[1]

Um pouco sobre o quarto paradigma da ciência

Agenda

- Conceitos
  - Quatro paradigmas da ciência
  - SGBDs relacionais
  - Map-Reduce & Hadoop
  - Sistemas analíticos
  - NoSQL
- SciDB
  - Definição de dados e comparações
  - Linguagem de consultas e comparações
  - Arquitetura
- Hands-on
  - Como usar?
  - Alguns exemplos práticos

Conceitos

...

Quatro paradigmas da ciência

- Milhares de anos atrás: **EMPÍRICA**
  - Descrição dos fenômenos naturais
- Últimos séculos: **TEÓRICA**
  - Modelos, generalizações etc.
- Últimas décadas: **COMPUTACIONAL**
  - Simulações de fenômenos complexos
- Hoje: **EXPLORAÇÃO DE DADOS** (**eScience**)
  - Unifica teoria, experimento e simulação

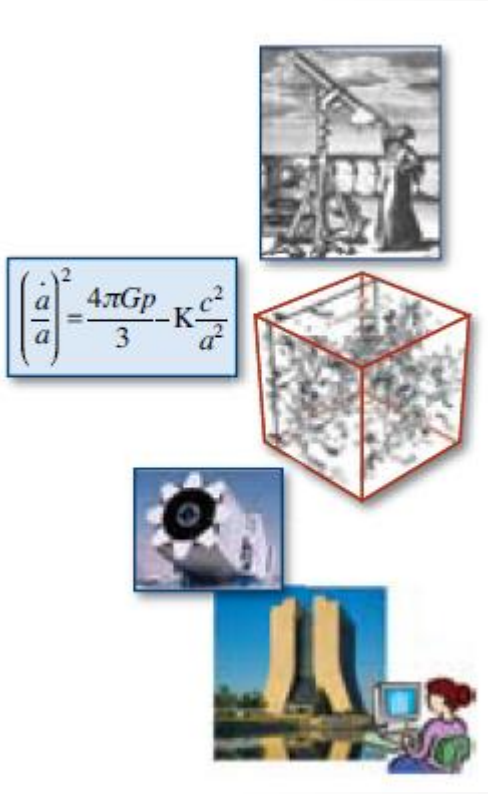
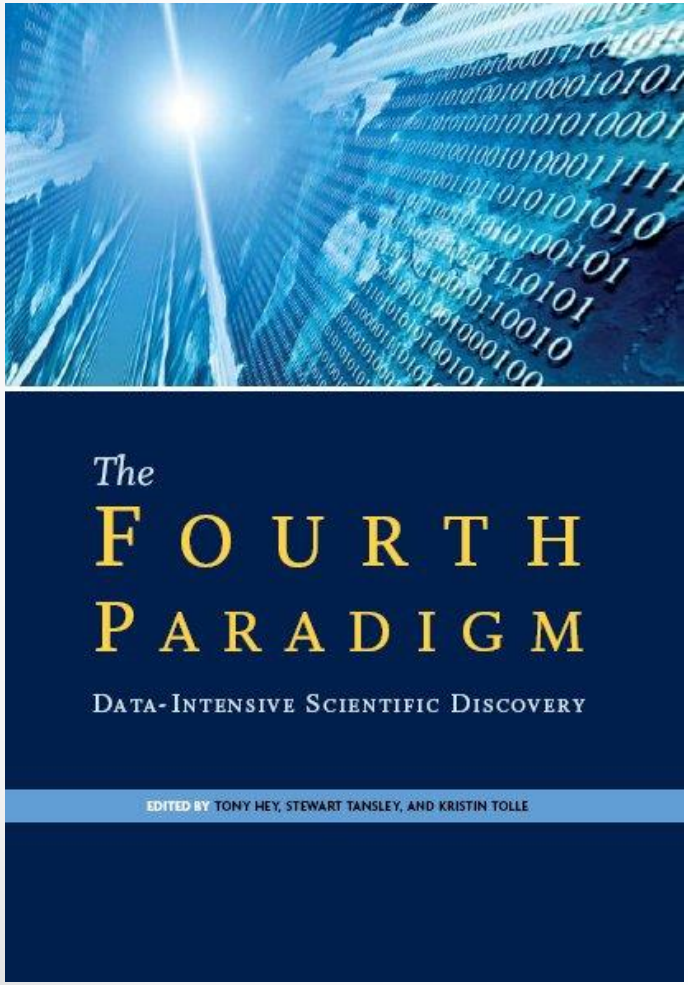


Imagem creditada a [2]

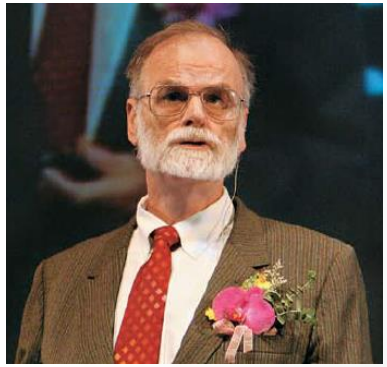
The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery



Publicação da Microsoft Research, 2009.

Disponível na íntegra online (CC):
http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/

Idealização de Jim Gray (Turing, 1998).



Imagens creditadas a [2]

Como lidar com os dados?

- Todos os dados científicos online?!

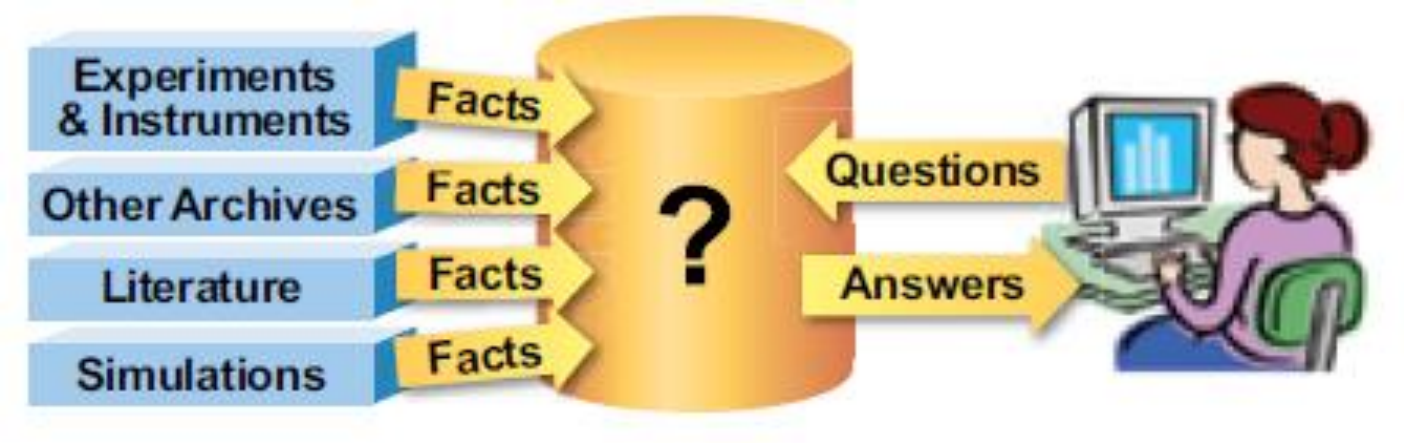
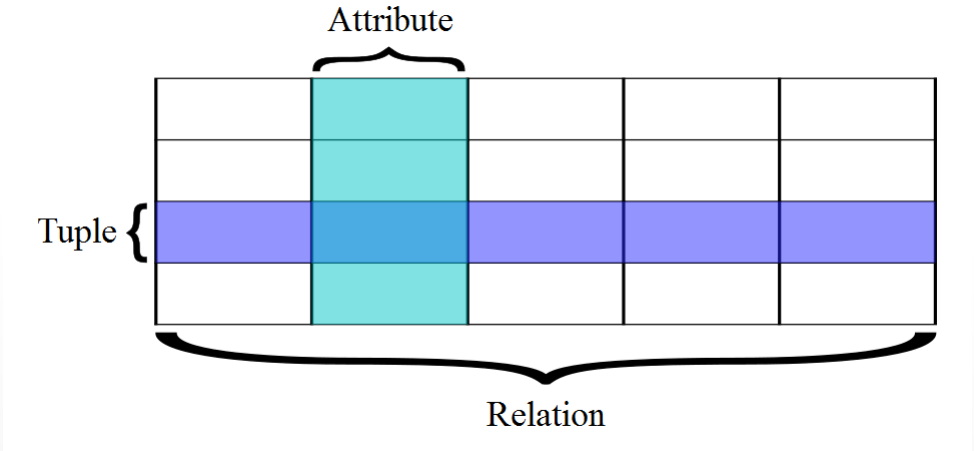


Imagem creditada a [2]

SGBDs relacionais

	Route No.	Miles	Activity
Record 1	I-95	12	Overlay
Record 2	I-495	05	Patching
Record 3	SR-301	33	Crack seal

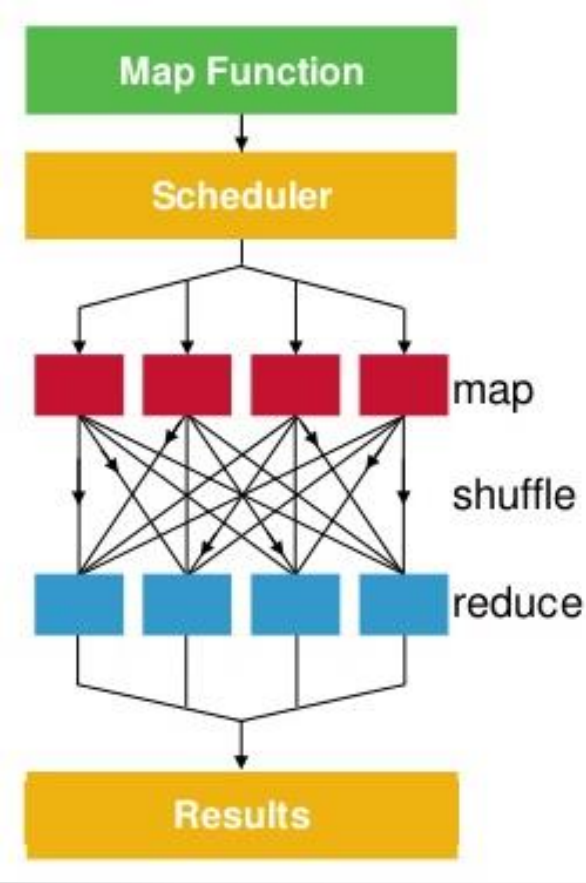
Flat files → redundância



Edgar Codd (IBM) → 12 regras

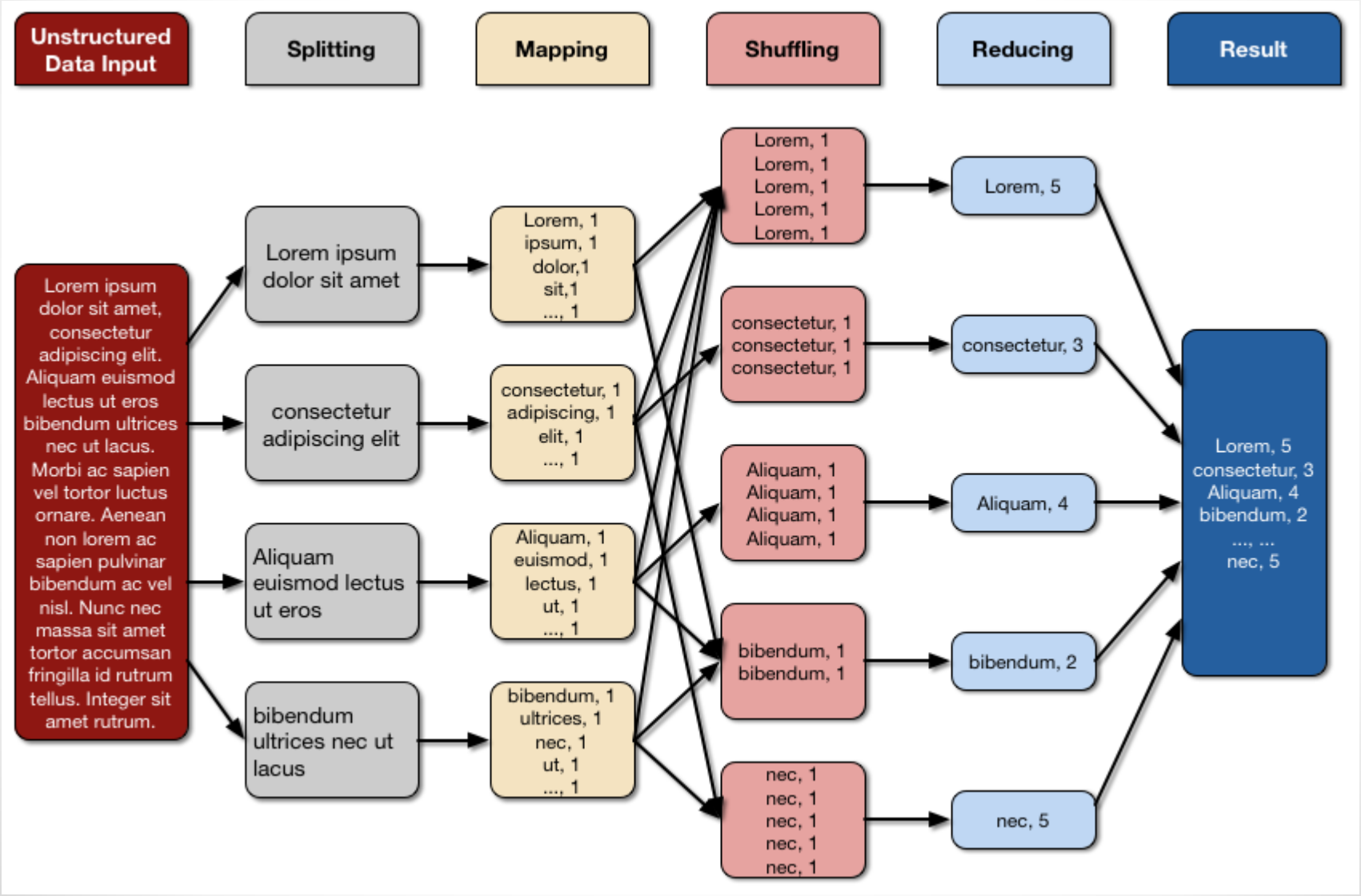
Map-Reduce & Hadoop

- Framework de armazenamento e processamento distribuído de grandes volumes de dados em clusters.

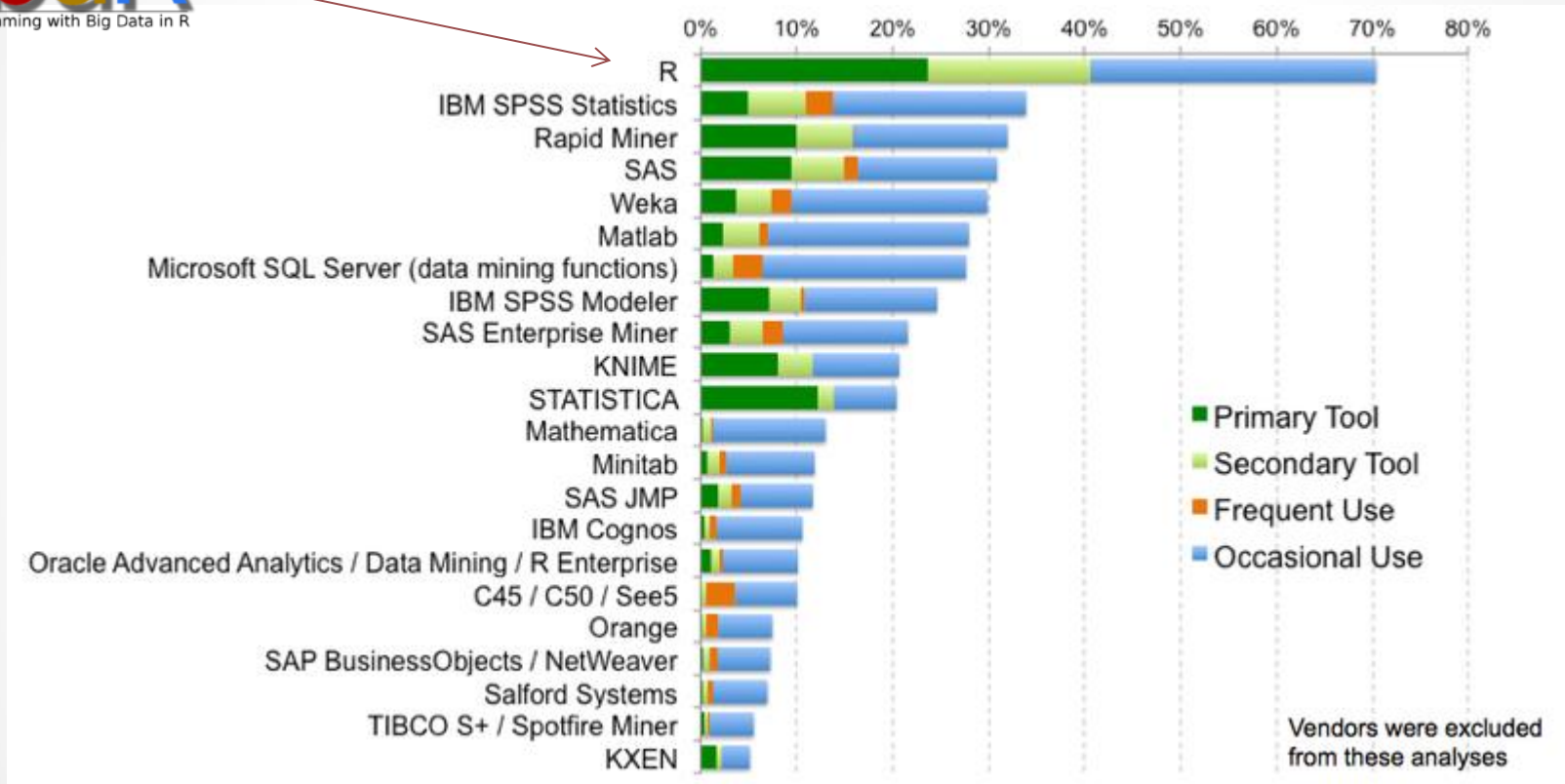


- HDFS (Hadoop Distributed File System)
- HBase (roda em HDFS, é um BigTable)
- Pig (MapReduce em "alto nível")
- Hive (DataWarehouse)
- R
- ...

Exemplo de Map-Reduce

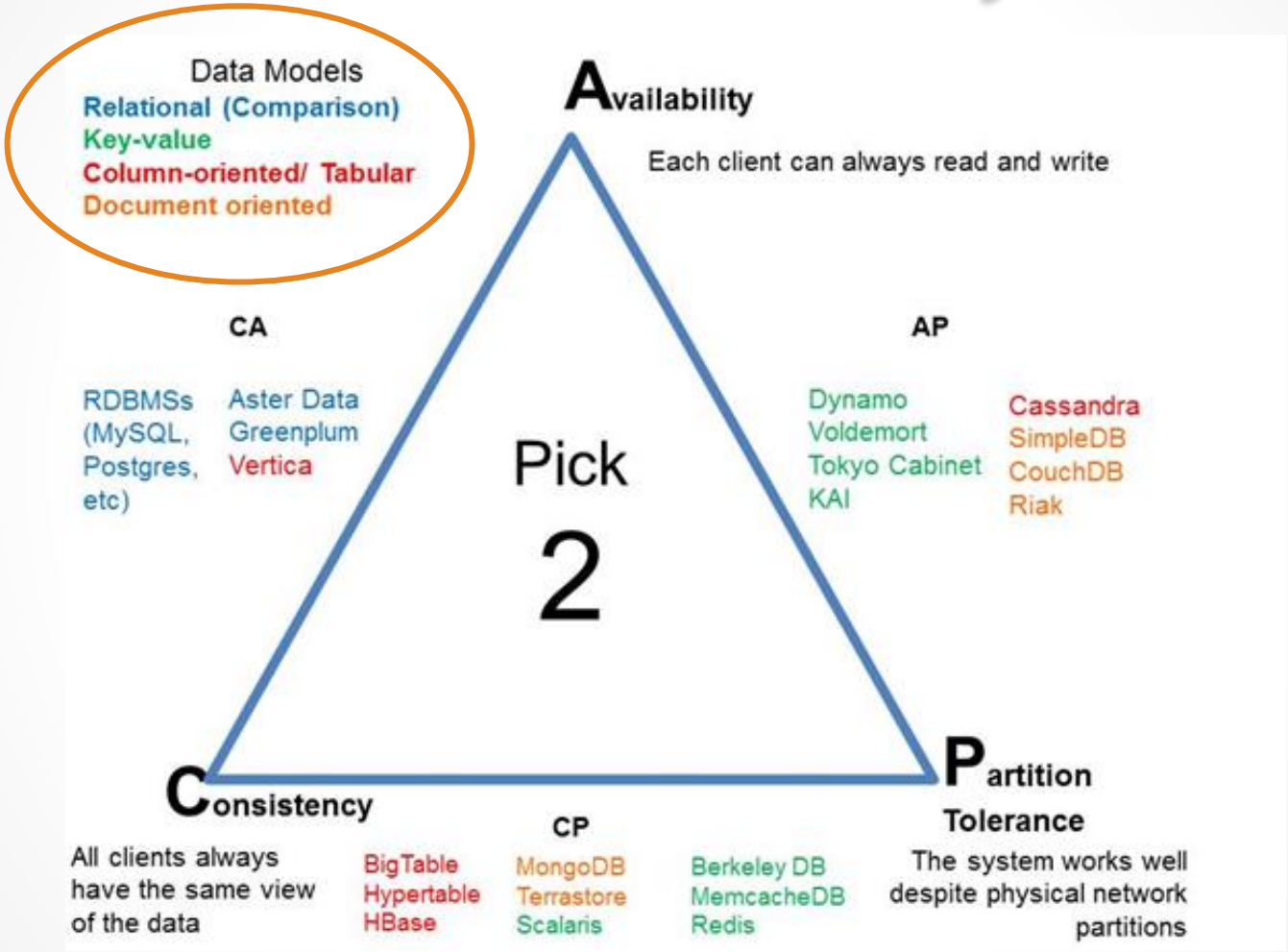


Sistemas analíticos



Fonte: http://blog.revolutionanalytics.com/popularity/ (2013)

NoSQL = Not Only SQL



CAP Theorem, de Eric Brewer (Berkeley)

Fonte: http://blog.flux7.com/blogs/nosql/cap-theorem-why-does-it-matter

SciDB

• • •

Introdução ao SciDB

- Open source (sob GPL-3)
- Duas versões: comunitária e Paradigm4
- Contribuições: EUA, Rússia, Índia, Europa
- SGBD visando a paralelismo massivo
- Plataforma de armazenamento
- Plataforma analítica
- Modelo de dados baseado em **Arrays**

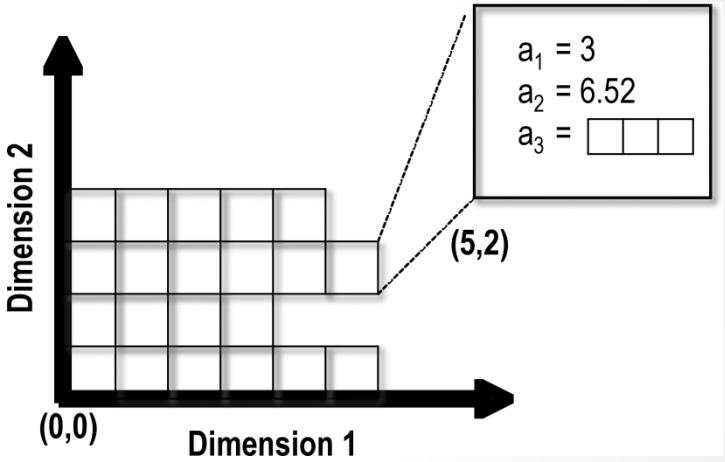


Imagem creditada a [3]

Por que arrays?

- Fundamentos formais da Matemática
  - A álgebra de arrays é fechada quanto às operações usuais
  - Provas formais de corretude
  - Modelagem matemática oferece várias aplicações
- Experiência na Ciência da Computação
  - APL (*A Programming Language*), 1964

  - Muito trabalho em algoritmos para computar e armazenar eficientemente arrays
- Área de pesquisa e desenvolvimento
  - BLAS, LAPack, ScaLAPack – ferramentas open source
  - NAG – Numerical Algorithmics Group
  - R, SAS etc. – pacotes eficientes de álgebra linear

Definição de dados

```
CREATE ARRAY Simple_Array <
    v1 : double,
    v2 : int64,
    v3 : string >
 [ I = 0:*, 5, 0, J = 0:9, 5, 0 ];
```

Attributes
v1, v2, v3

Dimensions
I, J

Dimension size
* indicates unbounded

Chunk size

Chunk overlap

Chunks estão relacionados a armazenamento físico e lógico (veremos adiante!)

Imagem creditada a [3]

Interfaces para programação

Array
Functional
Language
AFL

```
aggregate(
    filter ( Simple_Array,
             v3 = 'Odd'),
    I,
    avg ( Simple_Array.v1 )
);
```

Array
Query
Language
AQL

```
SELECT avg ( S.v1 )
  FROM Simple_Array S
 WHERE S.v3 = 'Odd'
 GROUP BY S.I;
```

Imagem creditada a [3]

Capacidade analítica

- Sistema de armazenamento baseados em versões (sem sobrescrita)
  - UPDATE é um append
  - Qualquer estado do sistema pode ser reconstruído num momento específico
- Proveniência
  - Log de todas as consultas para reconstruir como os resultados foram derivados
- Incerteza e metodologia estatística
  - Tipos com margens de erro
  - Funções para testes estatísticos e análise

Especificação – SciDB

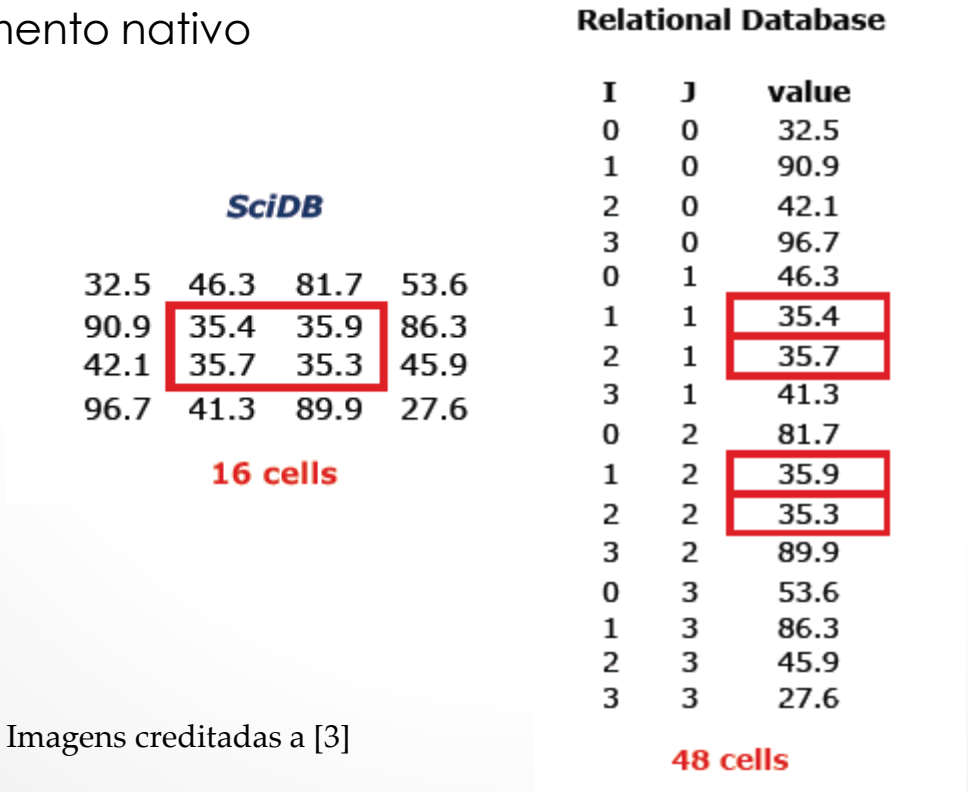
- Stonebraker. M, et al. "Requirements for Science Data Bases and SciDB", CIDR 2009.

- *The Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR) was started in 2002 by Michael Stonebraker, Jim Gray, and David DeWitt to provide the database community with a venue for presenting innovative data systems architectures, as well as a prestigious publication opportunity.*

  http://www-db.cs.wisc.edu/cidr/

SciDB vs SGBDs relacionais

- Acelera o acesso aos dados num sistema distribuído
- Armazenamento mais eficiente conforme o número de atributos e dimensões aumentam
- Funções matemáticas são executadas diretamente no formato de armazenamento nativo



Imagens creditadas a [3]

SQL vs SciDB

SQL

```
CREATE TABLE USNOB (
    Locn  point                 not null,
   -- RA double, DECL double
    …
    B_mag double precision      not null,
    …
    R_mag double precision      not null
    …
);
```

SciDB

```
CREATE ARRAY USNOB <
   B_Mag  :  double,
   …
   R_Mag  : double
 >
[ RA(double)=*,72000,720, DECL(double)=*,36000,360 ];
```

Imagem creditada a [3]

SQL vs SciDB

```
SELECT U1.Locn, COUNT(*)
  FROM USNOB AS U1, USNOB AS U2
 WHERE box(U1.Locn, U1.Locn) &&
       box(point(U1.Locn[0] - 0.001,
                 U1.Locn[1] + 0.001),
           point(U1.Locn[0] + 0.001,
                 U1.Locn[1] - 0.001))
GROUP BY U1.Locn;
```

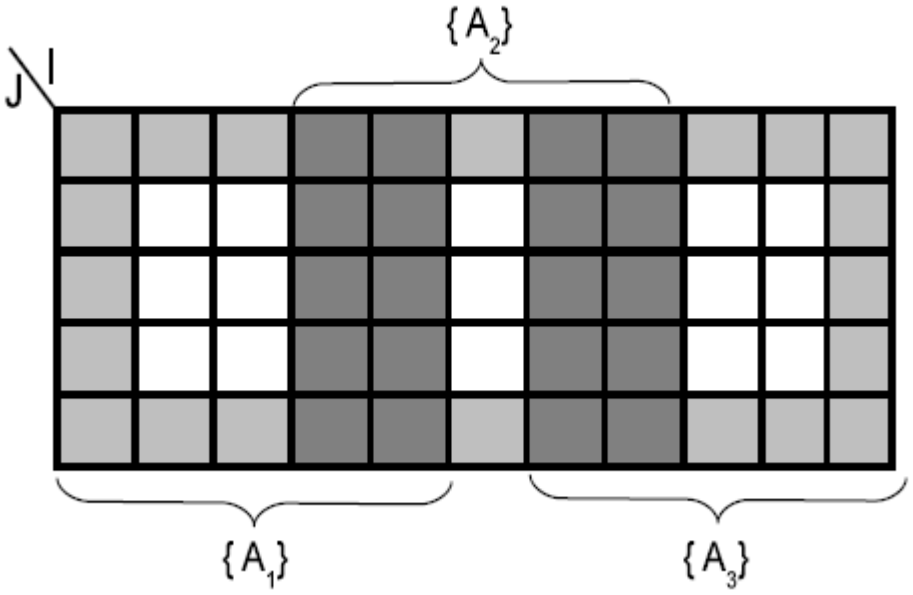
SQL

```
window (
      USNOB,
      0.001, 0.001,
      count(*)
);
```

SciDB

Imagem creditada a [3]

Armazenamento no SciDB



Arrays e *Chunks:* Um *array* 11 x 5 decomposto em três *chunks* 5 x 5 que se sobrepõem. Qualquer janela 3 x 3 desse *array* requer somente a consulta aos dados de um único *chunk* e a operação pode ser paralelizada de três maneiras. As regiões mais escuras do *array* mostram os dados que foram replicados entre os *chunks*, isto é, um particular atributo está armazenado em mais de um *chunk*. As regiões mais claras denotam células não essenciais no *array*, no sentido que qualquer algoritmo que considere uma janela 3 x 3 não conseguirá computar resultados para essas células.

Imagem creditada a [6]

Chunks

- *Chunks* correspondem a blocos que possuem tamanho lógico fixo e tamanho físico variável;
- Cada *chunk* é armazenado num *container* (arquivo) em disco que pode ser acessado de forma eficiente;
- O tamanho de um *chunk* costuma ser definido a partir de uma média de megabytes, de tal sorte que o custo de realizar buscas é mascarado pela quantidade de dados devolvidos;
- Exemplo: considere um *chunk* que tenha entre 10 e 20 MB de dados. Se os dados forem exclusivamente números de ponto flutuante, o *chunk* conterá entre 500.000 e 1 milhão de elementos (supondo que sejam necessários 8 bytes para cada número de ponto flutuante).
- Leia mais em [7].

Arquitetura Shared Nothing

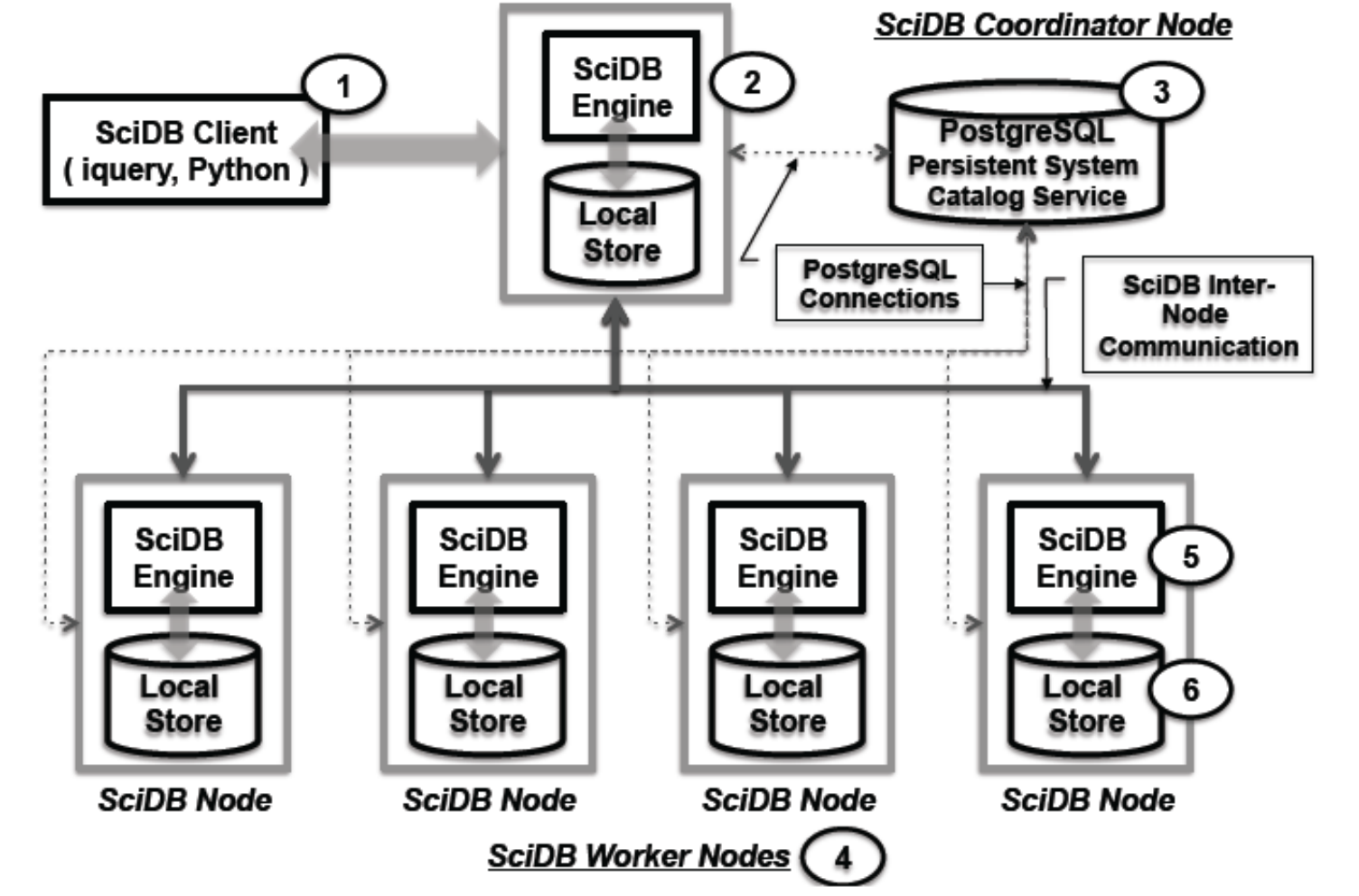


Imagem creditada a [3]

SciDB não é Map-Reduce

Imagem creditada a [3]

Hands-on

Como usar?

- Para conhecer: AMI (Amazon Machine Image)
  - Conta na Amazon AWS: http://aws.amazon.com/
  - Distro Ubuntu 12.04
  - SciDB, SciDB-R e SciDB-Py
- Para usar de verdade: instalação tradicional
- Ambos possuem passo-a-passo no fórum: http://scidb.org/forum/viewtopic.php?f=14&t=1431
- Para os "Paradigm4 employees"... Quick-start VMs! :)
  - http://downloads.paradigm4.com/

Alguns exemplos práticos...

Referências

- [1] Site oficial
  http://www.scidb.org/
- [2] The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery
  http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/
- [3] SciDB is not Hadoop
  http://cdn.oreillystatic.com/en/assets/1/event/63/Big%20Data%20and%20Big%20Analytics_%20%20SciDB%20is%20not%20Hadoop%20Presentation.pdf
- [4] eScience Institute – University of Washington
  http://escience.washington.edu/get-help-now/introduction-scidb
- [5] New England Database Summit, 2013
  http://db.csail.mit.edu/nedbday13/slides/lewis.pdf
- [6] Overview of SciDB
  http://www.cs.cmu.edu/~pavlo/courses/fall2013/static/papers/sigmod691-brown.pdf
- [7] Chunk size selection
  http://scidb.org/HTMLmanual/13.3/scidb_ug/ch04s05s02.html