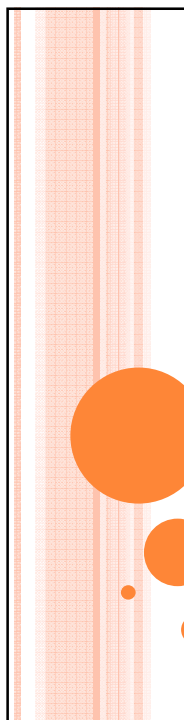


SINTAXE – PARTE 3

SCC5908 Tópicos em Processamento de Língua Natural

Thiago A. S. Pardo



ATRIBUTOS E UNIFICAÇÃO

GRAMATICALIDADE

○ Exemplo simples

- $S \rightarrow SN SV$
- $SN \rightarrow \text{pronome} \mid \text{art subst}$
- $SV \rightarrow \text{verbo}$
- pronome \rightarrow ele | eles | ela | elas
- art \rightarrow o | os | a | as
- subst \rightarrow menino | meninos | menina | meninas
- verbo \rightarrow chorou | choraram

○ Executando a DCG correspondente

- `s(S,[])`.

3

EXEMPLO

- O que aconteceu?
- Por que aconteceu?
- Como resolver?

```

SWI-Prolog -- c:/Users/Th...
File Edit Settings Run Debug Help
1 ?- s(S, []).
= [ele, chorou] ;
= [ele, choraram] ;
= [eles, chorou] ;
= [eles, choraram] ;
= [ela, chorou] ;
= [ela, choraram] ;
= [elas, chorou] ;
= [elas, choraram] ;
= [o, menino, chorou] ;
= [o, menino, choraram] ;
= [o, meninos, chorou] ;
= [o, meninos, choraram] ;
= [o, menina, chorou] ;
= [o, menina, choraram] ;
= [o, meninas, chorou] ;
= [o, meninas, choraram] ;
= [os, menino, chorou] ;
= [os, menino, choraram] ;
= [os, meninos, chorou] ;
= [os, meninos, choraram] ;
= [os, menina, chorou] ;
= [os, menina, choraram] ;
= [os, meninas, chorou] ;
= [os, meninas, choraram] ;
= [a, menino, chorou] ;
= [a, menino, choraram] ;
= [a, meninos, chorou] ;
= [a, meninos, choraram] ;
= [a, menina, chorou] ;
= [a, menina, choraram] ;
= [a, meninas, chorou] ;
= [a, meninas, choraram] ;
= [as, menino, chorou] ;
= [as, menino, choraram] ;
= [as, meninos, chorou] ;
= [as, meninos, choraram] ;
= [as, menina, chorou] ;
= [as, menina, choraram] ;
= [as, meninas, chorou] ;
= [as, meninas, choraram].
2 ?-

```

4

GRAMATICALIDADE

○ Sentença **correta/bem formada**

- **S→SN SV não basta**
- Normalmente é necessário que haja
 - Concordância de número e gênero dentro do SN
 - Concordância de número e pessoa entre SN e SV
 - Concordância entre argumentos esperados pelo verbo e argumentos realizados
 - Etc.
- Restrições!

5

GRAMATICALIDADE

○ Questão: como resolver isso?

6

GRAMATICALIDADE

- Questão: como resolver isso?

- 1ª opção: duplicar regras

- Exemplo para **número**, somente

- $S_{\text{sing}} \rightarrow SN_{\text{sing}} SV_{\text{sing}}$
- $S_{\text{plu}} \rightarrow SN_{\text{plu}} SV_{\text{plu}}$
- $SN_{\text{sing}} \rightarrow \text{pronome}_{\text{sing}} \mid \text{art}_{\text{sing}} \text{subst}_{\text{sing}}$
- $SN_{\text{plu}} \rightarrow \text{pronome}_{\text{plu}} \mid \text{art}_{\text{plu}} \text{subst}_{\text{plu}}$
- $SV_{\text{sing}} \rightarrow \text{verbo}_{\text{sing}}$
- $SV_{\text{plu}} \rightarrow \text{verbo}_{\text{plu}}$
- $\text{pronome}_{\text{sing}} \rightarrow \text{ele} \mid \text{ela}$
- $\text{pronome}_{\text{plu}} \rightarrow \text{eles} \mid \text{elas}$
- ...

- Executando a DCG correspondente
 - `s_sing(S,[])` ou `s_plu(S,[])`.

7

EXEMPLO

- Número resolvido

- E gênero?

```

SWI-Prolog -- c:/Users/Thiago/Docu...
File Edit Settings Run Debug Help
1 ?- s_sing(S,[]).
S = [ele, chorou] ;
S = [ela, chorou] ;
S = [o, menino, chorou] ;
S = [o, menina, chorou] ;
S = [a, menino, chorou] ;
S = [a, menina, chorou].

2 ?- s_plu(S,[]).
S = [eles, choraram] ;
S = [elas, choraram] ;
S = [os, meninos, choraram] ;
S = [os, meninas, choraram] ;
S = [as, meninos, choraram] ;
S = [as, meninas, choraram].

3 ?-
  
```

GRAMATICALIDADE

- **Questão: como resolver isso?**
 - **1ª opção: duplicar regras**
 - Desvantagens sérias
 - Explosão do número de regras
 - Perda de generalidade da gramática
 - Legibilidade da gramática prejudicada

9

GRAMATICALIDADE

- **Questão: como resolver isso?**
 - **2ª opção: atributos/propriedades associados aos constituintes**
 - Exemplo
 - $S \rightarrow SN SV$
 - Atributo “número” para SN e SV
 - $SN.número = SV.número$
 - **Vantagens: elegância, generalidade, legibilidade**

10

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

○ *Feature structure*

- Conjunto de atributos e valores
 - Valores atômicos ou subestruturas de atributos
- Matriz atributo-valor

$$\begin{bmatrix} \text{atributo}_1 & \text{valor}_1 \\ \text{atributo}_2 & \text{valor}_2 \\ \dots & \dots \\ \text{atributo}_N & \text{valor}_N \end{bmatrix}$$

11

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

○ *Feature structure*

- Exemplos

$$\begin{bmatrix} \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Pessoa} & \text{3a} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{Categoria} & \text{SN} \\ \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Pessoa} & \text{3a} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{Categoria} & \text{SN} \\ \text{Concordância} & \begin{bmatrix} \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Pessoa} & \text{3a} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

12

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

◦ *Feature structure*

• *Feature path*

- $\langle \text{Concordância Número} \rangle = \text{singular}$
- $\langle \text{Concordância Pessoa} \rangle = 3a$

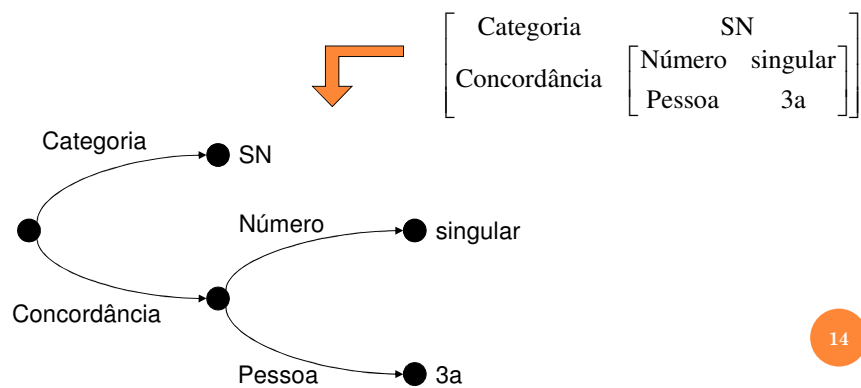
Categoria	SN				
Concordância	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">Número</td> <td style="padding: 5px;">singular</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;">Pessoa</td> <td style="padding: 5px;">3a</td> </tr> </table>	Número	singular	Pessoa	3a
Número	singular				
Pessoa	3a				

13

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

◦ *Feature structure*

• Diagrama atributo-valor

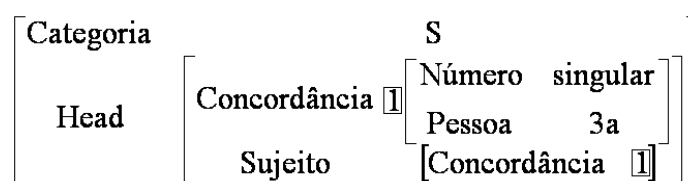


14

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

◦ *Feature structure*

- Estruturas recorrentes
 - $\langle \text{Head Sujeito Concordância} \rangle = \langle \text{Head Concordância} \rangle$
 - Índices indicam recorrências



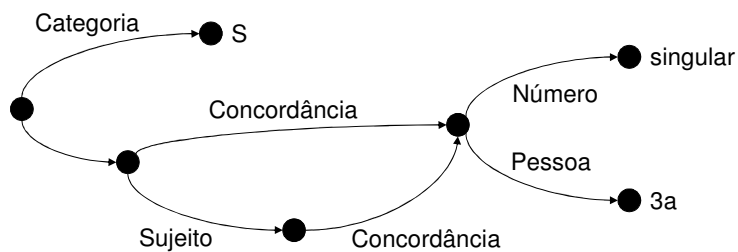
15

O menino chorou.

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

◦ *Feature structure*

- Estruturas recorrentes
 - $\langle \text{Head Sujeito Concordância} \rangle = \langle \text{Head Concordância} \rangle$



16

O menino chorou.

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

○ Operações

- União de estruturas compatíveis
- Rejeição de estruturas incompatíveis

○ Unificação!

○ Exemplos

$[\text{Número singular}] \cup [\text{Número singular}] = [\text{Número singular}]$

$[\text{Número singular}] \cup [\text{Número plural}] \rightarrow \text{FALHA}$

17

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

○ Exemplos

$[\text{Número singular}] \cup [\text{Número []}] = [\text{Número singular}]$

→ subespecificação! Não há incompatibilidade

$[\text{Número singular}] \cup [\text{Número plural}] \rightarrow \text{FALHA}$

→ incompatibilidade!

$[\text{Número singular}] \cup [\text{Pessoa 3a}] = \begin{bmatrix} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{bmatrix}$

→ Não há incompatibilidade, apesar dos atributos diferentes

18

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

- Exemplos: estruturas recorrentes

$$\left[\begin{array}{l} \text{Concordância} \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \\ \text{Sujeito} \left[\text{Concordância } \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \right] \end{array} \right] \cup$$

$$\left[\text{Sujeito} \left[\text{Concordância} \left[\begin{array}{l} \text{Pessoa 3a} \\ \text{Número singular} \end{array} \right] \right] \right] =$$

???

19

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

- Exemplos: estruturas recorrentes

$$\left[\begin{array}{l} \text{Concordância} \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \\ \text{Sujeito} \left[\text{Concordância } \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \right] \end{array} \right] \cup$$

$$\left[\text{Sujeito} \left[\text{Concordância} \left[\begin{array}{l} \text{Pessoa 3a} \\ \text{Número singular} \end{array} \right] \right] \right] =$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Concordância} \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \\ \text{Sujeito} \left[\text{Concordância } \left[\begin{array}{l} \text{Número singular} \\ \text{Pessoa 3a} \end{array} \right] \right] \end{array} \right]$$

20

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

- Exemplos: flexibilidade da unificação

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{c} \text{Concordância} \quad \boxed{1} \\ \text{Sujeito} \quad \left[\text{Concordância} \quad \boxed{1} \right] \end{array} \right] \cup \\
 \left[\begin{array}{c} \text{Sujeito} \quad \left[\text{Concordância} \quad \left[\begin{array}{c} \text{Pessoa} \quad 3a \\ \text{Número} \quad \text{singular} \end{array} \right] \right] \end{array} \right] = \\
 ???
 \end{array}$$

21

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

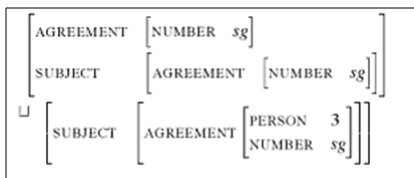
- Exemplos: flexibilidade da unificação

$$\begin{array}{l}
 \left[\begin{array}{c} \text{Concordância} \quad \boxed{1} \\ \text{Sujeito} \quad \left[\text{Concordância} \quad \boxed{1} \right] \end{array} \right] \cup \\
 \left[\begin{array}{c} \text{Sujeito} \quad \left[\text{Concordância} \quad \left[\begin{array}{c} \text{Pessoa} \quad 3a \\ \text{Número} \quad \text{singular} \end{array} \right] \right] \end{array} \right] = \\
 \left[\begin{array}{c} \text{Concordância} \quad \boxed{1} \\ \text{Sujeito} \quad \left[\text{Concordância} \quad \boxed{1} \quad \left[\begin{array}{c} \text{Pessoa} \quad 3a \\ \text{Número} \quad \text{singular} \end{array} \right] \right] \end{array} \right]
 \end{array}$$

22

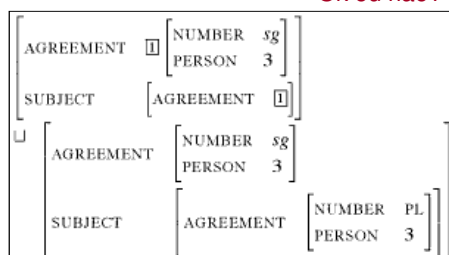
ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

Outros exemplos



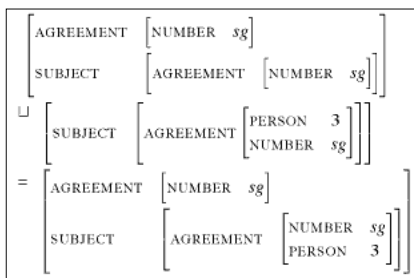
Ok ou não?

Ok ou não?



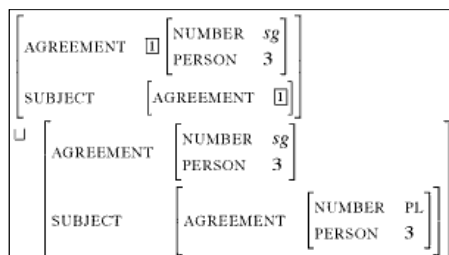
ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

Outros exemplos



OK

FALHA



ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

o Portanto

- Utilidade das estruturas de atributos
 - o Representar informação sobre algum objeto linguístico
 - o Impor restrições sobre comportamento do objeto linguístico
- Unificação
 - o União de informações de estruturas de atributos compatíveis
 - o Produz uma nova estrutura de atributos, que pode ser mais específica ou idêntica às originais

25

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

o Subsunção

- Uma estrutura mais genérica/abstrata subsume uma mais específica ou igual
- Exemplos
 - o (a) subsume (c)
 - o (b) subsume (c)
 - o (a) e (b) não subsumem e não são subsumidas entre si
 - o [] subsume (a), (b) e (c)

(a) [Número singular]

(b) [Pessoa 3a]

(c) $\left[\begin{array}{ll} \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Pessoa} & 3a \end{array} \right]$

26

ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

○ Unificação

- Se é possível unificar F e G, então
 - F **subsume** F U G
 - G **subsume** F U G
- **Operação associativa**: não importa a ordem em que se unificam as estruturas, o resultado é o mesmo

27

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Uso das estruturas de atributos
 - Forma de associar restrições às regras gramaticais
 - Extensão das regras gramaticais
 - Em vez de constituintes, temos constituintes+atributos/propriedades

Originalmente

 $S \rightarrow SN SV$ 

Extensão para concordância de número entre SN e SV

$$S \rightarrow SN SV$$

$$\langle SN \text{ num} \rangle = \langle SV \text{ num} \rangle$$

28

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Uso das estruturas de atributos
 - Forma de associar restrições às regras gramaticais
 - Extensão das regras gramaticais
 - Em vez de constituintes, temos constituintes+atributos/propriedades

Originalmente

$S \rightarrow SN SV$



Extensão para concordância de número entre SN e SV

$S \rightarrow SN SV$
 $\langle SN \text{ num} \rangle = \langle SV \text{ num} \rangle$

Significado

S se SN e SV

Significado

S se SN e SV e se SN.num=SV.num

29

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Exemplos do inglês
 - *This flight serves breakfast.*
 - *Does this flight serve breakfast?*
 - *Do these flights serve breakfast?*
- Trecho de gramática para essas sentenças

$S \rightarrow NP VP$

$S \rightarrow Aux NP VP$

$NP \rightarrow Det \text{ Nominal}$

$NP \rightarrow \text{Nominal}$

$VP \rightarrow \text{Verb NP}$

$\text{Nominal} \rightarrow \text{Noun}$

$Aux \rightarrow do$

$Aux \rightarrow does$

$Det \rightarrow this$

$Det \rightarrow these$

$\text{Verb} \rightarrow serve$

$\text{Verb} \rightarrow serves$

$\text{Noun} \rightarrow flight$

$\text{Noun} \rightarrow flights$

$\text{Noun} \rightarrow breakfast$

30

EXEMPLO

- Execução da gramática
 - Muita coisa não gramatical!

```

SWI-Prolog -- c:/Users/Tiago/Documents/Disciplinas IC...
File Edit Settings Run Debug Help
?- s(X []).
X = [this, flight, serve, this, flight] ;
X = [this, flight, serve, this, flights] ;
X = [this, flight, serve, this, breakfast] ;
X = [this, flight, serve, these, flight] ;
X = [this, flight, serve, these, flights] ;
X = [this, flight, serves, this, flight] ;
X = [this, flight, serves, this, flights] ;
X = [this, flight, serves, this, breakfast] ;
X = [this, flight, serves, these, flight] ;
X = [this, flight, serves, these, flights] ;
X = [this, flight, serves, these, breakfast] ;
X = [this, flights, serve, this, flight] ;
X = [this, flights, serve, this, flights] ;
X = [this, flights, serve, this, breakfast] ;
X = [this, flights, serve, these, flight] ;
X = [this, flights, serve, these, flights] ;
X = [this, flights, serve, these, breakfast] ;
X = [this, flights, serves, this, flight] ;
X = [this, flights, serves, this, flights] ;
X = [this, flights, serves, this, breakfast] ;
X = [this, flights, serves, these, flight] ;
X = [this, flights, serves, these, flights] ;
X = [this, flights, serves, these, breakfast] ;
X = [this, breakfast, serve, this, flight] ;
X = [this, breakfast, serve, this, flights] ;
X = [this, breakfast, serve, this, breakfast] ;
X = [this, breakfast, serve, these, flight] ;
X = [this, breakfast, serve, these, flights] ;
X = [this, breakfast, serves, this, flight] ;
X = [this, breakfast, serves, this, flights] ;
X = [this, breakfast, serves, this, breakfast] ;
X = [this, breakfast, serves, these, flight] ;
X = [this, breakfast, serves, these, flights] ;
X = [these, flight, serve, this, flight] ;
X = [these, flight, serve, this, flights] ;
X = [these, flight, serve, this, breakfast] ;
X = [these, flight, serve, these, flight] ;
X = [these, flight, serve, these, flights] ;
X = [these, flight, serve, these, breakfast] ;
X = [these, flight, serves, this, flight] ;
X = [these, flight, serves, this, flights] ;
X = [these, flight, serves, these, flight] ;
X = [these, flight, serves, these, flights] ;
X = [these, flight, serves, these, breakfast] ;
X = [these, flights, serve, this, flight] ;
X = [these, flights, serve, this, flights] ;
X = [these, flights, serve, this, breakfast] ;
X = [these, flights, serve, these, flight] ;
X = [these, flights, serve, these, flights] ;
X = [these, flights, serve, these, breakfast] ;
X = [these, flights, serves, this, flight] ;
X = [these, flights, serves, this, flights] ;
X = [these, flights, serves, this, breakfast] ;
X = [these, flights, serves, these, flight] ;
X = [these, flights, serves, these, flights] ;
X = [these, flights, serves, these, breakfast] ;

```

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Exemplos do inglês
 - *This flight serves breakfast.*
 - *Does this flight serve breakfast?*
 - *Do these flights serve breakfast?*
- Estendendo a gramática abaixo com atributos

S → NP VP	Aux → do	Verb → serve
S → Aux NP VP	Aux → does	Verb → serves
NP → Det Nominal	Det → this	Noun → flight
NP → Nominal	Det → these	Noun → flights
VP → Verb NP		Noun → breakfast
Nominal → Noun		

EXEMPLO

- Começando pelas regras lexicais

Aux → do
 <concordância número>=plural
 <concordância pessoa>=3a

Aux → does
 <concordância número>=singular
 <concordância pessoa>=3a

Det → this
 <concordância número>=singular

Det → these
 <concordância número>=plural

33

EXEMPLO

- Começando pelas regras lexicais

Verb → serve
 <concordância número>=plural

Verb → serves
 <concordância número>=singular
 <concordância pessoa>=3a

Noun → flight
 <concordância número>=singular

Noun → flights
 <concordância número>=plural

Noun → breakfast
 <concordância número>=singular

34

EXEMPLO

- Regras internas

S → NP VP
 ⟨NP concordância⟩ = ⟨VP concordância⟩

S → Aux NP VP
 ⟨Aux concordância⟩ = ⟨NP concordância⟩

NP → Det Nominal
 ⟨Det concordância⟩ = ⟨Nominal concordância⟩
 ⟨NP concordância⟩ = ⟨Nominal concordância⟩

NP → Nominal
 ⟨NP concordância⟩ = ⟨Nominal concordância⟩

35

EXEMPLO

- Regras internas

VP → Verb NP
 ⟨VP concordância⟩ = ⟨Verb concordância⟩

Nominal → Noun
 ⟨Nominal concordância⟩ = ⟨Noun concordância⟩

36

EXEMPLO

- Derivação das sentenças abaixo, computando os atributos
 - *This flight serves breakfast.*
 - *These flights serves breakfast.*

37

EXERCÍCIO

- Adicionar atributos de gênero e número à gramática abaixo

S → SN SV

S → SV

SN → pronome

SN → substantivo

SN → artigo substantivo

SV → verbo

SV → verbo SN

SV → verbo SN SP

SP → preposição SN

pronome → eu | ele | ela | ...

artigo → o | a | os | as

substantivo → carro | carros | pessoa | ...

verbo → corre | correm | morre | morrem
| ...

preposição → de | para | ...

38

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

o DCG

- É possível representar atributos na forma de argumentos dos elementos

- Exemplo

```
s --> sn(Num,Gen), sv(Num).
sn(Num,Gen) --> art(Num,Gen), subst(Num,Gen).
...
art(singular,masculino) --> [o].
art(plural,masculino) --> [os].
...
```

- Gramática do inglês

39

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

o DCG

- É possível representar atributos na forma de argumentos dos elementos

- Exemplo

```
s --> sn(Num,Gen), sv(Num).
sn(Num,Gen) --> art(Num,Gen), subst(Num,Gen).
...
art(singular,masculino) --> [o].
art(plural,masculino) --> [os].
...
```

$S \rightarrow SN SV$
 $\langle SN Num \rangle = \langle SV Num \rangle$

- Gramática do inglês

40

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Também é possível codificar
 - Informações de subcategorização
 - Tipos/classes e traços semânticos
 - Dependências de longa distância
 - Informações de *heads*
 - Etc.

41

ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

- Atributos podem ser computados
 - **Após** geração/reconhecimento das sentenças, cortando algumas análises
 - **Durante** geração/reconhecimento, podendo possibilidades

42