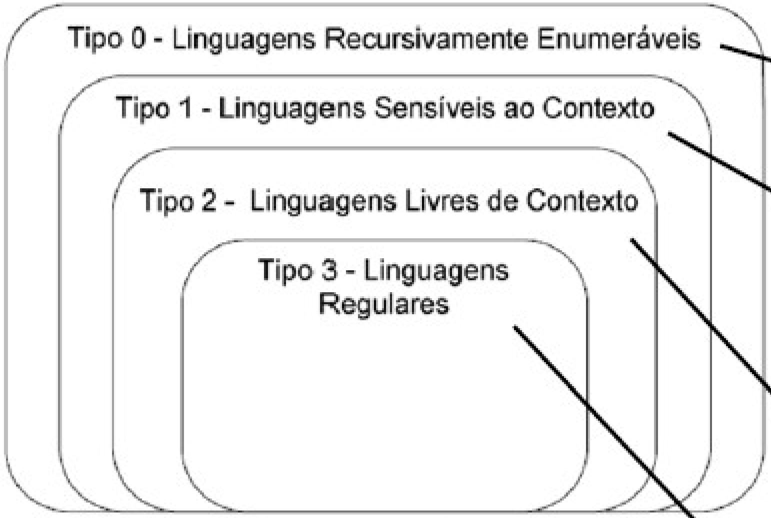
Tema 9

Dispositivos Adaptativos

Professora:
Ariane Machado Lima



Fonte: Adaptado de Matsuno (2006)

Linguagem	Autômato	Gramática	Reconhecimento
Recursivamente enumerável	Máquina de Turing com fita infinita	Irrestrita $Baa \rightarrow A$	Indecidível
Sensível ao contexto	Máquina de Turing com fita finita	Sensível ao contexto $At \rightarrow aA$	NP-Completo
Livre de contexto	Autômato de pilha	Livre de contexto $S \rightarrow gSc$	Polinomial
Regular	Autômato finito	Regular $A \rightarrow cA$	Linear

Fonte: Adaptado de Searls (2002)

Gramática livre de contexto

$$A \rightarrow \beta,\ A \in N,\ \beta \in V^*$$

Exemplo:

$L(G)=\{a^n\#u^n,\ n\geq 0\}$

$G=(V,\Sigma,P,A)$

$V=\{A, B, a, u, \#\}$

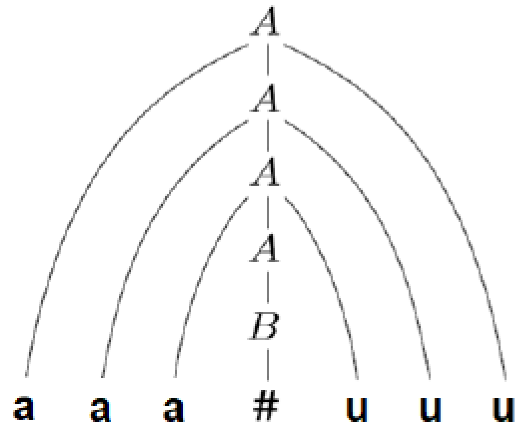
$\Sigma=\{a, u, \#\}$

P:

$A \rightarrow aAu$

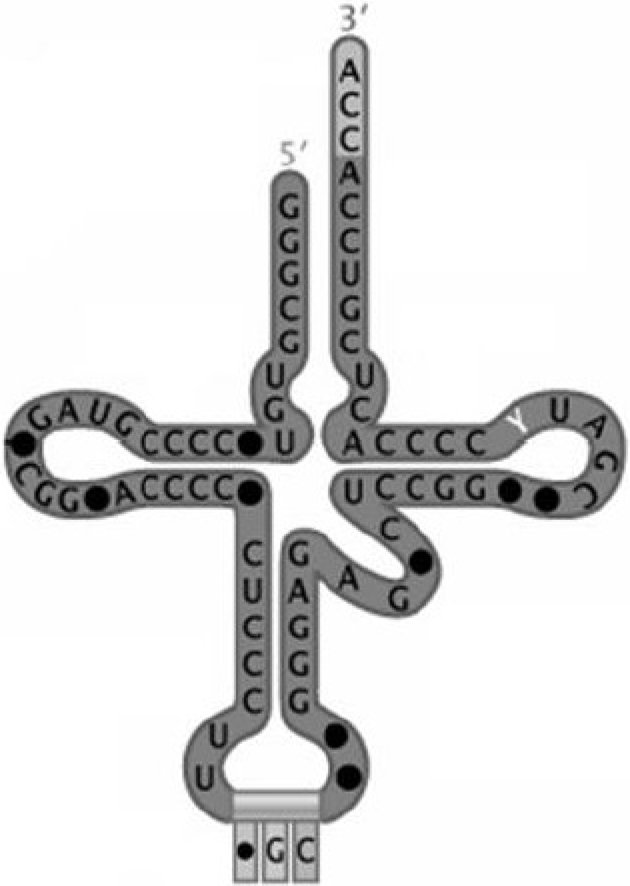
$A \rightarrow B$

$B \rightarrow \#$



Árvore sintática

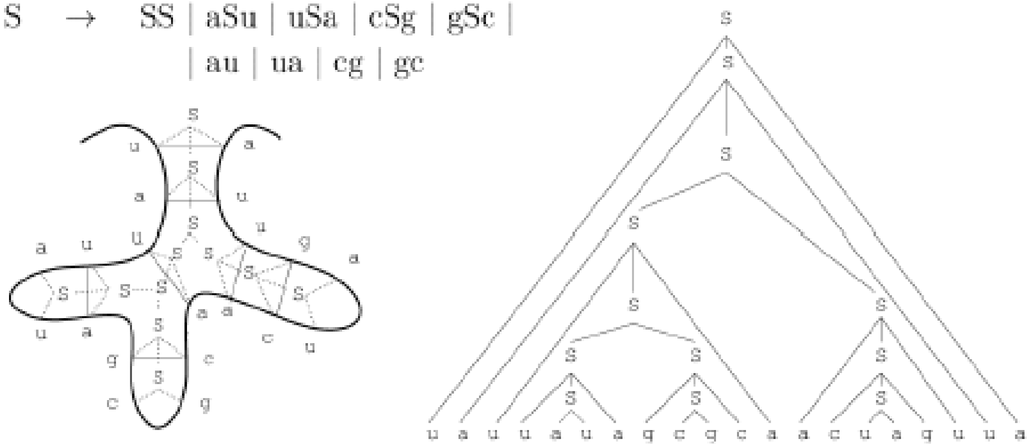
RNA



RNA

Modelagem com gramáticas

$$S \rightarrow SS \mid aSu \mid uSa \mid cSg \mid gSc \mid au \mid ua \mid cg \mid gc$$

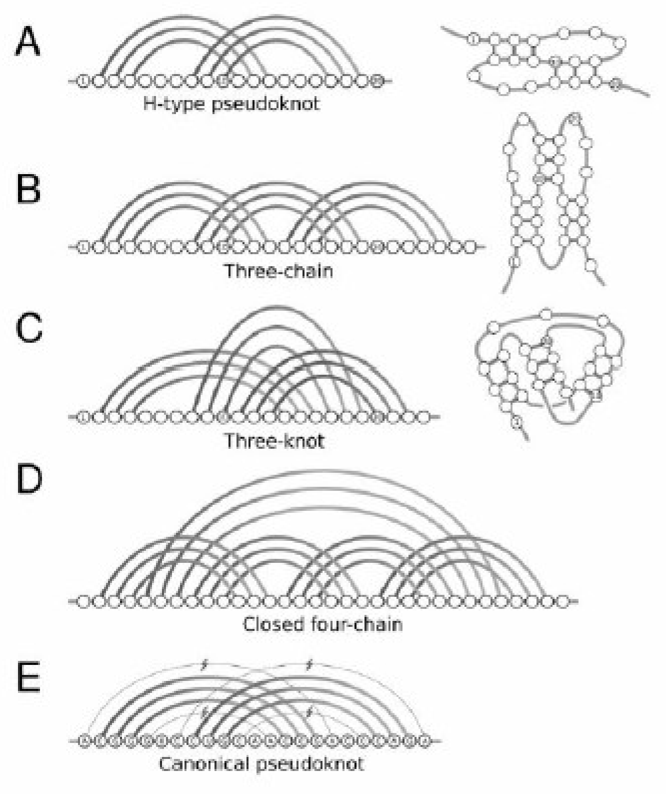


- Árvore sintática representa a estrutura secundária do RNA
- Produções fora da forma normal de Chomsky. Ex: $S \rightarrow aSu$

EACH USP

RNA

Pseudonós



Fonte: Washietl et al. (2012)

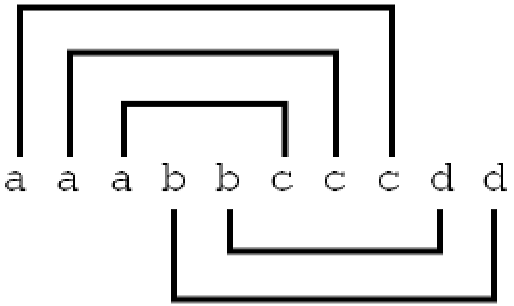
Hierarquia de Chomsky

Gramática sensível ao contexto

$$\alpha \rightarrow \beta,\ \alpha \in V^*NV^*,\ \beta \in V^*,\ |\alpha| \leq |\beta|$$

Exemplo: $L(G) = \{a^n b^m c^n d^m | n \geq 0, m \geq 0\}$

$S \rightarrow aAC$
$S \rightarrow ac$
$S \rightarrow B$
$S \rightarrow \varepsilon$
$A \rightarrow aAC$
$A \rightarrow ac$
$A \rightarrow B$
$B \rightarrow bBd$
$B \rightarrow bd$
$\mathbf{dC \rightarrow Cd}$
$\mathbf{bC \rightarrow bc}$
$\mathbf{cC \rightarrow cc}$



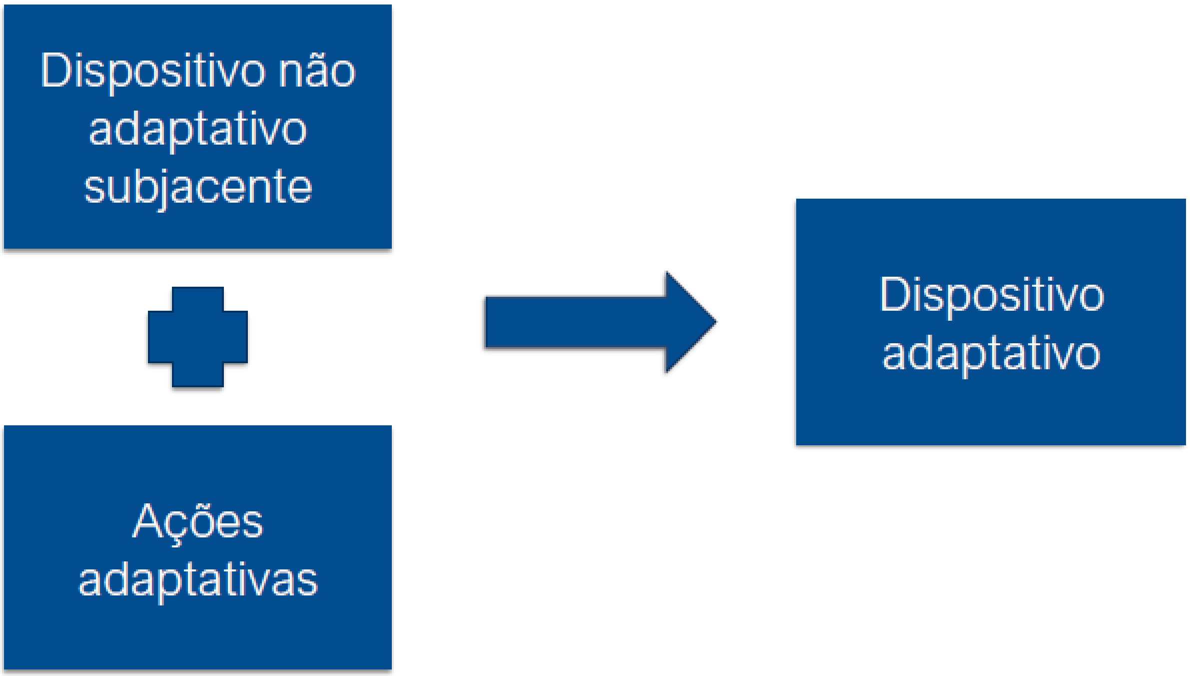
Dependência cruzada

- Mas no caso geral só se conhece analisadores sintáticos exponenciais!!!

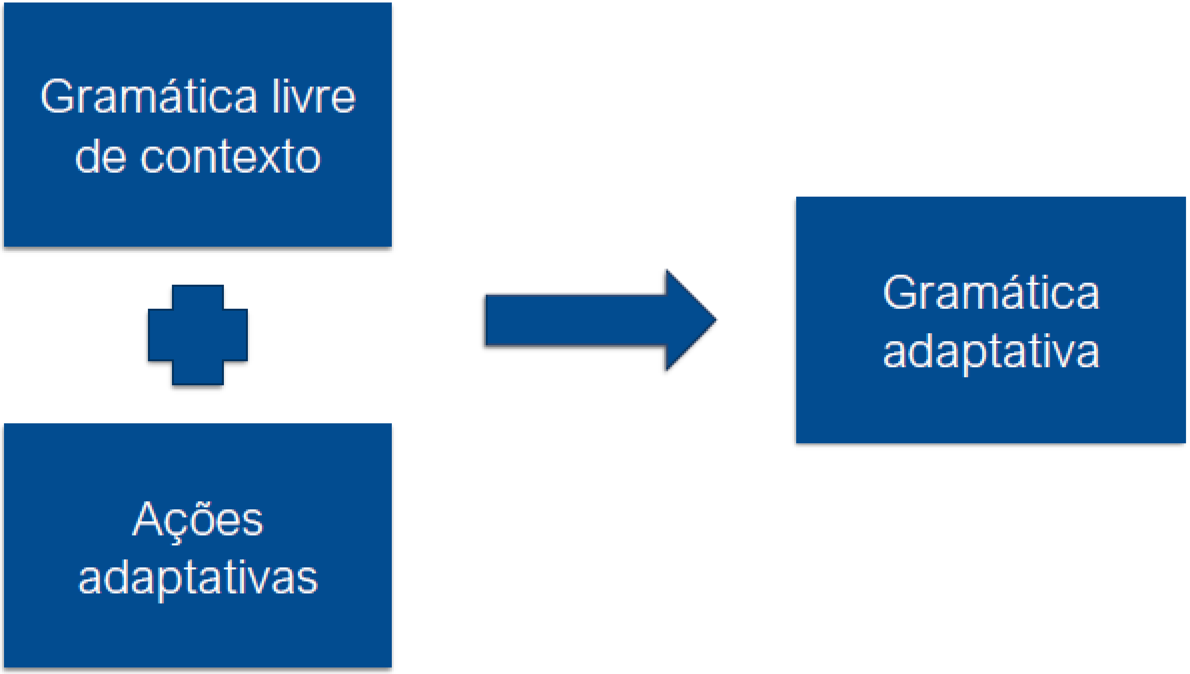
E aí? Sentamos e choramos?

- Se a dependência de contexto puder ser confinada em regiões específicas, é possível permitir que um modelo **se adapte** ao contexto

Dispositivos adaptativos



Gramáticas adaptativas



Gramáticas adaptativas

Gramática

$$G_A = (G^0, T, R^0)$$
G^0 = gramática livre de contexto inicial
T = conjunto de funções adaptativas
relações → $R^0 \subseteq BA \times P^0 \times AA$
$BA \subseteq (T \cup \{\epsilon\})$ ← Before Adaptive (function)
$AA \subseteq (T \cup \{\epsilon\})$ ← After Adaptive (function)
P^0 = conjunto de produções da gramática G^0

Comportamentos adaptativos

- Inclusão de regras de produção
- Exclusão de regras de produção

Gramáticas adaptativas

Funções adaptativas:

```
Nome da função(lista de parâmetros formais) = {
    lista de variáveis, lista de geradores (identificados pelo símbolo *) :
    função adaptativa opcional ao início

     ação adaptativa elementar 1
     ...
     ação adaptativa elementar n
     função adaptativa opcional ao fim
}
```

(N_{var}) (N_{ger}) ← Inclusão de novos símbolos não terminais

Gramáticas adaptativas

Ações adaptativas elementares:

Eliminação ou deleção de regras:

Não terminais da gramática Gi

Terminais e não terminais da gramática Gi

$-[A \rightarrow \{ba\}M^*\{aa\}]$, sendo $A \in N_{var} \cup N^i$, $M \in V^i \cup N_{var}$, $ba \in T \cup \{\epsilon\}$ e $aa \in T \cup \{\epsilon\}$ – Ações adaptativas elementares de **eliminação** de regras, que são as ações que removem do conjunto de produções as regras que satisfazem a um determinado padrão;

Gramáticas adaptativas

Ações adaptativas elementares:

Inserção de regras:

Não terminais da gramática Gi

Terminais e não terminais da gramática Gi

$+[A \rightarrow \{ba\}M^*\{aa\}]$ sendo $A \in N_{var} \cup N_{ger} \cup N^i$, $M \in V^i \cup N_{var} \cup N_{ger}$, $ba \in T \cup \{\epsilon\}$ e $aa \in T \cup \{\epsilon\}$ – Ações adaptativas elementares de **inserção** de regras, que permitem acrescentar uma regra específica ao conjunto de regras de produção. É importante notar aqui a possibilidade do uso de geradores para aumentar o vocabulário da gramática, adicionando um novo símbolo não terminal.

EACH USP

Gramáticas adaptativas

Ações adaptativas elementares:

Pesquisa ou busca de regras:

Não terminais da gramática Gi

Terminais e não terminais da gramática Gi

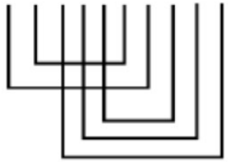
$?[A \rightarrow \{ba\}M^*\{aa\}]$ sendo $A \in N_{var} \cup N^i$, $M \in V^i \cup N_{var}$, $ba \in T \cup \{\epsilon\}$ e $aa \in T \cup \{\epsilon\}$

– Ações adaptativas elementares de **pesquisa** de regras, que são as ações que não modificam nenhuma regra, permitindo a inspeção das regras atuais em busca das que satisfaçam determinado padrão e preenchimento das variáveis N_{var}. A pesquisa por padrões é feita comparando todos os símbolos tanto do lado esquerdo quanto do lado direito da produção, sendo N_{var} preenchida com o símbolo que completa o padrão sendo comparado;

Exemplo

$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^0 = \{V^0, \Sigma, P^0, S\}$

$V^0 = \{S, K, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$$
\begin{aligned}
P^0 = \{ & \\
& S \rightarrow K\{AdP(K)\} \\
& K \rightarrow \phi \\
\} &
\end{aligned}
$$

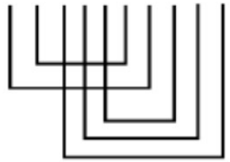
Chamada: AdP(K)

$$
\begin{aligned}
T = \{ & \\
& AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'* : \\
& \quad +[X \rightarrow A'B'C'D'] \\
& \quad +[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}] \\
& \quad +[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}] \\
& \quad +[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}] \\
& \quad +[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}] \\
& \quad +[C' \rightarrow \phi] \\
& \quad +[D' \rightarrow \phi] \\
& \} \\
& Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'* : \\
& \quad -[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}\}] \\
& \quad -[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}] \\
& \quad +[X \rightarrow x\,X\{Ad1(X, Y', x, y)\}\}] \\
& \quad +[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}] \\
& \quad +[Y \rightarrow yY'] \\
& \quad +[Y' \rightarrow \phi] \\
& \} \\
& Ad2(Y, y) = \{ \\
& \quad +[Y \rightarrow y] \\
& \} \\
\} &
\end{aligned}
$$

Exemplo

$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$

aabbbccddd



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^1 = \{V^1, \Sigma, P^1, S\}$

$V^1 = \{S, K, A^1, B^1, 'C^1, D^1, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^1 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$
$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^1, a, c)\}$
$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^1, c)\}$
$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$
$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^1, d)\}$
$C^1 \rightarrow \emptyset$
$D^1 \rightarrow \emptyset$

$\}$

Chamada: AdP(K)

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'* :$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'* :$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\,X[Ad1(X, Y', x, y)\}\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

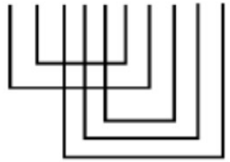
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^1 = \{V^1, \Sigma, P^1, S\}$

$V^1 = \{S, K, A^1, B^1, 'C^1, D^1, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^1 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^1, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^1, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \rightarrow Ø$

$D^1 \rightarrow Ø$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\,X\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

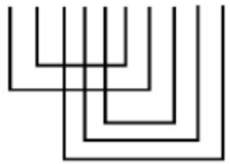
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1 B^1 C^1 D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1 B^1 C^1 D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^1 = \{V^1, \Sigma, P^1, S\}$

$V^1 = \{S, K, A^1, B^1, 'C^1, D^1, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^1 = \{$

$S \to K\{AdP(K)\}$

$K \to \phi$

$K \to A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \to aA^1\{Ad1(A^1, C^1, a, c)\}$

$A^1 \to a\{Ad2(C^1, c)\}$

$B^1 \to bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \to b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \to \emptyset$

$D^1 \to \emptyset$

$\}$

Chamada:
Ad1(A^1, C^1, a,c)

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'* :$

$+[X \to A'B'C'D']$

$+[A' \to aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \to a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \to bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \to b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \to \phi]$

$+[D' \to \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'* :$

$-[X \to xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}\}]$

$-[X \to x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \to x\,X[\{Ad1(X, Y', x, y)\}\}]$

$+[X \to x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \to yY']$

$+[Y' \to \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \to y]$

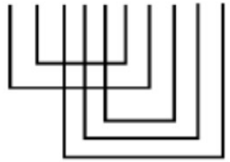
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

aabbbccddd



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^2 = \{V^2, \Sigma, P^2, S\}$

$V^2 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^2 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$\}$

Chamada:
$Ad1(A^1, C^1, a, c)$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'* :$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'* :$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

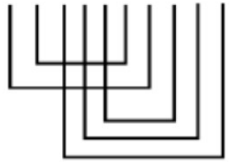
$$G_A = (G^0, T, R^0)$$

$G^2 = \{V^2, \Sigma, P^2, S\}$

$V^2 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$P^2 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

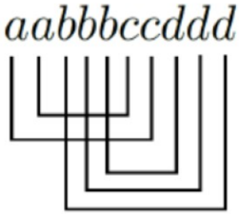
$+[Y \rightarrow y]$

$\}$

$\}$

Exemplo

$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^3 = \{V^3, \Sigma, P^3, S\}$

$V^3 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^3 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$C^2 \rightarrow c$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

Chamada: $Ad2(C^2, c)$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

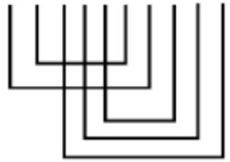
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

aabbbccddd



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^3 = \{V^3, \Sigma, P^3, S\}$

$V^3 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^3 = \{$

$S \to K\{AdP(K)\}$

$K \to \phi$

$K \to A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \to aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \to a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \to bB^1\{Ad1(B^1, D^1, b, d)\}$

$B^1 \to b\{Ad2(D^1, d)\}$

$C^1 \to \emptyset$

$D^1 \to \emptyset$

$C^1 \to cC^2$

$C^2 \to \emptyset$

$C^2 \to c$

$\}$

Chamada:
$Ad1(B^1, D^1, b, d)$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \to A'B'C'D']$

$+[A' \to aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \to a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \to bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \to b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \to \phi]$

$+[D' \to \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \to xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \to x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \to xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \to x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \to yY']$

$+[Y' \to \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \to y]$

$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

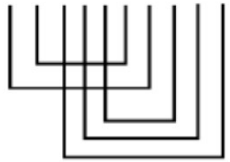
$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^4 = \{V^4, \Sigma, P^4, S\}$

$V^4 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$P^4 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^2, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^2, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$C^2 \rightarrow c$

$D^1 \rightarrow d\, D^2$

$D^2 \rightarrow \emptyset$

$\}$

Chamada:
Ad1(B^1, D^1, b, d)

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

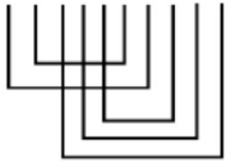
$\}$

$\}$

Machado

Exemplo

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^4 = \{V^4, \Sigma, P^4, S\}$

$V^4 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^4 = \{$

$S \to K\{AdP(K)\}$

$K \to \phi$

$K \to A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \to aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \to a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \to bB^1\{Ad1(B^1, D^2, b, d)\}$

$B^1 \to b\{Ad2(D^2, d)\}$

$C^1 \to \varnothing$

$D^1 \to \varnothing$

$C^1 \to cC^2$

$C^2 \to \varnothing$

$C^2 \to c$

$D^1 \to d\,D^2$

$D^2 \to \varnothing$

$\}$

Chamada:
$Ad1(B^1, D^2, b, d)$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \to A'B'C'D']$

$+[A' \to aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \to a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \to bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \to b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \to \phi]$

$+[D' \to \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \to xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \to x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \to xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \to x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \to yY']$

$+[Y' \to \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \to y]$

$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

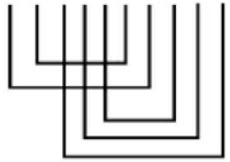
$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^5 = \{V^5, \Sigma, P^5, S\}$

$V^5 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, D^3, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$

$P^5 = \{$

$S \to K\{AdP(K)\}$

$K \to \phi$

$K \to A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \to aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \to a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \to bB^1\{Ad1(B^1, D^3, b, d)\}$

$B^1 \to b\{Ad2(D^3, d)\}$

$C^1 \to \emptyset$

$D^1 \to \emptyset$

$C^1 \to cC^2$

$C^2 \to \emptyset$

$C^2 \to c$

$D^1 \to d\, D^2$

$D^2 \to \emptyset$

$D^2 \to d\, D^3$

$D^3 \to \emptyset$

$\}$

Chamada:
$Ad1(B^1, D^2, b, d)$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'* :$

$+[X \to A'B'C'D']$

$+[A' \to aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \to a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \to bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \to b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \to \phi]$

$+[D' \to \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'* :$

$-[X \to xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \to x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \to xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \to x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \to yY']$

$+[Y' \to \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \to y]$

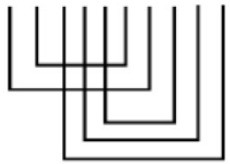
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

$aabbbccddd$



$$S \Rightarrow_{G^0} K$$
$$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$$
$$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$$
$$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$$
$$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$$
$$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$$
$$\Rightarrow_{G^5} aabbbC^1D^1$$

$$G_A = (G^0, T, R^0)$$

$G^5 = \{V^5, \Sigma, P^5, S\}$

$V^5 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, D^3, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^5 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$
$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$
$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$
$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^3, b, d)\}$
$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^3, d)\}$
$C^1 \rightarrow \emptyset$
$D^1 \rightarrow \emptyset$
$C^1 \rightarrow cC^2$
$C^2 \rightarrow \emptyset$
$C^2 \rightarrow c$
$D^1 \rightarrow d\,D^2$
$D^2 \rightarrow \emptyset$
$D^2 \rightarrow d\,D^3$
$D^3 \rightarrow \emptyset$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

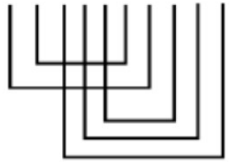
$\}$

$\}$

Exemplo

$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^5} aabbbC^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^6 = \{V^6, \Sigma, P^6, S\}$

$V^6 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, D^3, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^6 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^3, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^3, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$C^2 \rightarrow c$

$D^1 \rightarrow d\,D^2$

$D^2 \rightarrow \emptyset$

$D^2 \rightarrow d\,D^3$

$D^3 \rightarrow \emptyset \quad | \quad D^3 \rightarrow d$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

Chamada:
Ad2(D^3, d)

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

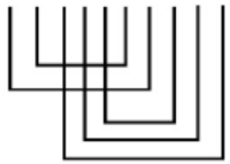
$\}$

$\}$

Exemplo

$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$

$aabbbccddd$



$S \Rightarrow_{G^0} K$

$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$

$\Rightarrow_{G^5} aabbbC^1D^1$

$G_A = (G^0, T, R^0)$

$G^6 = \{V^6, \Sigma, P^6, S\}$

$V^6 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, D^3, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$P^6 = \{$

$S \rightarrow K\{AdP(K)\}$

$K \rightarrow \phi$

$K \rightarrow A^1B^1C^1D^1$

$A^1 \rightarrow aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$

$A^1 \rightarrow a\{Ad2(C^2, c)\}$

$B^1 \rightarrow bB^1\{Ad1(B^1, D^3, b, d)\}$

$B^1 \rightarrow b\{Ad2(D^3, d)\}$

$C^1 \rightarrow \emptyset$

$D^1 \rightarrow \emptyset$

$C^1 \rightarrow cC^2$

$C^2 \rightarrow \emptyset$

$C^2 \rightarrow c$

$D^1 \rightarrow d\, D^2$

$D^2 \rightarrow \emptyset$

$D^2 \rightarrow d\, D^3$

$D^3 \rightarrow \emptyset \quad | \quad D^3 \rightarrow d$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$

$+[X \rightarrow A'B'C'D']$

$+[A' \rightarrow aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$

$+[A' \rightarrow a\{Ad2(C', c)\}]$

$+[B' \rightarrow bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$

$+[B' \rightarrow b\{Ad2(D', d)\}]$

$+[C' \rightarrow \phi]$

$+[D' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$

$-[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$

$-[X \rightarrow x\{Ad2(Y, y)\}]$

$+[X \rightarrow xX\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$

$+[X \rightarrow x\{Ad2(Y', y)\}]$

$+[Y \rightarrow yY']$

$+[Y' \rightarrow \phi]$

$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$

$+[Y \rightarrow y]$

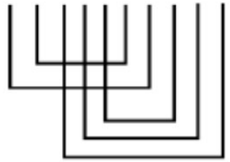
$\}$

$\}$

Exemplo

$$L(G) = \{a^n b^m c^n d^m\}$$

$aabbbccddd$



$$G_A = (G^0, T, R^0)$$

$G^6 = \{V^6, \Sigma, P^6, S\}$

$V^6 = \{S, K, A^1, B^1, C^1, D^1, C^2, D^2, D^3, a, b, c, d\}$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$

$S \Rightarrow_{G^0} K$
$\Rightarrow_{G^1} A^1B^1C^1D^1$
$\Rightarrow_{G^1} aA^1B^1C^1D^1$
$\Rightarrow_{G^2} aaB^1C^1D^1$
$\Rightarrow_{G^3} aabB^1C^1D^1$
$\Rightarrow_{G^4} aabbB^1C^1D^1$
$\Rightarrow_{G^5} aabbbC^1D^1$
$\Rightarrow_{G^6} aabbbcC^2D^1$
$\Rightarrow_{G^6} aabbbccD^1$
$\Rightarrow_{G^6} aabbbccdD^2$
$\Rightarrow_{G^6} aabbbccddD^3$
$\Rightarrow_{G^6} aabbbccddd$

$P^6 = \{$

$S \to K\{AdP(K)\}$
$K \to \phi$
$K \to A^1B^1C^1D^1$
$A^1 \to aA^1\{Ad1(A^1, C^2, a, c)\}$
$A^1 \to a\{Ad2(C^2, c)\}$
$B^1 \to bB^1\{Ad1(B^1, D^3, b, d)\}$
$B^1 \to b\{Ad2(D^3, d)\}$
$C^1 \to \emptyset$
$D^1 \to \emptyset$
$C^1 \to cC^2$
$C^2 \to \emptyset$
$C^2 \to c$
$D^1 \to d\,D^2$
$D^2 \to \emptyset$
$D^2 \to d\,D^3$
$D^3 \to \emptyset$ $\quad D^3 \to d$

$\}$

$T = \{$

$AdP(X) = \{A'*, B'*, C'*, D'*:$
$+[X \to A'B'C'D']$
$+[A' \to aA'\{Ad1(A', C', a, c)\}]$
$+[A' \to a\{Ad2(C', c)\}]$
$+[B' \to bB'\{Ad1(B', D', b, d)\}]$
$+[B' \to b\{Ad2(D', d)\}]$
$+[C' \to \phi]$
$+[D' \to \phi]$
$\}$

$Ad1(X, Y, x, y) = \{Y'*:$
$-[X \to xX\{Ad1(X, Y, x, y)\}]$
$-[X \to x\{Ad2(Y, y)\}]$
$+[X \to x\,X\{Ad1(X, Y', x, y)\}]$
$+[X \to x\{Ad2(Y', y)\}]$
$+[Y \to yY']$
$+[Y' \to \phi]$
$\}$

$Ad2(Y, y) = \{$
$+[Y \to y]$
$\}$

$\}$

Conclusão

Mesmo a linguagem L do exemplo sendo sensível ao contexto, foi possível encontrar uma derivação usando uma sequência de gramáticas livres de contexto (G_0, … G_6), que se adaptavam à cadeia de entrada segundo as funções adaptativas **pré-definidas**.

- Embora não vejamos aqui a análise de complexidade, é possível realizar a análise sintática em tempo polinomial

Referências

- dos SANTOS, G. P. Analisador sintático de Earley para gramáticas livres de contexto adaptativas e sua aplicação na caracterização de famílias de RNAs com pseudonós. Dissertação de mestrado (Universidade de São Paulo), 2018.
- dos SANTOS, G. P.; Neto, J. J.; Machado-Lima, A. Algoritmo de Earley Adaptativo para Reconhecimento de Padrões Sintáticos. Em: Memórias do XII Workshop de Tecnologia Adaptativa - WTA 2018. EPUSP, São Paulo. ISBN: 978-85-86686-98-6, pp. 29-36. 1 e 2 de Fevereiro, 2018.
- IWAI, M. K. e NETO, J. J. Introdução às Gramáticas Adaptativas. Boletim Técnico, PCS-POLI-USP, São Paulo, Brasil, 2000.