

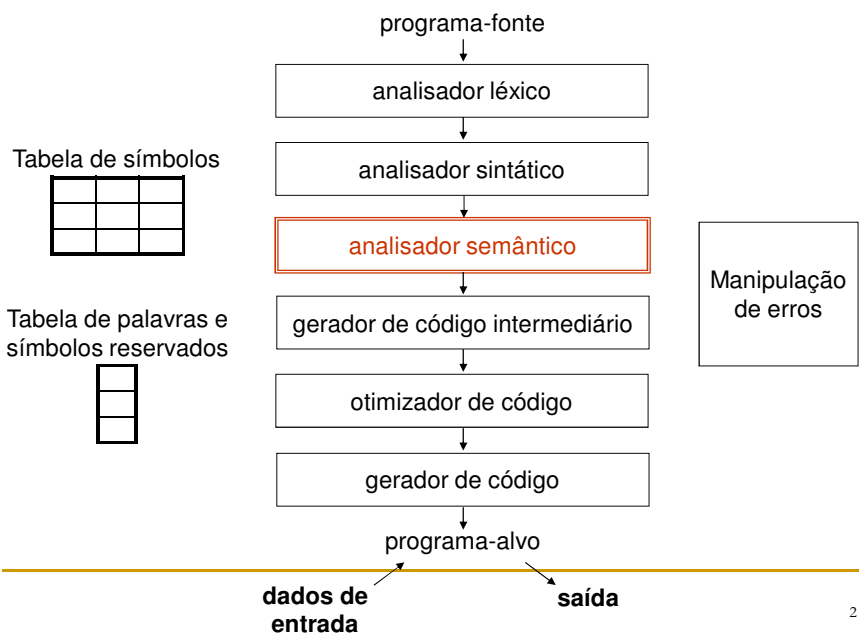
# Análise semântica

Função, interação com o compilador  
Tabela de símbolos  
Análise semântica

Prof. Thiago A. S. Pardo

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 um 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 pode ter regras semânticas associadas
  - **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

$\text{exp} \rightarrow \text{exp} + \text{termo} \mid \text{exp} - \text{termo} \mid \text{termo}$

$\text{termo} \rightarrow \text{termo} * \text{fator} \mid \text{termo} \text{ div } \text{fator} \mid \text{fator}$

$\text{fator} \rightarrow ( \text{exp} ) \mid \text{num}$

Regras gramaticais	Regras semânticas
$\text{exp}_1 \rightarrow \text{exp}_2 + \text{termo}$	$\text{exp}_1.\text{val} = \text{exp}_2.\text{val} + \text{termo}.\text{val}$
$\text{exp}_1 \rightarrow \text{exp}_2 - \text{termo}$	$\text{exp}_1.\text{val} = \text{exp}_2.\text{val} - \text{termo}.\text{val}$
$\text{exp} \rightarrow \text{termo}$	$\text{exp}.\text{val} = \text{termo}.\text{val}$
$\text{termo}_1 \rightarrow \text{termo}_2 * \text{fator}$	$\text{termo}_1.\text{val} = \text{termo}_2.\text{val} * \text{fator}.\text{val}$
$\text{termo}_1 \rightarrow \text{termo}_2 \text{ div } \text{fator}$	$\text{termo}_1.\text{val} = \text{termo}_2.\text{val} / \text{fator}.\text{val}$
$\text{termo} \rightarrow \text{fator}$	$\text{termo}.\text{val} = \text{fator}.\text{val}$
$\text{fator} \rightarrow (\text{exp})$	$\text{fator}.\text{val} = \text{exp}.\text{val}$
$\text{fator} \rightarrow \text{num}$	$\text{fator}.\text{val} = \text{num}.\text{val}$

## Gramática de atributos

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

número  $\rightarrow$  número dígito  $\mid$  dígito

dígito  $\rightarrow$  0  $\mid$  1  $\mid$  2  $\mid$  3  $\mid$  4  $\mid$  5  $\mid$  6  $\mid$  7  $\mid$  8  $\mid$  9

## Gramática de atributos

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

número  $\rightarrow$  número dígito | dígito

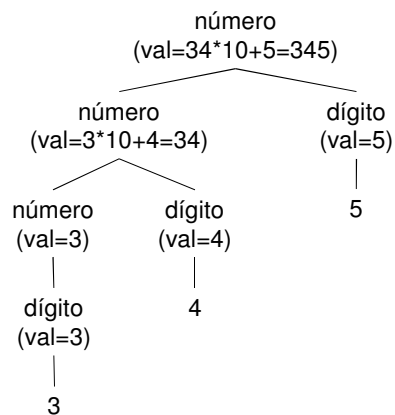
dígito  $\rightarrow$  0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

Regras gramaticais	Regras semânticas
número <sub>1</sub> $\rightarrow$ número <sub>2</sub> dígito	número <sub>1</sub> .val = número <sub>2</sub> .val * 10 + dígito.val
número $\rightarrow$ dígito	número.val = dígito.val
dígito $\rightarrow$ 0	dígito.val = 0
dígito $\rightarrow$ 1	dígito.val = 1
...	...
dígito $\rightarrow$ 9	dígito.val = 9

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 <sub>1</sub> → id, var-lista <sub>2</sub>	id.tipo_dado = var-lista <sub>1</sub> .tipo_dado var-lista <sub>2</sub> .tipo_dado = var-lista <sub>1</sub> .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**

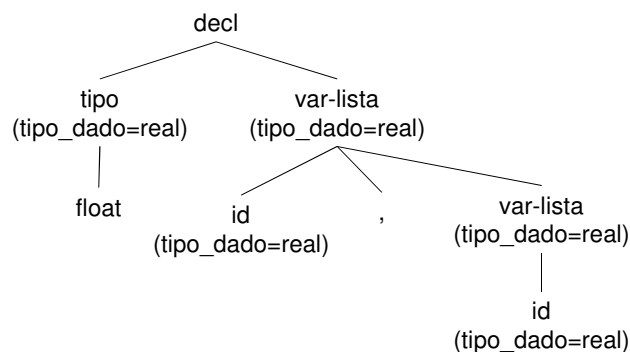
var-lista → **id**, var-lista | **id**

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 <sub>1</sub> → id, var-lista <sub>2</sub>	id.tipo_dado = var-lista <sub>1</sub> .tipo_dado var-lista <sub>2</sub> .tipo_dado = var-lista <sub>1</sub> .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
  - Pode não haver regras semânticas para uma regra sintática
- 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  $\rightarrow$  num sufixo

sufixo  $\rightarrow$  b | d

num  $\rightarrow$  num dígito | dígito

dígito  $\rightarrow$  0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

19

## Gramática de atributos

Regras gramaticais	Regras semânticas
número $\rightarrow$ num sufixo	número.val = num.val num.base = sufixo.base
sufixo $\rightarrow$ b	sufixo.base = 2
sufixo $\rightarrow$ d	sufixo.base = 10
num <sub>1</sub> $\rightarrow$ num <sub>2</sub> dígito	num <sub>1</sub> .val = <b>if</b> dígito.val = erro <b>or</b> num <sub>2</sub> .val=erro <b>then</b> erro <b>else</b> num <sub>2</sub> .val * num <sub>1</sub> .base + dígito.val num <sub>2</sub> .base = num <sub>1</sub> .base dígito.base = num <sub>1</sub> .base
num $\rightarrow$ dígito	num.val = dígito.val dígito.base = num.base
dígito $\rightarrow$ 0	dígito.val = 0
dígito $\rightarrow$ 1	dígito.val = 1
dígito $\rightarrow$ 2	dígito.val = <b>if</b> dígito.base=2 <b>then</b> erro <b>else</b> 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

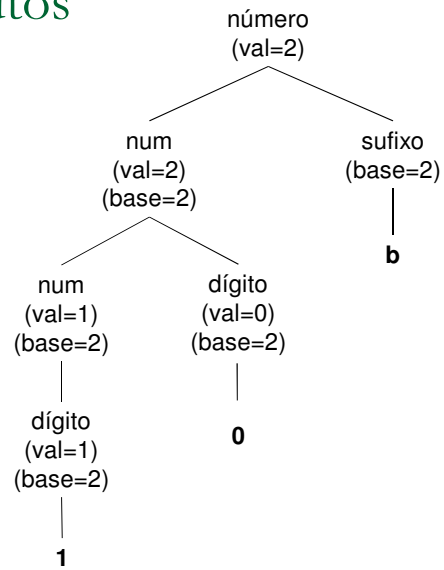
## Gramática de atributos

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

22

## Gramática de atributos

### ■ 10b



23

## Gramática de atributos

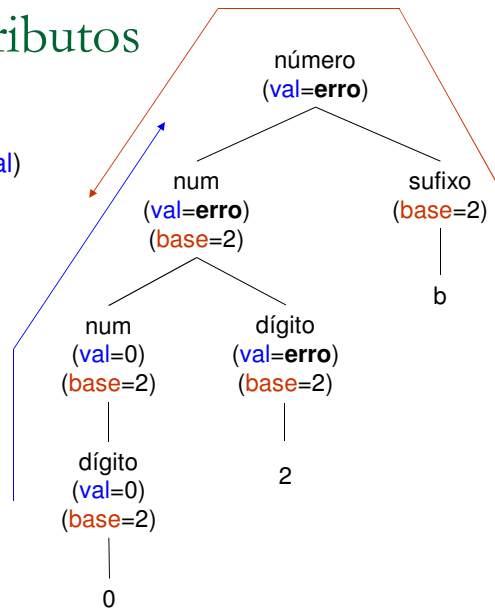
- **Exercício:** construa a árvore sintática com cálculo dos atributos para a cadeia **02b**

24

## Gramática de atributos

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

Como calcular os atributos de forma consistente?



25

## 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

26