# Fundamentos Teóricos da Computação

## – Autômatos de Pilha (Parte 01) –

Zenilton Kleber Gonçalves do Patrocínio Jr.

Ciência da Computação – PUC Minas

Belo Horizonte, Brasil

2025

PUC Minas

IM SCIENCE

# Sumário

# Introdução à Autômatos de Pilha

## Arquitetura de AF

Principais componentes da arquitetura de um AF:

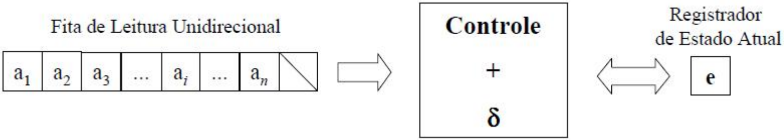
- Fita de Leitura Unidirecional
- Controle + Função de Transição
- Registrador de Estado Atual

# Introdução à Autômatos de Pilha

## Arquitetura de AF

Principais componentes da arquitetura de um AF:

- Fita de Leitura Unidirecional
- Controle + Função de Transição
- Registrador de Estado Atual



# Introdução à Autômatos de Pilha

## Arquitetura de AP

Principais componentes da arquitetura de um AP:

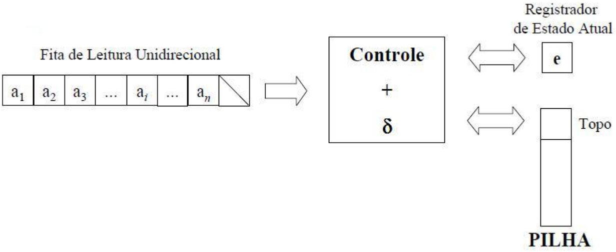
- Fita de Leitura Unidirecional
- Controle + Função de Transição
- Registrador de Estado Atual
- Pilha

# Introdução à Autômatos de Pilha

## Arquitetura de AP

Principais componentes da arquitetura de um AP:

- Fita de Leitura Unidirecional
- Controle + Função de Transição
- Registrador de Estado Atual
- Pilha



# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS:** $\delta$ **não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Determinístico

Um **Autômato de Pilha Determinístico** (APD) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$$

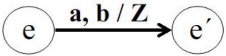
- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ não deve possuir transições compatíveis !!!**

# Autômatos de Pilha

## Representação de uma Transição

Uma transição do estado $e$ para o estado $e'$ quando o conteúdo da fita for $a$ e o topo da pilha for $b$ – desempilha $b$ e empilha $Z$ e pode ser representada da seguinte forma: $\delta(e, a, b) = [e', Z]$




Se $a = \lambda$, o símbolo da entrada não é consumido e a transição é dita vazia (transição $\lambda$).

Se $b = \lambda$, a transição ocorre sem consulta à pilha (e nada é desempilhado).

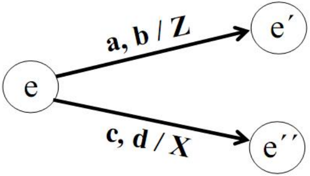
Se $Z = \lambda$, nada será empilhado.

# Autômatos de Pilha

## Transição Compatível

Seja uma função de transição $\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto E \times \Gamma^*$. Duas transições $\delta(e, a, b)$ e $\delta(e, c, d)$ são ditas compatíveis se, e somente se:

$$(a = c \text{ ou } a = \lambda \text{ ou } c = \lambda) \text{ e } (b = d \text{ ou } b = \lambda \text{ ou } d = \lambda).$$




Duas transições $\delta(e, a, b)$ e $\delta(e, c, d)$ são **não** compatíveis se, e somente se:

$$(a \neq c \text{ e } a \neq \lambda \text{ e } c \neq \lambda) \text{ ou } (b \neq d \text{ e } b \neq \lambda \text{ e } d \neq \lambda).$$

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o 1º 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada "a"**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o 1º "b"**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada "b"**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X];$ $\Rightarrow$ armazena uma "lembrança" para cada 'a'
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda];$
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda].$

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X];$ $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda];$
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda].$

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma “lembrança” para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ retira uma “lembrança” para o 1º 'b'
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$.

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o 1° 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o $1^\circ$ 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o $1^\circ$ 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X];$ $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda];$ $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o $1^\circ$ 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda].$ $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica

# Autômatos de Pilha

## Exemplo de Representação Gráfica de APD

Utilizando-se do lema do bombeamento, pode-se mostrar que o conjunto $\{a^n b^n \mid n \geq 0\}$ não é uma linguagem regular.

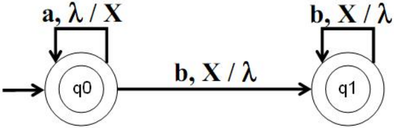
Contudo, ela pode ser reconhecida pelo APD

$$M = (\{q_0, q_1\}, \{a, b\}, \{X\}, \delta, q_0, \{q_0, q_1\}),$$

em que $\delta$ é dada por:

1. $\delta(q_0, a, \lambda) = [q_0, X]$; $\Rightarrow$ **armazena uma "lembrança" para cada 'a'**
2. $\delta(q_0, b, X) = [q_1, \lambda]$; $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para o $1^\circ$ 'b'**
3. $\delta(q_1, b, X) = [q_1, \lambda]$. $\Rightarrow$ **retira uma "lembrança" para cada 'b'**

Representação Gráfica



# Autômatos de Pilha

## Configuração Instantânea de AP

A configuração instantânea de um AP é dada pela tripla $[e, w, p]$ em que:

- $e \equiv$ estado atual;
- $w \equiv$ palavra de entrada (ou o que restar durante as transições); e
- $p \equiv$ conteúdo da pilha (topo $\rightarrow$ fundo).

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A relação $\vdash \subseteq (E \times \Sigma^* \times \Gamma^*)^2$, para $M$, é tal que todo $e, e' \in E$, $a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$, $b \in \Gamma \cup \{\lambda\}$ e $w \in \Gamma^*$:

$$[e, ay, bz] \vdash [e', y, wz], \forall y \in \Sigma^*, z \in \Gamma^* \iff \delta(e, a, b) = [e', w].$$

## Linguagem de um APD

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

Uma palavra $w$ tal que $[i, w, \lambda] \vdash^* [f, \lambda, \lambda]$, em que $f \in F$, é dita ser reconhecida (ou aceita) por $M$.

# Autômatos de Pilha

## Configuração Instantânea de AP

A configuração instantânea de um AP é dada pela tripla $[e, w, p]$ em que:

- $e \equiv$ estado atual;
- $w \equiv$ palavra de entrada (ou o que restar durante as transições); e
- $p \equiv$ conteúdo da pilha (topo $\rightarrow$ fundo).

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A relação $\vdash \subseteq (E \times \Sigma^* \times \Gamma^*)^2$, para $M$, é tal que todo $e, e' \in E$, $a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$, $b \in \Gamma \cup \{\lambda\}$ e $w \in \Gamma^*$:

$$[e, ay, bz] \vdash [e', y, wz], \forall y \in \Sigma^*, z \in \Gamma^* \iff \delta(e, a, b) = [e', w].$$

## Linguagem de um APD

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

Uma palavra $w$ tal que $[i, w, \lambda] \vdash^* [f, \lambda, \lambda]$, em que $f \in F$, é dita ser reconhecida (ou aceita) por $M$.

# Autômatos de Pilha

## Configuração Instantânea de AP

A configuração instantânea de um AP é dada pela tripla $[e, w, p]$ em que:

- $e \equiv$ estado atual;
- $w \equiv$ palavra de entrada (ou o que restar durante as transições); e
- $p \equiv$ conteúdo da pilha (topo $\rightarrow$ fundo).

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A relação $\vdash \subseteq (E \times \Sigma^* \times \Gamma^*)^2$, para $M$, é tal que todo $e, e' \in E$, $a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$, $b \in \Gamma \cup \{\lambda\}$ e $w \in \Gamma^*$:

$$[e, ay, bz] \vdash [e', y, wz], \forall y \in \Sigma^*, z \in \Gamma^* \iff \delta(e, a, b) = [e', w].$$

## Linguagem de um APD

Seja um APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

Uma palavra $w$ tal que $[i, w, \lambda] \vdash^* [f, \lambda, \lambda]$, em que $f \in F$, é dita ser reconhecida (ou aceita) por $M$.

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado′, z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado′
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

algoritmo
  Entrada: APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$
    palavra de entrada $w$ dada por $prox()$ e termina
    com $EOS$ (= "End of Sequence")
  $Estado \leftarrow i$
  empilha("MarcaFundo")
  $Simbolo \leftarrow prox()$
  seja $a \in \{Simbolo, \lambda\}$ e $b \in \{topo(), \lambda\}$
  enquanto $\delta(Estado, a, b)$ for definida faça
    seja $\delta(Estado, a, b) = [Estado', z]$
    se $a \neq \lambda$ então
      $Simbolo \leftarrow prox()$
    fim se
    se $b \neq \lambda$ então
      desempilhe()
    fim se
    empilhe(z)
    $Estado \leftarrow Estado'$
  fim enquanto
  se $Simbolo = EOS$ e $topo() = \text{“}MarcaFundo''$ e $Estado \in F$ então
    retorne "Entrada foi aceita"
  senão
    retorne "Entrada não foi aceita"
  fim se
fim algoritmo

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado', z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado'
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

algoritmo
  Entrada: APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$
    palavra de entrada $w$ dada por $prox()$ e termina
    com $EOS$ (= "End of Sequence")
  $Estado \leftarrow i$
  empilha("MarcaFundo")
  $Simbolo \leftarrow prox()$
  seja $a \in \{Simbolo, \lambda\}$ e $b \in \{topo(), \lambda\}$
  enquanto $\delta(Estado, a, b)$ for definida faça
    seja $\delta(Estado, a, b) = [Estado', z]$
    se $a \neq \lambda$ então
      $Simbolo \leftarrow prox()$
    fim se
    se $b \neq \lambda$ então
      desempilhe()
    fim se
    empilhe(z)
    $Estado \leftarrow Estado'$
  fim enquanto
  se $Simbolo = EOS$ e $topo() = \text{``}MarcaFundo''$ e $Estado \in F$ então
    retorne "Entrada foi aceita"
  senão
    retorne "Entrada não foi aceita"
  fim se
fim algoritmo

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

algoritmo
  Entrada: APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$
    palavra de entrada $w$ dada por $prox()$ e termina
    com $EOS$ (= "End of Sequence")
  $Estado \leftarrow i$
  empilha("MarcaFundo")
  $Simbolo \leftarrow prox()$
  seja $a \in \{Simbolo, \lambda\}$ e $b \in \{topo(), \lambda\}$
  enquanto $\delta(Estado, a, b)$ for definida faça
    seja $\delta(Estado, a, b) = [Estado', z]$
    se $a \neq \lambda$ então
      $Simbolo \leftarrow prox()$
    fim se
    se $b \neq \lambda$ então
      desempilhe()
    fim se
    empilhe(z)
    $Estado \leftarrow Estado'$
  fim enquanto
  se $Simbolo = EOS$ e $topo() = \text{"}MarcaFundo''$ e $Estado \in F$ então
    retorne "Entrada foi aceita"
  senão
    retorne "Entrada não foi aceita"
  fim se
fim algoritmo

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

algoritmo
  Entrada: APD $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$
    palavra de entrada $w$ dada por $prox()$ e termina
    com $EOS$ (= "End of Sequence")
  $Estado \leftarrow i$
  empilha("MarcaFundo")
  $Simbolo \leftarrow prox()$
  seja $a \in \{Simbolo, \lambda\}$ e $b \in \{topo(), \lambda\}$
  enquanto $\delta(Estado, a, b)$ for definida faça
    seja $\delta(Estado, a, b) = [Estado', z]$
    se $a \neq \lambda$ então
      $Simbolo \leftarrow prox()$
    fim se
    se $b \neq \lambda$ então
      desempilhe()
    fim se
    empilhe(z)
    $Estado \leftarrow Estado'$
  fim enquanto
  se $Simbolo = EOS$ e $topo() = \text{“}MarcaFundo\text{''}$ e $Estado \in F$ então
    retorne "Entrada foi aceita"
  senão
    retorne "Entrada não foi aceita"
  fim se
fim algoritmo

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado′, z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado′
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado', z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado'
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado', z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado'
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado′, z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado′
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado′, z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado′
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado′, z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado′
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = “MarcaFundo′′ e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Simulação de APD

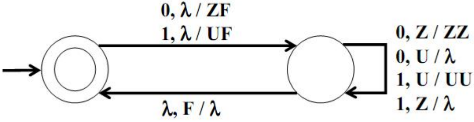
```
algoritmo
   Entrada:  APD M = (E, Σ, Γ, δ, i, F)
             palavra de entrada w dada por prox() e termina
             com EOS (= "End of Sequence")
   Estado ← i
   empilha("MarcaFundo")
   Simbolo ← prox()
   seja a ∈ {Simbolo, λ} e b ∈ {topo(), λ}
   enquanto δ(Estado, a, b) for definida faça
      seja δ(Estado, a, b) = [Estado', z]
      se a ≠ λ então
         Simbolo ← prox()
      fim se
      se b ≠ λ então
         desempilhe()
      fim se
      empilhe(z)
      Estado ← Estado'
   fim enquanto
   se Simbolo = EOS e topo() = "MarcaFundo" e Estado ∈ F então
      retorne "Entrada foi aceita"
   senão
      retorne "Entrada não foi aceita"
   fim se
fim algoritmo
```

# Autômatos de Pilha

## Autômatos de Pilha Determinísticos

**Exercício.**

(a) Qual a linguagem reconhecida pelo seguinte APD ?




(b) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \leq n\}$

(c) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n\# \mid m \geq n\}$

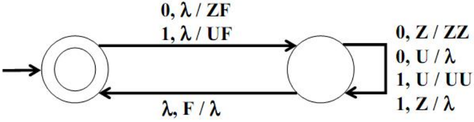
(d) Existe um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \geq n\}$ ?

# Autômatos de Pilha

## Autômatos de Pilha Determinísticos

**Exercício.**

(a) Qual a linguagem reconhecida pelo seguinte APD ?




(b) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \leq n\}$

(c) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n\# \mid m \geq n\}$

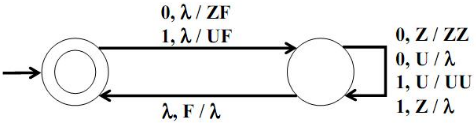
(d) Existe um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \geq n\}$ ?

# Autômatos de Pilha

## Autômatos de Pilha Determinísticos

**Exercício.**

(a) Qual a linguagem reconhecida pelo seguinte APD ?




(b) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m 1^n \mid m \leq n\}$

(c) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m 1^n \# \mid m \geq n\}$

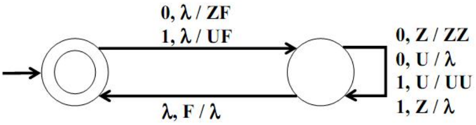
(d) Existe um APD para a linguagem $\{0^m 1^n \mid m \geq n\}$ ?

# Autômatos de Pilha

## Autômatos de Pilha Determinísticos

**Exercício.**

(a) Qual a linguagem reconhecida pelo seguinte APD ?




(b) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \leq n\}$

(c) Construa o diagrama de um APD para a linguagem $\{0^m1^n\# \mid m \geq n\}$

(d) Existe um APD para a linguagem $\{0^m1^n \mid m \geq n\}$ ?

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Autômato de Pilha Não Determinístico

Um **Autômato de Pilha Não Determinístico** (APN) é uma sêxtupla $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$ em que:

- $E \equiv$ conjunto de estados
- $\Sigma \equiv$ alfabeto de entrada
- $\Gamma \equiv$ alfabeto de pilha
- $\delta \equiv$ função de transição:

$$\delta : E \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \mapsto \mathcal{P}(E \times \Gamma^*)$$

- $i \equiv$ estado inicial ($i \in E$)
- $F \equiv$ conjunto de estados finais ($F \subseteq E$)

**OBS: $\delta$ pode possuir transições compatíveis ou não !!!**

# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

**Exemplo.** APN para a linguagem $\{0^m 1^n \mid m \geq n\}$

# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

**Exemplo.** APN para a linguagem $\{0^m 1^n \mid m \geq n\}$

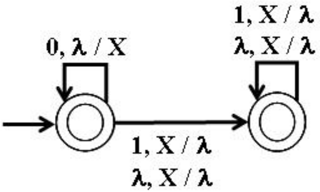
# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

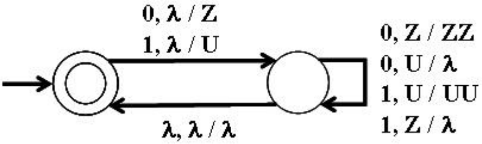
**Exemplo.** APN para a linguagem $\{0^m 1^n \mid m \geq n\}$



# Autômatos de Pilha

## Exemplos de APNs

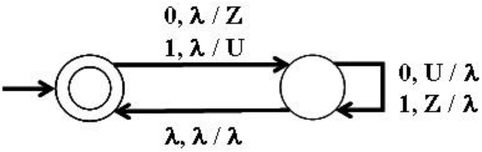
Seja $L = \{w \in \{0,1\}^* \mid \text{número de 0s em } w \text{ é igual ao número de 1s}\}$.
Um APN para $L$:



# Autômatos de Pilha

## Exemplos de APNs

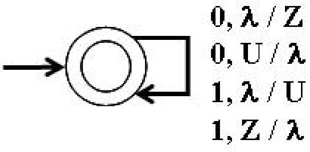
Seja $L = \{w \in \{0,1\}^* \mid \text{número de 0s em } w \text{ é igual ao número de 1s}\}$.
Um segundo APN para $L$:



# Autômatos de Pilha

## Exemplos de APNs

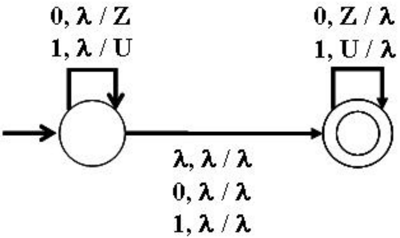
Seja $L = \{w \in \{0,1\}^* \mid$ número de 0s em $w$ é igual ao número de 1s$\}$.
Um terceiro APN para $L$:



# Autômatos de Pilha

## Exemplos de APNs

Seja $L_1 = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$:
Um APN para $L_1$:



# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia e Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia e estado final é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por estado final é

$$L_F(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, y] \text{ para algum } f \in F,\ y \in \Gamma^*\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia é

$$L_V(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [e, \lambda, \lambda] \text{ para algum } e \in E\}.$$

# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia e Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia e estado final é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por estado final é

$$L_F(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, y] \text{ para algum } f \in F,\ y \in \Gamma^*\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia é

$$L_V(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [e, \lambda, \lambda] \text{ para algum } e \in E\}.$$

# Autômatos de Pilha

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia e Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia e estado final é

$$L(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, \lambda] \text{ para algum } f \in F\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Estado Final

Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$. A linguagem reconhecida por $M$ por estado final é

$$L_F(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [f, \lambda, y] \text{ para algum } f \in F,\ y \in \Gamma^*\}.$$

## Linguagem Reconhecida por um APN por Pilha Vazia

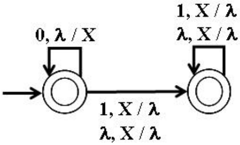
Seja um APN $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i)$. A linguagem reconhecida por $M$ por pilha vazia é

$$L_V(M) = \{w \in \Sigma^* \mid [i, w, \lambda] \overset{*}{\vdash} [e, \lambda, \lambda] \text{ para algum } e \in E\}.$$

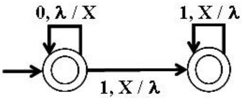
# Autômatos de Pilha

## Exemplos de Linguagens Reconhecidas por APNs

Seja $L = \{0^m 1^n \mid m \geq n\}$.
Um APN $M$ tal que $L(M) = L$:




Um APN $M'$ tal que $L_F(M') = L$:



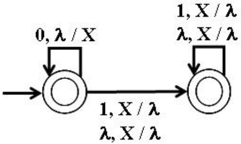

**OBS:** $L_F(M) = L$ $\qquad L(M') = \{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$

# Autômatos de Pilha

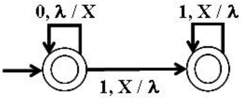
## Exemplos de Linguagens Reconhecidas por APNs

Seja $L = \{0^m 1^n \mid m \geq n\}$.

Um APN $M$ tal que $L(M) = L$:




Um APN $M'$ tal que $L_F(M') = L$:

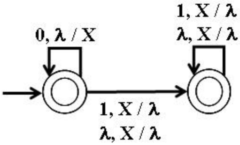



**OBS:** $L_F(M) = L$ $\qquad L(M') = \{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$

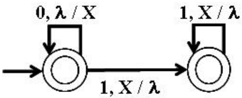
# Autômatos de Pilha

## Exemplos de Linguagens Reconhecidas por APNs

Seja $L = \{0^m 1^n \mid m \geq n\}$.
Um APN $M$ tal que $L(M) = L$:




Um APN $M'$ tal que $L_F(M') = L$:

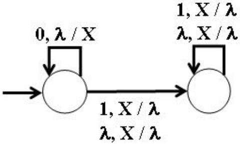



**OBS:** $L_F(M) = L$ $\quad$ $L(M') = \{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$

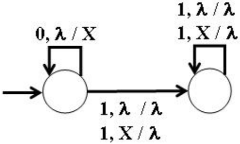
# Autômatos de Pilha

## Exemplos de Linguagens Reconhecidas por APNs

Um APN $M$ tal que $L_V(M) = \{0^m1^n \mid m \geq n\}$:




Um APN $M'$ tal que $L_V(M') = \{0^m1^n \mid m \leq n\}$:



# Autômatos de Pilha

## Linguagens Reconhecidas por APNs

Seja $L$ uma linguagem reconhecida por um APN, então as seguintes afirmações são equivalentes:

1. $L$ pode ser reconhecida por pilha vazia e estado final;
2. $L$ pode ser reconhecida estado final; e
3. $L \cup \{\lambda\}$ pode ser reconhecida por pilha vazia.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \rightarrow w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \to w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \to w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \to w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \to w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \to w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Livre de Contexto

Um **Gramática Livre de Contexto** (GLC) é uma gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ em que:

- $V \equiv$ conjunto de símbolos não-terminais (ou variáveis)
- $\Sigma \equiv$ conjunto de símbolos terminais (alfabeto), $V \cap \Sigma = \emptyset$
- $P \equiv$ conjunto de produções (ou regras)
- $S \equiv$ símbolo inicial (ou variável de partida), $S \in V$

OBS.: toda regra $r \in P$ é da forma $X \rightarrow w$, em que $X \in V$ e $w \in (V \cup \Sigma)^*$.

## Linguagem Livre de Contexto

Uma linguagem $L$ é **Linguagem Livre de Contexto** (LLC) se existir uma GLC $G$ tal que $L = L(G)$, isto é, $L$ é gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{aligned}
&P \Rightarrow \lambda \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
&\vdots \\
&P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{aligned}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01$$
$$P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011$$
$$\vdots$$
$$P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{aligned}
&P \Rightarrow \lambda \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
&\vdots \\
&P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{aligned}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{aligned}
&P \Rightarrow \lambda \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
&\vdots \\
&P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{aligned}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{l}
P \Rightarrow \lambda \\
P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
\vdots \\
P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{aligned}
&P \Rightarrow \lambda \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
&\vdots \\
&P \stackrel{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{aligned}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (1)

Seja $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{aligned}
&P \Rightarrow \lambda \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 01 \\
&P \Rightarrow 0P1 \Rightarrow 00P11 \Rightarrow 0011 \\
&\vdots \\
&P \overset{n}{\Rightarrow} 0^nP1^n \Rightarrow 0^n1^n
\end{aligned}
$$

Logo:

$$L(G_1) = \{0^n1^n \mid n \geq 0\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

| | | |
|---|---|---|
| $P \Rightarrow \lambda$ | $P \Rightarrow 0$ | $P \Rightarrow 1$ |
| $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00$ | $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000$ | $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010$ |
| $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11$ | $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101$ | $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111$ |

$\vdots$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

| | | |
|---|---|---|
| $P \Rightarrow \lambda$ | $P \Rightarrow 0$ | $P \Rightarrow 1$ |
| $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00$ | $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000$ | $P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010$ |
| $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11$ | $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101$ | $P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111$ |

$\vdots$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & & 
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (2)

Seja $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{lll}
P \Rightarrow \lambda & P \Rightarrow 0 & P \Rightarrow 1 \\
P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 00 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 000 & P \Rightarrow 0P0 \Rightarrow 010 \\
P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 11 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 101 & P \Rightarrow 1P1 \Rightarrow 111 \\
\vdots & &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_2) = \{w \in \{0,1\}^* \mid w = w^R\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$ $\qquad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$ $\qquad$ $P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$ $\qquad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$ $\quad$ $P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$ $\qquad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$ $\qquad$ $P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$ $\qquad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$ $\quad$ $P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$ $\quad$ $P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$ $\quad$ $P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$
$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$
$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$
$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$P \Rightarrow \lambda$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$

$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$

$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$

$\vdots$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$
$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$
$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$
$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$
$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0, 1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$P \Rightarrow \lambda$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10$$

$$P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 \qquad P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110$$

$$P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 \qquad P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010$$

$$\vdots$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{ll}
P \Rightarrow \lambda & \\
P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 & P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10 \\
P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 & P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110 \\
P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 & P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010 \\
\vdots &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de GLC (3)

Seja $G_3 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \to 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

Então:

$$
\begin{array}{ll}
P \Rightarrow \lambda & \\
P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01 & P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10 \\
P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0101 & P \Rightarrow 0P1P \Rightarrow 01P \Rightarrow 0110 \\
P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1001 & P \Rightarrow 1P0P \Rightarrow 10P \Rightarrow 1010 \\
\vdots &
\end{array}
$$

Logo:

$$L(G_3) = \{w \in \{0,1\}^* \mid n_0(w) = n_1(w)\}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\ &\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t) \end{aligned}$$

**OU**

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow T * F && \text{(Regra } T \to T * F\text{)} \\ &\Rightarrow F * F && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * F && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E) && \text{(Regra } F \to (E)\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E + T) && \text{(Regra } E \to E + T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (T + T) && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (F + T) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + T) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + F) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + t) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \rightarrow T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \rightarrow (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \rightarrow E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{aligned}
E &\Rightarrow T && (\text{Regra } E \rightarrow T)\\
&\Rightarrow T * F && (\text{Regra } T \rightarrow T * F)\\
&\Rightarrow F * F && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * F && (\text{Regra } F \rightarrow t)\\
&\Rightarrow t * (E) && (\text{Regra } F \rightarrow (E))\\
&\Rightarrow t * (E + T) && (\text{Regra } E \rightarrow E + T)\\
&\Rightarrow t * (T + T) && (\text{Regra } E \rightarrow T)\\
&\Rightarrow t * (F + T) && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * (t + T) && (\text{Regra } F \rightarrow t)\\
&\Rightarrow t * (t + F) && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * (t + t) && (\text{Regra } F \rightarrow t)
\end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$
\begin{aligned}
E &\Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\
&\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)
\end{aligned}
$$

OU

$$
\begin{aligned}
E &\Rightarrow T && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\
&\Rightarrow T * F && \text{(Regra } T \to T * F\text{)} \\
&\Rightarrow F * F && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * F && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\
&\Rightarrow t * (E) && \text{(Regra } F \to (E)\text{)} \\
&\Rightarrow t * (E + T) && \text{(Regra } E \to E + T\text{)} \\
&\Rightarrow t * (T + T) && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\
&\Rightarrow t * (F + T) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + T) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + F) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + t) && \text{(Regra } F \to t\text{)}
\end{aligned}
$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | |
|---|---|
| $E \Rightarrow T$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \rightarrow T * F$) |
| $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \rightarrow (E)$) |
| $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \rightarrow E + T$) |
| $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{aligned}
E &\Rightarrow T && (\text{Regra } E \rightarrow T)\\
&\Rightarrow T * F && (\text{Regra } T \rightarrow T * F)\\
&\Rightarrow F * F && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * F && (\text{Regra } F \rightarrow t)\\
&\Rightarrow t * (E) && (\text{Regra } F \rightarrow (E))\\
&\Rightarrow t * (E + T) && (\text{Regra } E \rightarrow E + T)\\
&\Rightarrow t * (T + T) && (\text{Regra } E \rightarrow T)\\
&\Rightarrow t * (F + T) && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * (t + T) && (\text{Regra } F \rightarrow t)\\
&\Rightarrow t * (t + F) && (\text{Regra } T \rightarrow F)\\
&\Rightarrow t * (t + t) && (\text{Regra } F \rightarrow t)
\end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \rightarrow T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \rightarrow (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \rightarrow E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \rightarrow T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \rightarrow (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \rightarrow E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\ \Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{aligned}
E &\Rightarrow T && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\
&\Rightarrow T * F && \text{(Regra } T \to T * F\text{)} \\
&\Rightarrow F * F && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * F && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\
&\Rightarrow t * (E) && \text{(Regra } F \to (E)\text{)} \\
&\Rightarrow t * (E + T) && \text{(Regra } E \to E + T\text{)} \\
&\Rightarrow t * (T + T) && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\
&\Rightarrow t * (F + T) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + T) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + F) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\
&\Rightarrow t * (t + t) && \text{(Regra } F \to t\text{)}
\end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | |
|---|---|
| $E \Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{array}{lll}
E & \Rightarrow T & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow T * F & (\text{Regra } T \to T * F) \\
 & \Rightarrow F * F & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * F & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (E) & (\text{Regra } F \to (E)) \\
 & \Rightarrow t * (E + T) & (\text{Regra } E \to E + T) \\
 & \Rightarrow t * (T + T) & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow t * (F + T) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + T) & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (t + F) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + t) & (\text{Regra } F \to t)
\end{array}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \rightarrow T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \rightarrow (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \rightarrow E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \rightarrow T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \rightarrow F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \rightarrow t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{array}{lll}
E & \Rightarrow T & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow T * F & (\text{Regra } T \to T * F) \\
 & \Rightarrow F * F & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * F & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (E) & (\text{Regra } F \to (E)) \\
 & \Rightarrow t * (E + T) & (\text{Regra } E \to E + T) \\
 & \Rightarrow t * (T + T) & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow t * (F + T) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + T) & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (t + F) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + t) & (\text{Regra } F \to t)
\end{array}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\ &\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t) \end{aligned}$$

**OU**

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow T * F && \text{(Regra } T \to T * F\text{)} \\ &\Rightarrow F * F && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * F && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E) && \text{(Regra } F \to (E)\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E + T) && \text{(Regra } E \to E + T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (T + T) && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (F + T) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + T) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + F) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + t) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\ &\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t) \end{aligned}$$

**OU**

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow T && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow T * F && \text{(Regra } T \to T * F\text{)} \\ &\Rightarrow F * F && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * F && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E) && \text{(Regra } F \to (E)\text{)} \\ &\Rightarrow t * (E + T) && \text{(Regra } E \to E + T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (T + T) && \text{(Regra } E \to T\text{)} \\ &\Rightarrow t * (F + T) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + T) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + F) && \text{(Regra } T \to F\text{)} \\ &\Rightarrow t * (t + t) && \text{(Regra } F \to t\text{)} \end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{array}{lll}
E & \Rightarrow T & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow T * F & (\text{Regra } T \to T * F) \\
 & \Rightarrow F * F & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * F & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (E) & (\text{Regra } F \to (E)) \\
 & \Rightarrow t * (E + T) & (\text{Regra } E \to E + T) \\
 & \Rightarrow t * (T + T) & (\text{Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow t * (F + T) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + T) & (\text{Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (t + F) & (\text{Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + t) & (\text{Regra } F \to t)
\end{array}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

| | | |
|---|---|---|
| $E$ | $\Rightarrow T$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow T * F$ | (Regra $T \to T * F$) |
| | $\Rightarrow F * F$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * F$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (E)$ | (Regra $F \to (E)$) |
| | $\Rightarrow t * (E + T)$ | (Regra $E \to E + T$) |
| | $\Rightarrow t * (T + T)$ | (Regra $E \to T$) |
| | $\Rightarrow t * (F + T)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + T)$ | (Regra $F \to t$) |
| | $\Rightarrow t * (t + F)$ | (Regra $T \to F$) |
| | $\Rightarrow t * (t + t)$ | (Regra $F \to t$) |

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T) \\ \Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{array}{lll}
E & \Rightarrow T & \text{(Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow T * F & \text{(Regra } T \to T * F) \\
 & \Rightarrow F * F & \text{(Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * F & \text{(Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (E) & \text{(Regra } F \to (E)) \\
 & \Rightarrow t * (E + T) & \text{(Regra } E \to E + T) \\
 & \Rightarrow t * (T + T) & \text{(Regra } E \to T) \\
 & \Rightarrow t * (F + T) & \text{(Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + T) & \text{(Regra } F \to t) \\
 & \Rightarrow t * (t + F) & \text{(Regra } T \to F) \\
 & \Rightarrow t * (t + t) & \text{(Regra } F \to t)
\end{array}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Derivação

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então um exemplo de derivação da sentença **t*(t+t)**:

$$E \Rightarrow T \Rightarrow T * F \Rightarrow F * F \Rightarrow t * F \Rightarrow t * (E) \Rightarrow t * (E + T)$$
$$\Rightarrow t * (T + T) \Rightarrow t * (F + T) \Rightarrow t * (t + T) \Rightarrow t * (t + F) \Rightarrow t * (t + t)$$

**OU**

$$\begin{array}{llll}
E & \Rightarrow T & & (\text{Regra } E \rightarrow T) \\
& \Rightarrow T * F & & (\text{Regra } T \rightarrow T * F) \\
& \Rightarrow F * F & & (\text{Regra } T \rightarrow F) \\
& \Rightarrow t * F & & (\text{Regra } F \rightarrow t) \\
& \Rightarrow t * (E) & & (\text{Regra } F \rightarrow (E)) \\
& \Rightarrow t * (E + T) & & (\text{Regra } E \rightarrow E + T) \\
& \Rightarrow t * (T + T) & & (\text{Regra } E \rightarrow T) \\
& \Rightarrow t * (F + T) & & (\text{Regra } T \rightarrow F) \\
& \Rightarrow t * (t + T) & & (\text{Regra } F \rightarrow t) \\
& \Rightarrow t * (t + F) & & (\text{Regra } T \rightarrow F) \\
& \Rightarrow t * (t + t) & & (\text{Regra } F \rightarrow t)
\end{array}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \to \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \to x_1x_2\ldots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \ldots, x_n \in V \cup \Sigma$ logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \ldots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \ldots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \ldots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \to \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \to x_1 x_2 \ldots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \ldots, x_n \in (V \cup \Sigma)$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \ldots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \ldots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \ldots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \to \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \to x_1 x_2 \ldots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \ldots, x_n \in V \cup \Sigma$,logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \ldots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \ldots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \ldots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \to \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \to x_1 x_2 \ldots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \ldots, x_n \in V \cup \Sigma$,logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \ldots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \ldots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \ldots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \rightarrow \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \rightarrow x_1 x_2 \ldots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \ldots, x_n \in V \cup \Sigma$,logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \ldots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \ldots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \ldots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Árvore de Derivação

Seja uma GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$. Uma **Árvore de Derivação** (AD) de uma forma sentencial de $G$ é uma árvore ordenada construída recursivamente como segue:

1. uma árvore sem arestas cujo único vértice tem rótulo $S$ é uma AD de $S$;
2. se $X \in V$ é rótulo de uma folha $f$ de uma AD $A$, então:
   - se $X \rightarrow \lambda \in P$, logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais um vértice $v$ com rótulo $\lambda$ e uma aresta $\{f, v\}$ é uma AD;
   - se $X \rightarrow x_1 x_2 \dots x_n \in P$, em que $x_1, x_2, \dots, x_n \in V \cup \Sigma$,logo a árvore obtida acrescentando-se a $A$ mais $n$ vértices $v_1, v_2, \dots, v_n$ com rótulos $x_1, x_2, \dots, x_n$, nesta ordem, e $n$ arestas $\{f, v_1\}, \{f, v_2\}, \dots, \{f, v_n\}$ é uma AD.

Se a sequência dos rótulos da fronteira da AD é igual a forma sentencial $w$, diz-se que a AD é uma árvore de derivação de $w$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

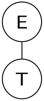
Então são exemplos de ADs:

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

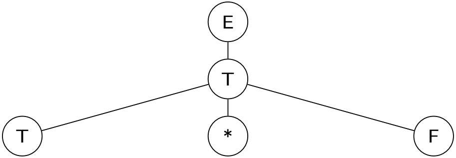


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

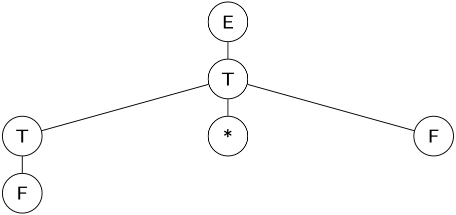


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

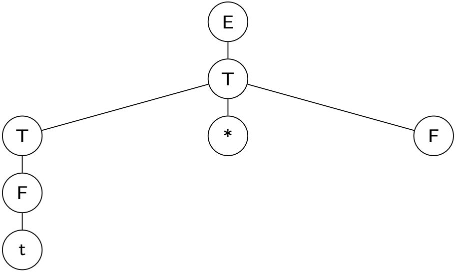


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

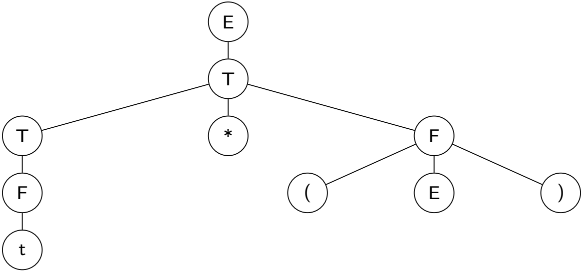


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

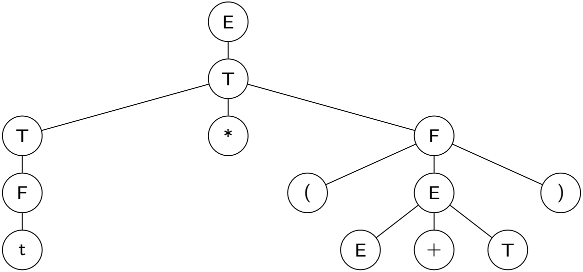


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

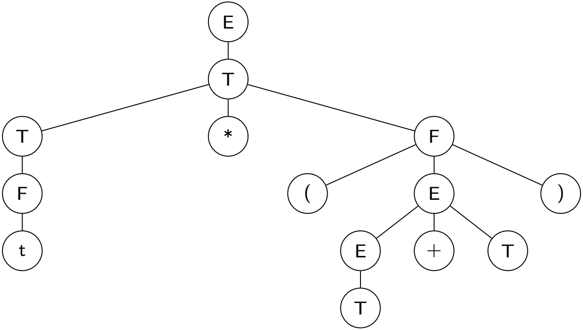


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

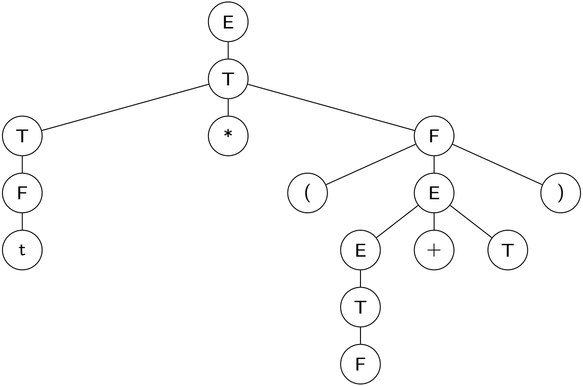


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

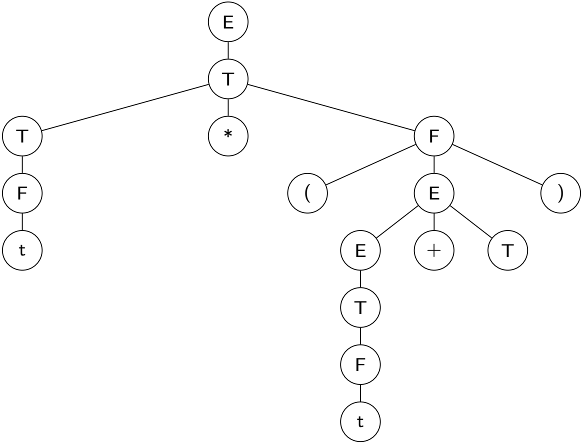


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

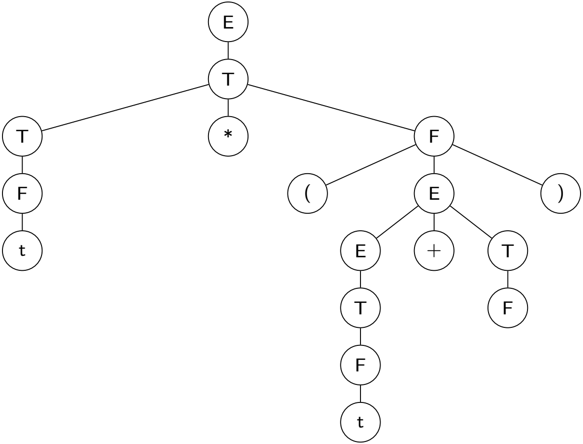


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

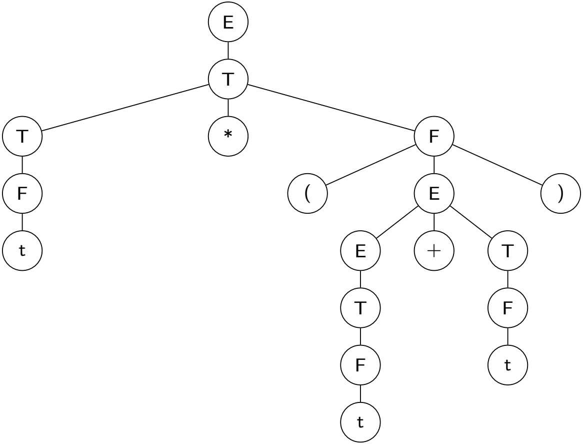


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + T \mid T, T \to T * F \mid F, F \to (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:

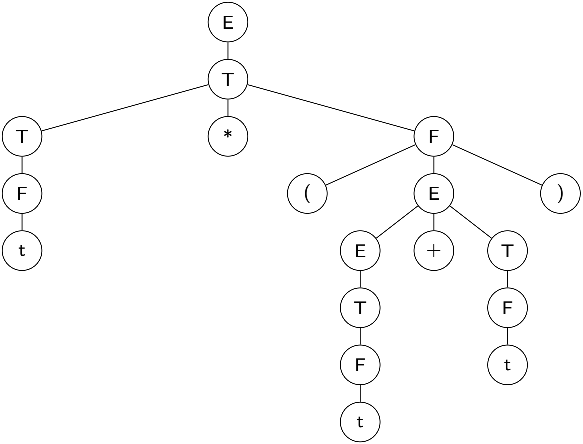


# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de AD

Seja $G = (\{E, T, F\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + T \mid T, T \rightarrow T * F \mid F, F \rightarrow (E) \mid t\}, E)$

Então são exemplos de ADs:



# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**

# Gramáticas Livre de Contexto

## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**

# Gramáticas Livre de Contexto

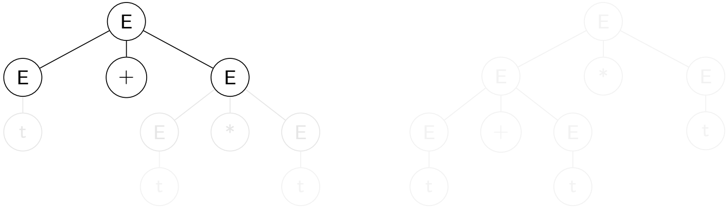
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

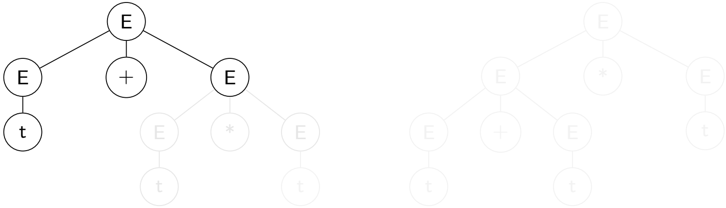
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

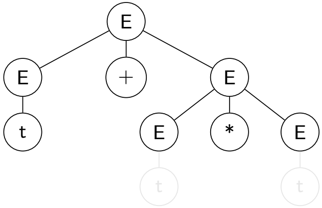
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

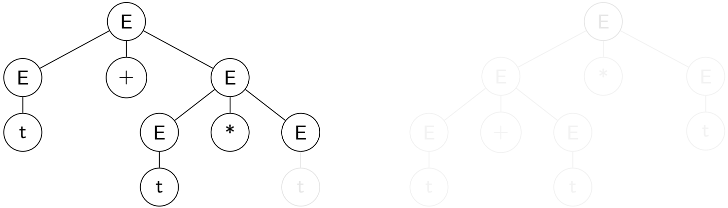
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

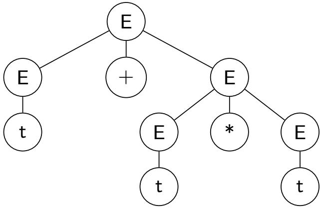
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

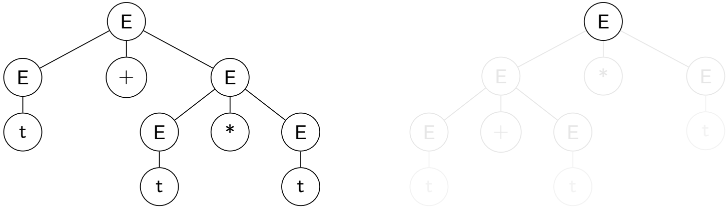
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

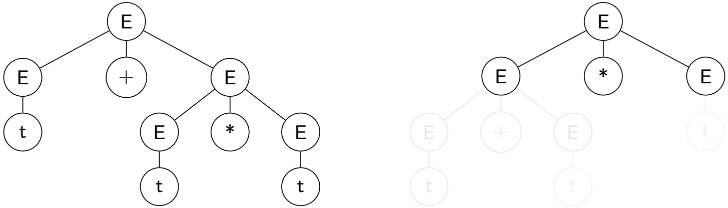
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

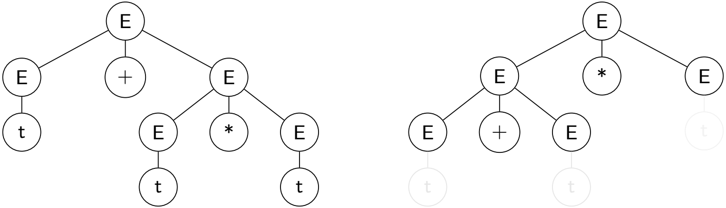
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

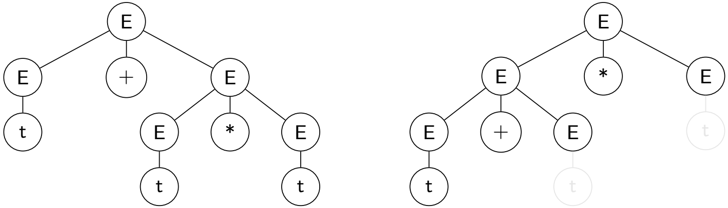
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

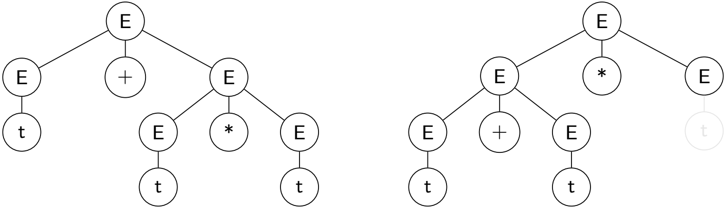
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \to E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

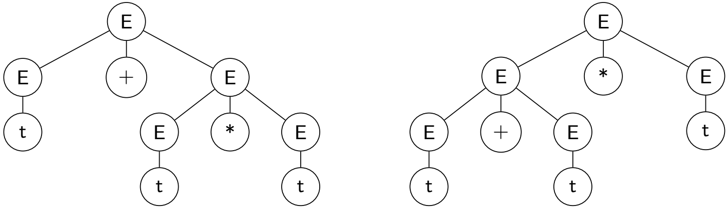
## Gramática Ambígua

Uma GLC $G$ é demoninada ambígua quando existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$.

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**



# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa$$
$$\Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Direita (DMD)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à direita. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_D$ para enfatizar que uma derivação é mais à direita.

## Exemplo de DMD

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DMD da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_D AA \Rightarrow_D Aa \Rightarrow_D AAAa \Rightarrow_D AAbAa \Rightarrow_D AAbaa \Rightarrow_D AbAbaa \Rightarrow_D Ababaa \Rightarrow_D ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA$$
$$\Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \to AA, A \to AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA$$
$$\Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Derivação Mais à Esquerda (DME)

Durante o processo de derivação o não-terminal expandido de cada forma sentencial é sempre o mais à esquerda. Pode-se usar o símbolo $\Rightarrow_E$ para enfatizar que uma derivação é mais à esquerda.

## Exemplo de DME

Seja $G = (\{S, A\}, \{a, b\}, \{S \rightarrow AA, A \rightarrow AAA \mid bA \mid Ab \mid a\}, S)$

Então uma DME da sentença *ababaa* é dada por:

$$S \Rightarrow_E AA \Rightarrow_E aA \Rightarrow_E aAAA \Rightarrow_E abAAA \Rightarrow_E abaAA \Rightarrow_E ababAA \Rightarrow_E ababaA \Rightarrow_E ababaa$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## AD × DMD × DME

Existe uma única DMD e uma única DME correspondentes a uma dada AD.

## Gramática Ambígua

Seja $G$ uma GLC ambígua, então as seguintes afirmações são equivalentes:

1. existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$;
2. existe mais de uma DMD para alguma sentença gerada por $G$; e
3. existe mais de uma DME para alguma sentença gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## AD $\times$ DMD $\times$ DME

Existe uma única DMD e uma única DME correspondentes a uma dada AD.

## Gramática Ambígua

Seja $G$ uma GLC ambígua, então as seguintes afirmações são equivalentes:

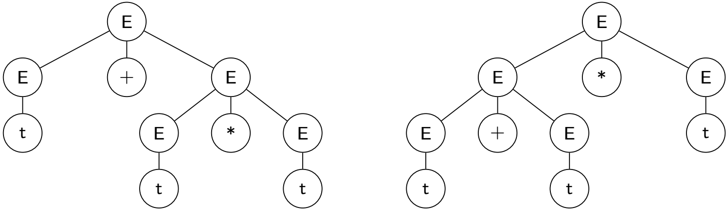
1. existe mais de uma AD para alguma sentença gerada por $G$;
2. existe mais de uma DMD para alguma sentença gerada por $G$; e
3. existe mais de uma DME para alguma sentença gerada por $G$.

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**




Existem duas DMDs para a sentença **t+t*t**

$$\begin{aligned} E &\Rightarrow_D E + E \\ &\Rightarrow_D E + E * E \\ &\Rightarrow_D E + E * t \\ &\Rightarrow_D E + t * t \\ &\Rightarrow_D t + t * t \end{aligned}$$

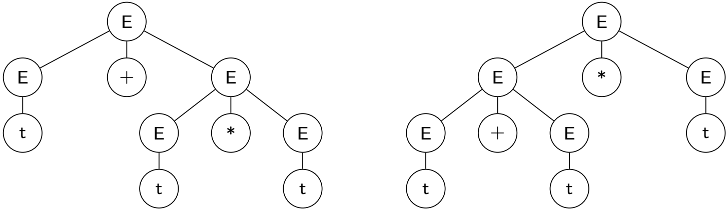
$$\begin{aligned} E &\Rightarrow_D E * E \\ &\Rightarrow_D E * t \\ &\Rightarrow_D E + E * t \\ &\Rightarrow_D E + t * t \\ &\Rightarrow_D t + t * t \end{aligned}$$

# Gramáticas Livre de Contexto

## Exemplo de Gramática Ambígua

Seja $G = (\{E\}, \{t, +, *, (, )\}, \{E \rightarrow E + E \mid E * E \mid (E) \mid t\}, E)$

Existem duas ADs para a sentença **t+t*t**




Existem duas DMDs para a sentença **t+t*t**

$$
\begin{aligned}
E &\Rightarrow_D E + E \\
&\Rightarrow_D E + E * E \\
&\Rightarrow_D E + E * t \\
&\Rightarrow_D E + t * t \\
&\Rightarrow_D t + t * t
\end{aligned}
\qquad
\begin{aligned}
E &\Rightarrow_D E * E \\
&\Rightarrow_D E * t \\
&\Rightarrow_D E + E * t \\
&\Rightarrow_D E + t * t \\
&\Rightarrow_D t + t * t
\end{aligned}
$$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão GLC $\rightarrow$ AP

Seja GLC $G = (V, \Sigma, P, S)$, um AP equivalente $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, \{f\})$ pode ser construído da seguinte forma:

$$E = \{i, f\}$$

$$\Gamma = V \cup \Sigma$$

$$\delta(i, \lambda, \lambda) = \{ [f, S] \}$$

$$\delta(f, \lambda, X) = \{ [f, w] \mid X \rightarrow w \in P \} \quad \text{, para todo } X \in V$$

$$\delta(f, a, a) = \{ [f, \lambda] \} \quad \text{, para todo } a \in \Sigma$$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

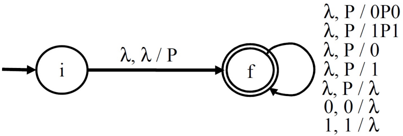
## Conversão GLC $\rightarrow$ AP – Exemplo (1)

Seja GLC $G_1 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão GLC $\rightarrow$ AP – Exemplo (1)

Seja GLC $G_1 = (\{P\}, \{0, 1\}, \{P \rightarrow 0P0 \mid 1P1 \mid 0 \mid 1 \mid \lambda\}, P)$



# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

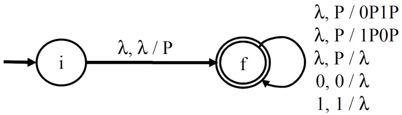
## Conversão GLC $\rightarrow$ AP – Exemplo (2)

Seja GLC $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão GLC $\rightarrow$ AP – Exemplo (2)

Seja GLC $G_2 = (\{P\}, \{0,1\}, \{P \rightarrow 0P1P \mid 1P0P \mid \lambda\}, P)$



# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC

Seja AP $M = (E, \Sigma, \Gamma, \delta, i, F)$, uma GLC equivalente $G = (V, \Sigma, P, S)$ pode ser construída da seguinte forma:

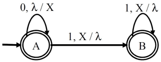
- $V = (E \times (\Gamma \cup \{\lambda\}) \times E) \cup \{S\}$
- $P$ contém as seguintes regras:
  - **para cada estado de aceitação** $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$
  - **para cada estado qualquer** $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$
  - **para cada transição** $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, em que $a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$, $U \in \Gamma \cup \{\lambda\}$ e $Z = Y_1Y_2 \ldots Y_n (Y_i \in \Gamma, 1 \leq i \leq n)$ ou $Z = \lambda$

  **Regras de Tipo 1** (sempre)
  - **se** $Z = \lambda$**:** $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$, para cada $d \in E$
  - **se** $Z \neq \lambda$**:** $[e, U, d_n] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, Y_2, d_2] \ldots [d_{n-1}, Y_n, d_n]$, para cada $(d_1, d_2, \ldots, d_n) \in E^n$

  **Regras de Tipo 2** (apenas se $U = \lambda$)
  - **se** $Z = \lambda$**:** $[e, W, d] \rightarrow a[e', W, d]$, para cada $W \in \Gamma$ e cada $d \in E$
  - **se** $Z \neq \lambda$ **:** $[e, W, d_{n+1}] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, Y_2, d_2] \ldots [d_{n-1}, Y_n, d_n][d_n, W, d_{n+1}]$, para cada $W \in \Gamma$ e cada $(d_1, d_2, \ldots, d_n, d_{n+1}) \in E^{n+1}$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ 0^n1^n \mid n \geq 0 \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

$S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

$[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

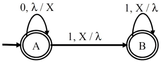
**Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

$[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

$[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC ↔ AP

## Conversão AP → GLC – Exemplo




$L = \{\ 0^n1^n \mid n \geq 0\ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:
- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

$S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\quad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

$[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\quad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

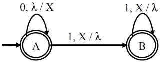
**Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

$[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

$[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\quad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$

Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\quad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\quad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

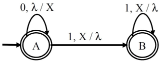
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\quad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{\ 0^n1^n \mid n \geq 0\ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

$S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\quad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

$[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\quad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

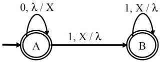
**Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

$[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

$[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\quad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{\ 0^n 1^n \mid n \geq 0\ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$

Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

$S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\quad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

$[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\quad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

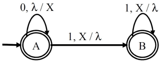
**Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

$[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

$[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\quad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$

Regras:

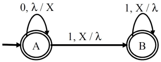
- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então
  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então
  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então
  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que **n = 1**
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$
  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$
  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

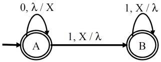
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$

$\Sigma = \{0, 1\}$

$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$

Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n = 1}$

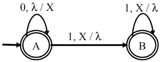
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n = 1}$

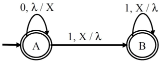
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{\ 0^n 1^n \mid n \geq 0\ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

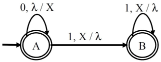
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que **n = 1**

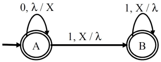
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

$S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\quad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

$[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\quad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

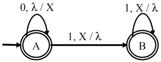
**Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

$[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

$[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\quad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$
$\Sigma = \{0, 1\}$
$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$
Regras:

- para cada estado de aceitação $f \in F$: $S \rightarrow [i, \lambda, f]$, então

  $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ $\qquad$ $S \rightarrow [A, \lambda, B]$

- para cada estado qualquer $e \in E$: $[e, \lambda, e] \rightarrow \lambda$, então

  $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ $\qquad$ $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1$ : $[A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$

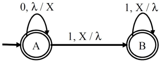
  **Regra de Tipo 1** (para $Z \neq \lambda$): $[e, U, d_1] \rightarrow a[e', Y_1, d_1]$

  $[A, \lambda, d_1] \rightarrow 0[A, X, d_1], \forall d_1 \in E$

  $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ $\qquad$ $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall(d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

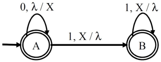
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

  **Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

  $[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

  $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

  $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

  Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

  **Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

  $[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

  $[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

  Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

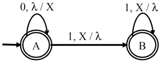
  **Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

  $[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

  $[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

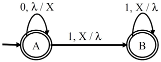
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall(d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

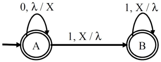
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall(d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

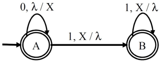
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda$, $Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

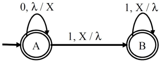
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

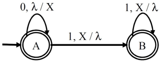
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

  Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

  **Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

  $[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

  $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

  $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

  Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

  **Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

  $[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

  $[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

  Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

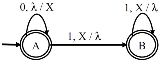
  **Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

  $[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

  $[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

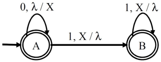
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\to$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \to a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \to 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall(d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \to 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \to 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \to 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \to 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \to a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \to 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \to 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \to 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

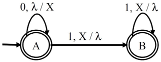
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \to a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \to 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \to 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \to 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

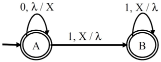
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda, Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall (d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

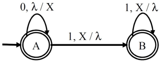
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




Regras: (cont.)

- para cada transição $[e', Z] \in \delta(e, a, U)$, então

Para $t_1 : [A, X] \in \delta(A, 0, \lambda)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{1}$ (cont.)

**Regra de Tipo 2** (pois $U = \lambda$, $Z \neq \lambda$): $[e, W, d_2] \rightarrow a[e', Y_1, d_1][d_1, W, d_2]$

$[A, X, d_2] \rightarrow 0[A, X, d_1][d_1, X, d_2], \forall(d_1, d_2) \in E^2$

$[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ $\quad$ $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$

$[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$

Para $t_2 : [B, \lambda] \in \delta(A, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[A, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

Para $t_3 : [B, \lambda] \in \delta(B, 1, X)$ em que $\mathbf{n} = \mathbf{0}$

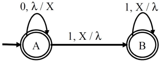
**Regra de Tipo 1** (para $Z = \lambda$): $[e, U, d] \rightarrow a[e', \lambda, d]$

$[B, X, d] \rightarrow 1[B, \lambda, d], \forall d \in E$

$[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ $\quad$ $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$

# Conversão GLC $\leftrightarrow$ AP

## Conversão AP $\rightarrow$ GLC – Exemplo




$L = \{ \ 0^n 1^n \mid n \geq 0 \ \}$

$\Sigma = \{0, 1\}$

$V = \{S, [A, \lambda, A], [A, \lambda, B], [B, \lambda, A], [B, \lambda, B], [A, X, A], [A, X, B], [B, X, A], [B, X, B]\}$

Regras:

| | |
|---|---|
| $S \rightarrow [A, \lambda, A]$ | $S \rightarrow [A, \lambda, B]$ |
| $[A, \lambda, A] \rightarrow \lambda$ | $[B, \lambda, B] \rightarrow \lambda$ |
| $[A, \lambda, A] \rightarrow 0[A, X, A]$ | $[A, \lambda, B] \rightarrow 0[A, X, B]$ |
| $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, A]$ | $[A, X, A] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, A]$ |
| $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, A][A, X, B]$ | $[A, X, B] \rightarrow 0[A, X, B][B, X, B]$ |
| $[A, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ | $[A, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$ |
| $[B, X, A] \rightarrow 1[B, \lambda, A]$ | $[B, X, B] \rightarrow 1[B, \lambda, B]$ |