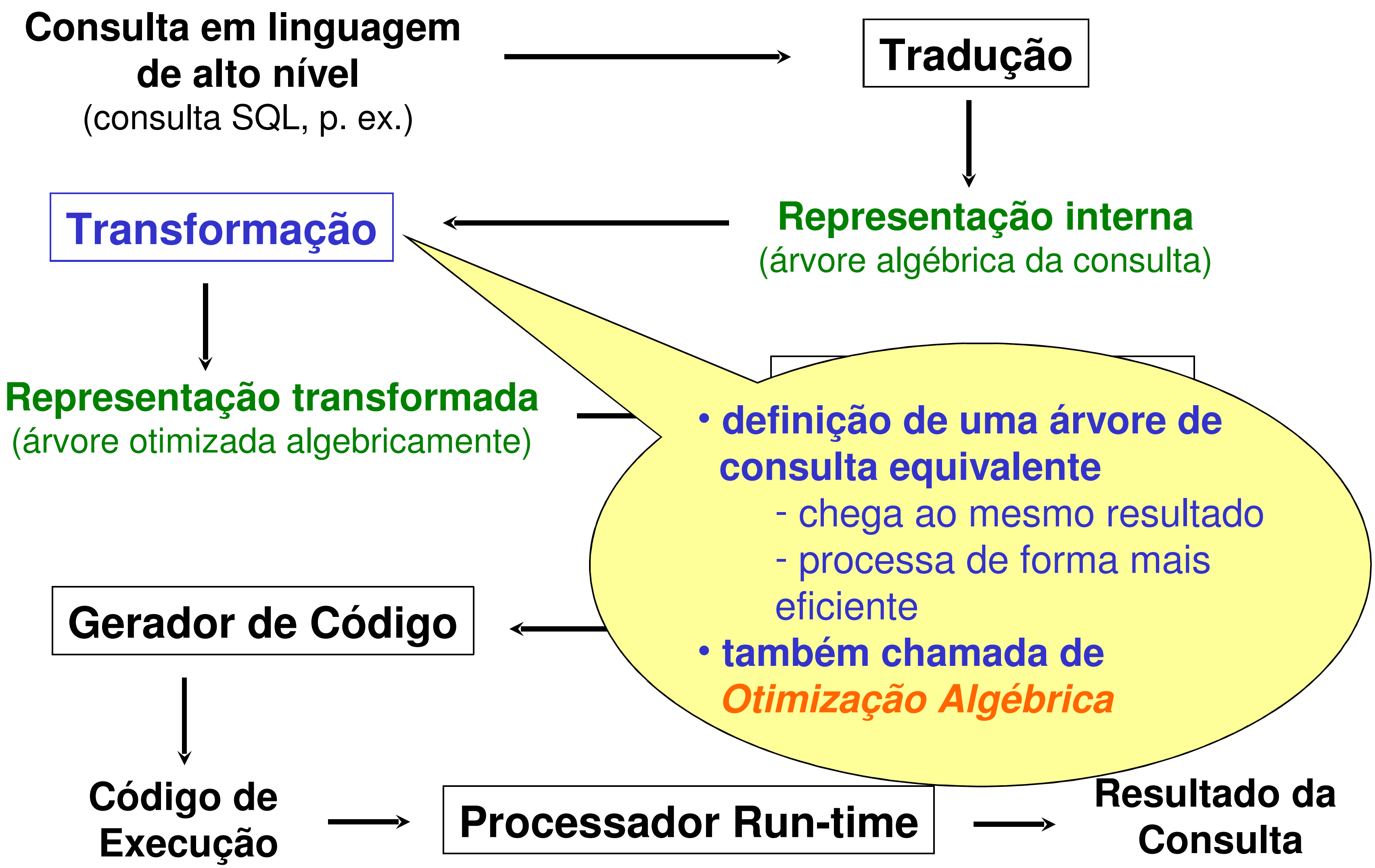
Sumário

Etapas do Processamento de Consultas



Otimização Algébrica

- Objetivo do passo de Transformação
  - entrada: árvore da consulta inicial
  - saída: árvore da consulta otimizada (pode manter a mesma árvore)
- Base
  - regras de equivalência algébrica
    - devem ser conhecidas pelo otimizador para que possam ser geradas transformações válidas
  - algoritmo de otimização algébrica
    - indica a ordem de aplicação das regras e de outros processamentos de otimização

Regras de Equivalência Algébrica

1. Cascata de Seleções

$$\sigma_{c1 \wedge c2 \wedge \ldots\ cn}(R) \equiv \sigma_{c1}(\sigma_{c2}(\ldots(\sigma_{cn}(R))))$$

2. Comutatividade de Seleções

$$\sigma_{c1}(\sigma_{c2}(R)) \equiv \sigma_{c2}(\sigma_{c1}(R))$$

3. Cascata de Projeções

$$\pi_{listaAtributos1}(R) \equiv \pi_{listaAtributos1}(\pi_{listaAtributos2}(\ldots(\pi_{listaAtributosN}(R))))$$

- válido em que situação?

Regras de Equivalência Algébrica

4. Comutatividade de Seleções e Projeções

(a) $\pi_{a1,\, a2\,,\, ...,\, an}(\sigma_c\,(R)) \equiv \sigma_c\,(\pi_{a1,\, a2\,,\, ...,\, an}\,(R))$ ou

(b) $\pi_{a1,\, a2\,,\, ...,\, an}(\sigma_c\,(R)) \equiv \pi_{a1,\, a2\,,\, ...,\, an}\,(\sigma_c\,(\pi_{a1,\, a2\,,\, ...,\, an,\, ap,\, ...,\, at}\,(R)))$

- válidas em quais situações?

5. Comutatividade de Operações Produtórias ("X")

R "X" S $\equiv$ S "X" R

- por "X" entenda-se: **X** ou **X** θ ou $\bowtie$
- a ordem dos atributos e tuplas do resultado não é relevante

Regras de Equivalência Algébrica

6. Comutatividade de Seleções e Operações Produtórias

(a) σ_c (R "X" S) ≡ (σ_c (R)) "X" S ou

(b) σ_c (R "X" S) ≡ (σ_{c1} (R)) "X" (σ_{c2} (S))

(c) σ_c (R "X" S) ≡ σ_{c3} ((σ_{c1} (R)) "X" (σ_{c2} (S)))

- válidas em quais situações?

7. Comutatividade de Projeções e Operações Produtórias

(a) $\pi_{listaAtributos1}$ (R "X" S) ≡ ($\pi_{listaAtributos2}$ (R)) "X" S ou

(b) $\pi_{listaAtributos1}$ (R "X" S) ≡ $\pi_{listaAtributos1}$ (($\pi_{listaAtributos2}$ (R)) "X" S) ou

(c) $\pi_{listaAtributos1}$ (R "X" S) ≡ ($\pi_{listaAtributos2}$ (R)) "X" ($\pi_{listaAtributos3}$ (S)) ou

(d) $\pi_{listaAtributos1}$ (R "X" S) ≡ $\pi_{listaAtributos1}$ (($\pi_{listaAtributos2}$ (R)) "X" ($\pi_{listaAtributos3}$ (S)))

- válidas em quais situações?

Regras de Equivalência Algébrica

8. Comutatividade de Operações de Conjunto

$R \cup S \equiv S \cup R$ e

$R \cap S \equiv S \cap R$

- por quê "—" não é comutativa?

9. Associatividade de Operações Produtórias e de Conjunto ("οX")

$(R \text{ "οX" } S) \text{ "οX" } T \equiv R \text{ "οX" } (S \text{ "οX" } T)$

- por "οX" entenda-se: **X** ou **X** θ ou $\bowtie$ ou $\cup$ ou $\cap$
- <u>observação</u>: a operação de conjunto deve ser sempre a mesma em cada ocorrência de "οX"; Já a operação produtória pode ser diferente
- por quê "—" não é associativa?

Regras de Equivalência Algébrica

9. Associatividade de Operações Produtórias e de Conjunto (“οX”)

$$(R \text{ “οX” } S) \text{ “οX” } T \equiv R \text{ “οX” } (S \text{ “οX” } T)$$

Observação: predicados de junção devem ser devidamente ajustados na associatividade de operações produtórias

Exemplo: seja θ_1 um predicado sobre atributos de R e S, θ_2 um predicado sobre atributos de S e T, e θ_3 um predicado sobre atributos de R e T. Então:

$$(R \text{ “X” }_{\theta 1} S) \text{ “X” }_{\theta 2 \wedge \theta 3} T \equiv R \text{ “X” }_{\theta 1 \wedge \theta 3} (S \text{ “X” }_{\theta 2} T)$$

Regras de Equivalência Algébrica

10. Comutatividade de Seleção e Operações de Conjunto (“o”)

$$\sigma_c (R \text{ “o” } S) \equiv (\sigma_c (R)) \text{ “o” } (\sigma_c (S))$$

- atributos a filtrar devem existir em ambas as relações (renomeações de atributos podem ser realizadas)
- por “o” entenda-se: $\cup$ ou $\cap$ ou —

11. Comutatividade de Projeção e União

$$\pi_{listaAtributos} (R \cup S) \equiv (\pi_{listaAtributos} (R)) \cup (\pi_{listaAtributos} (S))$$

- atributos a projetar devem existir em ambas as relações (renomeações de atributos podem ser realizadas)
- por quê “—” e “$\cap$” não são comutativas?

Regras de Equivalência Algébrica

12. Fusão de Seleções e Operações Produtórias

(a) $\sigma_c (R \times S) \equiv R \times_{\theta = \sigma_c} S$ ou

(b) $\sigma_c (R \times S) \equiv R \bowtie_c S$ ou

(c) $R \times_{\theta = \sigma_c} S \equiv R \bowtie_c S$

- válidas em quais situações?

lembrar que dada uma operação $\oplus$ qualquer tem-se

i) comutatividade: $a \oplus b = b \oplus a$

ii) associatividade: $(a \oplus b) \oplus c = a \oplus (b \oplus c)$

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Algoritmo de alto (altíssimo!) nível
  - Tenta gerar a árvore mais otimizada possível
- Exemplo de Consulta (BD Clínica)

```
SELECT p.codp, p.nome, c.data
FROM Pacientes p, Consultas c, Medicos m
WHERE m.especialidade = `ortopedia'
AND m.codm = c.codm
AND p.codp = c.codp
AND c.hora >= '18:00'
AND c.hora <= '22:00'
AND p.idade > 60
```

Médicos(codm, nome, idade, especialidade)
Pacientes(codp, nome, doença, idade)
Consultas(codm, codp, data, hora)

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Composto de 6 grandes passos
  - cada passo pode aplicar uma mesma regra várias vezes
- Passo 1
  - aplicar a regra 1
    - desmembrar operações de seleção
      - maior flexibilidade para mover seleções
- Passo 2
  - aplicar as regras 2, 4, 6 e 10 (e regra 1 ao final)
    - objetivo
      - mover seleções para níveis inferiores da árvore o máximo possível (e fundi-las novamente, se possível)

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Passo 3
  - aplicar regra 9
    - mudar de posição sub-árvores envolvidas em operações produtórias
    - objetivos
      - combinar prioritariamente sub-árvores com menor número de dados
        - » investigar sub-árvores com seleções mais restritivas
      - evitar produtos cartesianos
        - » combinações sem atributos de junção
    - como saber quais as seleções mais restritivas?
      - análise do **grau de seletividade** de um predicado
        - » estatística geralmente mantida no DD
  - regra 5
    - útil apenas para processadores que executam junções cujo laço externo se aplica à relação da esquerda (deve ser a de menor tamanho)

Grau de Seletividade ($GS_{ai}(R)$)

- Definido pela seguinte razão
  - $GS_{ai}(R) = t_p(R) / |R|$, onde $t_p(R)$ é o número de tuplas que satisfazem o predicado aplicado sobre um atributo *ai* em uma relação R e $|R|$ é o número de tuplas em R ($G_S \in [0,1]$)
- $GS_{ai}(R)$ pequeno (≈ 0) $\Rightarrow$ seleção mais restritiva
- Um atributo chave a_c possui baixo G_S em predicados de igualdade
  - $GS_{ac}(R) = 1 / |R|$
- <u>Simplificação</u>: mantém-se uma estimativa de distribuição uniforme de valores de atributos
  - $GS_{ai}(R) = (|R| / V(a_i)) / |R| = \mathbf{1 / V(a_i)}$, onde $V(a_i)$ é o número de valores distintos de a_i

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Passo 4
  - aplicar a regra 12
    - otimizar operações produtórias
- Passo 5
  - aplicar as regras 3, 4, 7 e 11
    - desmembrar e mover projeções para níveis inferiores da árvore, tanto quanto possível, definindo novas projeções conforme se faça necessário
- Passo 6
  - identificar sub-árvores que representem grupos de operações que possam ser executados por um único algoritmo
    - defina-os uma única vez (uma única sub-árvore) na “árvore”

Passo 6 - Exemplo