

Compiladores

Análise Léxica

De AFND para AFD

Prof. Dr. Luiz Eduardo G. Martins
(adaptado por Profa Dra Ana Carolina Lorena)
UNIFESP

De AFND para AFD

- Um programa que implementa um AFD é mais eficiente no reconhecimento de cadeias do que um programa que implementa um AFND
- Por esse motivo, é vantajoso encontrar o AFD equivalente ao AFND
 - ▮ Para tal, é preciso eliminar ϵ -transições e transições múltiplas de um mesmo caractere a partir de um estado

De AFND para AFD

- Algoritmo de **Construção de Subconjuntos**
 - Algoritmo para a construção de um AFD a partir de um AFND
 - Ideia geral: cada estado do AFD construído corresponde a um **conjunto de estados** do AFND

De AFND para AFD

- O algoritmo de construção de subconjuntos requer a eliminação das *ϵ -transições* do AFND
- A eliminação das *ϵ -transições* requer a construção de *ϵ -fechos*

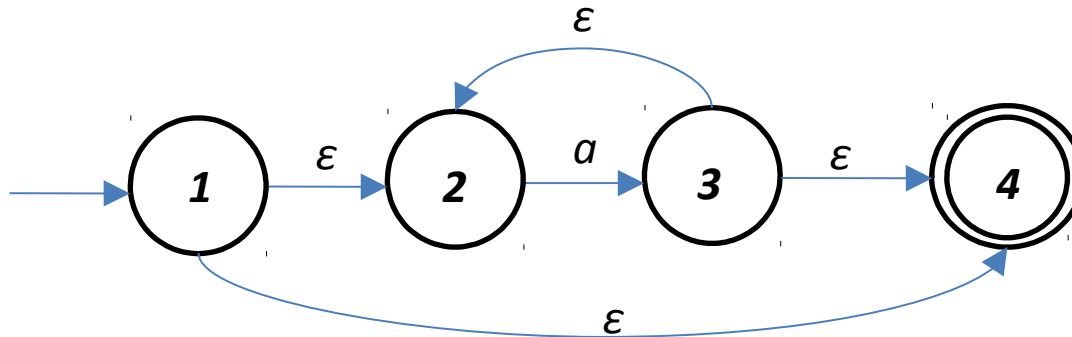
De AFND para AFD

- *ε -fecho* de um estado s é o conjunto de estados atingíveis a partir de s por uma série de zero ou mais *ε -transições*
 - Denotamos esse conjunto como \bar{s}
 - O *ε -fecho* de um estado sempre contém o próprio estado

De AFND para AFD

- *ϵ -fecho* - Exemplo

— Considere o AFND correspondente à expressão regular a^*



- Temos

$$\bar{1} = \{1, 2, 4\}$$

$$\bar{2} = \{2\}$$

$$\bar{3} = \{2, 3, 4\}$$

$$\bar{4} = \{4\}$$

De AFND para AFD

- Definimos o ε -fecho de um conjunto de estados como a união dos ε -fechos de cada estado individual

$$\bar{S} = \bigcup_{s \in S} \bar{s}$$

- Exemplo
 - Considere o AFND da expressão regular a^*
 - $\{1, 3\} = \{1, 2, 3, 4\}$

De AFND para AFD

- Construção de Subconjuntos

\overline{M} será o AFD construído a partir do AFND M

1) O ϵ -fecho do estado inicial de M passa a ser o estado inicial de \overline{M} , resultando no conjunto S

2) Para o conjunto S do AFD, e para cada conjunto subsequente, computamos transições de caracteres a , que denotamos da seguinte forma:

$S_a = \{t \mid \text{para algum } s \text{ em } S \text{ existe uma transição de } s \text{ para } t \text{ a partir de } a\}$

De AFND para AFD

- Construção de Subconjuntos

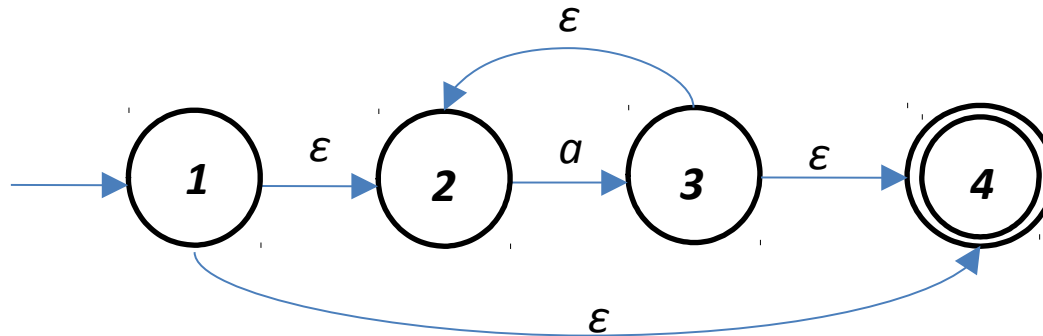
3) Computamos $\overline{S_a}$ (ϵ -fecho de S_a)

Isso define um novo estado na construção de subconjuntos, juntamente com uma nova transição S para $\overline{S_a}$ usando o caractere a

Aplica-se os passos 2 e 3 no conjunto resultante de $\overline{S_a}$ e assim sucessivamente até que novos estados e transições não sejam mais criados

De AFND para AFD

- Construção de Subconjuntos
- 4) Marcamos como estados de aceitação de \overline{M} os subconjuntos que contenham estados de aceitação de M
—Exemplo



$$\overline{\{1\}} = \{1, 2, 4\}$$

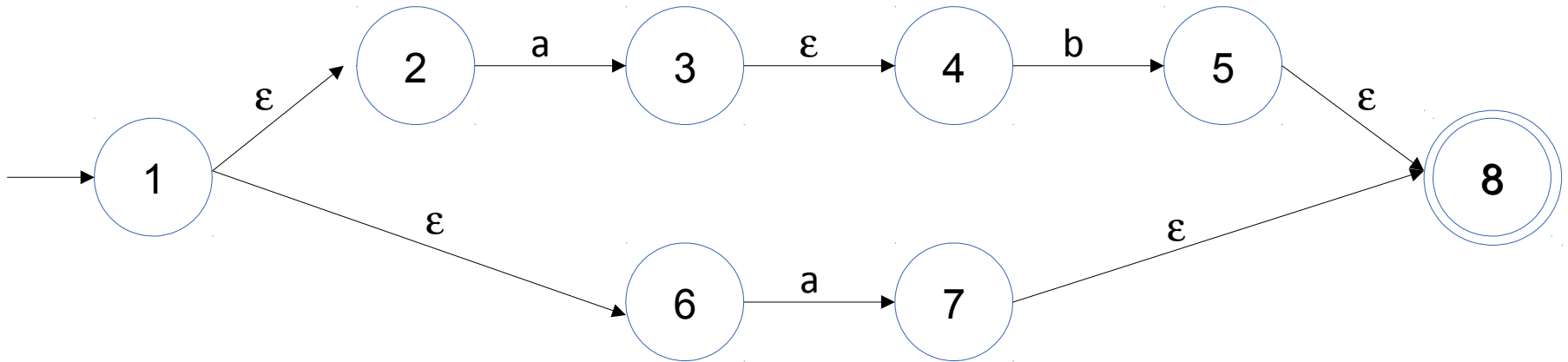
$$\overline{\{1, 2, 4\}}a = \overline{\{3\}} = \{2, 3, 4\}$$

$$\overline{\{2, 3, 4\}}a = \overline{\{3\}} = \{2, 3, 4\}$$



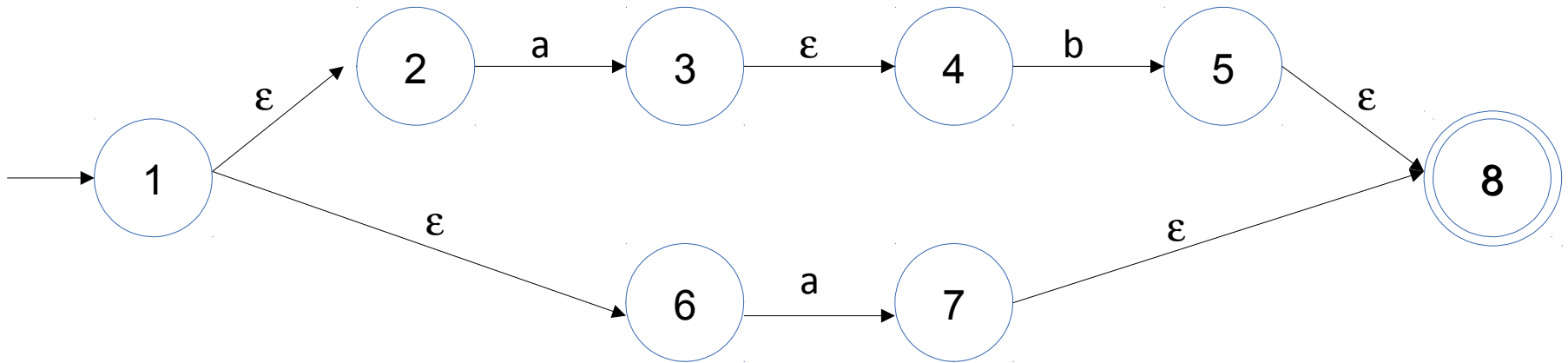
De AFND para AFD: exemplo

- Converter o AFND a seguir: $(ab|a)$

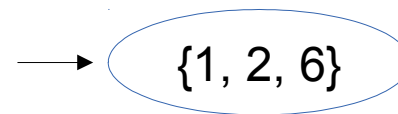


De AFND para AFD: exemplo

- Converter o AFND a seguir: $(ab|a)$

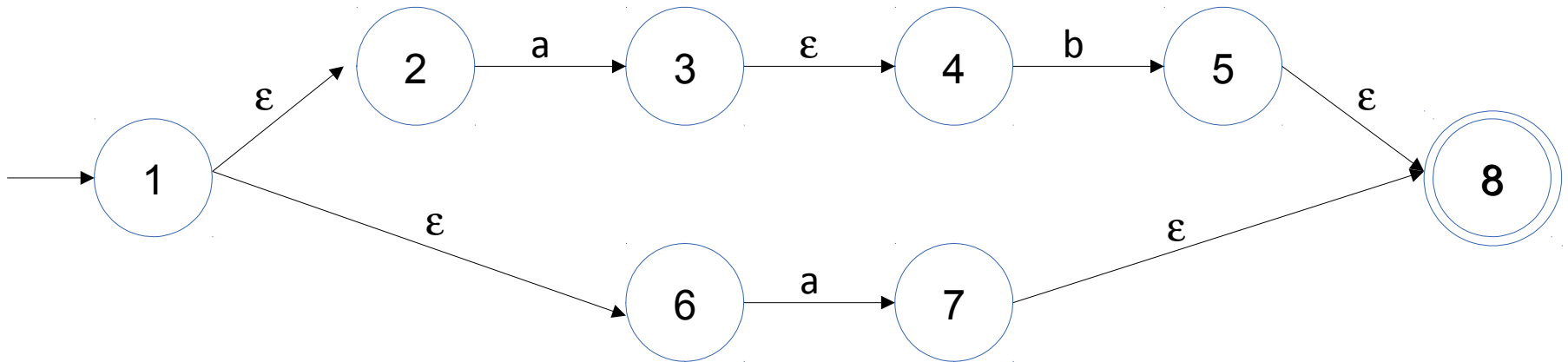


Estado inicial $\overline{\{1\}} = \{1, 2, 6\}$

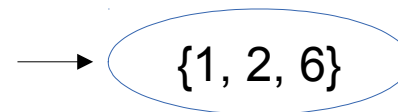


De AFND para AFD: exemplo

- Converter o AFND a seguir: $(ab|a)$

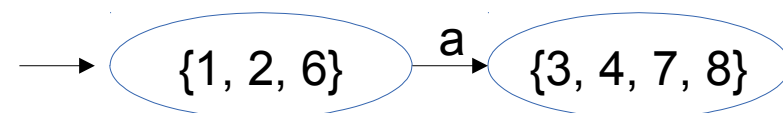


Estado inicial $\overline{\{1\}} = \{1, 2, 6\}$



Há duas transições entre os estados 1, 2 e 6: de 2 para 3 a partir de a e de 6 para 7 a partir de a

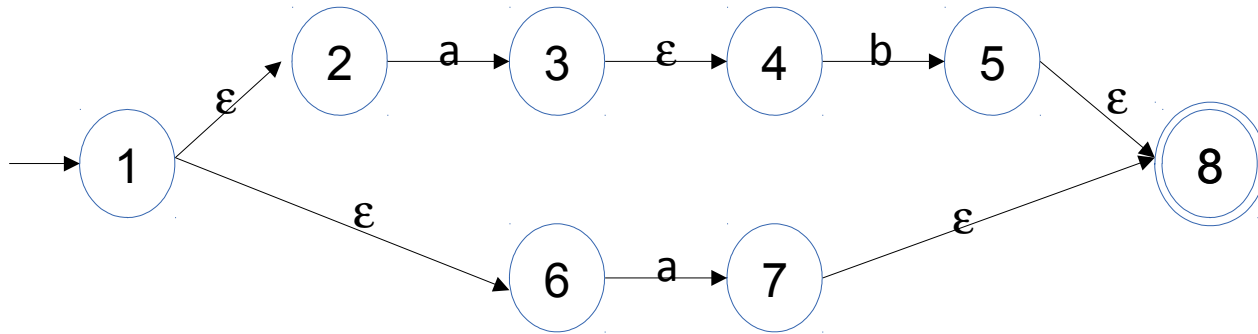
$\overline{\{1,2,6\}}_a = \overline{\{3,7\}} = \{3,4,7,8\}$ (novo estado)



E adiciona-se a transição $\{1,2,6\} \xrightarrow{a} \{3, 4, 7, 8\}$

De AFND para AFD: exemplo

- Converter o AFND a seguir:

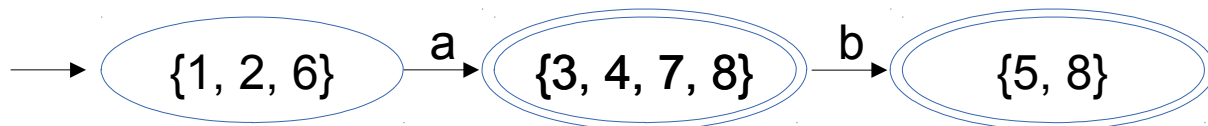


Analisando agora o estado $\{3, 4, 7, 8\}$, há a transição de 4 para 5 a partir de b

Tem-se então: $\overline{\{3, 4, 7, 8\}}_b = \overline{\{5\}} = \{5, 8\}$ (novo estado)

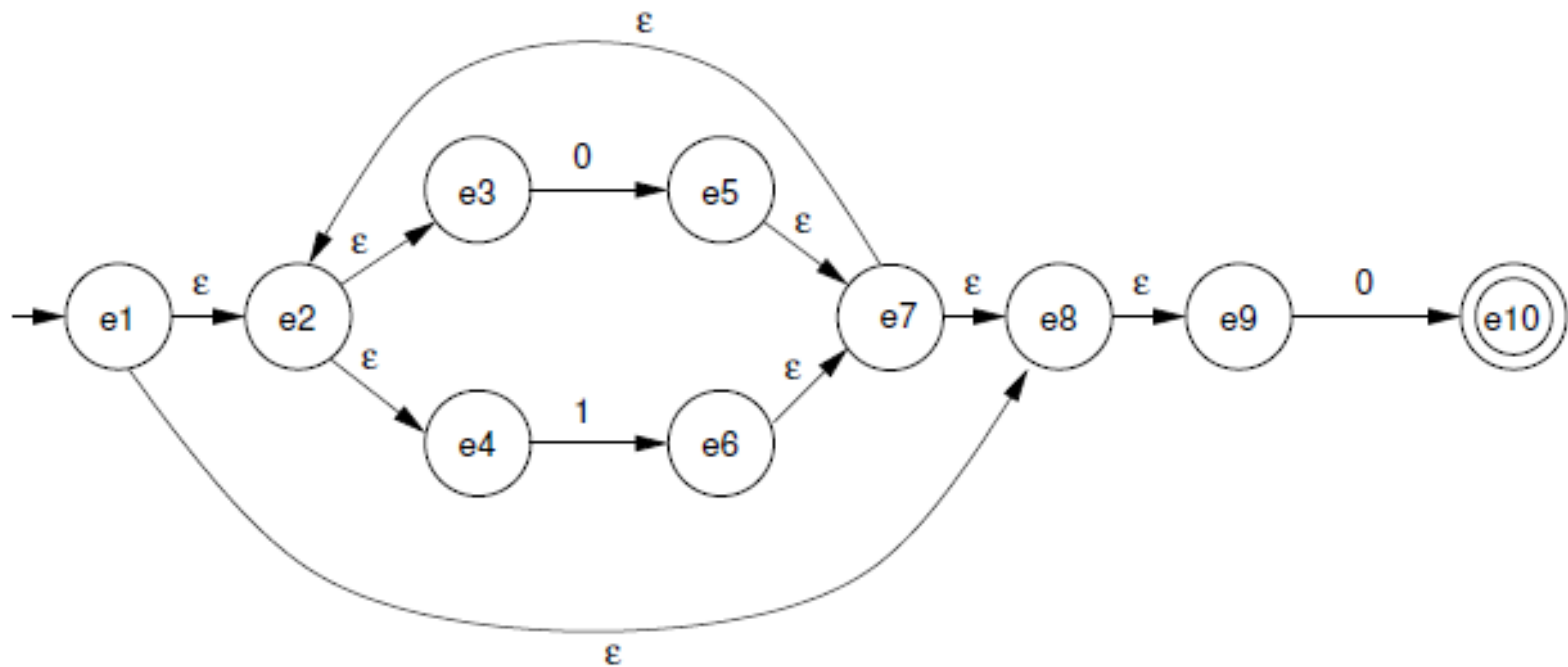
E adiciona-se a transição $\{3, 4, 7, 8\} \xrightarrow{b} \{5, 8\}$

E todos estados que contenham algum final são finais no AFD



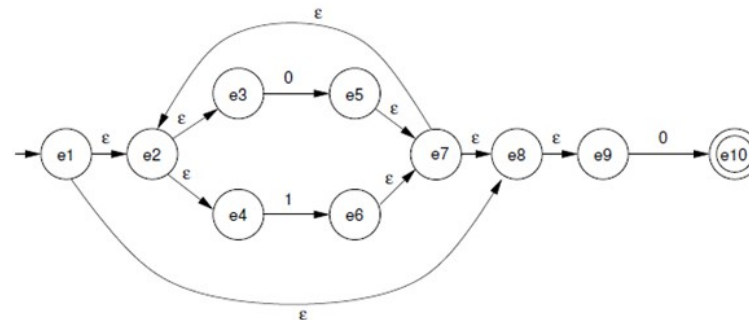
De AFND para AFD: exemplo

- Conversão do autômato para $(0 | 1)^* 0$



De AFND para AFD: exemplo

- ▶ Estado inicial $\varepsilon^*\{e1\}$
 - ▶ $\{e1, e2, e3, e4, e8, e9\} : s0$
- ▶ Transições a partir do estado $s0$



$s0$	$e1$	$e2$	$e3$	$e4$	$e8$	$e9$
0	—	—	$e5$	—	—	$e10$
1	—	—	—	$e6$	—	—

$s0/0: \varepsilon^*\{e5, e10\} =$
 $\{e2, e3, e4, e5, e7, e8, e9, e10\} \quad (s1) \text{ (final)}$

$s0/1: \varepsilon^*\{e6\} =$
 $\{e2, e3, e4, e6, e7, e8, e9\} \quad (s2)$

- ▶ Estados $s1, s2$ devem ser analisados da mesma forma, assim como novos estados que surjam desta análise

De AFND para AFD: exemplo

○Análise do estado S1

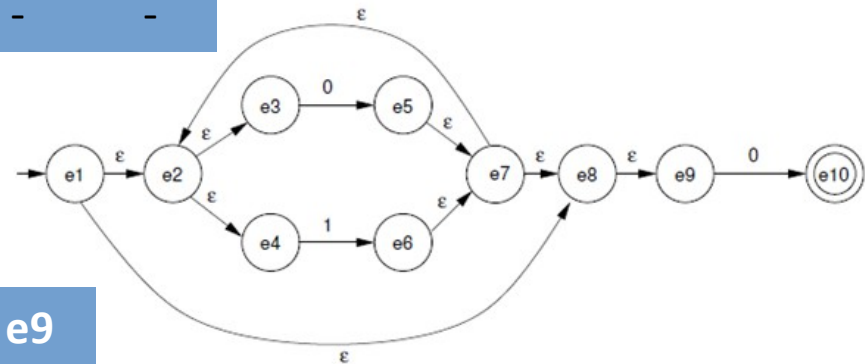
S1	e2	e3	e4	e5	e7	e8	e9	e10
0	-	e5	-	-	-	-	e10	-
1	-	-	e6	-	-	-	-	-

$$S1/0 = \varepsilon^*\{e5, e10\} = S1$$

$$S1/1 = \varepsilon^*\{e6\} = S2$$

○Análise do estado S2

S2	e2	e3	e4	e6	e7	e8	e9
0	-	e5	-	-	-	-	e10
1	-	-	e6	-	-	-	-



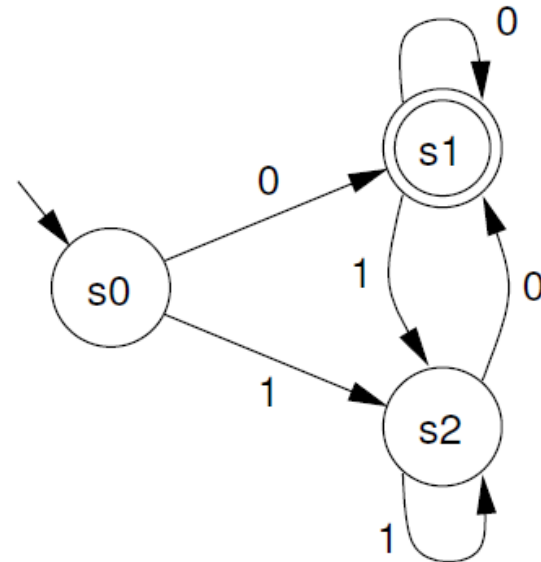
$$S2/0 = \varepsilon^*\{e5, e10\} = S1$$

$$S2/1 = \varepsilon^*\{e6\} = S2$$

De AFND para AFD: exemplo

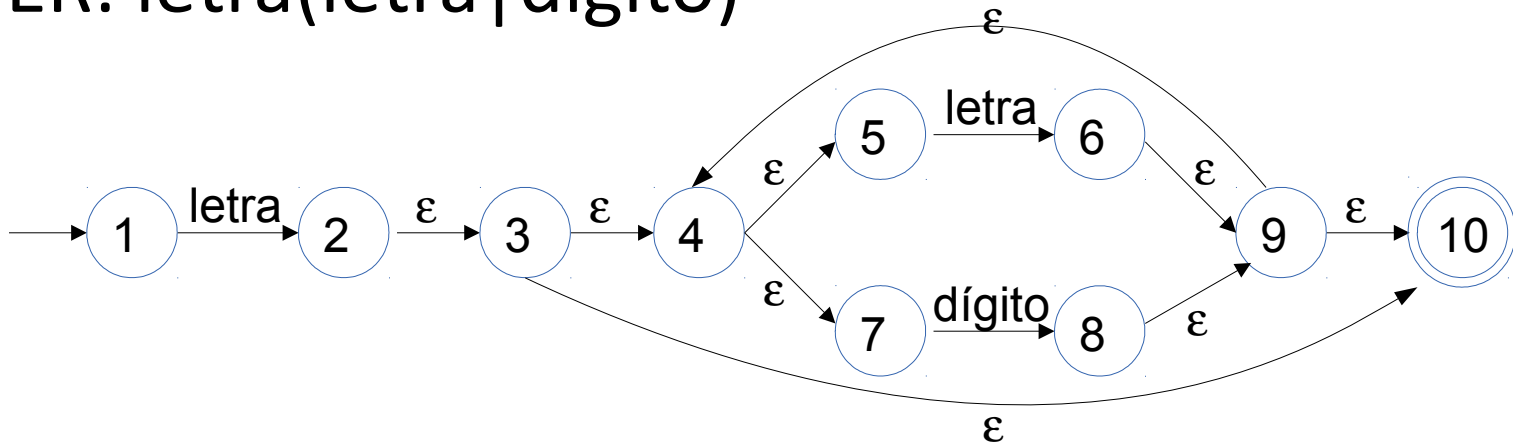
- Resultado

	s0	s1	s2
0	s1	s1	s1
1	s2	s2	s2



De AFND para AFD: exercício

- ER: $\text{letra}(\text{letra} \mid \text{dígito})^*$



De AFND para AFD

- Bibliografia consultada

Capítulo 2 de LOUDEN, K. C. **Compiladores: princípios e práticas**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004

RICARTE, I. **Introdução à Compilação**. Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, 2008

AHO, A. V.; LAM, M. S.; SETHI, R. e ULLMAN, J. D.

Compiladores: princípios, técnicas e ferramentas. 2ª edição – São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2008