

# **Linguagens Formais e Autômatos**

## **Aula 04 - Não determinismo**

Prof. Dr. Daniel Lucrédio  
Departamento de Computação / UFSCar  
Última revisão: ago/2015

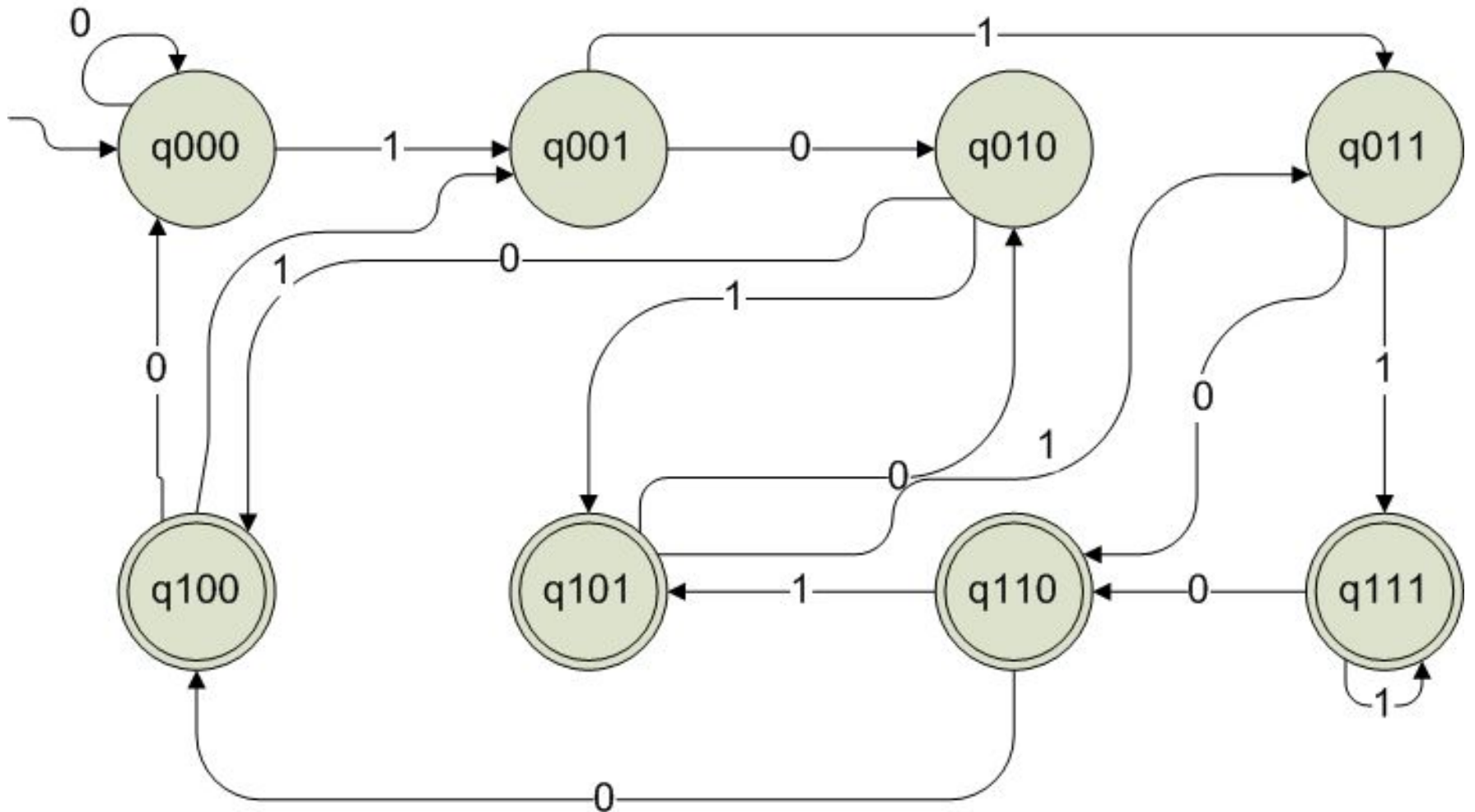
# Referências bibliográficas

- **Introdução à teoria dos autômatos, linguagens e computação / John E. Hopcroft, Rajeev Motwani, Jeffrey D. Ullman** ; tradução da 2.ed. original de Vandenberg D. de Souza. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2002 (Tradução de: Introduction to automata theory, languages, and computation - ISBN 85-352-1072-5)
  - Capítulo 2 - Seção 2.3
- **Introdução à teoria da computação / Michael Sipser** ; tradução técnica Ruy José Guerra Barretto de Queiroz ; revisão técnica Newton José Vieira. -- São Paulo : Thomson Learning, 2007 (Título original : Introduction to the theory of computation. "Tradução da segunda edição norte-americana" - ISBN 978-85-221-0499-4)
  - Capítulo 1 - Seção 1.2

# Mais um exercício

- Linguagem A consistindo de todas as cadeias sobre  $\{0,1\}$  contendo um 1 na terceira posição a partir do final
  - Ex: 000100, 010110 estão em A, mas 0011 não

# Mais um exercício



# Não-Determinismo

- Determinismo é como achar um caminho com um GPS
  - Ele avisa a cada esquina
  - Não há dúvida
- Não-determinismo exige “adivinhação”
  - Não é possível saber todos os passos

# Não-Determinismo

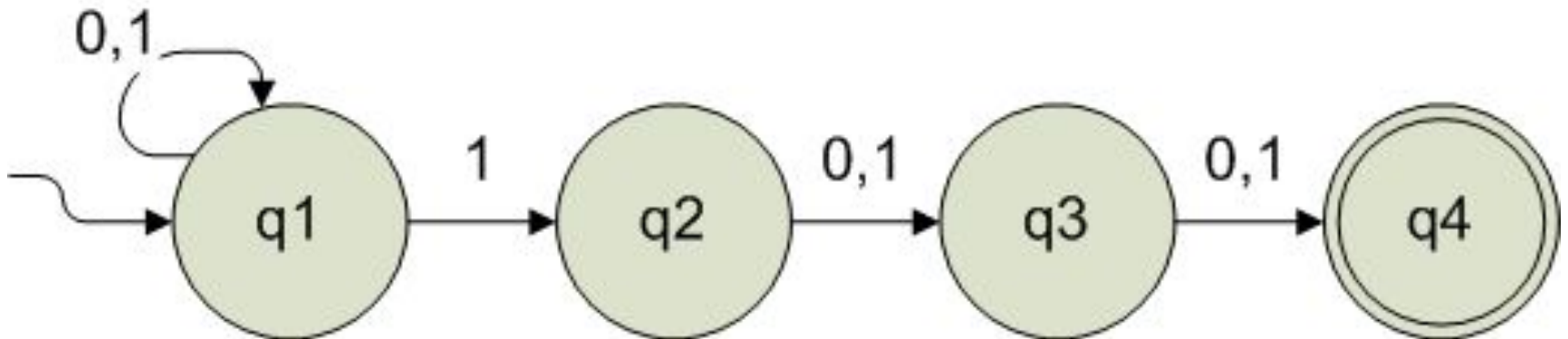
- Um autômato pode estar em muitos estados ao mesmo tempo
  - No diagrama:
    - DFA tem exatamente 1 seta com 1 símbolo para todo símbolo e estado
    - NFA pode ter zero ou mais setas para um símbolo/estado
  - Na tabela
    - DFA é completamente preenchida, com exatamente um estado em cada célula
    - NFA pode ter células com zero ou mais estados

# Não-Determinismo

- O que isto significa na prática?
  - Uma visão: um NFA pode “adivinhar” algumas coisas sobre a entrada (poder paranormal)
  - Outra visão: em transições para mais de um estado, é o mesmo que dividir o autômato em dois e seguir cada execução em paralelo
  - Outra: uma árvore de possibilidades – tentativa e erro

# Não-Determinismo

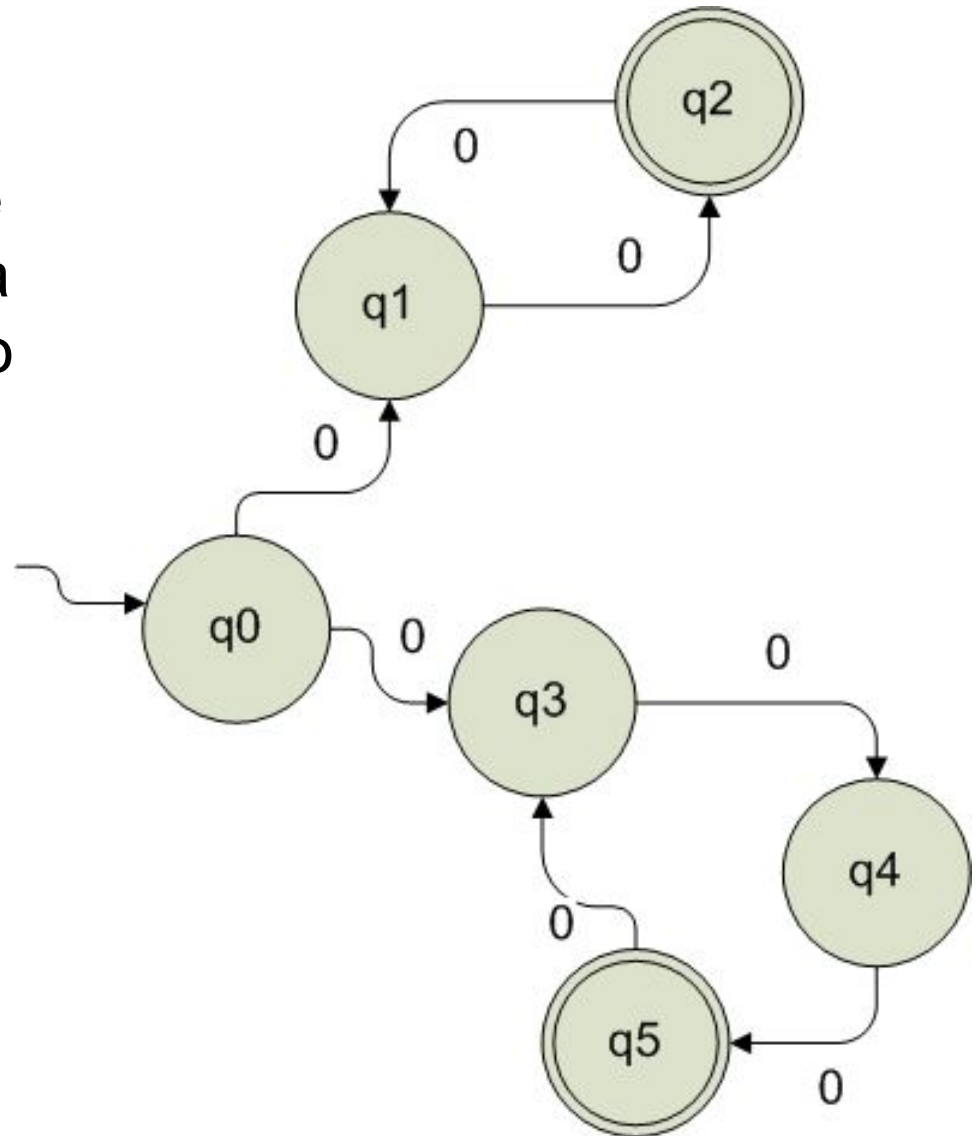
- Mais fáceis de projetar e entender
  - Ex:  $\Sigma = \{0,1\}$
  - A é uma linguagem consistindo de todas as cadeias contendo um 1 na terceira posição a partir do final (exemplo: 000100)





# Não-Determinismo

- Ex:  $\Sigma = \{0,1\}$ 
  - A é uma linguagem que aceita cadeias da forma  $0^k$ , onde  $k$  é um múltiplo de 2 ou 3



# Autômatos finitos não-determinísticos

- Definição formal: NFA
- $A=(Q,\Sigma,\delta,q_0,F)$ 
  - $Q$ =Conjunto finito de estados
  - $\Sigma$ =Conjunto finito de símbolos de entrada
  - $\delta$ =Função de transição
  - $q_0$ =Um estado inicial ( $q_0 \in Q$ )
  - $F$ =Um conjunto de estados finais ou de aceitação ( $F \subseteq Q$ )
- Diferença está na função de transição
  - $\delta:Q \times \Sigma \rightarrow Q^*$

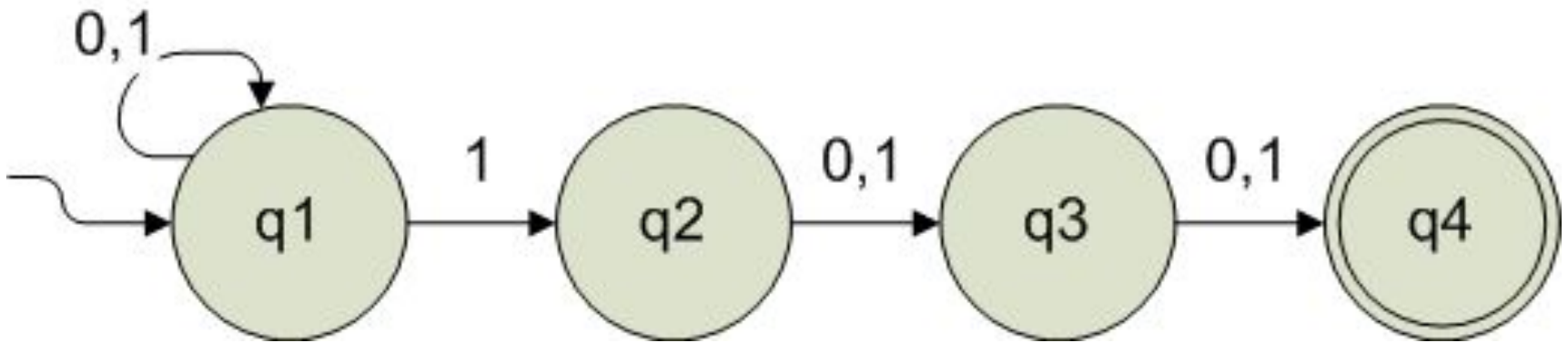
# Autômatos finitos determinísticos

- RELEMBRANDO os AFD:
- Definição formal de linguagem (indutiva)
  - $\delta(q,a)=p$
  - $\delta^{\wedge}(q,\varepsilon)=q$
  - $\delta^{\wedge}(q,w)=\delta(\delta^{\wedge}(q,x),a)$  onde  $w=xa$
  - $L(A)=\{w \mid \delta^{\wedge}(q_0,w) \text{ está em } F\}$
- Definição:
  - Se  $L$  é  $L(A)$  para algum DFA
  - $L$  é regular

# Autômatos finitos não-determinísticos

- Definição formal de linguagem
  - $\delta^*(q, \epsilon) = \{q\}$
  - $\delta^*(q, x) = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$
  - $\delta^*(q, w) = \text{união de todos } \delta(p_i, a), \text{ onde } w = xa$
  - $L(A) = \{w \mid \delta^*(q_0, w) \cap F \neq \emptyset\}$
- Definição:
  - Se  $L$  é  $L(A)$  para algum NFA
  - $L$  é regular

# Interpretando NFAs

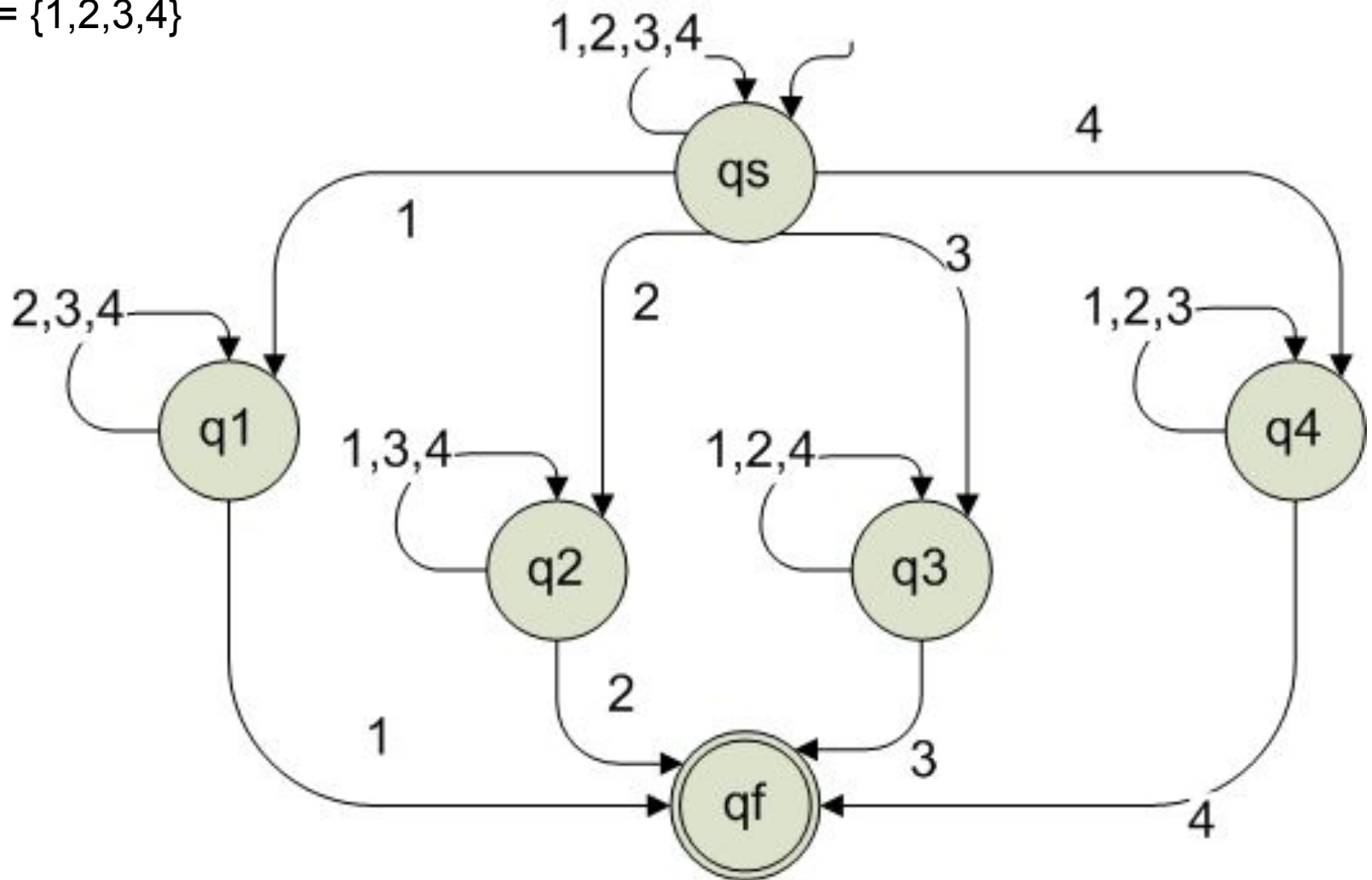


# Interpretando NFAs

- Calcule a função estendida e mostre, passo a passo, as configurações instantâneas para as seguintes cadeias:
  - 111
  - 010
  - 0100
  - (Use notação de árvore ou conjuntos)
- Descreva a linguagem reconhecida por este autômato

# Interpretando NFAs

$\Sigma = \{1,2,3,4\}$



# Interpretando NFAs

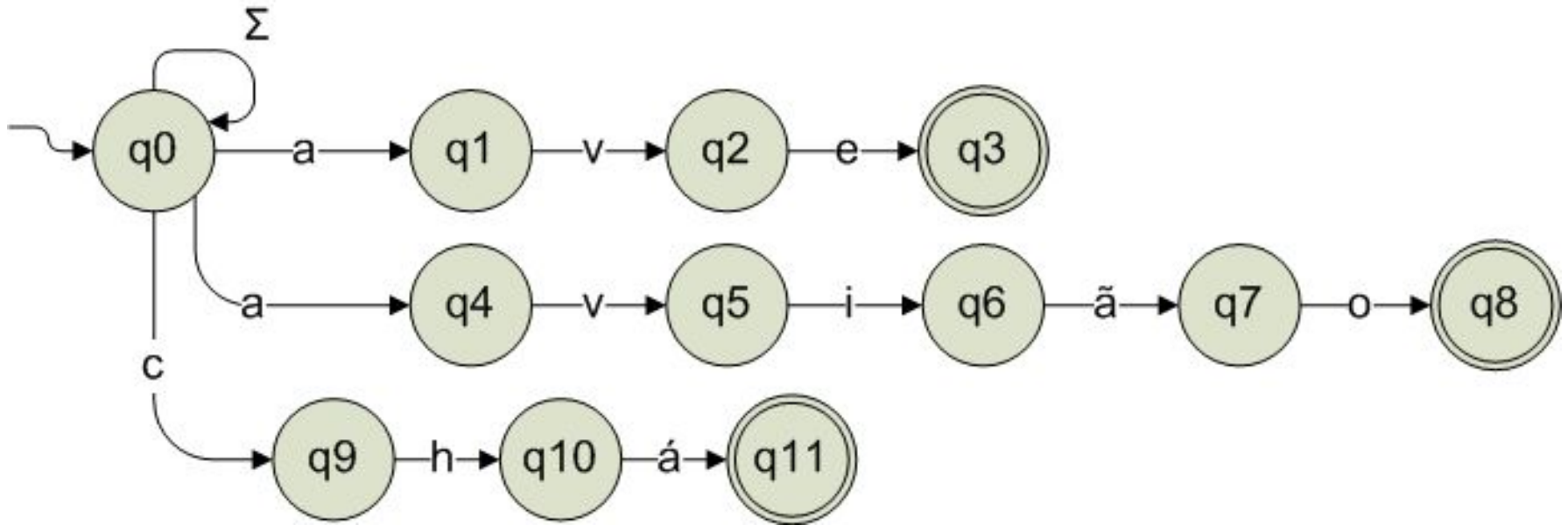
- Calcule a função estendida e mostre, passo a passo, as configurações instantâneas para as seguintes cadeias:
  - 1234
  - 123
  - 1231
  - 433
  - 412
  - (Use notação de árvore ou conjuntos)
- Descreva a linguagem reconhecida por este autômato



# Interpretando NFAs

- Resposta
  - Aceita cadeias cujo símbolo final já apareceu antes

# Interpretando NFAs



# Interpretando NFAs

- Calcule a função estendida e mostre, passo a passo, as configurações instantâneas para as seguintes cadeias:
  - ave
  - avião
  - aves
  - chave
  - (Use notação de árvore ou conjuntos)
- Descreva a linguagem reconhecida por este autômato

# Interpretando NFAs

- Dado o seguinte autômato finito:

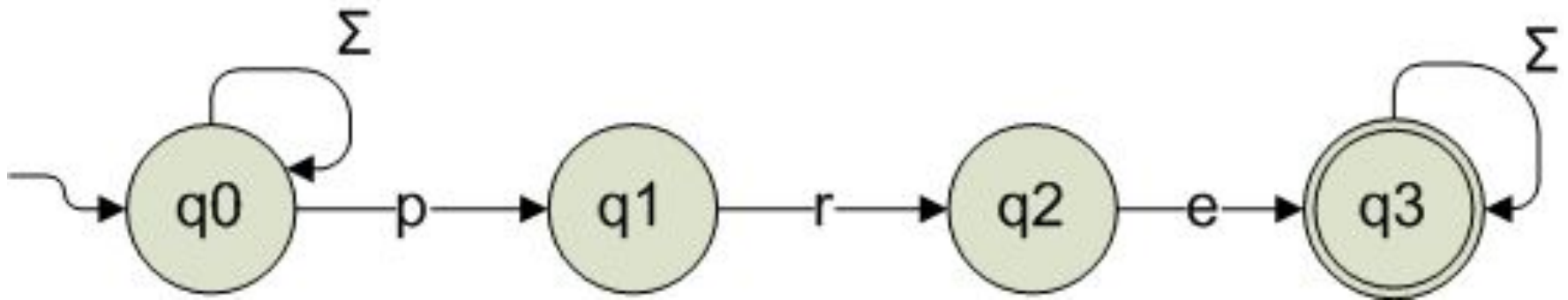
	0	1
→ q0	{q0,q1}	{q0}
q1	∅	{q2}
* q2	∅	∅

# Interpretando NFAs

- Calcule a função estendida e mostre, passo a passo, as configurações instantâneas para as seguintes cadeias:
  - 0101010
  - 11111
  - 001
  - 1101
  - (Use notação de árvore ou conjuntos)
- Descreva a linguagem aceita por este autômato
  - Resp: cadeias que terminam em 01

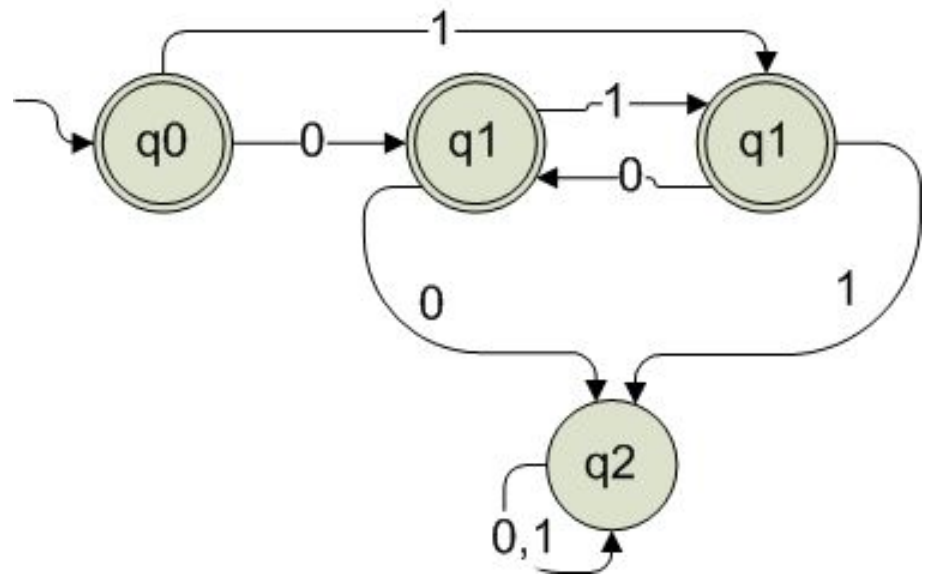
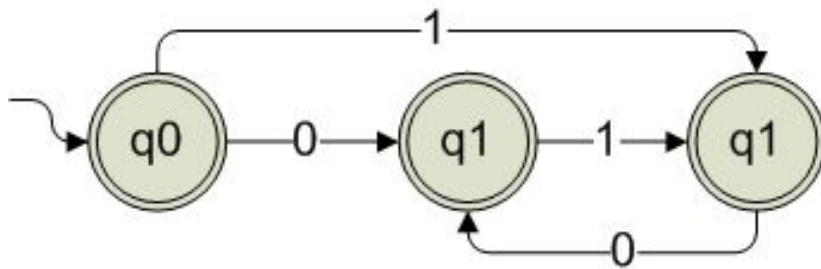
# Projetando NFAs

- Ex:
  - $\Sigma = \{a, b, c, \dots, z\}$
  - Linguagem = cadeias que contêm a cadeia “pre” como uma subcadeia



# Projetando NFAs

- Ex:
  - $\Sigma = \{0,1\}$
  - Linguagem = cadeias que não possuem símbolos repetidos em sequência



# **Fim**

Aula 04 - Não-determinismo