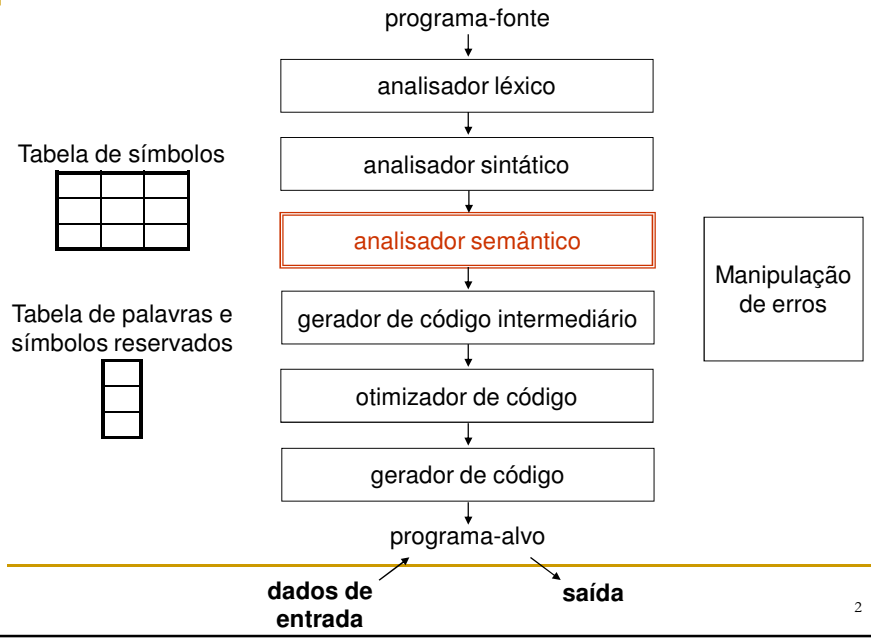
Análise semântica

Função, interação com o compilador
Tabela de símbolos
Análise semântica

Prof. Thiago A. S. Pardo
taspardo@icmc.usp.br

1

Estrutura geral de um compilador



2

Análise semântica

- Função: verificação do uso adequado
  - Análise contextual: declarações prévias de variáveis, procedimentos, etc.
  - Checagem de tipos
  - Coisas que vão além do domínio da sintaxe
    - Sensitividade ao contexto!
- Tipos de análise semântica
  - Estática, em tempo de compilação: linguagens tipadas, que exigem declarações
    - C, Pascal, etc.
  - Dinâmica, em tempo de execução: linguagens em que as variáveis são determinadas pelo contexto de uso
    - LISP, PROLOG

3

Análise semântica

- Devido às variações de especificação semântica das linguagens de programação, a análise semântica
  - Não é tão bem formalizada
  - Não existe um método ou modelo padrão de representação do conhecimento
  - Não existe um mapeamento claro da representação para o algoritmo correspondente
- Análise é artesanal, dependente da linguagem de programação

4

Análise semântica

- Semântica dirigida pela sintaxe
  - Conteúdo semântico fortemente relacionado à sintaxe do programa
  - Maioria das linguagens de programação modernas
- Em geral, a semântica de uma linguagem de programação não é especificada
  - O projetista do compilador tem que analisar e extrair a semântica

5

Formalização e implementação

- Assim como a sintaxe, a semântica precisa ser formalizada/descrita antes de ser implementada
  - Sintaxe: por exemplo, BNF → procedimentos recursivos
- Gramática de atributos é o formalismo de descrição da semântica comumente utilizado

6

Gramática de atributos

- Gramática de atributos
  - Método usualmente utilizado
  - Conjunto de atributos e regras semânticas para uma gramática
    - Cada regra sintática/gramatical tem uma regra semântica associada
  - Atributos associados aos símbolos gramaticais
    - Por exemplo, valor e escopo
      - x.valor, x.escopo
  - Regras semânticas que manipulam os atributos
    - Por exemplo, regra para somar os atributos valores de duas variáveis
      - x:=a+b, cuja regra é x.valor:=a.valor+b.valor

7

Gramática de atributos

- Atributos podem ser fixados durante a compilação ou a execução de um programa
  - A associação de um valor a um atributo é chamada "amarração" (ou vinculação) do atributo
  - Acontece em "tempo de amarração"
    - Em tempo de compilação, tem-se a amarração estática
    - Em tempo de execução, tem-se a amarração dinâmica

8

Gramática de atributos

- Exemplo de gramática de atributos

exp → exp + termo | exp - termo | termo
termo → termo * fator | termo div fator | fator
fator → (exp) | num

Regras gramaticais	Regras semânticas
$exp_1 \rightarrow exp_2$+termo	exp_1.val=exp_2.val+termo.val
$exp_1 \rightarrow exp_2$-termo	exp_1.val=exp_2.val-termo.val
exp→termo	exp.val=termo.val
$termo_1 \rightarrow termo_2$*fator	$termo_1$.val=$termo_2$.val*fator.val
$termo_1 \rightarrow termo_2$ div fator	$termo_1$.val=$termo_2$.val/fator.val
termo→fator	termo.val=fator.val
fator→(exp)	fator.val=exp.val
fator→num	fator.val=num.val

Gramática de atributos

- Exercício: escreva a gramática de atributos para a gramática abaixo

número → número dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

10

Gramática de atributos

- Exercício: escreva a gramática de atributos para a gramática abaixo

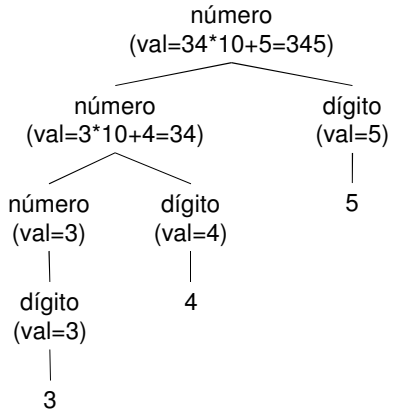
número → número dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

Regras gramaticais	Regras semânticas
$número_1$ → $número_2$ dígito	$número_1$.val=$número_2$.val*10 + dígito.val
número→dígito	número.val=dígito.val
dígito→0	dígito.val=0
dígito→1	dígito.val=1
...	...
dígito→9	dígito.val=2

11

Gramática de atributos

- Árvore sintática com visualização da computação de atributos



12

Gramática de atributos

- Exercício: escreva a gramática de atributos para a gramática abaixo

  decl → tipo var-lista
  tipo → **int** | **float**
  var-lista → **id,** var-lista | **id**

13

Gramática de atributos

- Exercício: escreva a gramática de atributos para a gramática abaixo

  decl → tipo var-lista
  tipo → **int** | **float**
  var-lista → **id,** var-lista | **id**

Regras gramaticais	Regras semânticas
decl → tipo var-lista	var-lista.tipo_dado = tipo.tipo_dado
tipo → int	tipo.tipo_dado = integer
tipo → float	tipo.tipo_dado = real
var-lista_1 → id, var-lista_2	id.tipo_dado = var-lista_1.tipo_dado var-lista_2.tipo_dado = var-lista_1.tipo_dado
var-lista → id	id.tipo_dado=var-lista.tipo_dado

14

Gramática de atributos

- Exercício: construa a árvore sintática com cálculo dos atributos para a cadeia **float x, y**

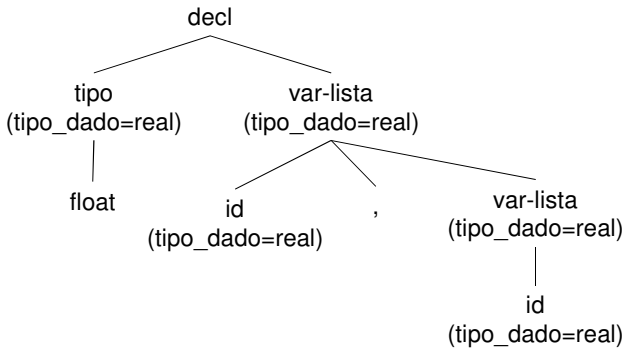
decl → tipo var-lista
tipo → **int** | **float**
var-lista → **id,** var-lista | **id**

Regras gramaticais	Regras semânticas
decl → tipo var-lista	var-lista.tipo_dado = tipo.tipo_dado
tipo → int	tipo.tipo_dado = integer
tipo → float	tipo.tipo_dado = real
var-lista$_1$ → id, var-lista$_2$	id.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado var-lista$_2$.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado
var-lista → id	id.tipo_dado=var-lista.tipo_dado

15

Gramática de atributos

- Exercício: construa a árvore sintática com cálculo dos atributos para a cadeia **float x, y**



16

Gramática de atributos

- Atenção
  - Nem todo símbolo gramatical tem atributos
  - Pode haver manipulação de mais de um atributo em uma mesma regra e para um mesmo símbolo
- Em geral, a gramática de atributos de uma gramática pode especificar
  - Comportamento semântico das operações
  - Checagem de tipos
  - Manipulação de erros
  - Tradução do programa

17

Gramática de atributos

- Gramática para geração de números binários ou decimais, indicados pelos sufixos b ou d, respectivamente

número → num sufixo
sufixo → b | d
num → num dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

18

Gramática de atributos

- Escreva a gramática de atributos

número → num sufixo
sufixo → b | d
num → num dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

19

Gramática de atributos

Regras gramaticais	Regras semânticas
número → num sufixo	número.val = num.val num.base = sufixo.base
sufixo → b	sufixo.base = 2
sufixo → d	sufixo.base = 10
num_1 → num_2 dígito	num_1.val = **if** dígito.val = erro **or** num_2.val=erro **then** erro **else** num_2.val * num_1.base + dígito.val num_2.base = num_1.base dígito.base = num_1.base
num → dígito	num.val = dígito.val dígito.base = num.base
dígito → 0	dígito.val = 0
dígito → 1	dígito.val = 1
dígito → 2	dígito.val = **if** dígito.base=2 **then** erro **else** 2
...	...

Gramática de atributos

- Gramática para geração de números binários ou decimais, indicados pelos sufixos b ou d, respectivamente

  número → num sufixo
  sufixo → b | d
  num → num dígito | dígito
  dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

- A sintaxe permitiria o número **02b**, mas a semântica não

21

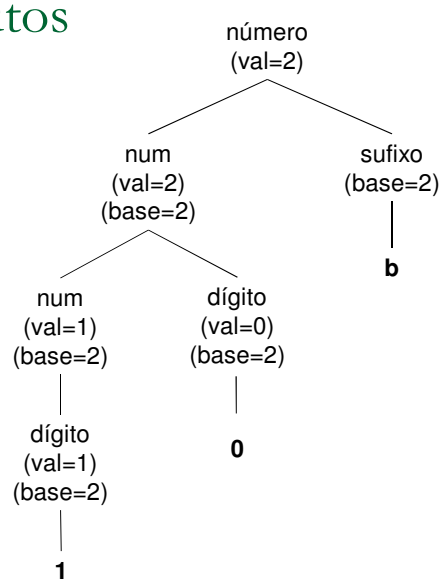
Gramática de atributos

- Exercício: construa a árvore sintática com cálculo dos atributos para a cadeia **10b**

22

Gramática de atributos

- 10b



23

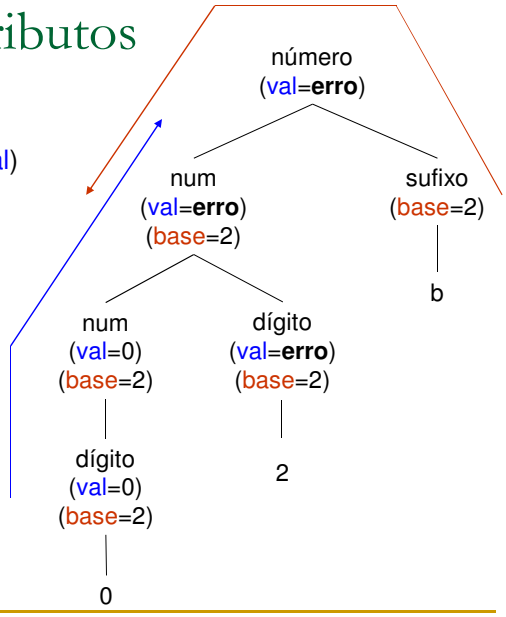
Gramática de atributos

- Exercício: construa a árvore sintática com cálculo dos atributos para a cadeia **02b**

24

Gramática de atributos

- Atenção
  - Alguns valores sobem (val)
  - Outros descem (base)



Como calcular os atributos de forma consistente?

Cômputo de atributos

- Com base na árvore sintática explícita
  - Grafos de dependência
    - Compilador de mais de uma passagem
- *Ad hoc*
  - Análise semântica "comandada" pela análise sintática
    - Compilador de uma única passagem

Cômputo de atributos

- Grafos de dependência
  - Especificam a ordem de cômputo dos atributos de cada regra gramatical em uma árvore sintática
    - Portanto, um grafo associado a cada regra gramatical
  - Para uma cadeia da linguagem, tem-se um grafo composto por todos os subgrafos

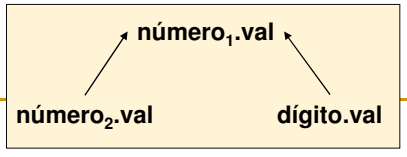
27

Cômputo de atributos

- Exemplo

número → número dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

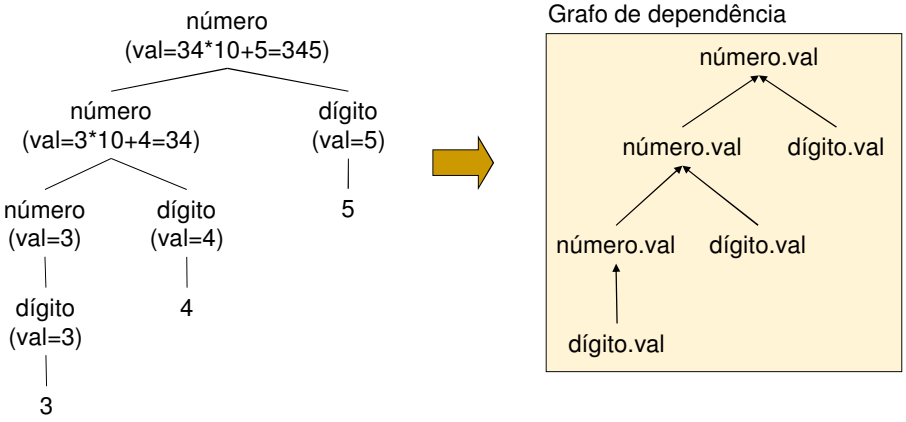
Regras gramaticais	*Regras semânticas*
número$_1$→número$_2$ dígito	**número$_1$.val→número$_2$.val*10 + dígito.val**
número→dígito	Número.val=dígito.val
dígito→0	dígito.val=0
dígito→1	dígito.val=1
...	...
dígito→9	dígito.val=2



28

Cômputo de atributos

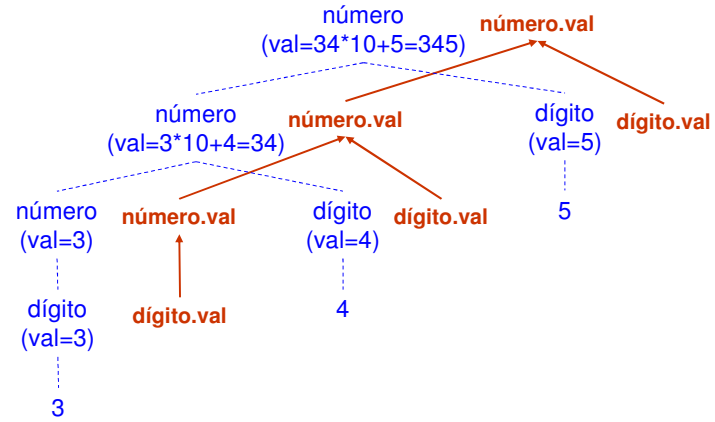
- Cadeia 345



29

Cômputo de atributos

- Grafo amarrado à árvore sintática



30

Cômputo de atributos

- Considere a gramática abaixo e sua gramática de atributos

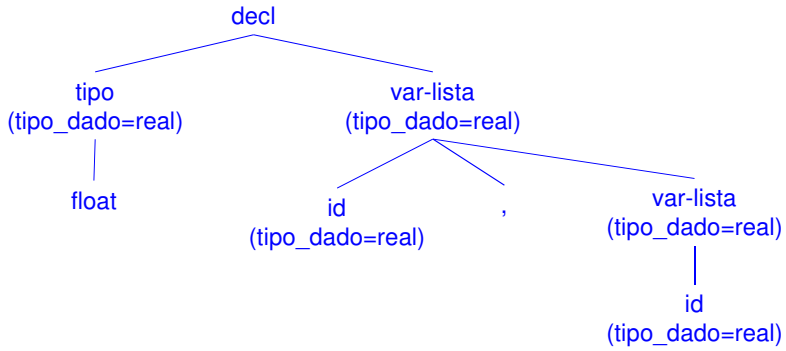
decl → tipo var-lista
tipo → **int** | **float**
var-lista → **id,** var-lista | **id**

Regras gramaticais	Regras semânticas
decl → tipo var-lista	var-lista.tipo_dado = tipo.tipo_dado
tipo → int	tipo.tipo_dado = integer
tipo → float	tipo.tipo_dado = real
var-lista$_1$ → id, var-lista$_2$	id.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado var-lista$_2$.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado
var-lista → id	id.tipo_dado=var-lista.tipo_dado

31

Cômputo de atributos

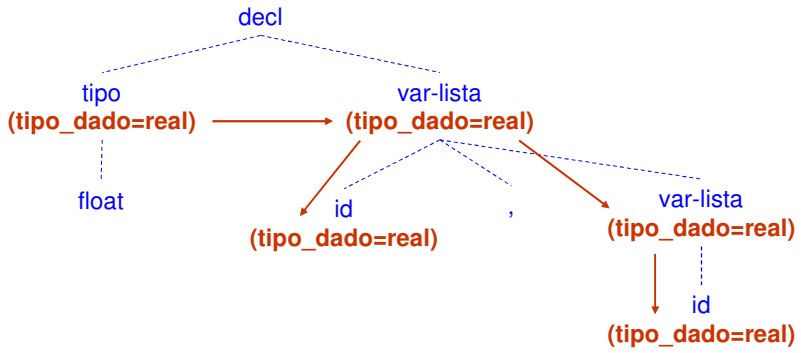
- Para a cadeia float x,y



32

Cômputo de atributos

- Para a cadeia float x,y



33

Cômputo de atributos

- Exercício: considere a gramática abaixo e sua gramática de atributos

número → num sufixo
sufixo → b | d
num → num dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

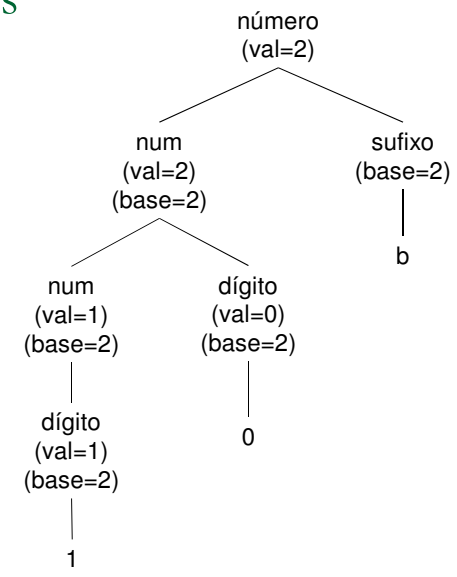
34

Cômputo de atributos

Regras gramaticais	Regras semânticas
número → num sufixo	número.val = num.val num.base = sufixo.base
sufixo → b	sufixo.base = 2
sufixo → d	sufixo.base = 10
num_1 → num_2 dígito	num_1.val = **if** dígito.val = erro **or** num_2.val=erro **then** erro **else** num_2.val * num_1.base + dígito.val num_2.base = num_1.base dígito.base = num_1.base
num → dígito	num.val = dígito.val dígito.base = num.base
dígito → 0	dígito.val = 0
dígito → 1	dígito.val = 1
dígito → 2	dígito.val = **if** dígito.base=2 **then** erro **else** 2
...	...

Cômputo de atributos

- Dada a árvore sintática da cadeia 10b, construa o grafo de dependência



36

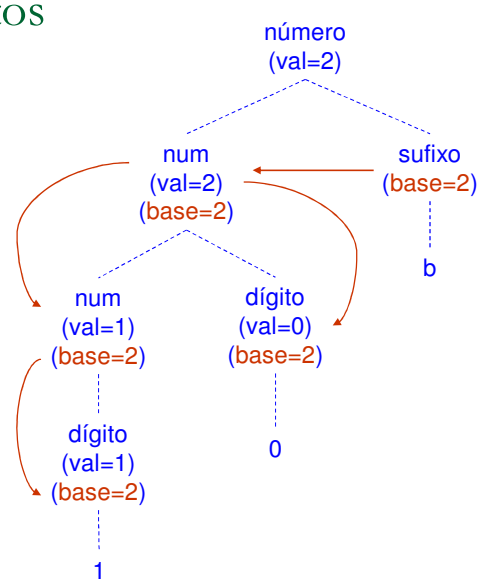
Cômputo de atributos

- Atributo base

número → num sufixo
num.base = sufixo.base

num_1 → num_2 dígito
num_2.base = num_1.base
dígito.base = num_1.base

num → dígito
dígito.base = num.base



37

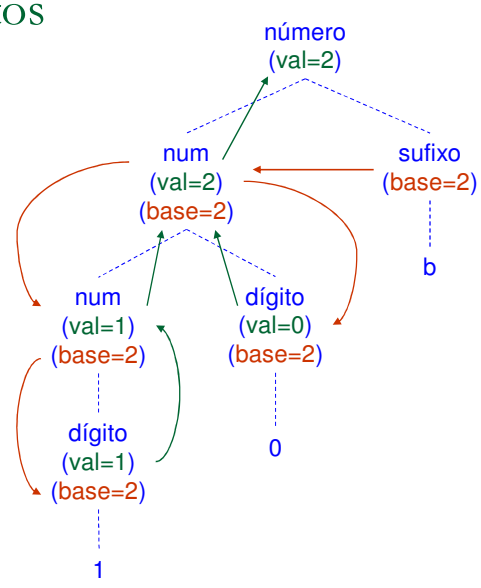
Cômputo de atributos

- Atributo base e atributo valor

número → num sufixo
número.val = num.val

num_1 → num_2 dígito
num_1.val =
num_2.val * num_1.base +
dígito.val

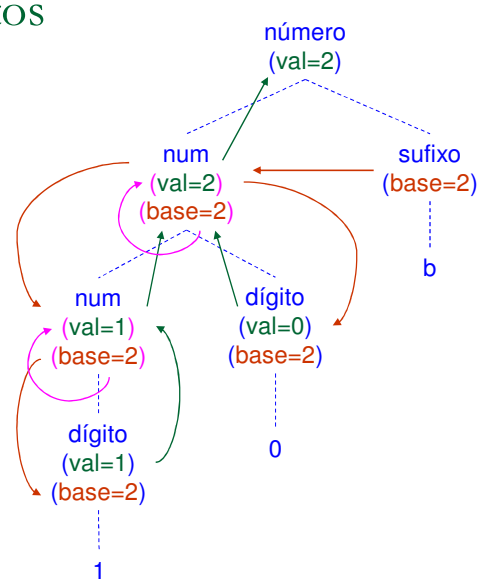
num → dígito
num.val = dígito.val



38

Cômputo de atributos

- Atributo base e atributo valor e dependência do valor em relação à base



$num_1 \rightarrow num_2$ dígito

num_1.val =
if dígito.val = erro **or** num_2.val=erro **then** erro
else num_2.val * num_1.base + dígito.val

39

Cômputo de atributos

- Dois tipos de atributos
  - Atributos herdados: dependências de pais para filhos e/ou entre irmãos (p.ex., atributo *base* da gramática anterior)
  - Atributos sintetizados: dependências apontam de filhos para pais (p.ex., atributo *val* da gramática anterior)
    - Uma gramática que só tem atributos sintetizados é denominada gramática S-atribuída

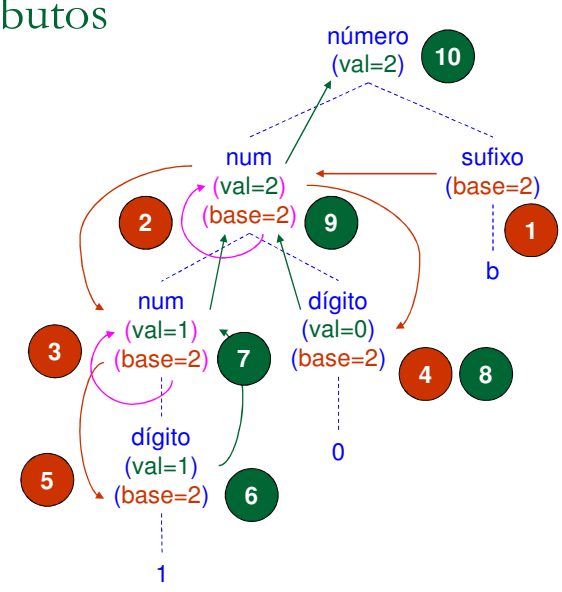
40

Cômputo de atributos

- Ordem de cômputo dos atributos
  - Os atributos que não dependem de outros atributos devem ser computados primeiro, logicamente
  - Opções
    - Ordenação topológica do grafo de dependências: método de árvore de análise sintática
    - Manualmente, determinado pelo projetista do compilador: método baseado em regras

Cômputo de atributos

- Ordenação topológica
  - Várias possibilidades e algoritmos
- Em geral, inicia-se pelos atributos independentes dos nós folha
- Dificuldades do método
  - Construção completa do grafo de dependência
  - Grafos acíclicos para gramáticas de atributos acíclicas (um algoritmo para tal verificação é exponencial em tempo)



Cômputo de atributos

- Método baseado em regras
  - Adotado em praticamente todos os compiladores
  - O projetista do compilador analisa a gramática de atributos e seus grafos de dependência e determina a ordem de cômputo dos atributos
    - Em geral, não é muito complicado de se fazer
  - Para cada regra gramatical, definição do percurso realizado no trecho correspondente na árvore sintática
    - Possibilidades: percurso em-ordem, pré-ordem, pós-ordem ou arbitrário

43

Cômputo de atributos

- Exemplos de percursos para uma árvore binária (relembrando ALG1)
  - Percurso em-ordem
    - Filho esquerdo, raiz (nó pai, isto é, lado esquerdo da regra em foco), filho direito
  - Percurso pré-ordem
    - Raiz, filho esquerdo, filho direito
  - Percurso pós-ordem
    - Filho esquerdo, filho direito, raiz

44

Cômputo de atributos

- Exemplo: sub-rotina para computar o atributo tipo_dado da gramática abaixo

decl → tipo var-lista
tipo → **int** | **float**
var-lista → **id,** var-lista | **id**

Regras gramaticais	Regras semânticas
decl → tipo var-lista	var-lista.tipo_dado = tipo.tipo_dado
tipo → int	tipo.tipo_dado = integer
tipo → float	tipo.tipo_dado = real
var-lista$_1$ → id, var-lista$_2$	id.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado var-lista$_2$.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado
var-lista → id	id.tipo_dado=var-lista.tipo_dado

45

Cômputo de atributos

- Exemplo: sub-rotina para computar o atributo tipo_dado da gramática abaixo

```
procedure AvalTipo(T: nó_árvore);
begin
    case nó de T of
    decl:
            AvalTipo(tipo);
            var-lista.tipo_dado:=tipo.tipo_dado;
            AvalTipo(var-lista);
    tipo:
            if filho de T=int then T.tipo_dado:=inteiro
            else T.tipo_dado:=real;
    var-lista:
            atribui T.tipo_dado a primeiro filho de T
            if terceiro filho de T não é NIL then
                    atribui T.tipo_dado a terceiro filho;
                    AvalTipo(terceiro filho de T);
    end;
end;
```

pré-ordem

Cômputo de atributos

- Opcionalmente, valores de atributos podem ser associados a parâmetros ou valores de retorno de sub-rotinas de cômputo de atributos em vez de serem armazenados nos nós de uma árvore sintática
  - Interessante para a situação em que muitos atributos são usados apenas temporariamente ou como suporte para cômputo de outros atributos
  - Normalmente, atributos herdados são passados via parâmetros e atributos sintetizados via valor de retorno

47

Cômputo de atributos

- Exemplo

número → num sufixo
sufixo → b | d
num → num dígito | dígito
dígito → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

48

Cômputo de atributos

Regras gramaticais	Regras semânticas
número → num sufixo	número.val = num.val num.base = sufixo.base
sufixo → b	sufixo.base = 2
sufixo → d	sufixo.base = 10
num_1 → num_2 dígito	num_1.val = **if** dígito.val = erro **or** num_2.val=erro **then** erro **else** num_2.val * num_1.base + dígito.val num_2.base = num_1.base dígito.base = num_1.base
num → dígito	num.val = dígito.val dígito.base = num.base
dígito → 0	dígito.val = 0
dígito → 1	dígito.val = 1
dígito → 2	dígito.val = **if** dígito.base=2 **then** erro **else** 2
...	...

```
function AvalComBase(T: nó_árvore; base: inteiro): inteiro;
var temp, temp2: inteiro;
begin
    case nó de T of
        número:
                temp:=AvalComBase(filho à direita de T,0);
                return AvalComBase(filho à esquerda de T,temp);
        num:
                temp:=AvalComBase(filho à esquerda de T,base);
                if filho à direita de T não é NIL then
                        temp2:=AvalComBase(filho à direita de T,base);
                        if temp<>erro and temp2<>erro then
                                return base*temp+temp2
                        else return erro;
                else return temp;
        sufixo:
                if filho de T=b then return 2
                else return 10;
        dígito:
                if base=2 and filho de T>1 then return erro
                else return numval(filho de T);
    end;
end;
```

Cômputo de atributos

- Estruturas de dados externas
  - Em vez de se armazenar os atributos na árvore sintática ou de manipulá-los via parâmetros e valores de retornos, os atributos podem ser armazenados em estruturas separadas
    - Variáveis globais
    - Listas
    - Tabelas
  - Em compilação, a **tabela de símbolos** é utilizada, em geral

51

Tabela de símbolos

- Estrutura principal da compilação
- Captura a sensitividade ao contexto e as ações executadas no decorrer do programa
- Atrelada a todas as etapas da compilação
- Permite a realização da análise semântica
- Fundamental na geração de código

52

Tabela de símbolos

- Permite saber durante a compilação de um programa o tipo e o valor de seus elementos (números e identificadores), escopo destes, número e tipo dos parâmetros de um procedimento, etc.
  - Cada token tem atributos/informações diferentes associadas

Cadeia	Token	Categoria	Tipo	Valor	...
i	id	var	integer	1	...
fat	id	proc	-	-	...
2	num	-	integer	2	...
...					

53

Tabela de símbolos

- Exemplo de atributos de identificador de variável
  - Tipo de variável (inteira, real, etc.), nome da variável, endereço na memória, escopo (programa principal, função, etc.), etc.
- Para vetor, ainda seriam necessários atributos de tamanho do vetor, o valor de seus limites, etc.

54

Tabela de símbolos

- Principais operações efetuadas
  - Inserir: armazena na tabela informações fornecidas pelas declarações no programa
  - Busca: recupera da tabela informações de um elemento declarado no programa quando esse elemento é utilizado
  - Remover: remove (ou torna inacessível) da tabela informações sobre um elemento declarado que não se mostra mais necessário no programa
- As especificidades dessas operações são dependentes da linguagem de programação em questão

55

Tabela de símbolos

- A tabela é acessada pelo compilador sempre que um elemento é mencionado no programa
  - Verificar ou incluir sua declaração
  - Verificar seu tipo, escopo ou alguma outra informação
  - Atualizar alguma informação associada ao identificador (por exemplo, valor)
  - Remover um elemento quando este não se faz mais necessário ao programa

56

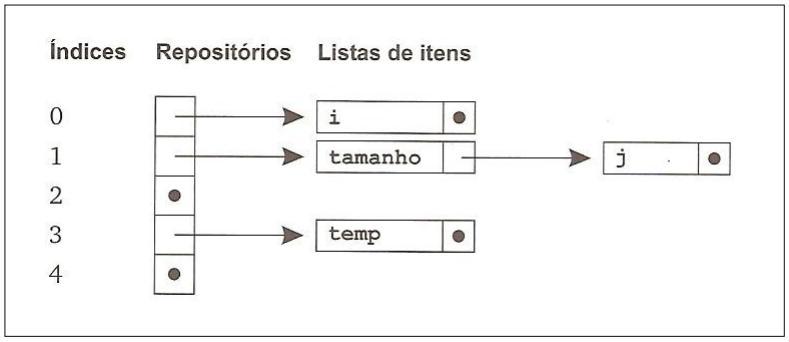
Tabela de símbolos

- Estrutura da tabela de símbolos: determinada pela eficiência das operações de inserir, verificar e remover
- Várias possibilidades
  - Implementação
    - Estática
    - Dinâmica: melhor opção
  - Estrutura
    - Listas, matrizes
    - Árvores de busca (por exemplo, B e AVL)
  - Acesso
    - Seqüencial, busca binária, etc.
    - *Hashing*: opção mais eficiente
      - O elemento do programa é a chave e a função *hash* indica sua posição na tabela de símbolos
      - Necessidade de tratamento de colisões

57

Tabela de símbolos

- Exemplo de *hashing* com resolução de colisões para a inclusão dos identificadores i, j, tamanho e temp



58

Tabela de símbolos

- Questões de projeto
  - Tamanho da tabela: tipicamente, de algumas centenas a mil “linhas”
    - Dependente da forma de implementação
      - Na implementação dinâmica, não é necessário se preocupar tanto com isso
  - Uma única tabela para todas as declarações ou várias tabelas, sendo uma para cada tipo de declaração (constantes, variáveis, tipos, procedimentos e funções)
    - Diferentes declarações têm diferentes informações/atributos (por exemplo, variáveis não têm número de argumentos, enquanto procedimentos têm)

Tabela de símbolos

- Representação de escopo de identificadores do programa: várias tabelas ou uma única tabela com a identificação do escopo (como um atributo ou por meio de listas ligadas, por exemplo) para cada identificador
  - Tratamento de escopo
    - Inserção de identificadores de mesmo nome, mas em níveis diferentes
    - Remoção de identificadores cujos escopos deixaram de existir
- Em geral, na maioria das linguagens de programação, aplica-se a “regra do aninhamento mais próximo”

Tabela de símbolos

- Possibilidades para tratamento de escopos
  - Inclusão de um campo a mais na tabela de símbolos indicando o nível da variável no programa
    - Controle do nível durante a compilação do programa
      - Quando se chama um procedimento (ou função), faz-se nível:=nível+1
      - Quando se sai de um procedimento (ou função), faz-se nível:=nível-1
  - Associação das variáveis locais a um procedimento (ou função) à entrada da tabela para o procedimento (ou função) por meio, por exemplo, de uma lista encadeada
    - Atenção: para a checagem de tipos, deve-se saber quantos são e quais são os parâmetros de um procedimento (ou função) na tabela de símbolos
  - Tabelas diferentes para diferentes escopos

Tabela de símbolos

- Tratamento de escopo
  - Como diferenciar variáveis globais de locais
    - Tratamento de variáveis de mesmo nome, mas de escopos diferentes

```
program meu_prog
procedure meu_proc(x: integer)
var y: real
begin
    read(y);
    x:=x+y
end;
var x, y: integer
begin
    read(y);
    x:=x*y
end.
```

Exercício

- Gere a tabela de símbolos para o programa abaixo

```
program meu_prog
procedure meu_proc(x: integer)
var y: real
begin
    read(y);
    x:=x+y
end;
var x, y: integer
begin
    read(y);
    x:=x*y
end.
```

63

Tabela de símbolos

- Exemplo de tratamento de escopo
  - Sub-rotinas aninhadas
  - Variáveis globais e locais com mesmo nome

```
program Ex;
var i,j: integer;

function f(tamanho: integer): integer;
var i,temp: char;

   procedure g;
   var j: real;
   begin
      ...
   end;

   procedure h;
   var j: ^char;
   begin
      ...
   end;

begin (* f *)
   ...
end;

begin (* programa principal *)
   ...
end.
```

Tabela de símbolos

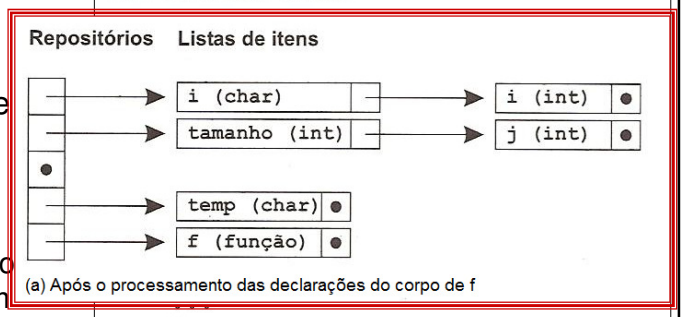
- Exemplo de tratamento de escopo
  - Sub-rotinas aninhadas
  - Variáveis glo e locais com mesmo nome

```
program Ex;
var i,j: integer;

function f(tamanho: integer): integer;
var i,temp: char;
  ...
  end;

begin (* f *)
  ...
end;

begin (* programa principal *)
  ...
end.
```



(a) Após o processamento das declarações do corpo de f

Tabela de símbolos

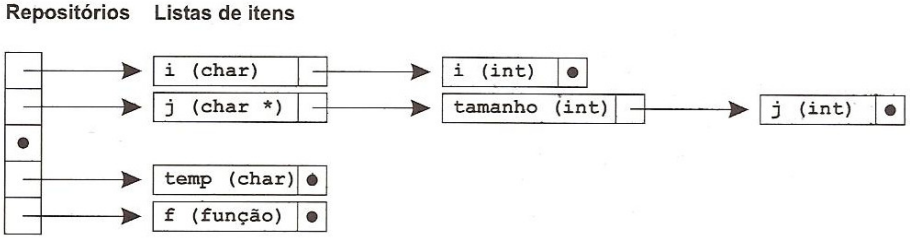
- Exemplo de tratamento de escopo
  - Sub-rotinas aninhadas
  - Variáveis globais

```
program Ex;
var i,j: integer;

function f(tamanho: integer): integer;
var i,temp: char;

  procedure g;
  var j: real;
  begin
    ...
  end;

  procedure h;
  var j: ^char;
```



(b) Após o processamento da declaração da segunda declaração composta aninhada dentro do corpo de f

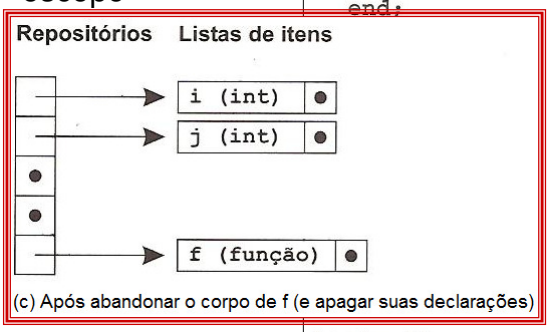
Tabela de símbolos

- Exemplo de tratamento de escopo

```
program Ex;
var i,j: integer;

function f(tamanho: integer): integer;
var i,temp: char;

   procedure g;
   var j: real;
   begin
      ...
   end;
```




```
begin (* programa principal *)
   ...
end.
```

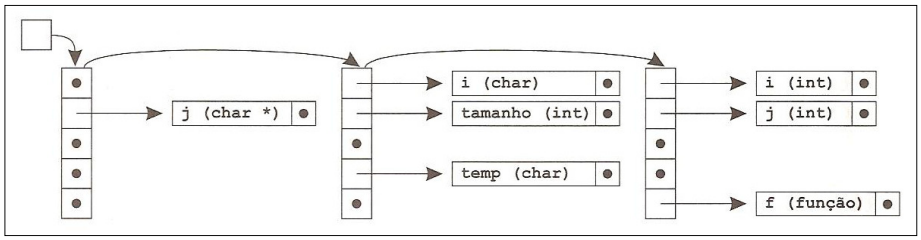
Tabela de símbolos

- Comportamento de **pilha**
  - Insere as declarações mais recentes, ocultando as antigas
  - Remove as mais recentes, voltando ao escopo anterior
  - Acesso às mais recentes

68

Tabela de símbolos

- Alternativa para tabela anterior: tabelas separadas para cada escopo
  - Mudar o escopo requer apenas a mudança do ponteiro



69

Tabela de símbolos

- A tabela de símbolos pode ser utilizada para armazenar as palavras reservadas e símbolos especiais da linguagem, podendo dispensar o uso da tabela de palavras e símbolos reservados

70

Tabela de símbolos

- Descritores
  - Registros (campos) que formam a tabela de símbolos
  - Armazenam as informações dos números e identificadores
- Diferentes identificadores têm diferentes descritores
  - Tem que se levar isso em consideração no projeto da tabela de símbolos para sua otimização
  - Possibilidade de se usar uniões para o caso de uma mesma tabela para tudo

71

Tabela de símbolos

- Inserção de elementos na tabela
  - Associação de regras semânticas às regras gramaticais
  - Verificar se o elemento já não consta na tabela
- Busca de informação na tabela
  - Realizada antes da inserção
  - Busca de informações para análise semântica
- Remoção de elementos da tabela
  - Tornar inacessíveis dados que não são mais necessários (por exemplo, após o escopo ter terminado)
  - Linguagens que permitem estruturação em blocos

72

Tabela de símbolos

- As sub-rotinas de inserção, busca e remoção podem ser inseridas diretamente na gramática de atributos
  - Explicitamente, via chamadas de sub-rotinas de manipulação da tabela
    - Compilação em mais de uma passagem, se árvore sintática é a base para a análise
    - Opcionalmente, compilação de uma única passagem, sendo a gramática de atributos utilizada apenas para a descrição da semântica

73

Tabela de símbolos

- Exemplo: decl → tipo var-lista
  tipo → **int** | **float**
  var-lista → **id,** var-lista | **id**

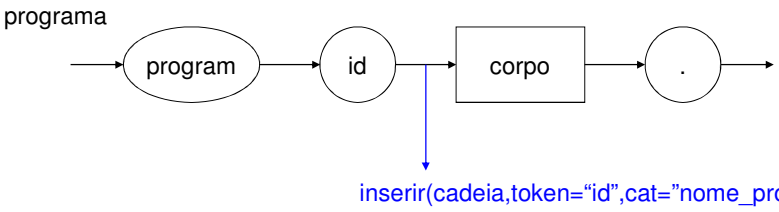
Regras gramaticais	Regras semânticas
decl → tipo var-lista	var-lista.tipo_dado = tipo.tipo_dado
tipo → int	tipo.tipo_dado = integer
tipo → float	tipo.tipo_dado = real
var-lista$_1$ → id, var-lista$_2$	id.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado var-lista$_2$.tipo_dado = var-lista$_1$.tipo_dado If busca(id)=FALSE then inserir(id,id.tipo_dado) else ERRO("identificador já declarado")
var-lista → id	id.tipo_dado=var-lista.tipo_dado If busca(id)=FALSE then inserir(id,id.tipo_dado) else ERRO("identificador já declarado")

Tabela de símbolos

- As sub-rotinas de inserção, busca e remoção podem ser inseridas diretamente na análise sintática
  - Solução *ad hoc*
    - Compilação de uma única passagem

Tabela de símbolos

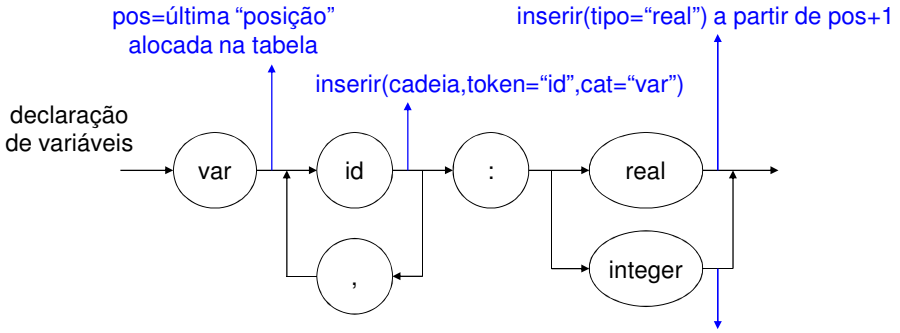
- Inserção de elementos na tabela
  - Declaração, principalmente



program meu_prog ...

Cadeia	Token	Categoria	Tipo	Valor	...
meu_prog	id	nome_prog	-	-	...

Tabela de símbolos

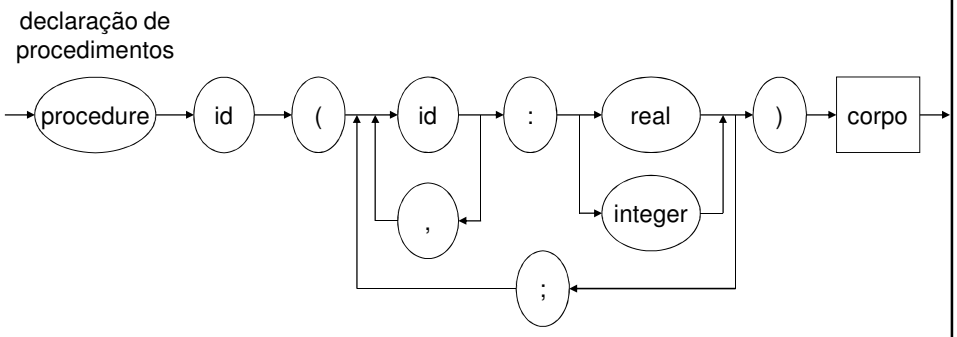


var x, y: integer

Cadeia	Token	Categoria	Tipo	Valor	...
meu_prog	id	nome_prog	-	-	...
x	id	var	integer		...
y	id	var	integer		...

Tabela de símbolos

- Exercício: inclua as funções adequadas



78

Tabela de símbolos

- Exercício: inclua as funções adequadas

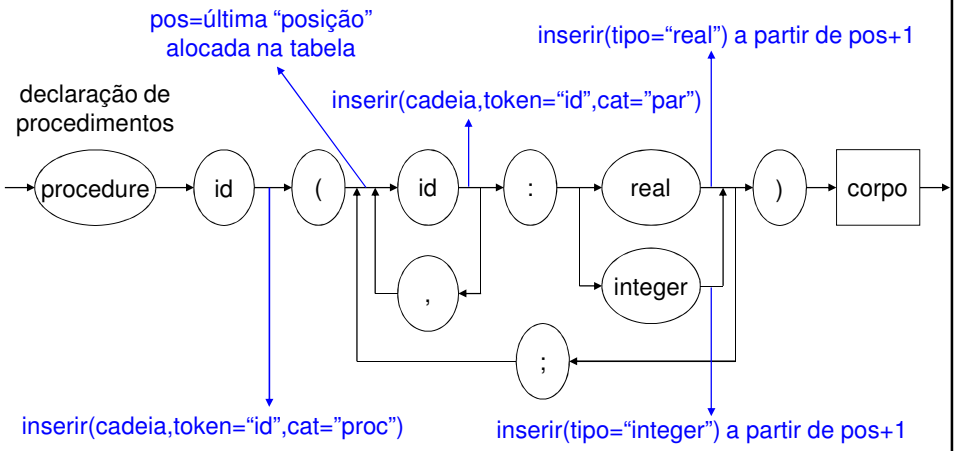


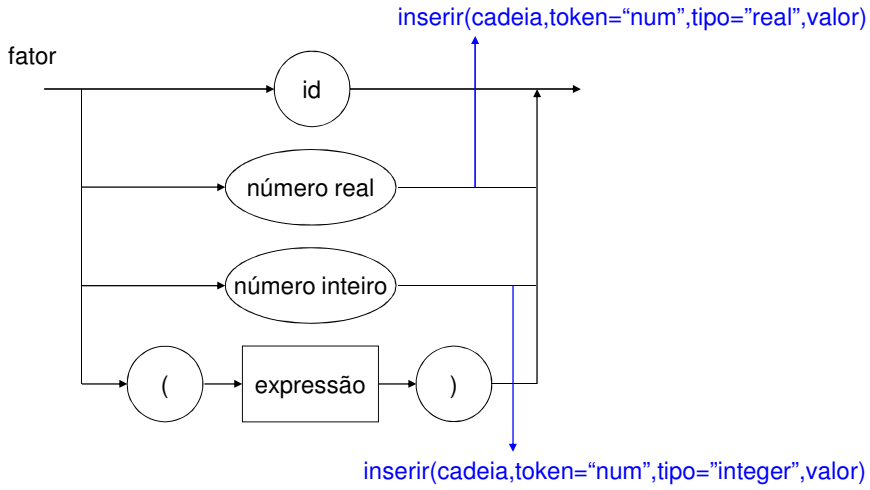
Tabela de símbolos

- Exercício: inclua as funções adequadas

procedure meu_proc(a: integer; b,c: real) ...

Cadeia	Token	Categoria	Tipo	Valor	...
meu_prog	id	nome_prog	-	-	...
x	id	var	integer		...
y	id	var	integer		...
meu_proc	id	proc	-	-	...
a	id	par	integer		...
b	id	par	real		...
c	id	par	real		...

Tabela de símbolos



81

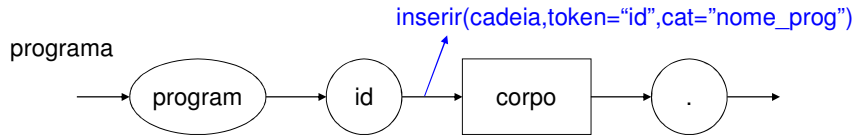
Tabela de símbolos

i:=1

Cadeia	Token	Categoria	Tipo	Valor	...
meu_prog	id	nome_prog	-	-	...
x	id	var	integer		...
y	id	var	integer		...
meu_proc	id	proc	-	-	...
a	id	par	integer		...
b	id	par	real		...
c	id	par	real		...
1	num	-	integer	1	...

82

Exemplo de procedimento




```
procedimento programa(Seg)
Inicio
        se (simbolo=program) então obtem_simbolo(cadeia,simbolo)
        senão ERRO(Seg+{id});
        se (simbolo=id) então
                inserir(cadeia,"id","nome_prog")
                obtem_simbolo(cadeia,simbolo)
        senão ERRO(Seg+P(corpo));
        corpo(Seg+{.});
        se (simbolo=simb_ponto) então obtem_simbolo(cadeia,simbolo)
        senão ERRO(Seg);
fim
```

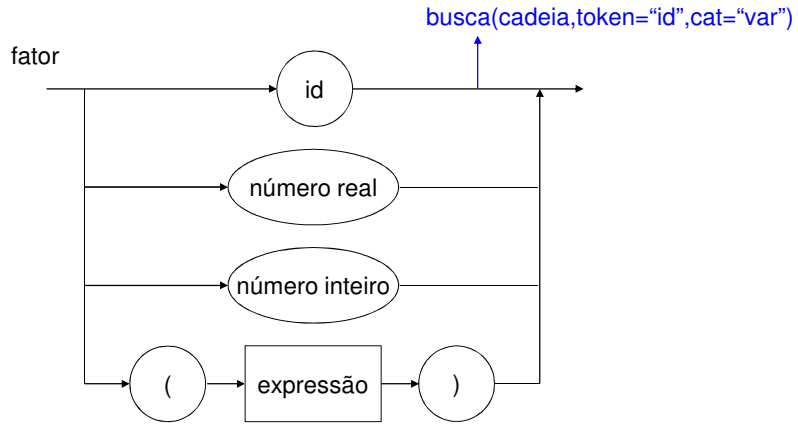
83

Tabela de símbolos

- Busca de informação
  - Sempre que um elemento do programa é utilizado
    - comando e fator
  - Verifica-se se foi declarado, seu tipo, etc.

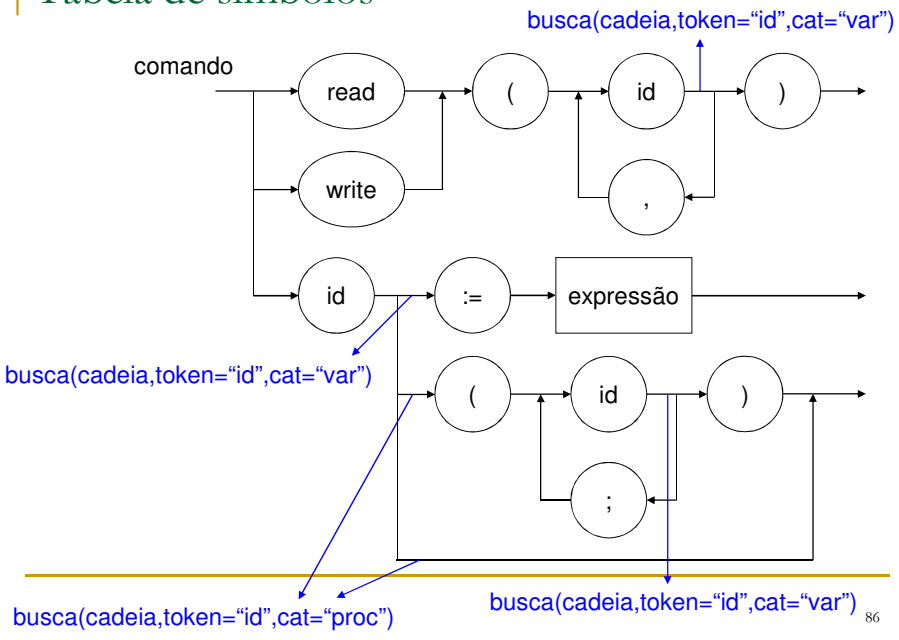
84

Tabela de símbolos



85

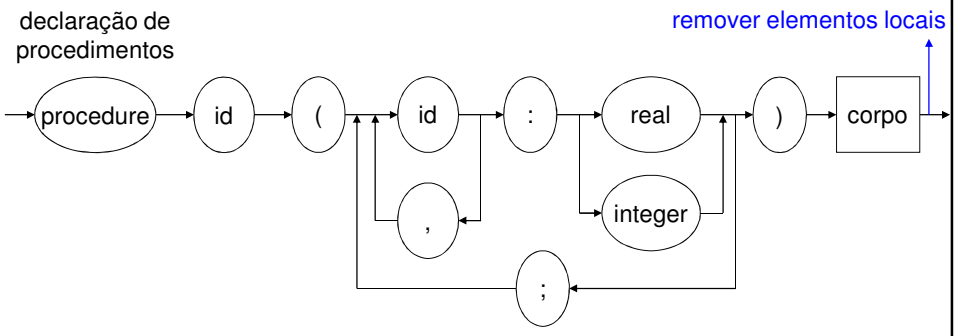
Tabela de símbolos



86

Tabela de símbolos

- Remoção de elementos da tabela
  - Variáveis locais dos procedimentos
    - Atenção: parâmetros precisam ser mantidos



87