



---

Disciplina: Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados 2. turma : A 2/2019

Professor: Vador Rissoli

Aluno: Lucas Maciel aguiar.

Matricula: 17/0070735

## **BANCOS DE DADOS LÓGICOS DEDUTIVOS**

## Bancos de Dados Dedutivos

Bancos de Dados Dedutivos referem-se à uma tecnologia de sistema de banco de dados que inclui capacidades para definir regras para que seja possível deduzir ou inferir informações adicionais a partir de “fatos” que estão armazenados no banco de dados.

As bases de dados dedutivas têm como objetivo estender as bases de dados relacionais conferindo-lhes características das linguagens lógicas, tais como, o poder e capacidade expressiva das regras lógicas e das estruturas não atômicas. Isto, mantendo os níveis de eficiência e escalabilidade no tratamento e consulta de dados característicos dos sistemas de bases de dados relacionais.

Um banco de dados dedutivos utiliza dois tipos principais de especificações, que são:

- **Fatos:** são especificados de maneira similar às relações do modelo relacional de dados, porém os atributos de um fato não precisam ser especificados. **Fatos são considerados como verdade ou axioma.**
- **Regras:** são similares às visões das relações. Elas especificam relações “virtuais” que não estão armazenadas atualmente, mas podem ser formadas por fatos aplicando mecanismos de inferência baseados nas especificações das regras. **Regras são chamados de axiomas dedutíveis**, logo podem ser usados para deduzir novos fatos.

### 1 Principais conceitos relacionados:

- **Linguagem declarativa:** define os objetivos do programa;
- **Máquina de Inferência:** ela deduz novos fatos a partir de interpretações das regras no banco de dados;

- **Banco de Dados Extensional(BDE:** formado pelo conjunto de fatos básicos, contidos nas **relações base**.
- **Banco de Dados Intensional (BDI):** formado pelas informações contidas nas **relações derivadas**, deduzidas pela aplicação das regras dedutivas definidas sobre o **BDE**.

## 2 Lógica de Predicados

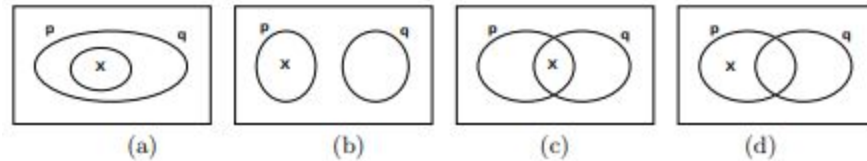
Em Banco de Dados Dedutivos, utiliza-se a lógica de predicados para deduzir os fatos.



**Figura 1.** Blocos Empilhados sobre mesa

- **Predicado:** Um predicado denota uma relação entre objetos de um determinado contexto de discurso. Essas relações podem ser verdadeiras ou falsas. Ex: maior(b, c), lê-se “b é maior que c” (Figura 1); ou pai(João, André), lê-se “João é pai de André”.
- **Variáveis:** Usadas para estabelecerem fatos a respeito de objetos de um mesmo contexto de discurso, sem ter que nomear explicitamente os objetos, ou seja, uma variável pode assumir vários objetos, assim como na programação ao invés de utilizar uma constante. **(por convenção, nomes de variáveis são escritos com inicial maiúscula). Constantes(ou literais) são escritos com letras minúsculas.**
- Enunciados Categóricos:
  - **Universal afirmativo:** são enunciados da forma  $\forall X[p(X) \rightarrow q(X)]$  (Figura 2-a). Ex: “Todos os homens são mortais”.

- **Universal negativo:** são enunciados da forma  $\forall X[p(X) \rightarrow \neg q(X)]$  (Figura 2-b). Ex: “Nenhum homem é extraterrestre”.
- **Particular afirmativo:** são enunciados da forma  $\exists X[p(X) \wedge q(X)]$  (Figura 2-c). Ex: “Alguns homens são cultos”.
- **Particular negativo:** são enunciados da forma  $\exists X[p(X) \wedge \neg q(X)]$  (Figura 2-d). Ex: a sentença “Alguns homens não são cultos”.



**Figura 2.** Semântica dos enunciados categóricos em termos de conjuntos.

## 3 Linguagens de Consulta declarativas Dedutivas

### 3.1 Prolog

**Inicialmente** As tentativas iniciais de utilização de linguagens de programação baseadas em lógica como linguagem de consulta para Bancos de Dados buscaram adaptar a linguagem Prolog para uso com Sistemas de BD. O Prolog, porém, apresentou uma série de deficiências, entre elas:

- Em Prolog, a ordem das regras tem influência no resultado final, enquanto se desejava uma linguagem de consulta totalmente declarativa, onde a ordem das regras não fosse importante.
- A estratégia de avaliação do Prolog recupera uma tupla por vez, enquanto em Sistemas de Bancos de Dados é mais adequado a recuperação de conjuntos de tuplas por vez.

### 3.2 Datalog

O Datalog é baseado na linguagem de programação lógica **Prolog**. É utilizada em banco de dados dedutivos e que se assemelha com a lógica de modelos relacionais.

O Datalog é uma linguagem de consulta totalmente declarativa baseada em lógica que não possui predicados pré-definidos, negação, disjunção e símbolos funcionais. Em Datalog, a ordem das regras não tem importância diferente do que acontece com o Prolog.

### 3.3 Notação Prolog/Datalog

- **constantes(literais):** são escritos em letras minúsculas;
- **variáveis:** são iniciadas com letra maiúsculas;
- **conclusão:** “:-” representa uma conclusão, ex: superior(X,Y):-supervisiona(X,Y)  
lê-se “se X é superior de Y, então X supervisiona Y”;
- **e lógico:** “,” para realizar uma conjunção;
- **ou lógico:** “;” para realizar uma disjunção.
- Obs, nas consultas o símbolo “,” também serve para mostrar cada valor possível de uma variável em uma busca.

#### 3.3.2 Predicados disponibilizados nativamente

- **Predicados de comparação binária:** <(less), <=(less\_or\_equal), >(greater), >=(greater\_or\_equal) ;
- **Predicados de comparação:** =(equal), /=(not\_equal).

### 3.4 Mecanismos de Inferência

- **Bottom-Up:** Máquina de inferência inicia com os fatos e aplica as regras para gerar novos fatos. É orientado à obtenção de conjuntos de respostas que satisfaçam uma determinada pergunta.

- **Top-Down:** Máquina de inferência inicia com o objetivo da consulta e tenta achar combinações de variáveis de fatos válidos no banco de dados. É especialmente orientado para determinar a existência, ou não, de soluções para uma determinada pergunta

### 3.5 Estrutura

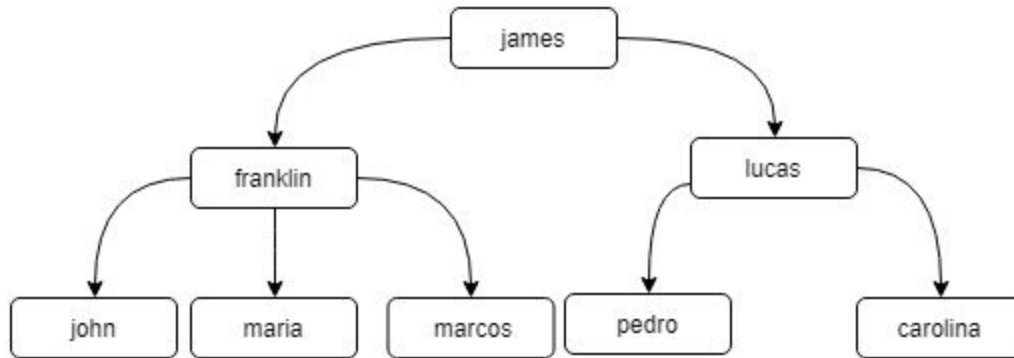
Uma base de dados lógico/dedutiva é constituída por:

- Um conjunto de fatos (conhecimento puramente fatorial), traduzido por predicados lógicos do tipo fato;
- Um conjunto de regras;
- O conhecimento derivado pelas regras, é visto como sendo o conhecimento para além do conhecimento fatorial da base de dados;
- Apesar de o conjunto de dados que o nível aplicacional tem acesso poder ser muito vasto, apenas parte desses dados estão explicitamente armazenados. A outra parte é informação deduzida a partir das regras;
- A recolha do conhecimento procedimental sob a forma de regras tem vantagens no desenvolvimento e manutenção de aplicações, já que é bem mais simples adicionar ou modificar uma regra do que alterar código fonte

### 3.6 Exemplo

Uma das aplicações mais tradicionais em Banco de Dados Dedutivos baseados em lógica de predicados é voltada para a área de **inteligência artificial**, utilizando uma grande quantidade de registros para aplicar as regras estabelecidas.

Um exemplo bem mais simples, pode ser a criação de uma árvore Hierárquica,  
Ex:



- **Fatos:**

- supervisiona(franklin, john).
- supervisiona(franklin, maria).
- supervisiona(franklin, marcos).
- supervisiona(lucas, pedro).
- supervisiona(lucas, carolina).
- supervisiona(james, franklin).
- supervisiona(james, lucas).

- **Regras:**

- superior(X, Y):-supervisiona(X,Y).
- superior(X, Y):-supervisiona(X, Z) , supervisiona(Z, Y).
- subordinado(X,Y):-superior(Y,X).

- **Buscas(Queries):**

- supervisiona(lucas, pedro). retorna **true**
- supervisiona(james, pedro). retorna **true**
- subordinado(pedro,james). retorna **true**
- subordinado(james, pedro). retorna **false**
- subordinado(lucas, X). retorna X= pedro ; X= carolina

## 4. Vantagens

- Bancos de Dados Dedutivos unem duas áreas da Computação, extremamente importantes, que são as Tecnologias de Base de dados e a Programação Lógica:
  - **Tecnologias de Base de dados:** são eficientes no sentido de organizar, gerir e manter grandes quantidades de dados de forma eficiente, além de garantirem eficiência no acesso, atualização e armazenamento de dados, oferecem mecanismos de manutenção de integridade e privacidade em ambientes multi-utilizador.
  - **Programação Lógica:** são eficientes no sentido de representar conhecimento (fatos) e resolver problemas através do método da dedução. Permite definir regras bastante poderosas (eventualmente recursivas) e expressivas.
- Bases de dados dedutivas menos frequentemente precisam estar embebidas em linguagens de programação tradicionais, para deduzir os dados em informações úteis, diferentemente das bases de dados relacionais que possuem uma linguagem de perguntas (normalmente o SQL) limitada e pouco expressiva.
- Oferece uma grande flexibilidade na construção das perguntas e as torna mais legíveis, além de ser muito mais intuitiva e compacta em comparação com linguagens SQL.
- O Prolog permite definir de um modo uniforme fatos, informação dedutiva, perguntas, e restrições de integridade.
- O fato de ser possível definir informação dedutiva é bastante importante, uma vez que permite que apenas o conhecimento de base e as regras de dedução sejam guardadas, não sendo necessário guardar todo o conhecimento que pode ser extraído por aplicação das regras.

## 5. Desvantagens de Linguagens Dedutivas

- Um dos obstáculos mais relevantes, deve-se ao fato do Prolog, apesar de ser uma linguagem declarativa, tem uma forte ligação com a **programação**



**procedimental**, que dificulta a integração com outras bases de dados. Que não ocorre normalmente com linguagens de manipulação de bases de dados puramente declarativas.

- o Prolog tem um mecanismo de pesquisa fixo (depth-first – primeiro em profundidade). Este tipo de estratégia de avaliação pode levar a ciclos infinitos em suas recursões, para além de não ser o ideal para inferir sobre grandes quantidades de dados.
- Em relação ao Prolog, a ordem das regras tem influência no resultado final, enquanto se desejava uma linguagem de consulta totalmente declarativa, onde a ordem das regras não fosse importante.
- Também com o Prolog, recupera uma tupla por vez, enquanto em Sistemas de Bancos de Dados é mais adequado a recuperação de conjuntos de tuplas por vez.
- No Prolog não existe a noção de tipo de dados propriamente dito, assim como, os atributos de um predicado são acedidos por posição. Também não existe um meio direto de indicar como estes atributos devem ser restringidos.
- Enquanto nas bases de dados os valores dos atributos são atômicos e instanciados, no Prolog podem ser estruturas complexas e abertas (com variáveis por instanciar).
- As bases de dados relacionais são superiores ao Prolog relativamente a diversos aspectos: independência de dados, aptidão para processamento de informação em paralelo, acesso e manutenção dos dados guardados em dispositivos de armazenamento secundário (ex: discos rígidos), eficiência na resposta a perguntas, escalabilidade relativamente ao volume de dados, entre outros.

## **6. Funcionalidades de Bases de Dados Dedutivas**

A maioria das funcionalidades provenientes de uma base dedutiva estão relacionadas a componente lógica, outras da componente da base dados, e não menos importante a integração entre as duas componentes.

- **Recursão:** a recursão é uma funcionalidade característica da programação lógica e praticamente todas as bases de dados dedutivas a implementam. No entanto, alguns sistemas utilizam técnicas de recursão limitada (recursão linear, recursão por fecho transitivo).
- **Negação:** a maior parte dos sistemas permite a utilização de negação no corpo das regras. A negação corresponde à obtenção dos fatos que complementam uma relação. Esta operação não está definida na álgebra relacional e levanta problemas na obtenção da resposta a uma pergunta.
- **Agregação:** as operações de agregação são muito comuns nas bases de dados relacionais. Correspondem a uma operação efetuada sobre um conjunto de tuplas de uma relação (soma, média aritmética, máximo/mínimo, contagem de tuplas, etc.).
- **Agrupamento em Conjuntos:** consiste em obter simultaneamente todos os tuplos resultantes da aplicação de uma regra.
- **Modificações de Dados:** as operações básicas de modificação de dados são a inserção, a remoção e a alteração de tuplas.
- **Restrições de Integridade:** a funcionalidade de impor condições sobre os dados é característica das bases de dados relacionais.
- **Armazenamento de informação:** a maior parte dos sistemas permite o armazenamento de fatos em memória secundária (em disco rígido). Alguns também permitem que as relações deduzidas (definidas por regras) sejam armazenadas.
- **Gestão de transações:** uma característica importante num sistema de base de dados é a gestão de transações e de acessos em ambientes multi-utilizador. As transações são bastante importantes para garantir a integridade dos dados em operações de modificação de dados.

## **7. Implementações de Bases de Dados Dedutivas**

Realizando uma busca rápida, observa-se que a maioria das aplicações implementadas com Bancos de Dados Dedutivos são bastantes antigas e foram descontinuadas, como o Starburst SQL da IBM. Talvez essa tecnologia foi deixada dado os avanços na computação, como deep learning, data science entre outras, que podem ser implementadas com bases de dados robustas em modelos relacionais e as informações tratadas a um nível de aplicação, de tal forma que o bancos de dados dedutivos não seriam capazes, devido a enorme quantidade de dados.

### **7.1. Aditi**

O sistema Aditi generaliza as bases de dados relacionais oferecendo suporte para vistas recursivas e dados não-atômicos. É um sistema multi-utilizador baseado numa arquitetura cliente servidor. Utiliza técnicas das bases de dados relacionais para gerir os dados armazenados em memória secundária e utiliza um motor de inferência bottom-up otimizado para avaliar perguntas à base de dados que envolvam recursão. Para efetuar perguntas à base de dados oferece uma linguagem com um nível de abstração superior ao SQL que suporta recursão, negação e agregação.

### **7.2 Coral**

O CORAL é um sistema dedutivo que suporta uma linguagem declarativa consideravelmente rica, e uma interface para C++, conseguindo assim oferecer uma combinação de programação declarativa e imperativa. A linguagem declarativa é utilizada para realizar perguntas ou definir vistas na base de dados, e suporta várias funcionalidades, tais como, termos complexos, obtenção de conjuntos de valores (sets), funções de agregação, negação e relações com tuplos que contenham variáveis (universalmente quantificáveis). Um programa declarativo do CORAL pode ser organizado em vários módulos que interagem entre si.

## Referências

1. Banco de dados dedutivo. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/banco-de-dados-dedutivo/24912>>. Acesso em 04 Set. 2019.
2. Base de Dados, Modelo lógico/dedutivo. Disponível em: <http://www.dei.isep.ipp.pt/~ncastro/Teoricas/TAula09.pdf>>. Acesso em 07 Set. 2019.
3. Deductive database. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Deductive\\_database](https://en.wikipedia.org/wiki/Deductive_database)>. Acesso em 07 Set. 2019.
4. ELMASR, Ramez; NAVATHE, Shamkant B.; Fundamentals of Database Systems: 3. Ed. Reading : Addison Wesley, p. 970-977 ,2011.
5. Lógica de Predicados. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~slago/IA-logicaDePredicados.pdf>>. Acesso em 06 Set. 2019.
6. Moura, Daniel Cardoso, Bases de Dados Dedutivas. 5f. Universidade do Porto. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~dcm/MIAC/ddb.pdf>. Acesso em 07 Set. 2019
7. Nardon, Fabiane Bizinella, Estudo e Construção de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Dedutivo. 1996. 146f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.tridedalo.com.br/publications/disserta.pdf>>. Acesso em 06 Set. 2019.