

# Outline

Gramáticas LL(1)

Analizador descendente

# Re-escrita de gramáticas LL(1)

Uma gramática livre de contexto diz-se **LL(1)** se:

- Não possui recursividade à esquerda
- Para todos os pares de regras do mesmo símbolo não terminal,  $A \rightarrow \alpha$  e  $A \rightarrow \beta$ :

$$LOOKAHEAD(A \rightarrow \alpha) \cap LOOKAHEAD(A \rightarrow \beta) = \emptyset$$

# Re-escrita de gramáticas LL(1)

Uma gramática livre de contexto diz-se **LL(1)** se:

- Não possui recursividade à esquerda
- Para todos os pares de regras do mesmo símbolo não terminal,  $A \rightarrow \alpha$  e  $A \rightarrow \beta$ :

$$LOOKAHEAD(A \rightarrow \alpha) \cap LOOKAHEAD(A \rightarrow \beta) = \emptyset$$

**Abordagem** - Re-escrever a gramática de forma a:

- eliminar recursividade à esquerda
- factorizar à esquerda

# Re-escrita de gramáticas LL(1)

## Passos

0. Eliminação de singularidades e símbolos desnecessários
1. Eliminação da recursão mútua
2. Eliminação de cantos à esquerda
3. Eliminação da recusão à esquerda
4. Factorização à esquerda

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 0 - Eliminação de singularidades e símbolos desnecessários

Símbolos não terminais com uma única regra constituída apenas por um símbolo terminal (ou  $\epsilon$ ), e podem ser substituídos nas regras onde ocorrem.

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 0 - Eliminação de singularidades e símbolos desnecessários

Símbolos não terminais com uma única regra constituída apenas por um símbolo terminal (ou  $\epsilon$ ), e podem ser substituídos nas regras onde ocorrem.

- Caso geral:

$$\begin{aligned}A &\rightarrow B \alpha \mid \dots \\ B &\rightarrow b\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 0 - Eliminação de singularidades e símbolos desnecessários

Símbolos não terminais com uma única regra constituída apenas por um símbolo terminal (ou  $\epsilon$ ), e podem ser substituídos nas regras onde ocorrem.

- Caso geral:

$$A \rightarrow B\alpha \mid \dots$$

- Transformação:

$$B \rightarrow b$$

$$A \rightarrow b\alpha \mid \dots$$

$$B \rightarrow b$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 0 - Eliminação de singularidades e símbolos desnecessários

Símbolos não terminais com uma única regra constituída apenas por um símbolo terminal (ou  $\epsilon$ ), e podem ser substituídos nas regras onde ocorrem.

- Caso geral:

$$A \rightarrow B \alpha \mid \dots$$

- Transformação:

$$B \rightarrow b$$

$$A \rightarrow b \alpha \mid \dots$$

$$B \rightarrow b$$

Se um símbolo não terminal  $B$  é **não atingível** então pode ser removido.

- Transformação:

$$A \rightarrow b \alpha \mid \dots$$

**Nota:** Nunca eliminar o símbolo inicial da gramática!



# Re-escrita de gramáticas

## Passo 1 - Eliminação da recursão mútua

Se um símbolo não terminal A **inicia** uma regra de um símbolo não terminal B e vice-versa, B pode ser substituído em todas as ocorrências em A, pelas suas regras.

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 1 - Eliminação da recursão mútua

Se um símbolo não terminal  $A$  **inicia** uma regra de um símbolo não terminal  $B$  e vice-versa,  $B$  pode ser substituído em todas as ocorrências em  $A$ , pelas suas regras.

- Caso geral:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \sigma \delta \mid B \gamma \mid \dots \\ B &\rightarrow A \alpha \mid \epsilon \end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 1 - Eliminação da recursão mútua

Se um símbolo não terminal A **inicia** uma regra de um símbolo não terminal B e vice-versa, B pode ser substituído em todas as ocorrências em A, pelas suas regras.

- Caso geral:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid B \gamma \mid \dots$$

$$B \rightarrow A \alpha \mid \epsilon$$

- Transformação:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid A \alpha \gamma \mid \gamma \mid \dots$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 1 - Eliminação da recursão mútua

Se um símbolo não terminal  $A$  **inicia** uma regra de um símbolo não terminal  $B$  e vice-versa,  $B$  pode ser substituído em todas as ocorrências em  $A$ , pelas suas regras.

- Caso geral:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid B \gamma \mid \dots$$

$$B \rightarrow A \alpha \mid \epsilon$$

- Transformação:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid A \alpha \gamma \mid \gamma \mid \dots$$

**Nota:** se  $A$  for símbolo inicial da gramática, não pode ser eliminado!

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 2 - Eliminação de cantos à esquerda

Se um símbolo não terminal  $B$  inicia uma regra de um símbolo não terminal  $A$ ,  $B$  pode ser substituído em todas as ocorrências em  $A$ , pelas suas regras.

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 2 - Eliminação de cantos à esquerda

Se um símbolo não terminal  $B$  inicia uma regra de um símbolo não terminal  $A$ ,  $B$  pode ser substituído em todas as ocorrências em  $A$ , pelas suas regras.

- Caso geral:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \sigma \delta \mid B \gamma \mid \dots \\ B &\rightarrow \alpha \mid \epsilon \end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 2 - Eliminação de cantos à esquerda

Se um símbolo não terminal  $B$  inicia uma regra de um símbolo não terminal  $A$ ,  $B$  pode ser substituído em todas as ocorrências em  $A$ , pelas suas regras.

- Caso geral:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid B \gamma \mid \dots$$

$$B \rightarrow \alpha \mid \epsilon$$

- Transformação:

$$A \rightarrow \sigma \delta \mid \alpha \gamma \mid \gamma \mid \dots$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 3 - Eliminação de recursão à esquerda

Se um símbolo não terminal  $A$  iniciar algumas das suas regras, criar um novo símbolo  $A'$  da seguinte forma.



# Re-escrita de gramáticas

## Passo 3 - Eliminação de recursão à esquerda

Se um símbolo não terminal  $A$  iniciar algumas das suas regras, criar um novo símbolo  $A'$  da seguinte forma.

- Caso geral:

$$A \rightarrow A\alpha_1 \mid \dots \mid A\alpha_n \mid \beta_1 \mid \dots \mid \beta_m$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 3 - Eliminação de recursão à esquerda

Se um símbolo não terminal  $A$  iniciar algumas das suas regras, criar um novo símbolo  $A'$  da seguinte forma.

- Caso geral:

$$A \rightarrow A\alpha_1 \mid \dots \mid A\alpha_n \mid \beta_1 \mid \dots \mid \beta_m$$

- Transformação:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \beta_1 A' \mid \dots \mid \beta_m A' \\ A' &\rightarrow \alpha_1 A' \mid \dots \mid \alpha_n A' \mid \epsilon \end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 4 - Factorização à esquerda

Dada uma gramática  $G$  sem recursões à esquerda:

- $G$  é ambígua se várias produções tiverem os mesmos conjuntos de LOOKAHEAD

Exemplo:

```
stmt  →  if expr then stmt  
        |  if expr then stmt else stmt  
        |  other
```

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 4 - Factorização à esquerda

Dada uma gramática  $G$  sem recursões à esquerda:

- $G$  é ambígua se várias produções tiverem os mesmos conjuntos de LOOKAHEAD

Exemplo:

```
stmt  →  if expr then stmt  
        |  if expr then stmt else stmt  
        |  other
```

- Caso geral:

$$A \rightarrow \alpha \beta \mid \alpha \gamma$$

# Re-escrita de gramáticas

## Passo 4 - Factorização à esquerda

Dada uma gramática  $G$  sem recursões à esquerda:

- $G$  é ambígua se várias produções tiverem os mesmos conjuntos de LOOKAHEAD

Exemplo:

```
stmt  →  if expr then stmt  
        |  if expr then stmt else stmt  
        |  other
```

- Caso geral:

$$A \rightarrow \alpha \beta \mid \alpha \gamma$$

- Transformação:

$$A \rightarrow \alpha A'$$

$$A' \rightarrow \beta \mid \gamma$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow E + T \mid E - T \mid T \\T &\rightarrow T * F \mid T / F \mid F \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow E + T \mid E - T \mid T \\T &\rightarrow T * F \mid T / F \mid F \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 3 (Eliminação da recursão à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow E + T \mid E - T \mid T \\T &\rightarrow T * F \mid T / F \mid F \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 3 (Eliminação da recursão à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon\end{aligned}$$



# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow E + T \mid E - T \mid T \\T &\rightarrow T * F \mid T / F \mid F \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 3 (Eliminação da recursão à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 2 (Eliminação de cantos à esquerda):

$$E \rightarrow F T' E'$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow T E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 2 (Eliminação de cantos à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow F T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow F T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow F T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 2 (Eliminação de cantos à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow ( E ) T' E' \mid \text{id } T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon\end{aligned}$$

# Re-escrita de gramáticas

## Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow F T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow F T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

Aplicação do passo 2 (Eliminação de cantos à esquerda):

$$\begin{aligned}E &\rightarrow ( E ) T' E' \mid \text{id } T' E' \\E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\T &\rightarrow ( E ) T' \mid \text{id } T' \\T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id}\end{aligned}$$

# Outline

Gramáticas LL(1)

Analizador descendente



# Analizador descendente

- Começar com símbolo inicial como símbolo alvo
- Se símbolo alvo é terminal:
  - Se entrada condiz, passar ao próximo símbolo na entrada, e passar ao símbolo alvo seguinte
- Caso contrário:
  - **Escolher** regra para mudar símbolo alvo
- Se sem símbolo alvo e sem input, então **backtrack**
- **Nota:** Parsing sem backtrack (e sem escolhas) é denominado **parsing preditivo**
  - Objectivo: parsing preditivo utilizando tabela de análise



# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Construção

Dada uma gramática  $G = (V, \Sigma, R, S)$ , construir uma tabela de análise  $T$ :

- **Colunas** - uma por cada símbolo em  $\Sigma \cup \{\$ \}$
- **Linhas** - uma por cada símbolo não terminal em  $V$

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Construção

Dada uma gramática  $G = (V, \Sigma, R, S)$ , construir uma tabela de análise  $T$ :

- **Colunas** - uma por cada símbolo em  $\Sigma \cup \{\$ \}$
- **Linhas** - uma por cada símbolo não terminal em  $V$

### Algoritmo

Para cada produção  $A \rightarrow \alpha$ :

1. Para cada  $a \in \text{FIRST}(\alpha)$ , adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, a]$
2. Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(\alpha)$ , para cada  $b \in \text{FOLLOW}(A)$  adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, b]$   
Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(\alpha)$  e  $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$ , então adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, \$]$

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Construção

Dada uma gramática  $G = (V, \Sigma, R, S)$ , construir uma tabela de análise  $T$ :

- **Colunas** - uma por cada símbolo em  $\Sigma \cup \{\$ \}$
- **Linhas** - uma por cada símbolo não terminal em  $V$

### Algoritmo

Para cada produção  $A \rightarrow \alpha$ :

1. Para cada  $a \in \text{FIRST}(\alpha)$ , adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, a]$
  2. Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(\alpha)$ , para cada  $b \in \text{FOLLOW}(A)$  adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, b]$   
Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(A)$  e  $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$ , então adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, \$]$
- Entradas vazias representam um **erro de parsing**
  - Entradas duplicadas significam que gramática é **ambígua**, **não** é LL(1)

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Construção

Dada uma gramática  $G = (V, \Sigma, R, S)$ , construir uma tabela de análise  $T$ :

- **Colunas** - uma por cada símbolo em  $\Sigma \cup \{\$ \}$
- **Linhas** - uma por cada símbolo não terminal em  $V$

### Algoritmo

Para cada produção  $A \rightarrow \alpha$ :

1. Para cada  $a \in \text{FIRST}(\alpha)$ , adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, a]$
  2. Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(\alpha)$ , para cada  $b \in \text{FOLLOW}(A)$  adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, b]$   
Se  $\epsilon \in \text{FIRST}(A)$  e  $\$ \in \text{FOLLOW}(A)$ , então adicionar  $A \rightarrow \alpha$  a  $T[A, \$]$
- Entradas vazias representam um **erro de parsing**
  - Entradas duplicadas significam que gramática é **ambígua**, **não** é LL(1)
  - Se tabela **sem** entradas duplicadas, então gramática é LL(1)

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned} E &\rightarrow (E)T' E' \mid \text{id } T' E' \\ E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\ T &\rightarrow (E) T' \mid \text{id } T' \\ T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\ F &\rightarrow (E) \mid \text{id} \end{aligned}$$

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned} E &\rightarrow ( E ) T' E' \mid \text{id } T' E' \\ E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\ T &\rightarrow ( E ) T' \mid \text{id } T' \\ T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\ F &\rightarrow ( E ) \mid \text{id} \end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |



# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow (E)T'E' \mid \text{id } T'E' \\E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon \\T &\rightarrow (E)T' \mid \text{id } T' \\T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon \\F &\rightarrow (E) \mid \text{id}\end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |

|      | FOLLOW                    |
|------|---------------------------|
| $E$  | $\{ ), \$ \}$             |
| $E'$ | $\{ ), \$ \}$             |
| $T$  | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $T'$ | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $F$  | $\{ *, /, +, -, ), \$ \}$ |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}E &\rightarrow (E)T'E' \mid \text{id } T'E' \\E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon \\T &\rightarrow (E)T' \mid \text{id } T' \\T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon \\F &\rightarrow (E) \mid \text{id}\end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |

|      | FOLLOW                    |
|------|---------------------------|
| $E$  | $\{ ), \$ \}$             |
| $E'$ | $\{ ), \$ \}$             |
| $T$  | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $T'$ | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $F$  | $\{ *, /, +, -, ), \$ \}$ |

|   | + | - | * | / | ( | ) | id | \$ |
|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| E |   |   |   |   |   |   |    |    |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T'E' \mid \text{id } T'E' \\
 E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon \\
 T &\rightarrow (E)T' \mid \text{id } T' \\
 T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid \text{id}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST               |
|------|---------------------|
| $E$  | {(, id}             |
| $E'$ | {+, -, $\epsilon$ } |
| $T$  | {(, id}             |
| $T'$ | {*, /, $\epsilon$ } |
| $F$  | {(, id}             |

|      | FOLLOW              |
|------|---------------------|
| $E$  | {), \$}             |
| $E'$ | {), \$}             |
| $T$  | {+, -, ), \$}       |
| $T'$ | {+, -, ), \$}       |
| $F$  | {*, /, +, -, ), \$} |

|      | + | - | * | / | (                       | ) | id                              | \$ |
|------|---|---|---|---|-------------------------|---|---------------------------------|----|
| $E$  |   |   |   |   | $E \rightarrow (E)T'E'$ |   | $E \rightarrow \text{id } T'E'$ |    |
| $E'$ |   |   |   |   |                         |   |                                 |    |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T'E' \mid \text{id } T'E' \\
 E' &\rightarrow +TE' \mid -TE' \mid \epsilon \\
 T &\rightarrow (E)T' \mid \text{id } T' \\
 T' &\rightarrow *FT' \mid /FT' \mid \epsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid \text{id}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST               |
|------|---------------------|
| $E$  | {(, id}             |
| $E'$ | {+, -, $\epsilon$ } |
| $T$  | {(, id}             |
| $T'$ | {*, /, $\epsilon$ } |
| $F$  | {(, id}             |

|      | FOLLOW              |
|------|---------------------|
| $E$  | {), \$}             |
| $E'$ | {), \$}             |
| $T$  | {+, -, ), \$}       |
| $T'$ | {+, -, ), \$}       |
| $F$  | {*, /, +, -, ), \$} |

|      | +                     | -                     | * | / | (                       | )                         | id                              | \$                        |
|------|-----------------------|-----------------------|---|---|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| $E$  |                       |                       |   |   | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow \text{id } T'E'$ |                           |
| $E'$ | $E' \rightarrow +TE'$ | $E' \rightarrow -TE'$ |   |   |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                                 | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| $T$  |                       |                       |   |   |                         |                           |                                 |                           |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T' E' \mid \text{id } T' E' \\
 E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\
 T &\rightarrow (E) T' \mid \text{id } T' \\
 T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid \text{id}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |

|      | FOLLOW                    |
|------|---------------------------|
| $E$  | $\{ ), \$ \}$             |
| $E'$ | $\{ ), \$ \}$             |
| $T$  | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $T'$ | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $F$  | $\{ *, /, +, -, ), \$ \}$ |

|      | +                     | -                     | * | / | (                       | )                         | id                            | \$                        |
|------|-----------------------|-----------------------|---|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| $E$  |                       |                       |   |   | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow \text{id}T'E'$ |                           |
| $E'$ | $E' \rightarrow +TE'$ | $E' \rightarrow -TE'$ |   |   |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                               | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| $T$  |                       |                       |   |   | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow \text{id}T'$   |                           |
| $T'$ |                       |                       |   |   |                         |                           |                               |                           |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T' E' \mid \text{id } T' E' \\
 E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\
 T &\rightarrow (E) T' \mid \text{id } T' \\
 T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid \text{id}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |

|      | FOLLOW                    |
|------|---------------------------|
| $E$  | $\{ ), \$ \}$             |
| $E'$ | $\{ ), \$ \}$             |
| $T$  | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $T'$ | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $F$  | $\{ *, /, +, -, ), \$ \}$ |

|      | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                            | \$                        |
|------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| $E$  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow \text{id}T'E'$ |                           |
| $E'$ | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                               | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| $T$  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow \text{id}T'$   |                           |
| $T'$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                               | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| $F$  |                           |                           |                       |                       |                         |                           |                               |                           |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T' E' \mid \text{id } T' E' \\
 E' &\rightarrow + T E' \mid - T E' \mid \epsilon \\
 T &\rightarrow (E) T' \mid \text{id } T' \\
 T' &\rightarrow * F T' \mid / F T' \mid \epsilon \\
 F &\rightarrow (E) \mid \text{id}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST                  |
|------|------------------------|
| $E$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $E'$ | $\{ +, -, \epsilon \}$ |
| $T$  | $\{ (, \text{id} \}$   |
| $T'$ | $\{ *, /, \epsilon \}$ |
| $F$  | $\{ (, \text{id} \}$   |

|      | FOLLOW                    |
|------|---------------------------|
| $E$  | $\{ ), \$ \}$             |
| $E'$ | $\{ ), \$ \}$             |
| $T$  | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $T'$ | $\{ +, -, ), \$ \}$       |
| $F$  | $\{ *, /, +, -, ), \$ \}$ |

|      | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                            | \$                        |
|------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| $E$  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow \text{id}T'E'$ |                           |
| $E'$ | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                               | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| $T$  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow \text{id}T'$   |                           |
| $T'$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                               | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| $F$  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow \text{id}$     |                           |

# Parsing preditivo

## Tabela de análise – Exemplo

$$\begin{aligned}
 E &\rightarrow (E)T' E'^{(1)} \mid \text{id } T' E'^{(2)} \\
 E' &\rightarrow + T E'^{(3)} \mid - T E'^{(4)} \mid \epsilon^{(5)} \\
 T &\rightarrow (E) T'^{(6)} \mid \text{id } T'^{(7)} \\
 T' &\rightarrow * F T'^{(8)} \mid / F T'^{(9)} \mid \epsilon^{(10)} \\
 F &\rightarrow (E)^{(11)} \mid \text{id}^{(12)}
 \end{aligned}$$

|      | FIRST               |
|------|---------------------|
| $E$  | {(, id}             |
| $E'$ | {+, -, $\epsilon$ } |
| $T$  | {(, id}             |
| $T'$ | {*, /, $\epsilon$ } |
| $F$  | {(, id}             |

|      | FOLLOW              |
|------|---------------------|
| $E$  | {), \$}             |
| $E'$ | {), \$}             |
| $T$  | {+, -, ), \$}       |
| $T'$ | {+, -, ), \$}       |
| $F$  | {*, /, +, -, ), \$} |

|      | +    | -    | *   | /   | (    | )    | id   | \$   |
|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|
| $E$  |      |      |     |     | (1)  |      | (2)  |      |
| $E'$ | (3)  | (5)  |     |     |      | (5)  |      | (5)  |
| $T$  |      |      |     |     | (6)  |      | (7)  |      |
| $T'$ | (10) | (10) | (8) | (9) |      | (10) |      | (10) |
| $F$  |      |      |     |     | (11) |      | (12) |      |



# Parsing preditivo

## Processamento da entrada

### Algoritmo:

- Seja:
  - $M$  a tabela de parsing de uma gramática  $G$ .
  - $a$  o primeiro símbolo da string de entrada  $w$ .
  - $X$  o símbolo no topo da pilha (inicializada com o símbolo inicial de  $G$  seguido de  $\$$ ).
- Enquanto  $X \neq \$$ :
  - Se entrada condiz ( $X == a$ )  $\rightarrow$  Retirar  $X$  do topo da pilha e  $a$  da entrada.
  - Caso contrário:
    - ▶ Se  $X$  é um símbolo terminal  $\rightarrow$  Rejeitar (**erro**)
    - ▶ Caso contrário, se não existe entrada na tabela de parsing  $M[X, a]$   $\rightarrow$  Rejeitar (**erro**)
    - ▶ Caso contrário, se  $M[X, a] = X \rightarrow Y_1 Y_2 \dots Y_k \rightarrow$  Retirar  $X$  do topo da pilha e pushar o corpo da produção (fincando  $Y_1$  como o novo topo da pilha)

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                            | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow \text{id}T'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                               | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow \text{id}T'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                               | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow \text{id}$     |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha | Entrada         | Acção |
|-------|-------|-----------------|-------|
| 1     | $E\$$ | id + id * id \$ |       |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                   |
|-------|--------------|-----------------|------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$ |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ |                        |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                   |
|-------|--------------|-----------------|------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$ |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                   |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    |                        |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Acção                     |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      |                           |



# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           | $F \rightarrow id$        |
| 11    | id $T'E' \$$ | id \$           |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           | $F \rightarrow id$        |
| 11    | id $T'E' \$$ | id \$           | (id)                      |
| 12    | $T'E' \$$    | \$              |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           | $F \rightarrow id$        |
| 11    | id $T'E' \$$ | id \$           | (id)                      |
| 12    | $T'E' \$$    | \$              | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 13    | $E' \$$      | \$              |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $T'E' \$$  | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           | $F \rightarrow id$        |
| 11    | id $T'E' \$$ | id \$           | (id)                      |
| 12    | $T'E' \$$    | \$              | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 13    | $E' \$$      | \$              | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| 14    | \$           | \$              |                           |

# Parsing preditivo

## Processamento da entrada – Exemplo

|    | +                         | -                         | *                     | /                     | (                       | )                         | id                     | \$                        |
|----|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| E  |                           |                           |                       |                       | $E \rightarrow (E)T'E'$ |                           | $E \rightarrow idT'E'$ |                           |
| E' | $E' \rightarrow +TE'$     | $E' \rightarrow -TE'$     |                       |                       |                         | $E' \rightarrow \epsilon$ |                        | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| T  |                           |                           |                       |                       | $T \rightarrow (E)T'$   |                           | $T \rightarrow idT'$   |                           |
| T' | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow \epsilon$ | $T' \rightarrow *FT'$ | $T' \rightarrow /FT'$ |                         | $T' \rightarrow \epsilon$ |                        | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| F  |                           |                           |                       |                       | $F \rightarrow (E)$     |                           | $F \rightarrow id$     |                           |

| Passo | Pilha        | Entrada         | Ação                      |
|-------|--------------|-----------------|---------------------------|
| 1     | $E\$$        | id + id * id \$ | $E \rightarrow idT'E'$    |
| 2     | id $T'E' \$$ | id + id * id \$ | (id)                      |
| 3     | $T'E' \$$    | + id * id \$    | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 4     | $E' \$$      | + id * id \$    | $E' \rightarrow +TE'$     |
| 5     | + $T E' \$$  | + id * id \$    | (+)                       |
| 6     | $T E' \$$    | id * id \$      | $T \rightarrow idT'$      |
| 7     | id $T'E' \$$ | id * id \$      | (id)                      |
| 8     | $T'E' \$$    | * id \$         | $T' \rightarrow *FT'$     |
| 9     | * $FT'E' \$$ | * id \$         | (*)                       |
| 10    | $FT'E' \$$   | id \$           | $F \rightarrow id$        |
| 11    | id $T'E' \$$ | id \$           | (id)                      |
| 12    | $T'E' \$$    | \$              | $T' \rightarrow \epsilon$ |
| 13    | $E' \$$      | \$              | $E' \rightarrow \epsilon$ |
| 14    | \$           | \$              | ACCEPT                    |