec{v}_n$)
 - Integração de Runge-Kutta (a é a média ponderada das derivadas em pontos intermediários)
- Decisões de projeto: passo de tempo; critério de parada

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção

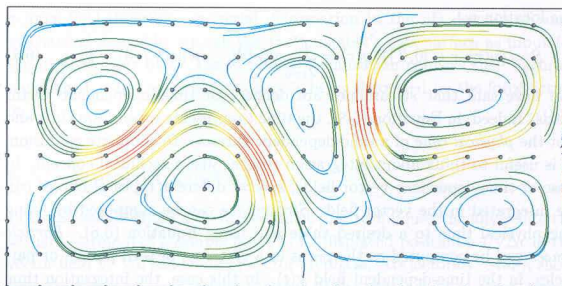
Tubos



Temperatura/densidade/viscosidade/pressão/vorticidade → raio dos tubos

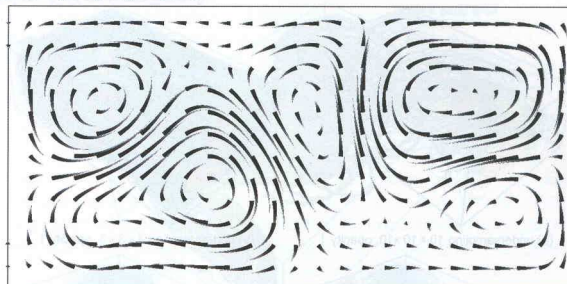
IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção



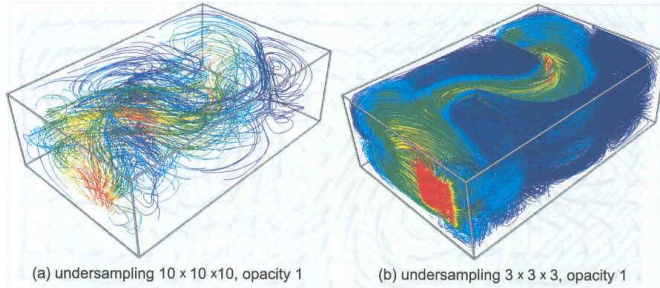
Comprimento de linha normalizado

Linhas

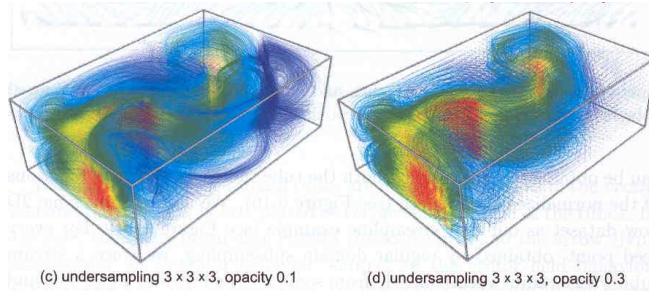


IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Objetos de Direção Vetores 3D

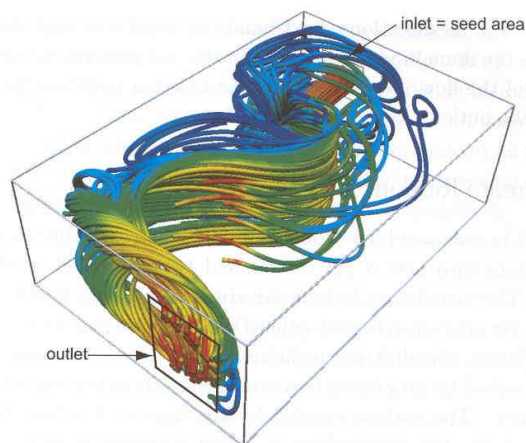


Linhas 3D



IA369P – 2s2009 - Ting

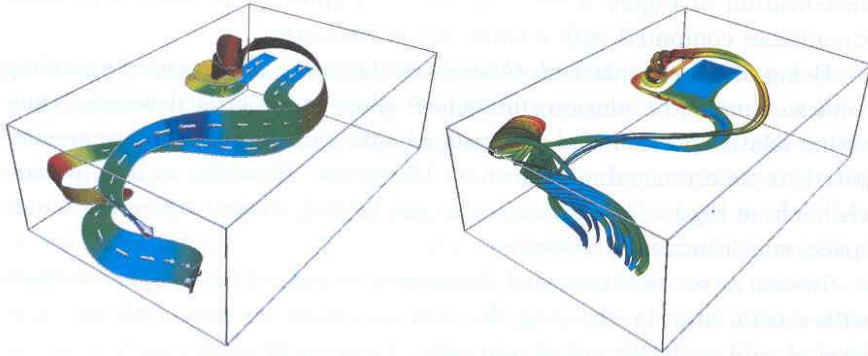
Mapeamento em Objetos de Direção



IA369P – 2s2009 - Ting

Tubos 3D

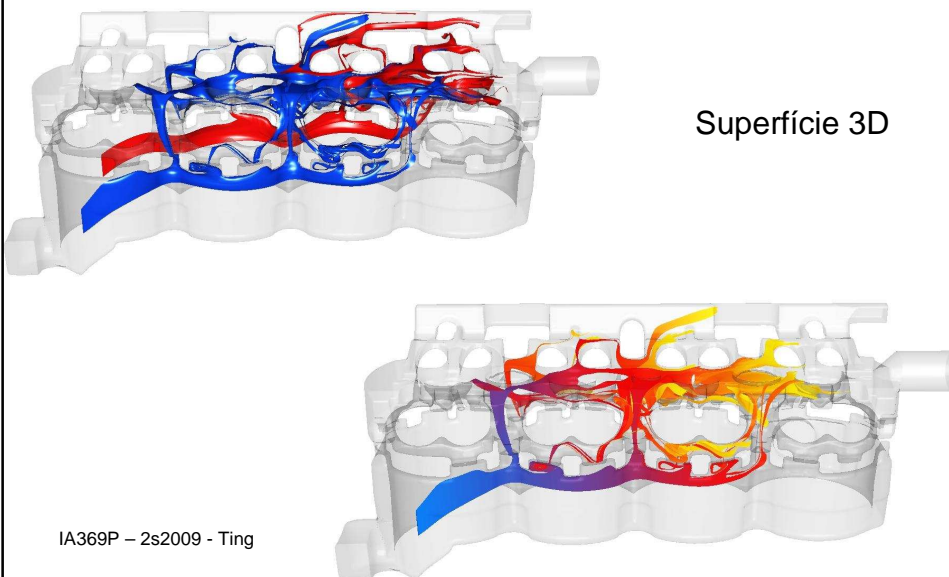
Mapeamento em Objetos de Direção



IA369P – 2s2009 - Ting

Faixas 3D

Mapeamento em Objetos de Direção



IA369P – 2s2009 - Ting

Superfície 3D

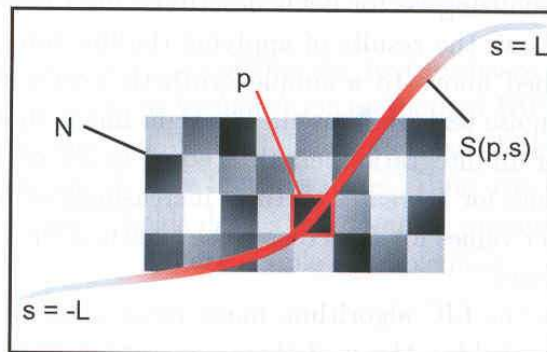
Exercícios

1. Quais são os requisitos de um bom mapeamento em linhas de direção?
2. Explique o pseudo-código do algoritmo de desenho de linhas de direção de *Listing 6.1* do livro-texto.
3. Por quê mapeamentos em objetos de direção compartilham muitos problemas com mapeamentos em glifos? Quais? E como se pode amenizá-los?
4. Quais são as vantagens e desvantagens de mapeamento em superfícies de direção em relação a outros objetos de direção?

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Textura

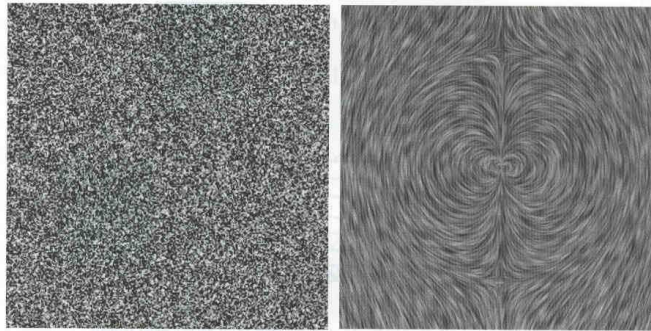
Codificar direção e magnitude em parâmetros de textura
Vetores de dimensão $n \rightarrow$ atributos gráficos de natureza contínua



$$T(p) = \frac{\int_{-L}^L N(S(p,s))k(s)ds}{\int_{-L}^L k(s)ds}$$

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Textura

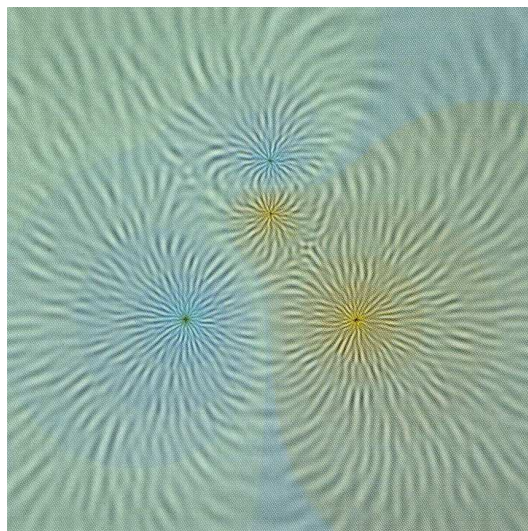


Textura N

$$T(p) = \frac{\int_{-L}^L N(S(p,s))k(s)ds}{\int_{-L}^L k(s)ds}$$

IA369P – 2s2009 - Ting

Mapeamento em Textura



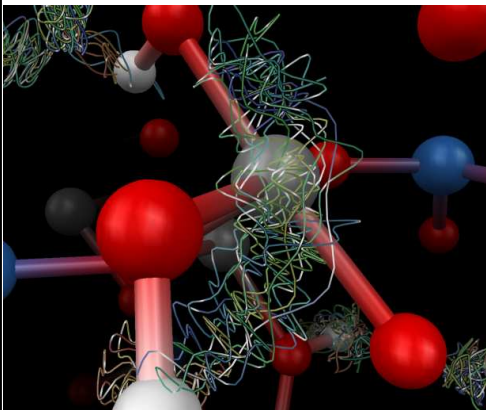
IA369P – 2s2009 - Ting

Exercícios

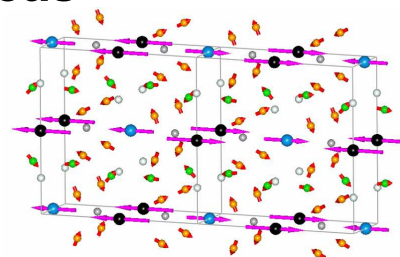
1. Em comparação com o mapeamento em glifos e em linhas de direção, qual é a principal vantagem do mapeamento em textura? E em comparação com o mapeamento em cores?
2. Qual é o princípio de mapeamento de vetores em textura? Como as direções podem ser representadas? E a magnitude de cada vetor?

IA369P – 2s2009 - Ting

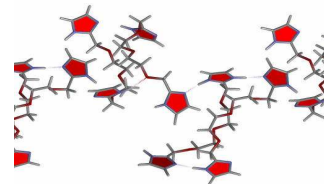
Visualização de Características Específicas



IA369P – 2s2009 - Ting

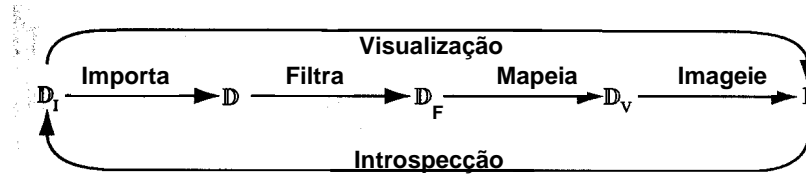


Spin dos átomos

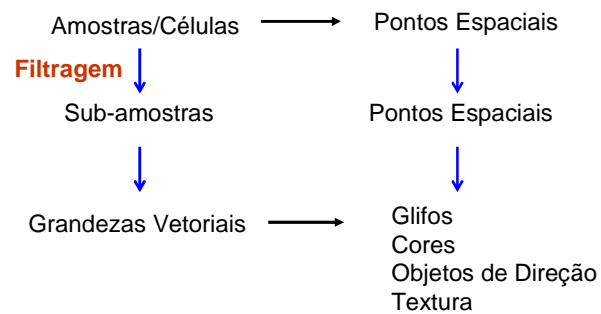


Anéis

Visualização de Características Específicas



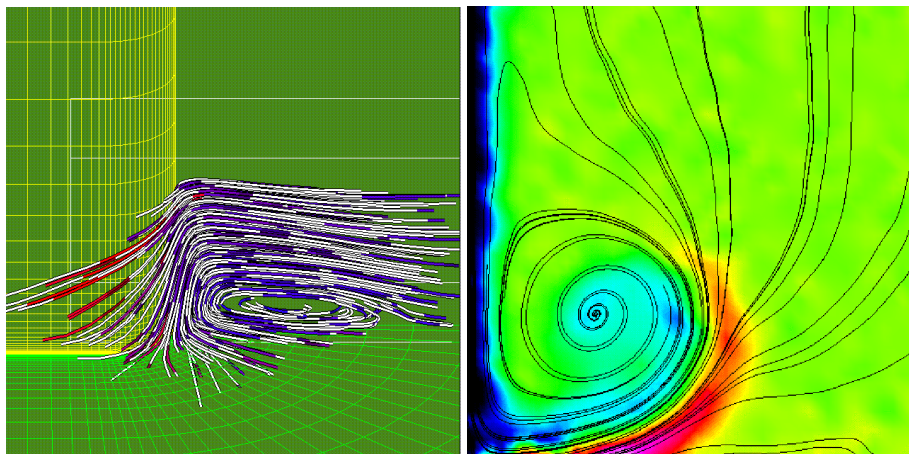
$$D_F \rightarrow D_V$$



IA369P – 2s2009 - Ting

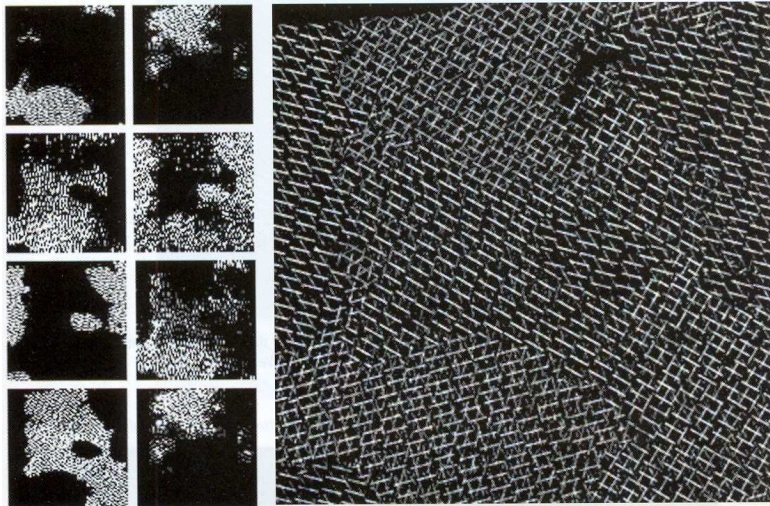
Visualização de Características Específicas

Cômputo de Vorticidade



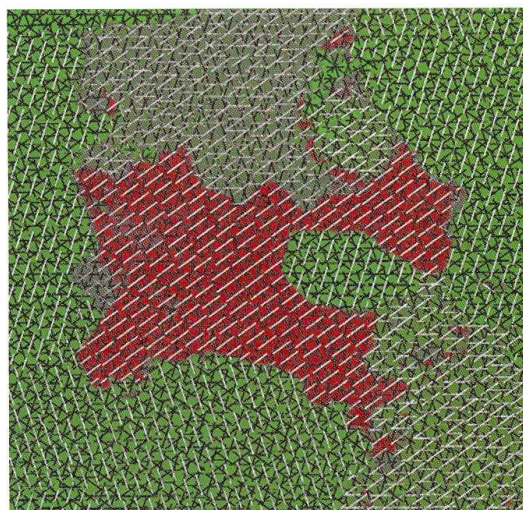
IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas



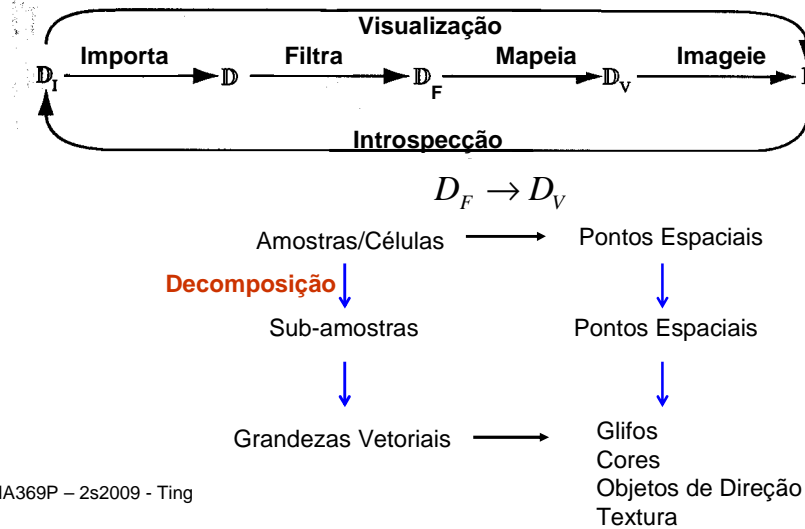
IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

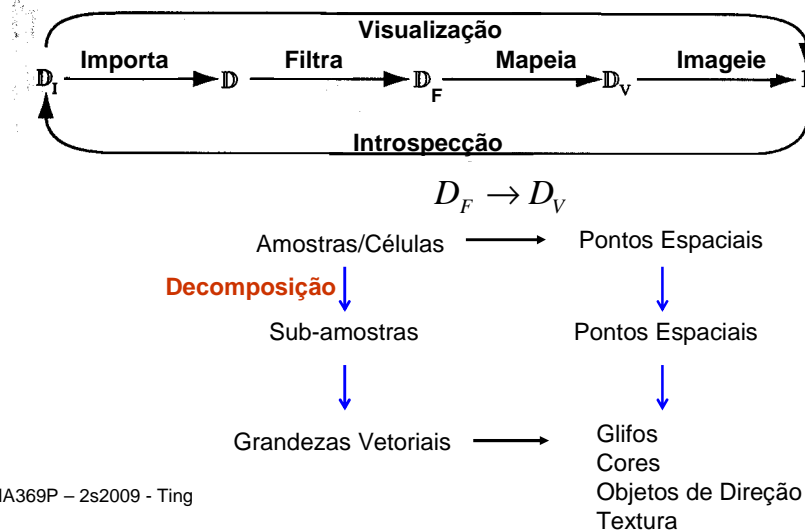


IA369P – 2s2009 - Ting

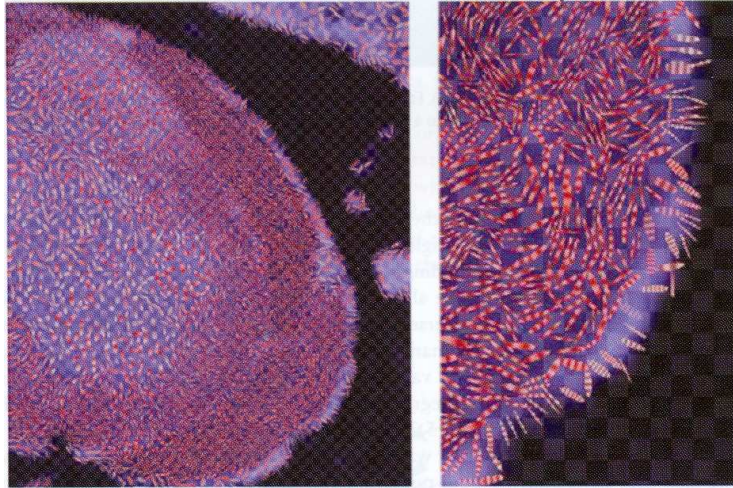
Visualização de Características Específicas



Visualização de Características Específicas



Visualização de Características Similaridade



IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

Decomposição *Bottom-up*

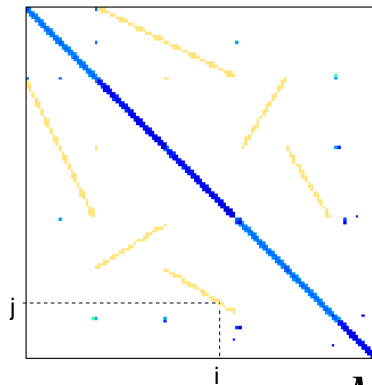
Campo Vetorial $\rightarrow R = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$



IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

Método Multigrade Algébrico (AMG)



Matriz de acoplamento pela função de similaridade f

$$m_{ij} = \begin{cases} f(p_i, p_j) & i, j \text{ vizinhos} \\ 1 - \sum_{k \in \text{vizinhos}(i)} m_{ik} & i=j \\ 0 & \text{do contrário} \end{cases}$$

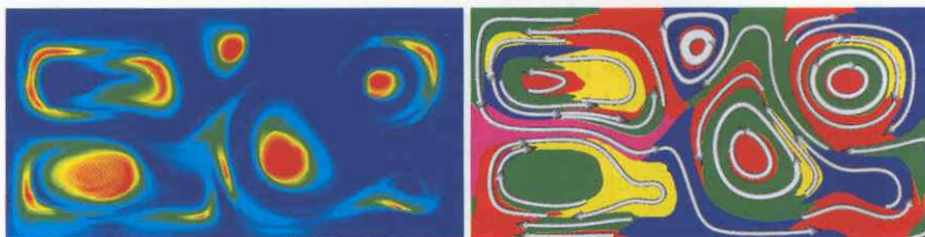
$$M^0 = \overset{\text{Reduz a dimensão}}{M} \overset{\text{Escalar}}{M^1} M^2 M^3 \dots M^k$$

Distintas bases

IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

Método Multigrade Algébrico (AMG)



Funções de base

Funções de base → regiões

IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

Método Multigrade Algébrico (AMG)



Três níveis de decomposição

IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

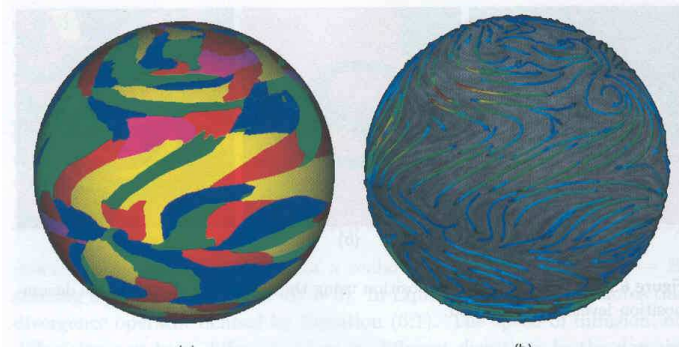
Método Multigrade Algébrico (AMG)



IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas

Método Multigrade Algébrico (AMG)



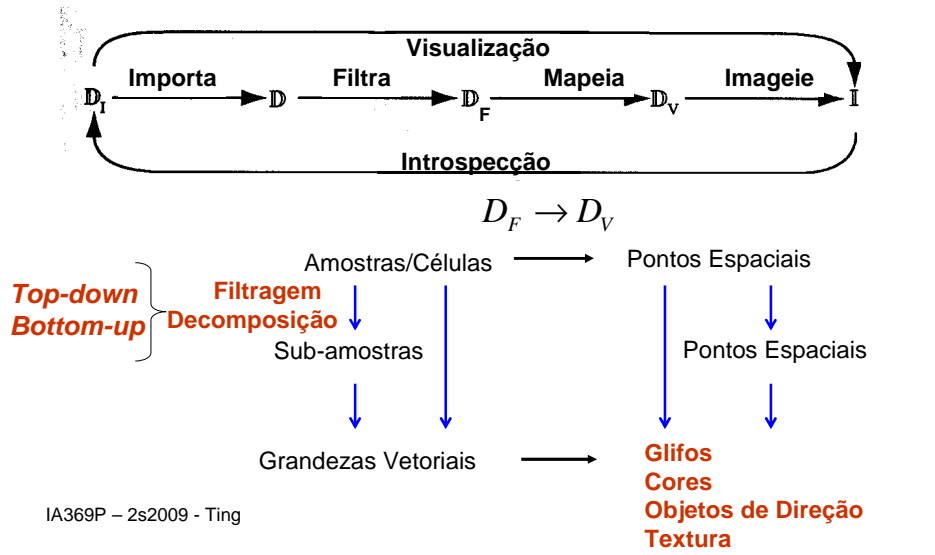
IA369P – 2s2009 - Ting

Exercícios

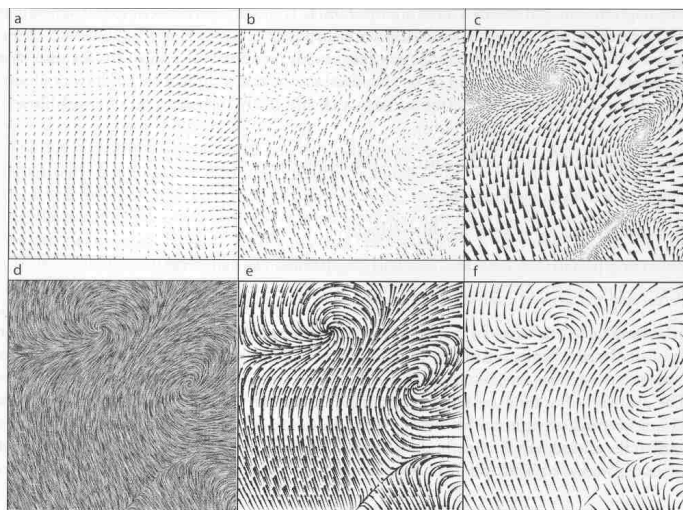
1. Quais são as dificuldades relacionadas com o método de visualização baseado em extração de amostras com características específicas?
2. Quais são as grandezas mais utilizadas como métrica de similaridade no método de decomposição? No contexto de visualização, quais são características desejáveis nos resultados da decomposição? Justifique.
3. Explique o algoritmo apresentado como pseudo-código em *Listing 6.3* do livro-texto.
4. Como o método AMG pode ser aplicado na decomposição de campos vetoriais por similaridade?

IA369P – 2s2009 - Ting

Visualização de Características Específicas



Mapeamento de Vetores 2D



IA369P – 2s2009 - Ting