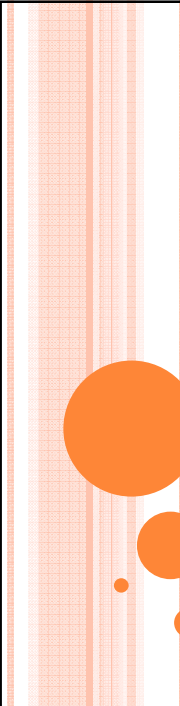


# SINTAXE – PARTE 3

*SCC5869 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?

```

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

- o Sentença **correta/bem formada**

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

5

## GRAMATICALIDADE

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

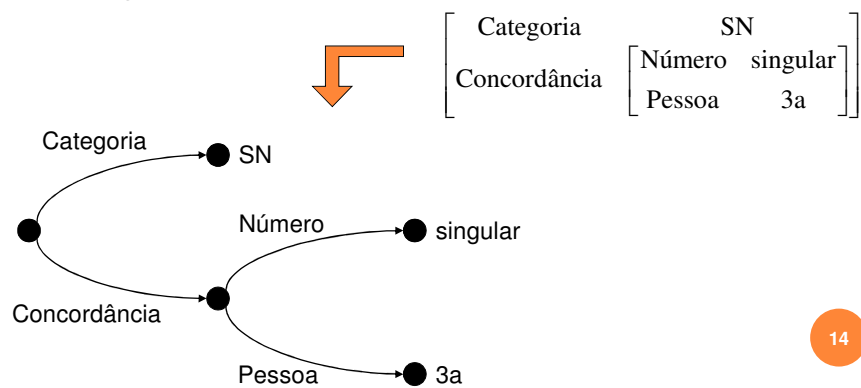
$$\left[ \begin{array}{cc} \text{Categoria} & \text{SN} \\ \text{Concordância} & \left[ \begin{array}{cc} \text{Número} & \text{singular} \\ \text{Pessoa} & 3a \end{array} \right] \end{array} \right]$$

13

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### ○ *Feature structure*

- Diagrama atributo-valor

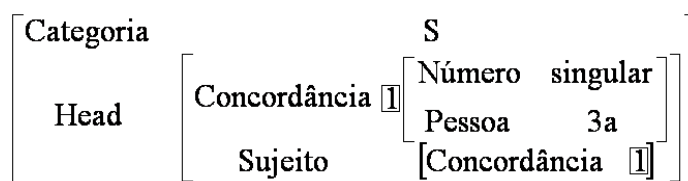


14

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### o *Feature structure*

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



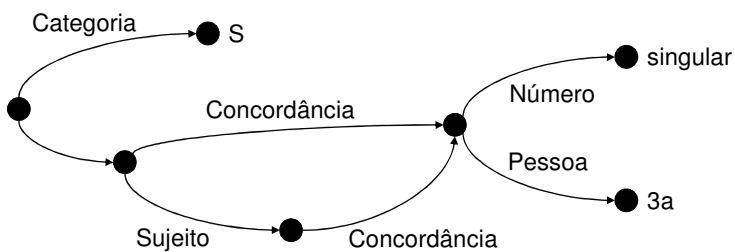
15

O menino chorou.

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### o *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

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

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

???

19

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

- Exemplos: estruturas recorrentes

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

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

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

20

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

- Exemplos: flexibilidade da unificação

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

21

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

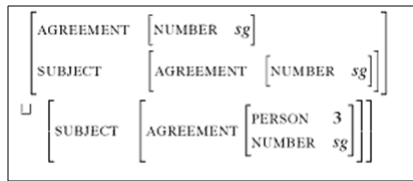
- Exemplos: flexibilidade da unificação

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

22

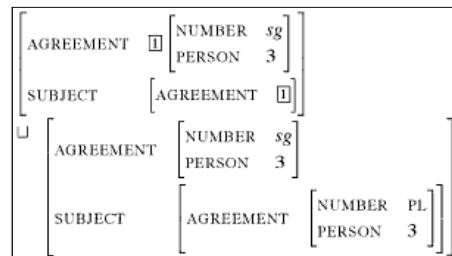
## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### Outros exemplos



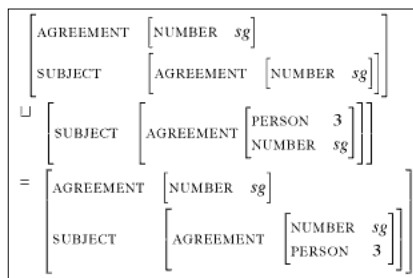
Ok ou não?

Ok ou não?



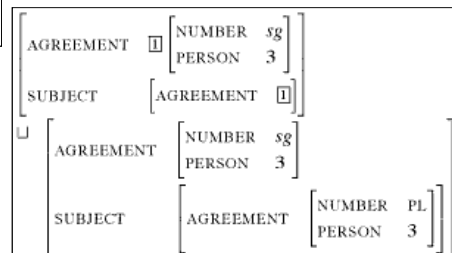
## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### Outros exemplos



OK

FALHA



## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### o Portanto

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

25

## ESTRUTURA DE ATRIBUTOS

### o Subsunção

- Uma estrutura mais genérica/abstrata subsume uma mais estrutura 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) [Número singular  
Pessoa 3a]

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

$S \rightarrow NP VP$

$S \rightarrow Aux NP VP$

$NP \rightarrow Det Nominal$

$NP \rightarrow Nominal$

$VP \rightarrow Verb NP$

$Nominal \rightarrow Noun$

$Aux \rightarrow do$

$Aux \rightarrow does$

$Det \rightarrow this$

$Det \rightarrow these$

$Verb \rightarrow serve$

$Verb \rightarrow serves$

$Noun \rightarrow flight$

$Noun \rightarrow flights$

$Noun \rightarrow breakfast$

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 = [this, breakfast, serves, these, breakfast] ;
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, this, breakfast] ;
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

- Em duplas, 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 Também é possível codificar

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

40

## ATRIBUTOS E GRAMÁTICAS

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