FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA COMPUTAÇÃO

--- AUTÔMATO FINITO **NÃO**-DETERMINÍSTICO --

Definição

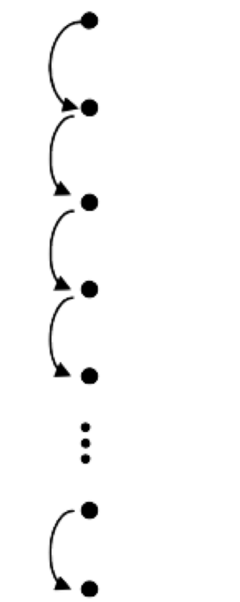
Não-determinismo

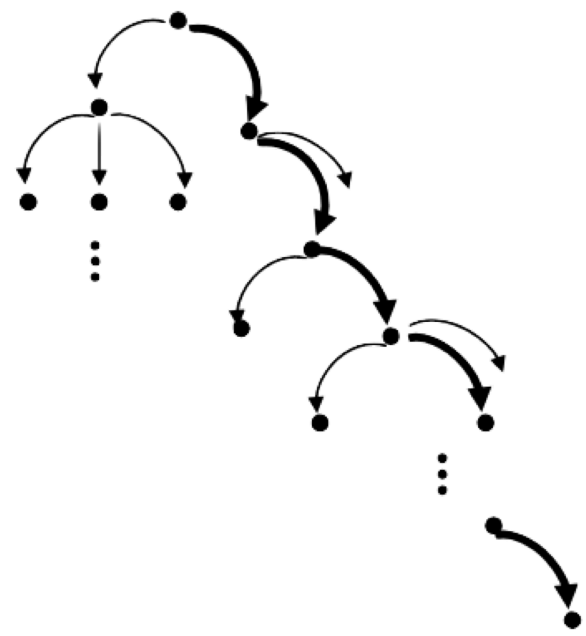
Computação determinística é quando existe exatamente **uma única opção** para o próximo. O próximo estado depende do estado atual e do símbolo lido

Em uma computação **não-determinística**, quando a máquina está em um estado e lê um símbolo, podem existir **várias escolhas** para o próximo estado

Poderemos abreviar autômatos não-determinísticos como **AFNs**, para diferenciar dos autômatos finitos determinísticos (**AFDs**).

Não-determinismo





O símbolo lido leva a **uma só** escolha

O símbolo lido pode levar a **diversas** escolhas

Não-determinismo

O **não-determinismo** é uma generalização do determinismo, porque **todo** autômato finito **determinístico** é automaticamente um autômato finito **não-determinístico** também

AFNs e AFDs são **equivalentes** porque se uma linguagem é reconhecida por um, ela também é reconhecida pelo outro

O estabelecimento de tal equivalência é importante e útil porque construir um AFN que reconhece uma dada linguagem é, algumas vezes, **mais fácil** que construir um AFD para a mesma linguagem

Interpretações do não-determinismo

1) Oráculo: onde há **mais de uma possibilidade** de escolha, a máquina "***adivinha***" qual escolha leva ao reconhecimento da cadeia (se tal escolha existe) e segue esta escolha.

2) Paralelismo: em cada ponto em que há mais de uma possibilidade, a máquina se divide em múltiplas cópias, e cada uma continua computando normalmente. Ou seja: uma cadeia é aceita se **pelo menos uma** cópia da máquina aceita a cadeia

3) Backtracking: em cada ponto em que há mais de uma possibilidade, a máquina escolhe uma que ainda não foi testada. Caso o escolha leve à **rejeição da cadeia**, a máquina retorna ao ponto da última escolha em aberto e segue a nova "alternativa". Ou seja, se existe uma maneira de aceitar a cadeia, a máquina vai encontrá-la pois ela testa **todas** as computações possíveis

AFD e AFN

AFD

$\textbf{AFD} = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$

Q é um conjunto finito de estados

Σ é o alfabeto de entrada

δ é a função de transição

q_0 é o estado inicial

F é o conjunto de estados de aceitação

AFN

$\textbf{AFN} = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$

Q é um conjunto finito de estados

Σ é o alfabeto de entrada

δ é a função de transição

q_0 é o estado inicial

F é o conjunto de estados de aceitação

Qual a diferença entre AFD e AFN?

AFD e AFN

AFD

δ é a função de transição

$\delta\colon Q \times \Sigma \to Q$

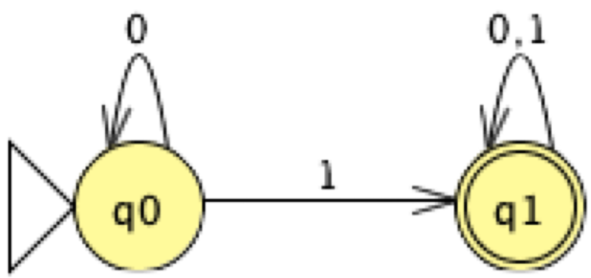
Para cada símbolo, a função retorna **um e somente um** estado

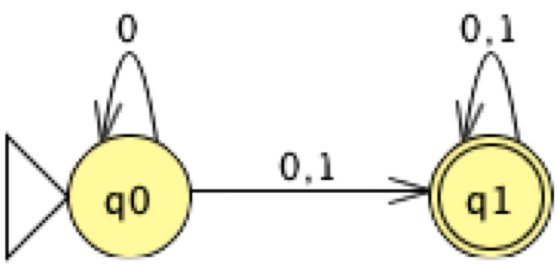
AFN

δ é a função de transição

$\delta\colon Q \times \Sigma \to \boldsymbol{\mathcal{P}(Q)}$

Para cada símbolo, a função retorna **um conjunto** de estados





O conjunto potência $\boldsymbol{\mathcal{P}}$ de um conjunto $\boldsymbol{Q}$ é o conjunto de todos os **subconjuntos** que podem ser formados a partir dos elementos do conjunto original, incluindo o conjunto vazio $\{\emptyset\}$

Conjunto potência

O que é o conjunto Potência (ou de partes)?

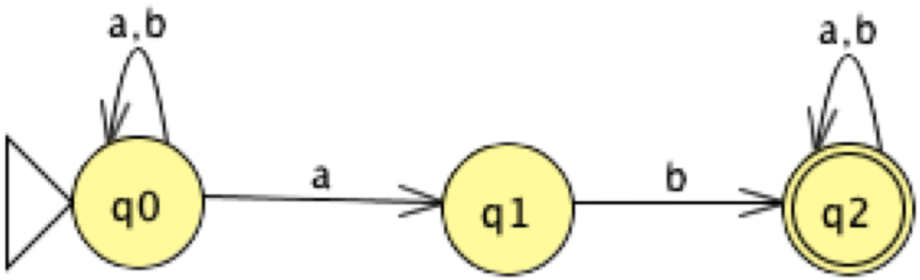
O conjunto potência $\boldsymbol{\mathcal{P}}$ de um conjunto $\boldsymbol{Q}$ é o conjunto de todos os **subconjuntos** que podem ser formados a partir dos elementos do conjunto original, incluindo o conjunto vazio $\{\emptyset\}$

Suponha que $Q = \{q_1, q_2, q_3\}$ o **conjunto Potência** é dado por:
$\mathcal{P}(Q) = \{\emptyset, \{q_1\}, \{q_2\}, \{q_3\}, \{q_1, q_2\}, \{q_1, q_3\}, \{q_2, q_3\}, \{q_1, q_2, q_3\}\}$

Assim $\boldsymbol{\delta(p, x)}$ pode mapear em qualquer elemento de $\boldsymbol{\mathcal{P}(Q)}$, sendo que $\boldsymbol{\delta}$ é uma função total (*para todo elemento no **domínio** tem sempre um elemento no **contradomínio***)

Também pode ser representado por 2^Q porque a **cardinalidade** (número de elementos) é igual a 2 elevado ao número de elementos de Q

AFN

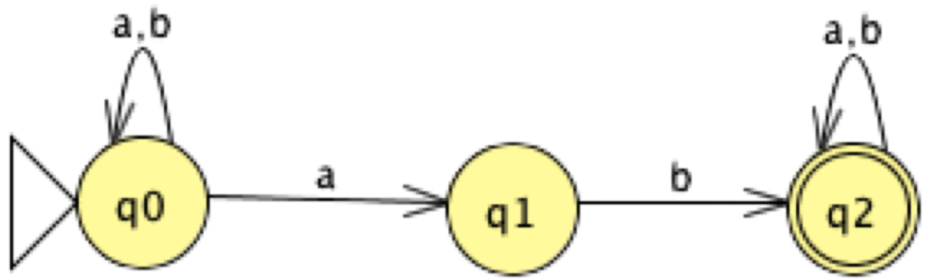


Não determinismo é quando a máquina pode estar em **vários estados** <u>ativos</u> ao **mesmo tempo**

Pode haver o mesmo símbolo em mais de uma transição de saída, que é o caso do símbolo "a" no estado q_0 (**não determinismo**)

Nem todos os estados possuem todos os símbolos do alfabeto como transição de saída, por exemplo o símbolo "a" no estado q_1 (**não determinismo**)

AFN



Quando há **mais de uma possibilidade**, cria-se uma cópia da máquina para cada uma (p.ex, quando lê “a” estando em q_0)

Quando **não há nenhuma possibilidade**, a máquina desaparece. Por exemplo, caso q_1 seja o estado ativo, se o símbolo lido for um “a”, como não tem transição a partir de q_1, **esta máquina simplesmente <u>desaparece</u>**

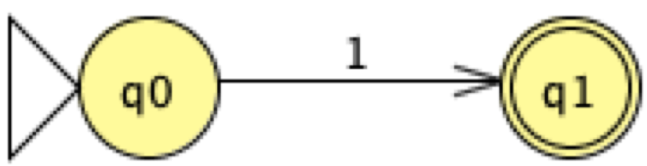
Transição vazia

Quando **não há nenhuma possibilidade**, $\delta(q,x) = \emptyset$

Se $\delta(q,x) = \emptyset$ afirma-se que a transição é **indefinida** para (q,x) e, portanto, o autômato **para** rejeitando a entrada

Exemplo de AFN com transição vazia

Considerando $\Sigma = \{0,1\}, \omega = 001$, esta cadeia é **rejeitada** porque a função $\delta(q_0, 0) = \emptyset$, ou seja, não está definida



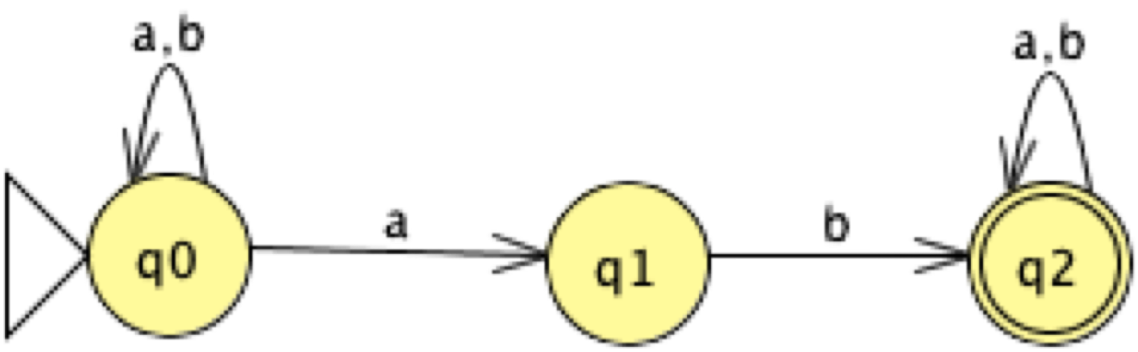
Alguns autores representam $\delta(q_0, 0) = \perp$ ao invés de $\delta(q_0, 0) = \emptyset$

Exemplo (1)

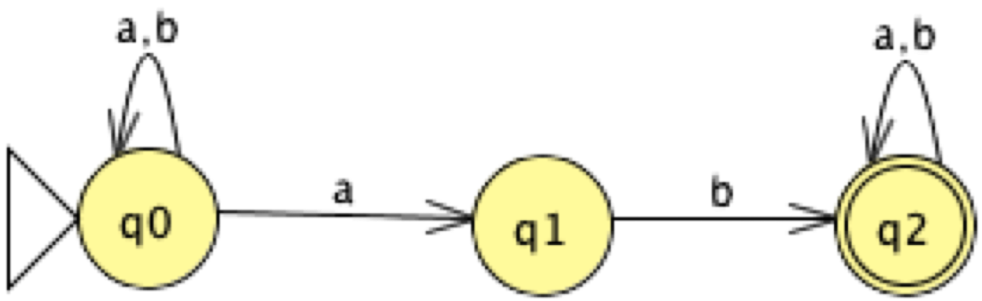
Faça um AFN (N_1) que reconheça $\{\omega \in \{a, b\}^*\colon ab$ é subcadeia de $\omega\}$

Verificamos que as cadeias têm que ter a forma $\omega = \alpha\boldsymbol{ab}\beta$

O autômato tem que considerar a leitura do α (significa ler qualquer coisa), depois tem que aceitar $\boldsymbol{ab}$ e, em seguida ler β (significa ler qualquer coisa)



Exemplo (1)

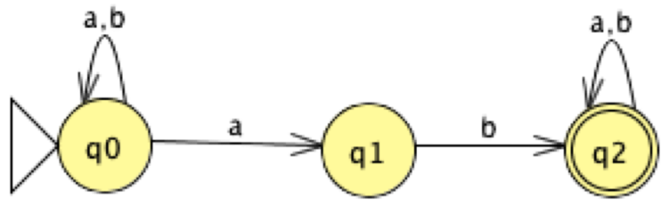


$N_1 = (\{q_0, q_1, q_2\}, \{a, b\}, \delta, q_{0,} \{q_2\})$, em que δ é dada por

$\boldsymbol{\delta}$	**a**	**b**
q_0	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
q_1	$\emptyset$	$\{q_2\}$
q_2	$\{q_2\}$	$\{q_2\}$

É um Autômato Finito **Não**-determinístico (AFN)

Exemplo (1)

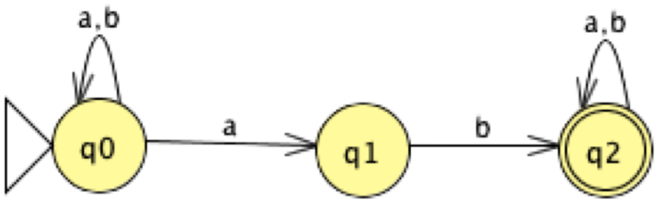


Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b

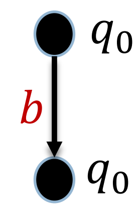
O estado {q0} está ativo, sem ler nada, porque é o estado inicial

Exemplo (1)



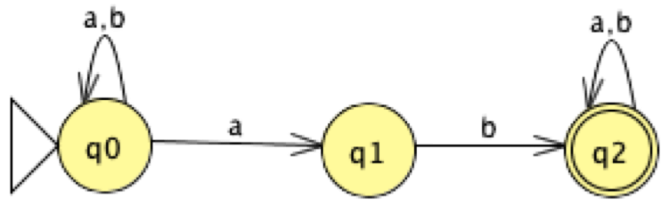
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b
{q0}	**b** a b a b



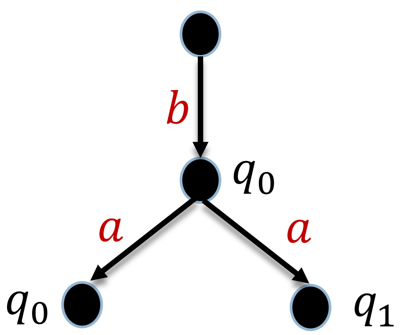
Lendo o "b", de q0 permanece em q0

Exemplo (1)



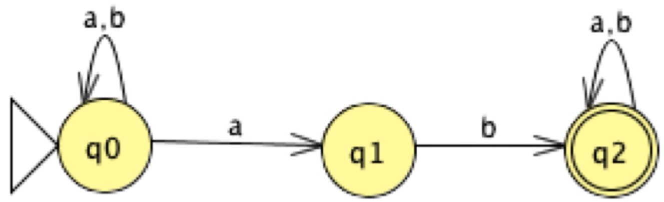
Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b
{q0}	**b** a b a b
{q0, q1}	**b a** b a b



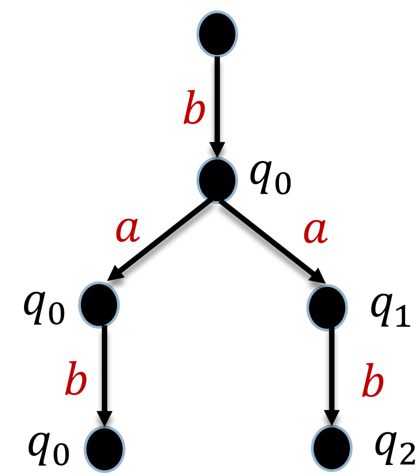
Lendo “a”, de q0 fica em **q0**; com q0 ativo, **q1** também fica ativo

Exemplo (1)



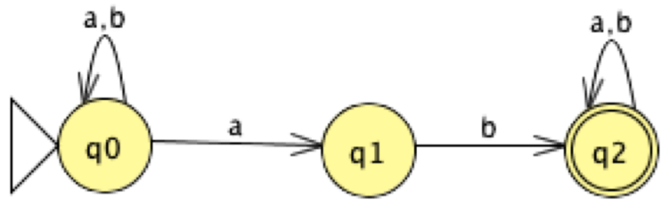
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b
{q0}	**b** a b a b
{q0, q1}	**b a** b a b
{q0, q2}	**b a b** a b



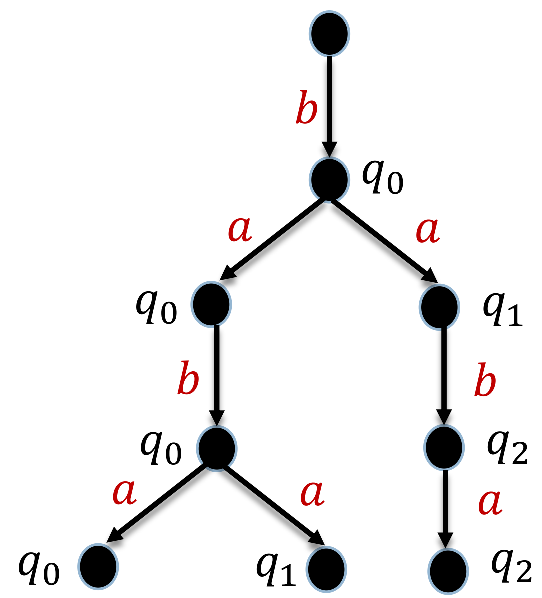
Lendo o "b", de q0 fica em **q0**; de q1 vai para **q2**

Exemplo (1)



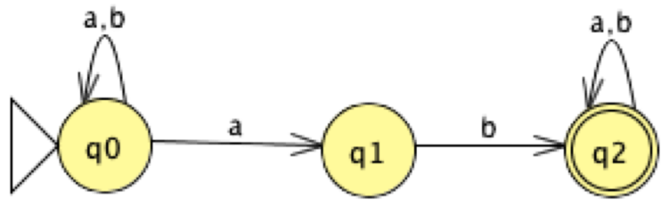
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b
{q0}	**b** a b a b
{q0, q1}	**b a** b a b
{q0, q2}	**b a b** a b
{q0, q1, q2}	**b a b a** b



Lendo "a", q0 fica em **q0**; com q0 ativo, **q1** também fica ativo; de q2 fica em **q2**

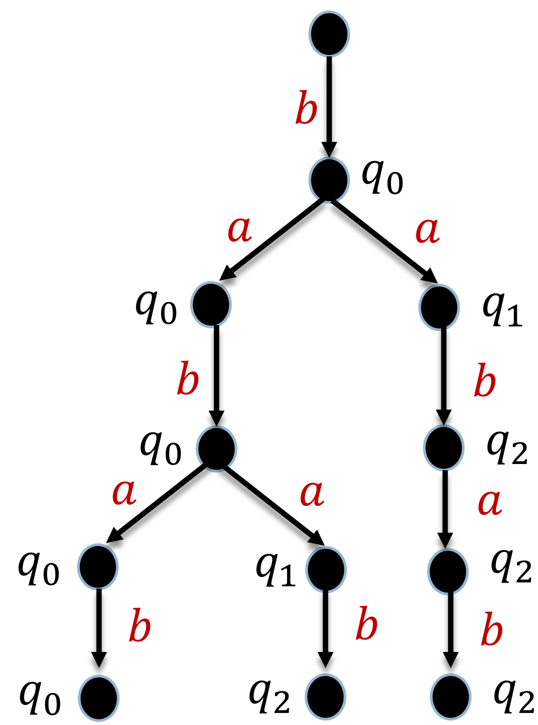
Exemplo (1)



Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

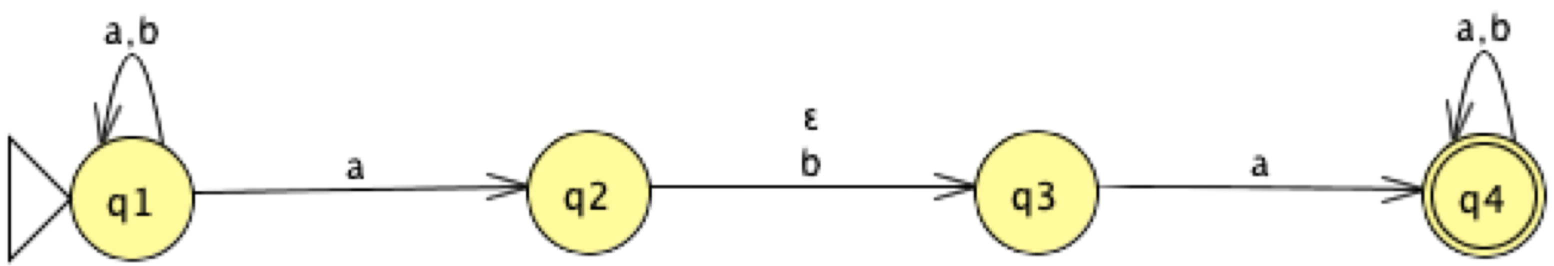
Estados Ativos	Cadeia
{q0}	b a b a b
{q0}	**b** a b a b
{q0, q1}	**b a** b a b
{q0, q2}	**b a b** a b
{q0, q1, q2}	**b a b a** b
{q0, q2}	**b a b a b**

Lendo o “b”, os estados são q0 e q2. Aceita!



AFNε (com movimento vazio)

AFNε (com movimento vazio)



Pode haver transição mesmo sem ter feito uma leitura da cadeia de entrada (cadeia vazia), é o caso do estado q_2 que tem uma transição vazia ε (**não determinismo**)

Uma transição do **símbolo ε** pode ser seguida a partir de um estado ativo **sem que <u>nada</u> seja lido**

AFNε (com movimento vazio)

AFN

δ é a função de transição

$\delta\colon Q \times \Sigma \rightarrow \mathcal{P}(Q)$

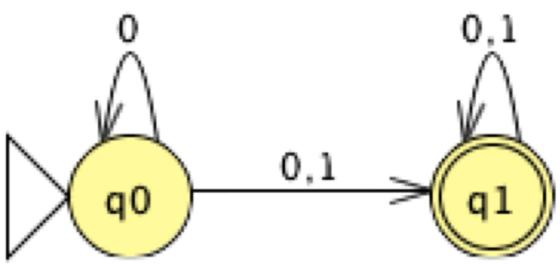
Não existe o movimento vazio

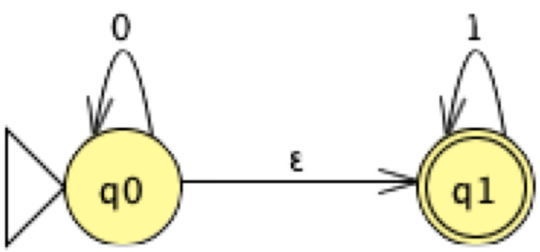
AFNε

δ é a função de transição

$\delta\colon Q \times (\Sigma \cup \boldsymbol{\varepsilon}) \rightarrow \boldsymbol{\mathcal{P}(Q)}$

Existe o movimento vazio



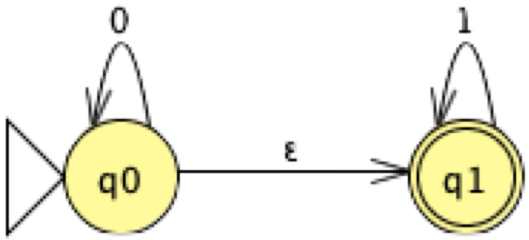


O conjunto potência $\boldsymbol{\mathcal{P}}$ de um conjunto $\boldsymbol{Q}$ é o conjunto de todos os **subconjuntos** que podem ser formados a partir dos elementos do conjunto original, incluindo o conjunto vazio $\{\emptyset\}$

Movimento vazio

Se $\delta(q, \varepsilon) = p$, o movimento do estado q para o estado p é vazio, ou seja, acontece mesmo que um símbolo **não seja** lido

Exemplo: $\Sigma = \{0,1\}, \omega = 001$

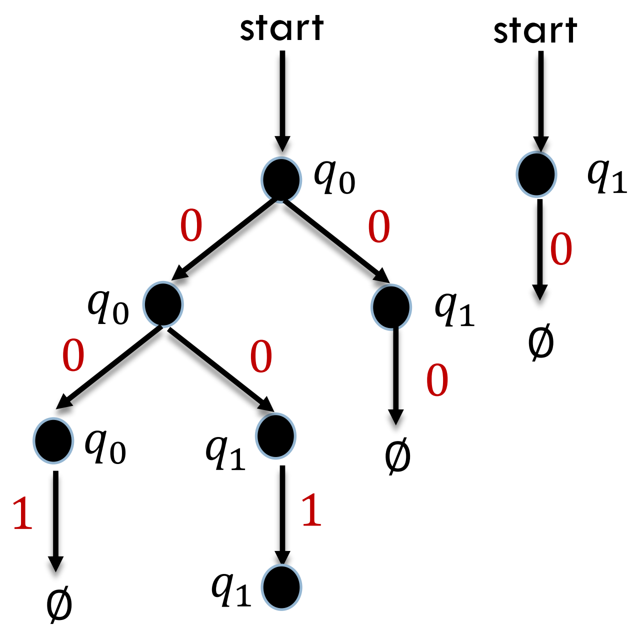


❶ Por causa do **movimento vazio**, sempre que q_0 estiver **ativo**, q_1 também estará. Isto inclui o fato de q_0 ser o estado "inicial"

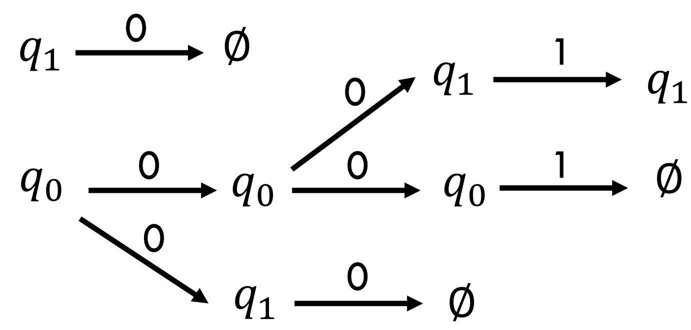
❷ Note $\delta(q_0, 0) = \{q_0, q_1\}$, ou seja, sempre que em q_0 e lendo um símbolo 0, por causa do **movimento vazio, ambos** os estados $\{q_0, q_1\}$ ficarão ativos

Movimento vazio

Quando o estado inicial q_0 fica ativo, o estado q_1 também fica ativo por causa da transição ε



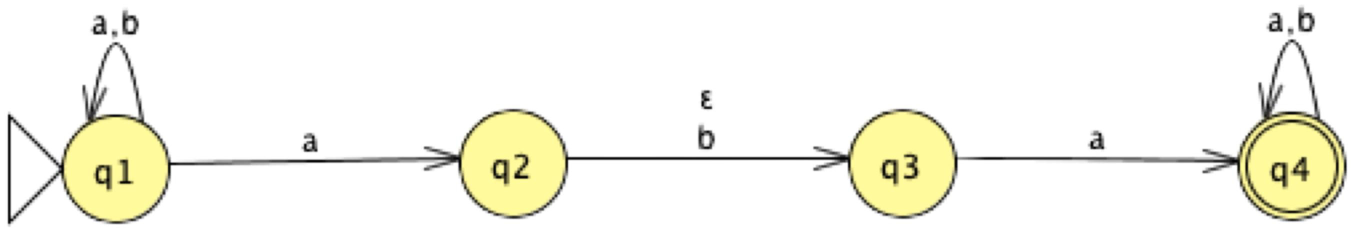
Aceita a cadeia ω



Só uma possibilidade

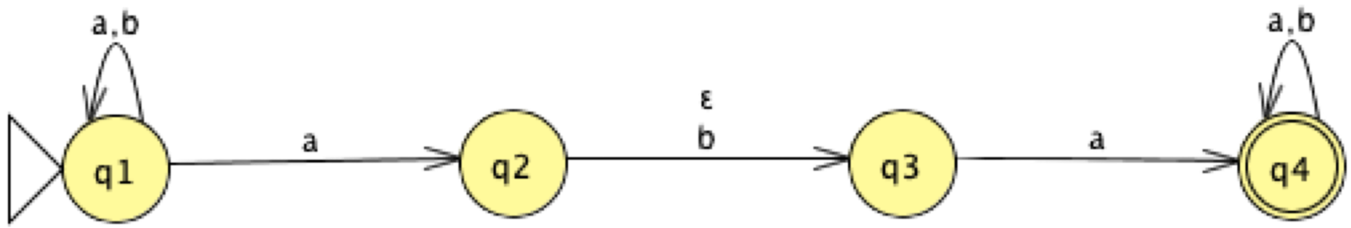
$$q_0 \overset{0}{\rightarrow} q_0 \overset{0}{\rightarrow} q_1 \overset{1}{\rightarrow} q_1$$

ε-fechamento



Quais estados **ficam ativos** a partir da **ativação** de cada estado do AFN acima? Note que há as **<u>transições ε</u>**

ε-fechamento



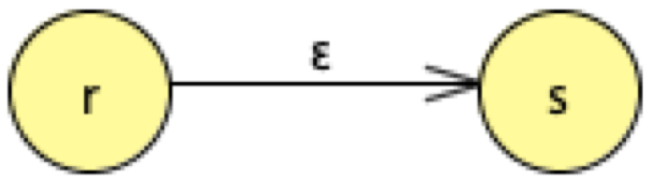
Quais estados **ficam ativos** a partir da **ativação** de cada estado do AFN acima? Note que há as **<u>transições ε</u>**

$$E(q_1) = \{q_1\}$$
$$\boldsymbol{E(q_2) = \{q_2, q_3\}}$$
$$E(q_3) = \{q_3\}$$
$$E(q_4) = \{q_4\}$$

ε-fechamento

Seja $N = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ um AFNε. Para $q \in Q$, o ε-fechamento de q, denotado por $\boldsymbol{E(q)}$, é o conjunto de estados tal que:

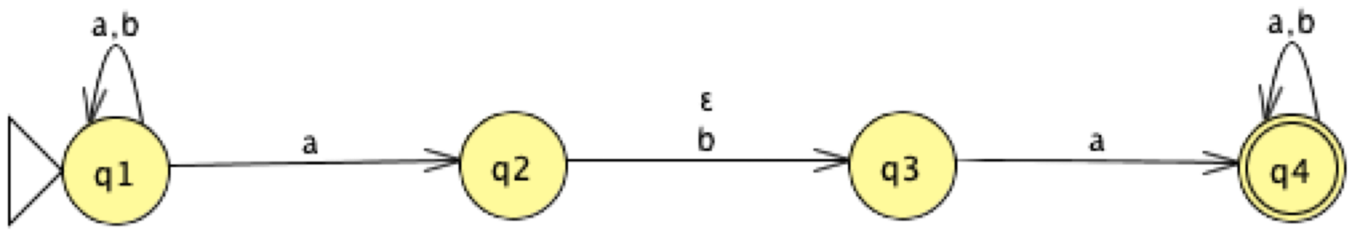
- $q \in E(q)$
- Se $r \in E(q)$ e $s \in \delta(r, \varepsilon)$, então $s \in E(q)$



Ou seja, $\boldsymbol{E(q)}$ é o conjunto de estados alcançáveis a partir de q seguindo **zero ou mais <u>transições ε</u>**

$\boldsymbol{E(q)}$ é o conjunto de estados que **ficam ativos** no instante que q fica ativo. Obviamente que q está incluso em $E(q)$

Exemplo (2)



$N = (\{q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{a, b\}, \delta, q_{1,} \{q_4\})$, em que δ é dada por

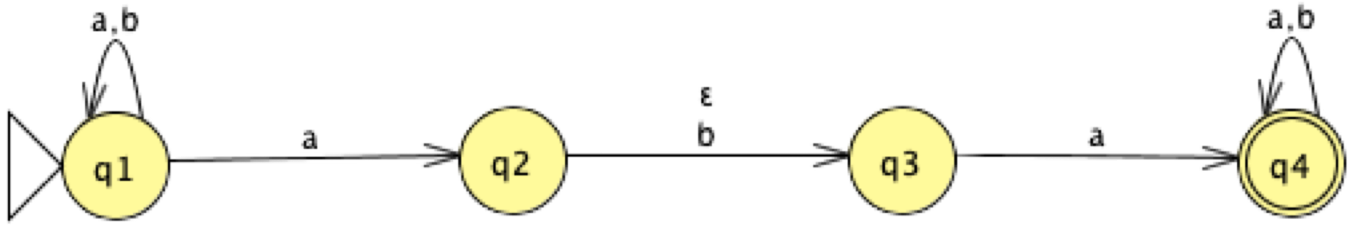
$\boldsymbol{\delta}$	**a**	**b**	$\boldsymbol{\varepsilon}$
q_1	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_1\}$	$\emptyset$
q_2	$\emptyset$	$\{q_3\}$	$\{q_3\}$
q_3	$\{q_4\}$	$\emptyset$	$\emptyset$
q_4	$\{q_4\}$	$\{q_4\}$	$\emptyset$

função de transição

$E(q_1)$	$\{q_1\}$
$\boldsymbol{E(q_2)}$	$\boldsymbol{\{q_2, q_3\}}$
$E(q_3)$	$\{q_3\}$
$E(q_4)$	$\{q_4\}$

ε-fechamento. Quando q_2 fica ativo, q_3 também fica

Exemplo (2)

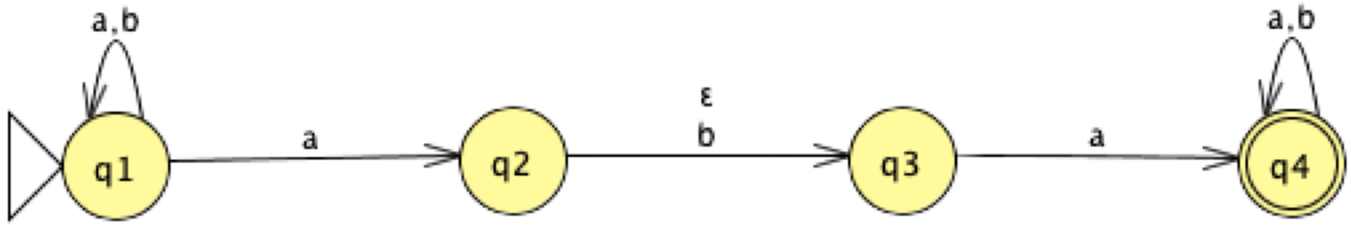


Compute a cadeia “**aba**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	a b a

O estado {q1} está ativo, sem ler nada, porque é o estado inicial

Exemplo (2)



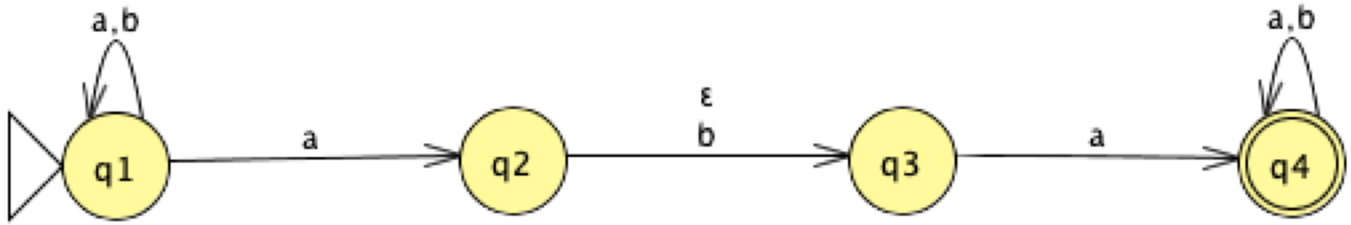
Compute a cadeia “**aba**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	a b a
{q1, q2, q3}	**a** b a

Lendo o “a”...

De q1 permanece em q1 e também ativa o estado q2; Com q2 ativo, o estado q3 também fica ativo por causa da transição (**movimento vazio**)

Exemplo (2)



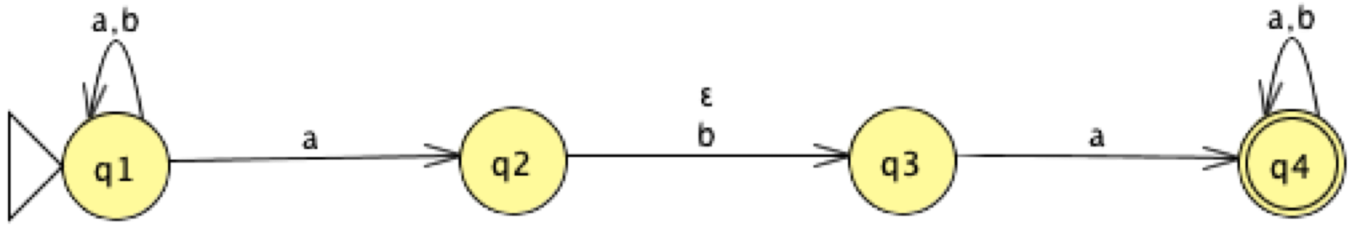
Compute a cadeia "**aba**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	a b a
{q1, q2, q3}	**a** b a
{q1, q3}	**a b** a

Lendo o "b"...

Com q1 ativo, permanece ativo o estado **q1**; com q2 ativo, há a transição para o estado **q3** (por causa da transição "b"); de q3 não tem transição (**transição vazia**)

Exemplo (2)



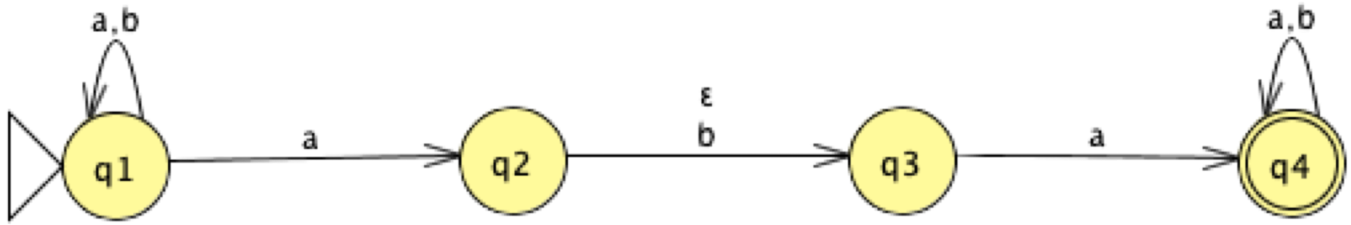
Compute a cadeia "**aba**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	a b a
{q1, q2, q3}	**a** b a
{q1, q3}	**a b** a
{q1, q2, q3, q4}	**a b a**

Lendo o "a"...

De q1 permanece ativado o estado **q1** e também ativa o estado **q2**; com q2 ativo, o estado **q3** também fica ativo por causa da transição (**movimento vazio**); de de q3 ativa q4.

Exemplo (2)



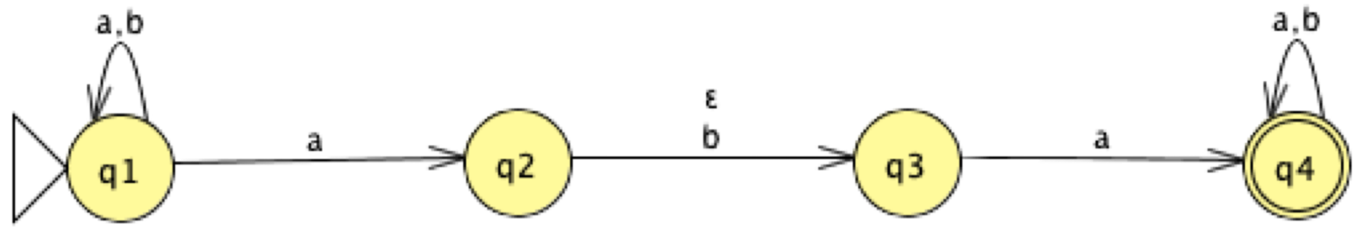
Compute a cadeia "**aba**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	a b a
{q1, q2, q3}	**a** b a
{q1, q3}	**a b** a
{q1, q2, q3, q4}	**a b a**

Como acabou a cadeia, **e** os estados finais são {q1, q2, q3, q4} e como o estado de aceitação é {q4}, **a cadeia é aceita**

Note que está de acordo com $\hat{\delta}(q_1, aba) = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}$

Exemplo (3)

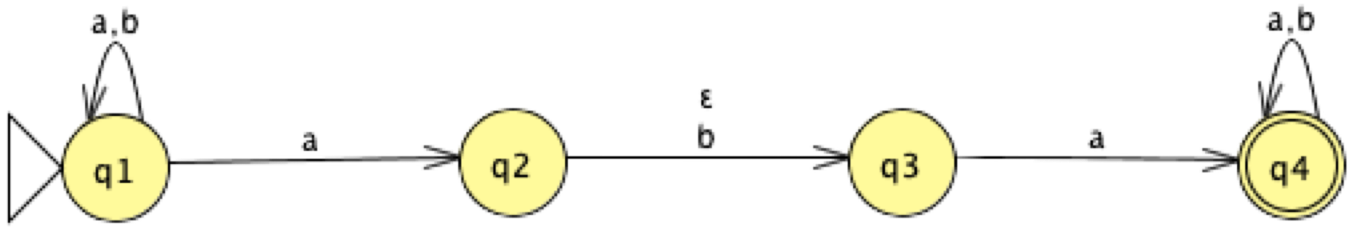


Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b

O estado {q1} está ativo, sem ler nada, porque é o estado inicial

Exemplo (3)



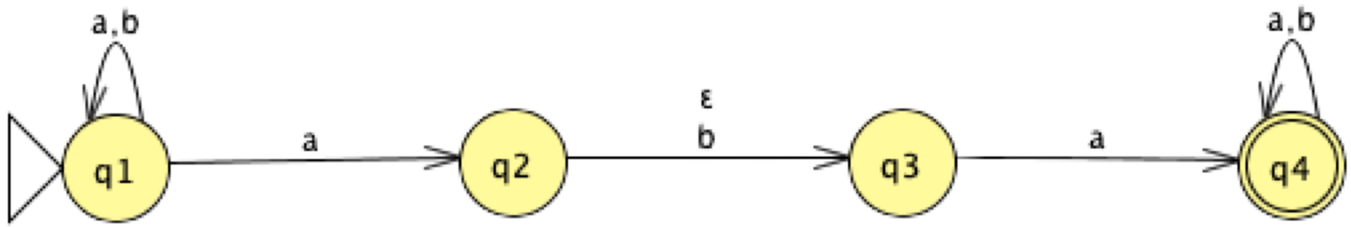
Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b
{q1}	**b** a b a b

Lendo o “b”...

De q1 permanece em q1

Exemplo (3)



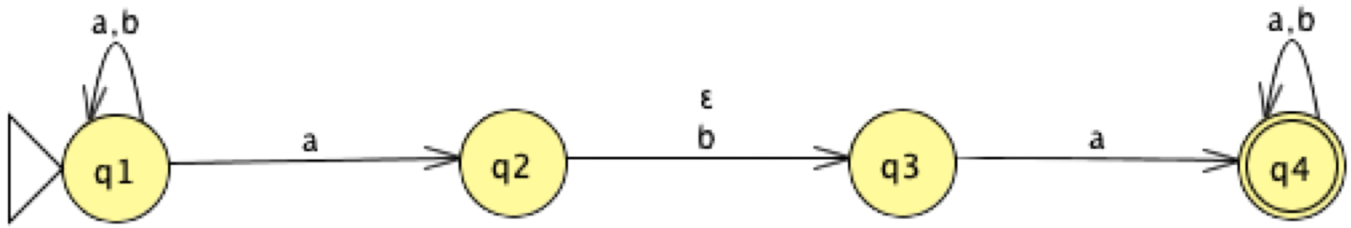
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b
{q1}	**b** a b a b
{q1, q2, q3}	**b a** b a b

Lendo o "a"...

De q1 permanece em q1; de q1 o estado q2 passa a também estar ativo (***não determinismo***); em q2, por causa da transição ε, o estado q3 também fica ativo (***movimento vazio***)

Exemplo (3)



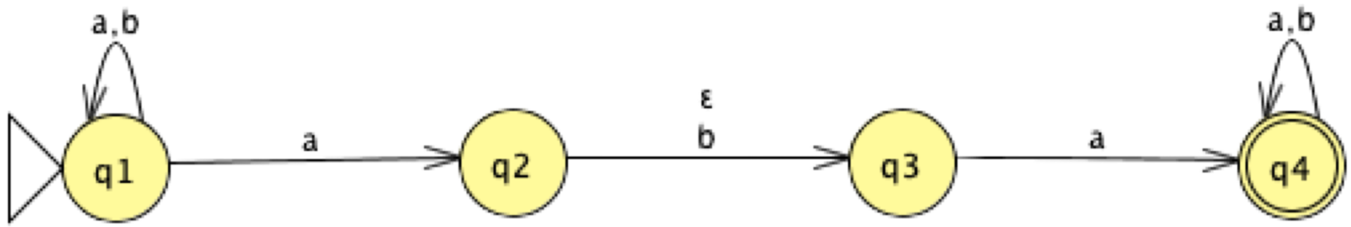
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b
{q1}	**b** a b a b
{q1, q2, q3}	**b a** b a b
{q1, q3}	**b a b** a b

Lendo o "b"...

De q1 fica em q1; de q2 vai para q3; de q3 não tem transição (∅), portanto a máquina é eliminada (***transição vazia***)

Exemplo (3)



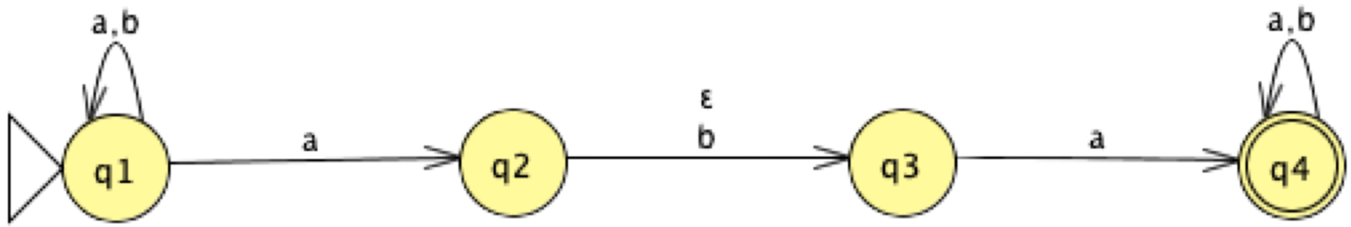
Compute a cadeia "**babab**" no AFN acima

Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b
{q1}	**b** a b a b
{q1, q2, q3}	**b a** b a b
{q1, q3}	**b a b** a b
{q1, q2, q3, q4}	**b a b a** b

Lendo o "a"...

De q1 permanece em q1; de q1 o estado q2 passa a também estar ativo (***não determinismo***); em q2, por causa da transição ε, o estado q3 também fica ativo (***movimento vazio***); de q3 vai para **q4**

Exemplo (3)



Compute a cadeia “**babab**” no AFN acima

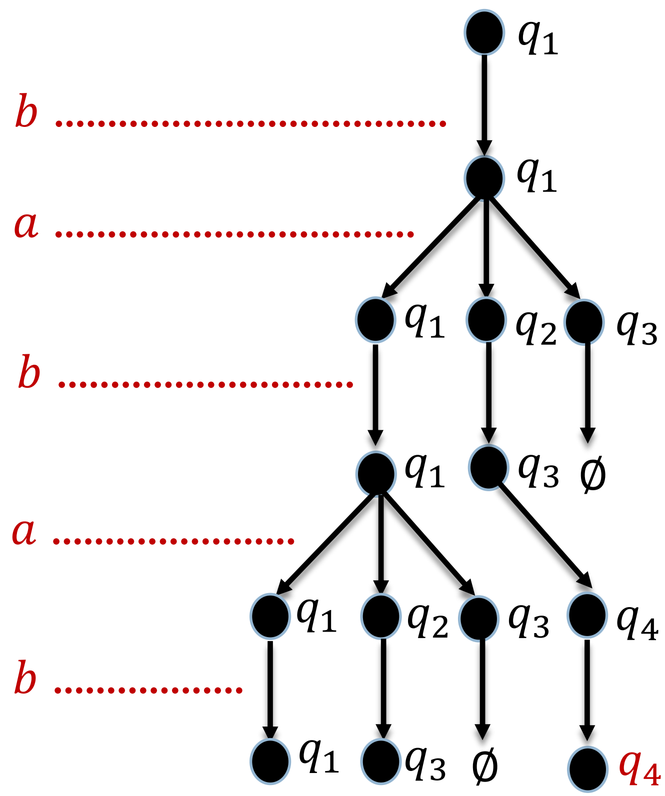
Estados Ativos	Cadeia
{q1}	b a b a b
{q1}	**b** a b a b
{q1, q2, q3}	**b a** b a b
{q1, q3}	**b a b** a b
{q1, q2, q3, q4}	**b a b a** b
{q1, q3, **q4**}	**b a b a b**

Lendo o “b”...

De q1 permanece em q1; de q2 vai para q3; de q3 o ramo desaparece; q4 permanece em q4

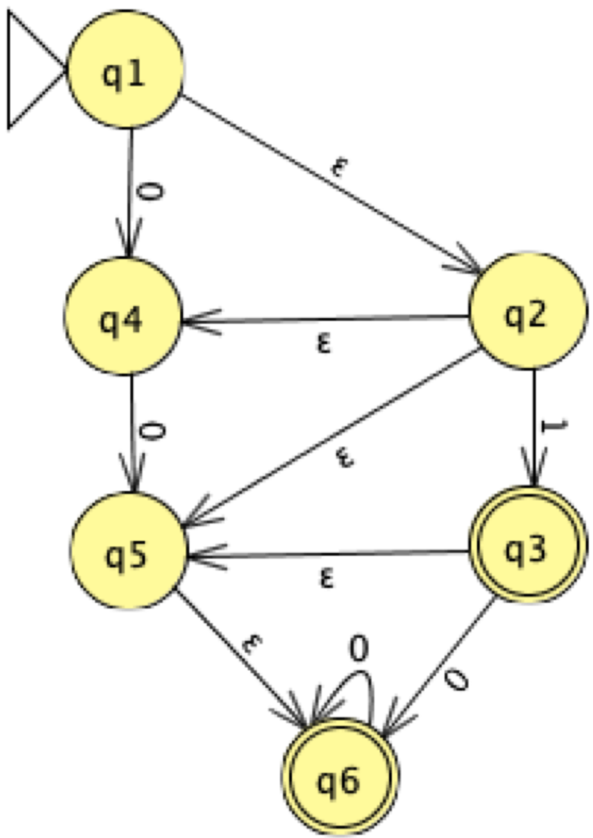
Como a cadeia terminou, e um dos estados finais é de aceitação, **a cadeia é aceita**

Exemplo (3)



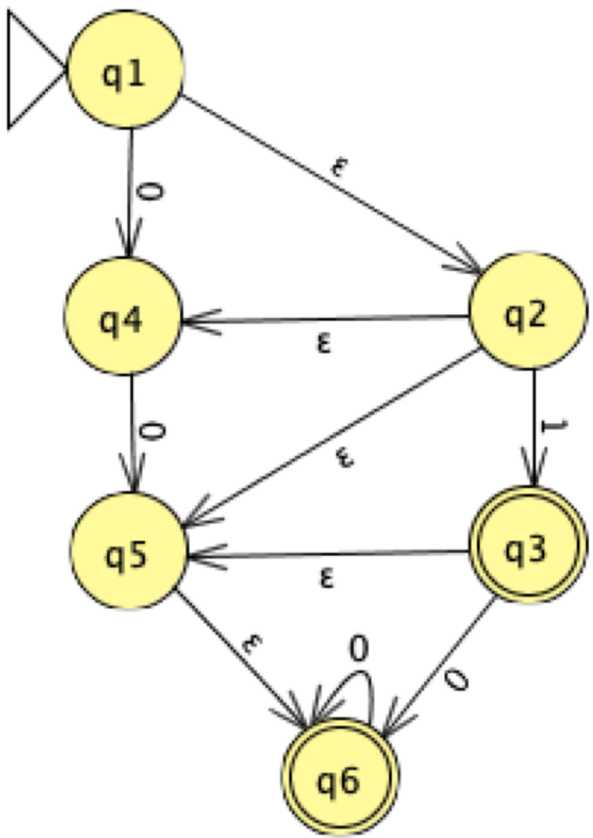
A transição dos estados **para a aceitação** é: $q_1 \xrightarrow{b} q_1 \xrightarrow{a} q_2 \xrightarrow{b} q_3 \xrightarrow{a} q_4 \xrightarrow{b} q_4$

Exemplo (4)



Quais estados **ficam ativos** (ε-fechamento) a partir da **ativação** de cada estado do AFN ao lado?

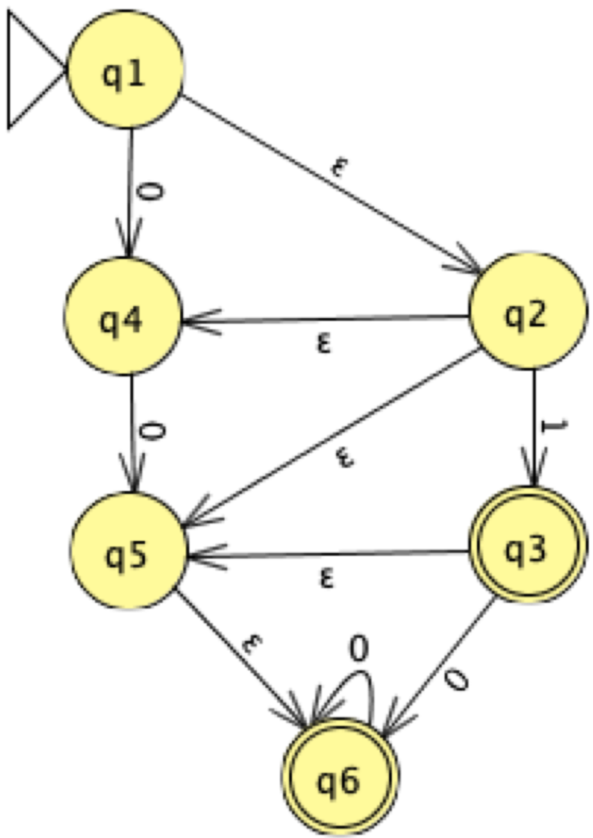
Exemplo (4)



Quais estados **ficam ativos** (ε-fechamento) a partir da **ativação** de cada estado do AFN ao lado?

$$E(q_1) = \{q_1, q_2, q_4, q_5, q_6\}$$

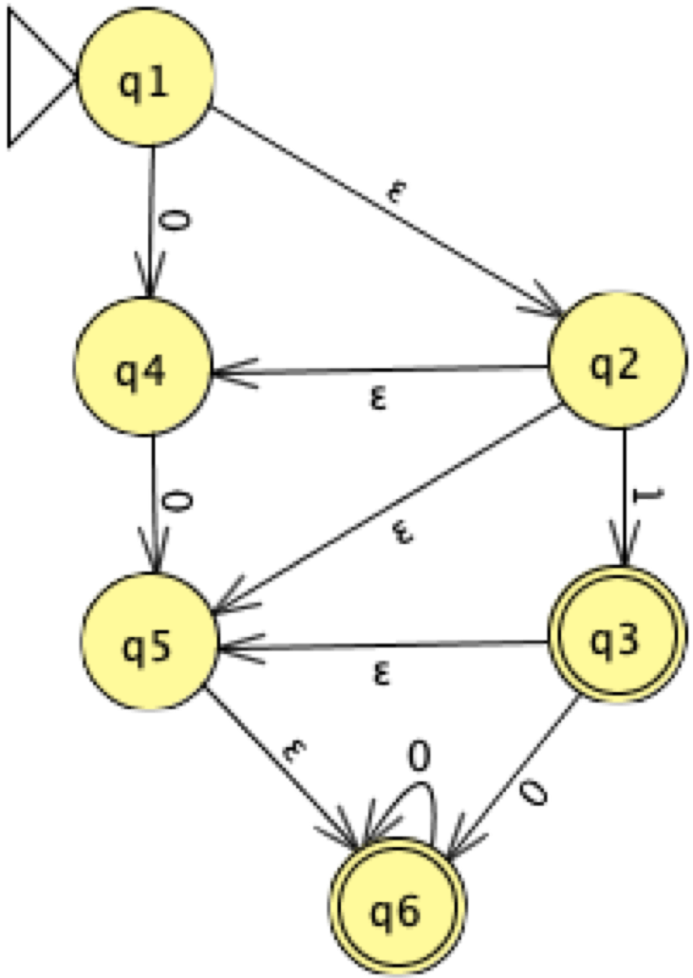
Exemplo (4)



Quais estados **ficam ativos** (ε-fechamento) a partir da **ativação** de cada estado do AFN ao lado?

$$E(q_1) = \{q_1, q_2, q_4, q_5, q_6\}$$
$$E(q_2) = \{q_2, q_4, q_5, q_6\}$$
$$E(q_3) = \{q_3, q_5, q_6\}$$
$$E(q_4) = \{q_4\}$$
$$E(q_5) = \{q_5, q_6\}$$
$$E(q_6) = \{q_6\}$$

Exemplo (4)



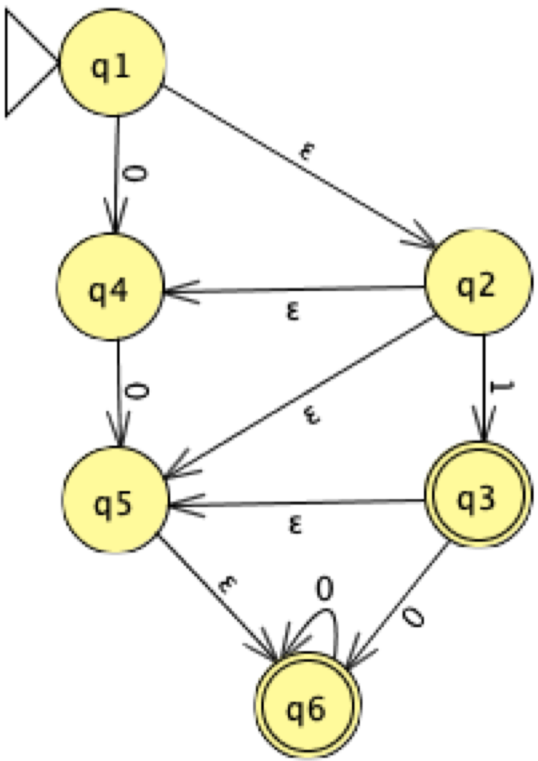
Uma das ***utilidades*** *das transições ε é para "simular" que o autômato possui* ***vários estados iniciais***

$$E(q_1) = \{q_1, q_2, q_4, q_5, q_6\}$$

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

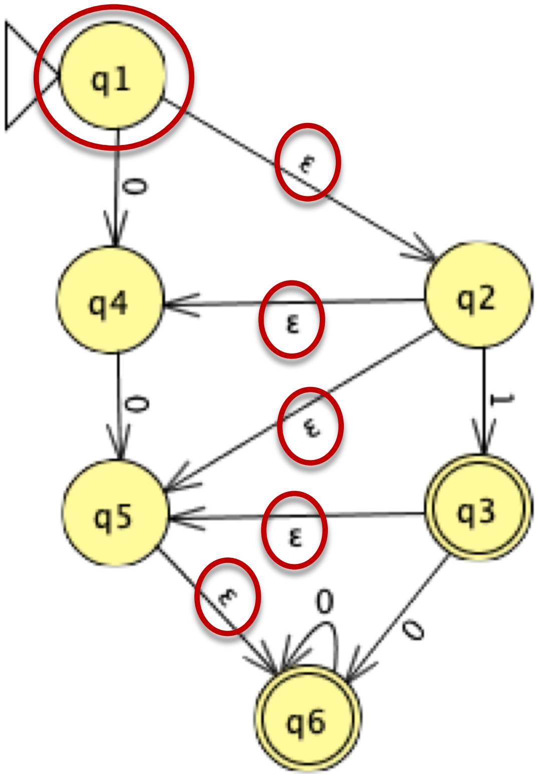
Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	



Sem ler nenhum símbolo os cinco estados estão ativos. Por quê?

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

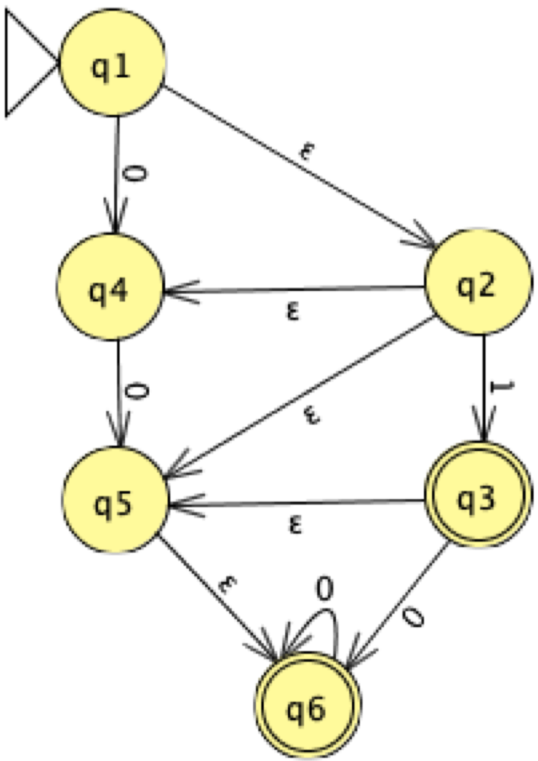


Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	

*Os estados ativos estão em $E(q_1)$, ou seja, $E(q_1)$ é o conjunto de estados que ficam ativos quando q_1 fica ativo (**movimento vazio**)*

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001



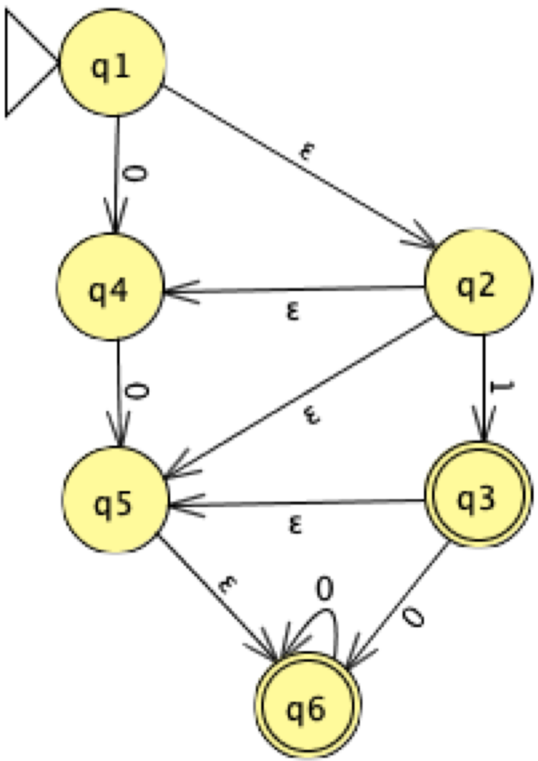
Estados Ativos	Cadeia
{**q1**, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{}	

Agora vamos ler o 1 e avaliar cada estado ativo

*Lendo "1" a partir do q1 não tem transição (**transição vazia**), no caso, é como se esta máquina específica desaparecesse*

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001



Estados Ativos	Cadeia
{q1, **q2**, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, q5, q6}	

Lendo "1" a partir do q2 tem uma transição para q3 (que fica ativo)

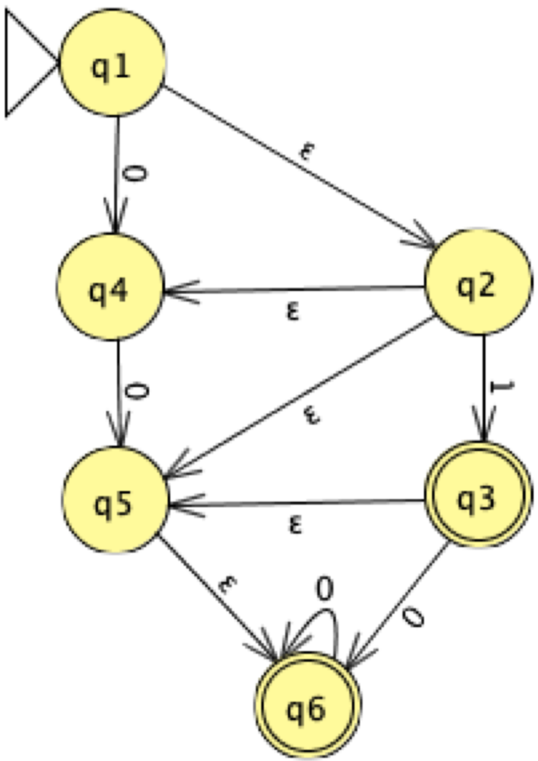
Note que em q3 tem um movimento vazio saindo dele, o estado q5 também estará ativo

O q5 ativo também ativa o q6 por causa do movimento vazio

$E(q_3) = \{q_3, q_5, q_6\}$

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

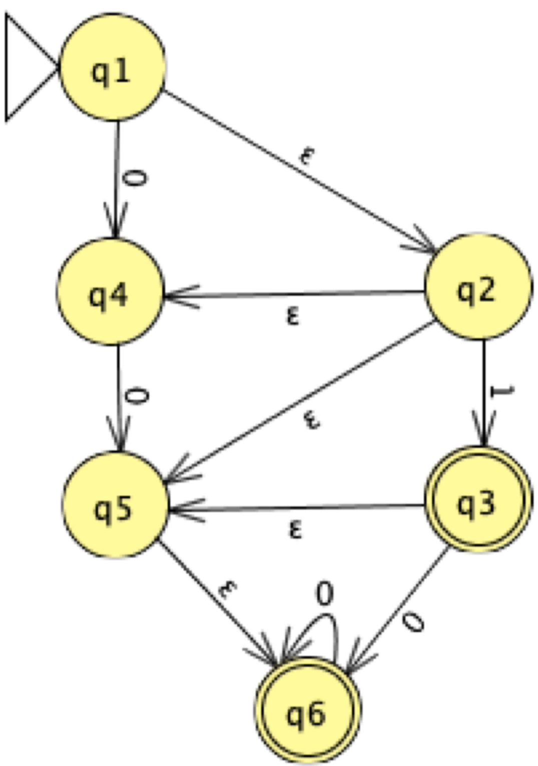


Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, **q4, q5, q6**}	**1** 0 0 1
{q3, q5, q6}	

*Lendo "1" a partir dos estados q4, q5 e q6 não tem transição (**transição vazia**), no caso, é como se as três máquinas desaparecessem*

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

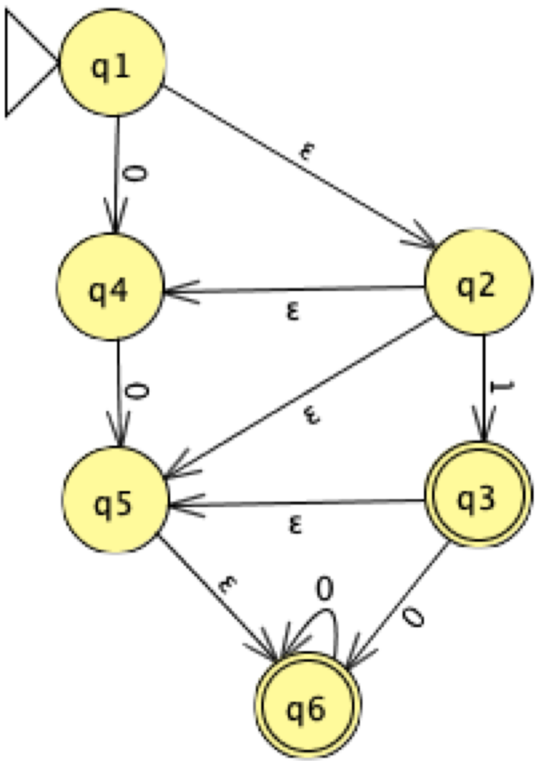


Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{**q3**, q5, q6}	1 **0** 0 1
{q6}	

Lendo "0" a partir dos estados q3 vai para o estado q6

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

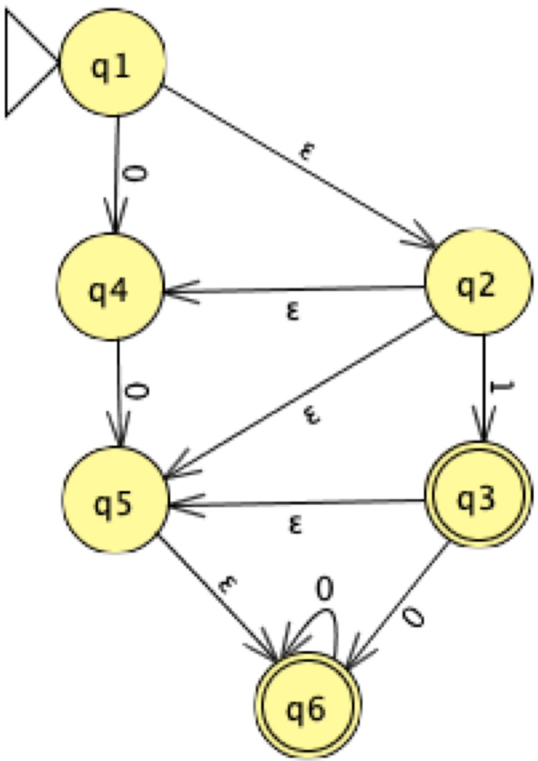


Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, **q5**, q6}	1 **0** 0 1
{q6}	

*Lendo "0" a partir dos estados q5 não tem para onde ir (**transição vazia**)*

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001



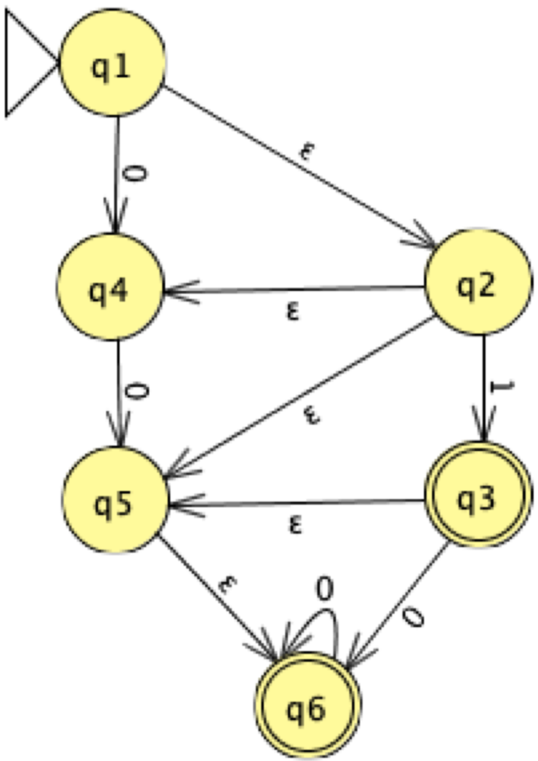
Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, q5, **q6**}	1 **0** 0 1
{q6}	

Lendo "0" a partir dos estados q6 fica no mesmo estado q6

Entretanto, como é conjunto, não tem repetição de estados

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001



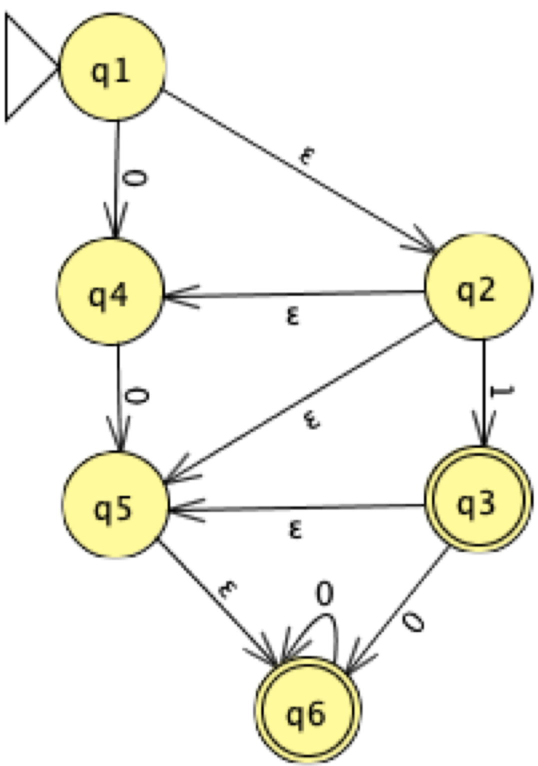
Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, q5, q6}	1 **0** 0 1
{q6}	1 0 **0** 1
{q6}	

Agora com o q6 ativo faremos a leitura do "0"

Em q6 lendo "0" permanece em q6

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001

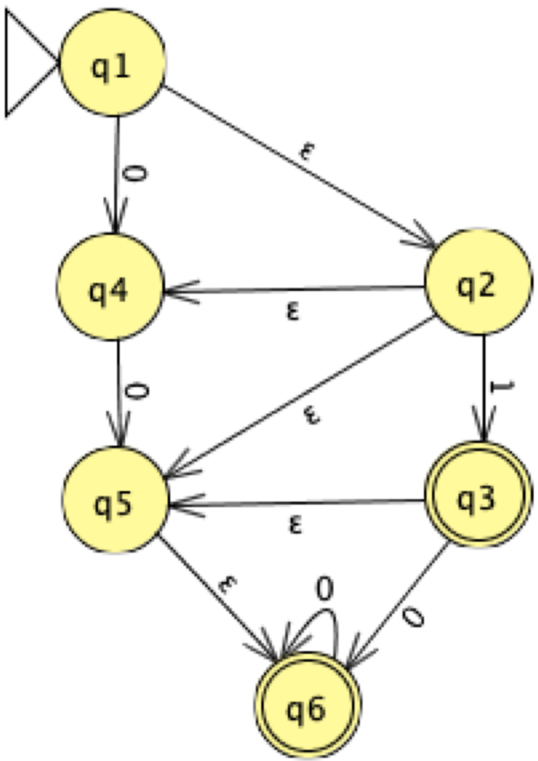


Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, q5, q6}	1 **0** 0 1
{q6}	1 0 **0** 1
{q6}	1 0 0 **1**

*Com o q6 ativo lendo o "1" não tem transição, o que implica que esta máquina desaparece (**transição vazia**)*

Exemplo (4)

Compute a cadeia: 1001



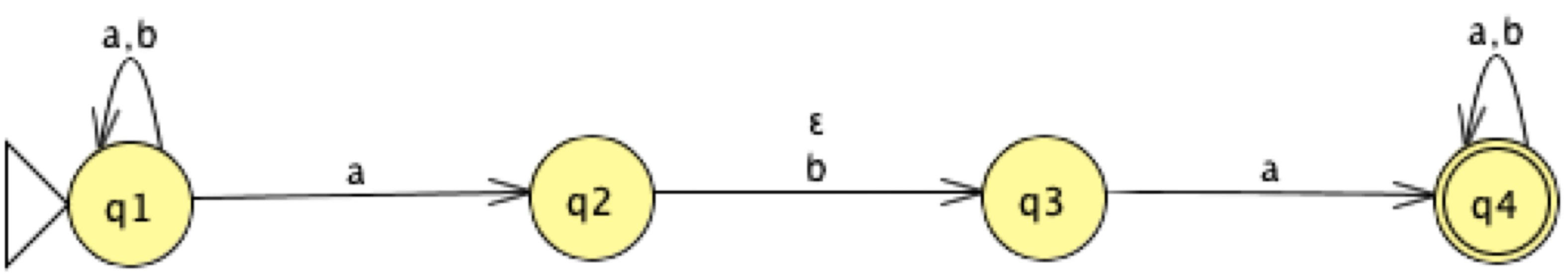
Estados Ativos	Cadeia
{q1, q2, q4, q5, q6}	**1** 0 0 1
{q3, q5, q6}	1 **0** 0 1
{q6}	1 0 **0** 1
{q6}	1 0 0 **1**
{∅}	

A cadeia 1001 não foi reconhecida pelo AFN, i.e., ***cadeia rejeitada***

A linguagem de um AFN

Seja N um AFN. Dizemos que $L(N)$ é a linguagem reconhecida por N, ou simplesmente, a linguagem de N

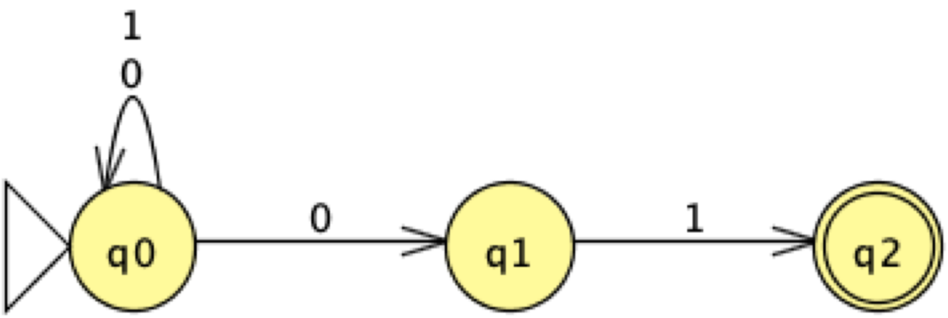
Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?



$L(N) = \{\omega \in \{a, b\}^* : \ \omega$ contém aa ou aba como subcadeia$\}$

A linguagem de um AFN

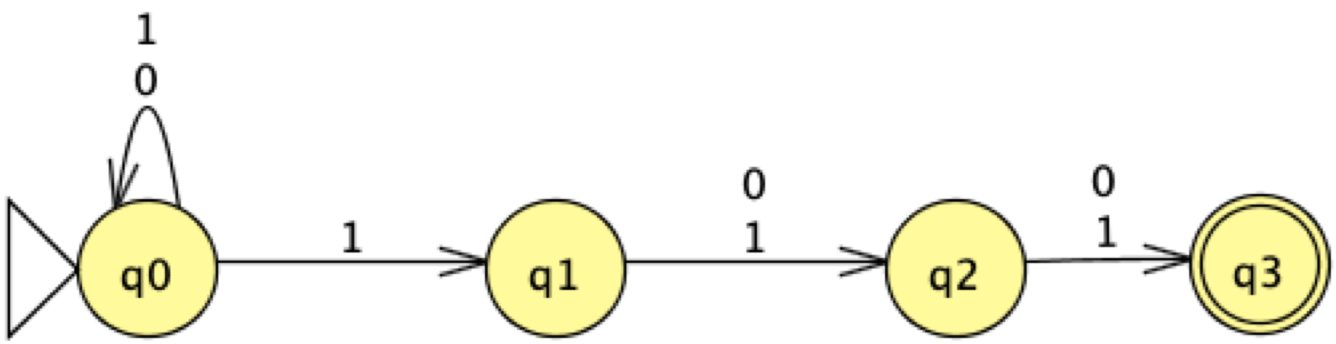
Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?



$$L(N) = \{\omega \in \{0,1\}^* : \ \omega \text{ termina em } 01\}$$

A linguagem de um AFN

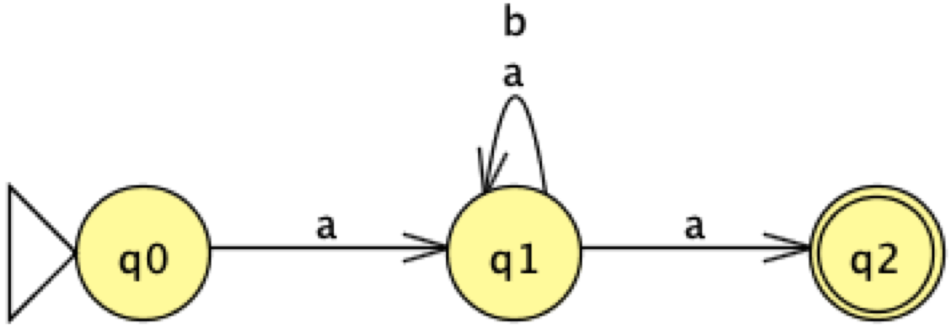
Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?



$L(N) = \{\omega \in \{0,1\}^*$: antepenúltimo símbolo de ω é $1\}$

A linguagem de um AFN

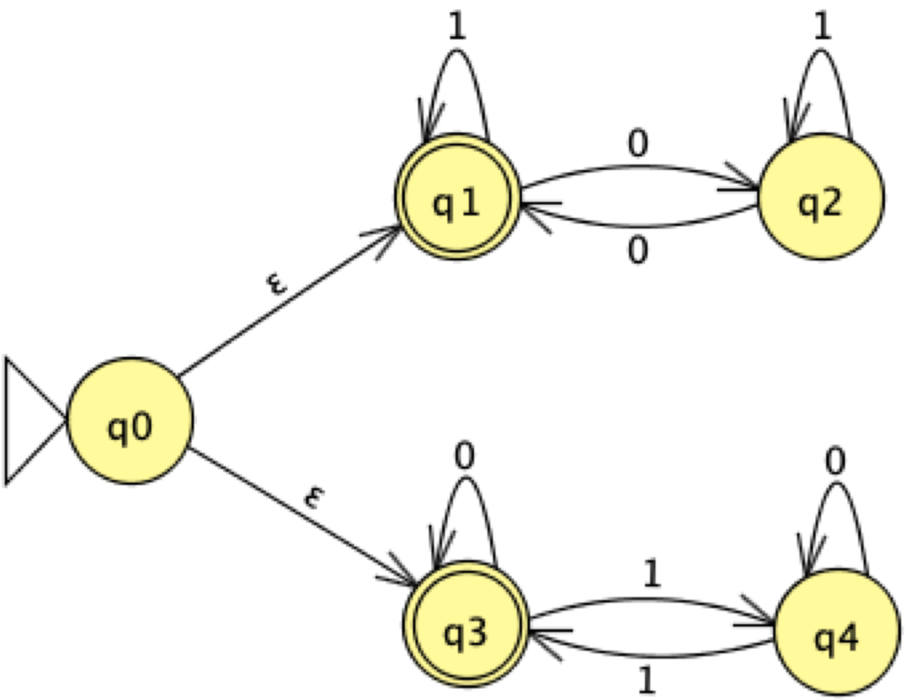
Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?



$L(N) = \{\omega \in \{a, b\}^* :\ \omega$ começa e termina com o símbolo $a\}$

A linguagem de um AFN

Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?

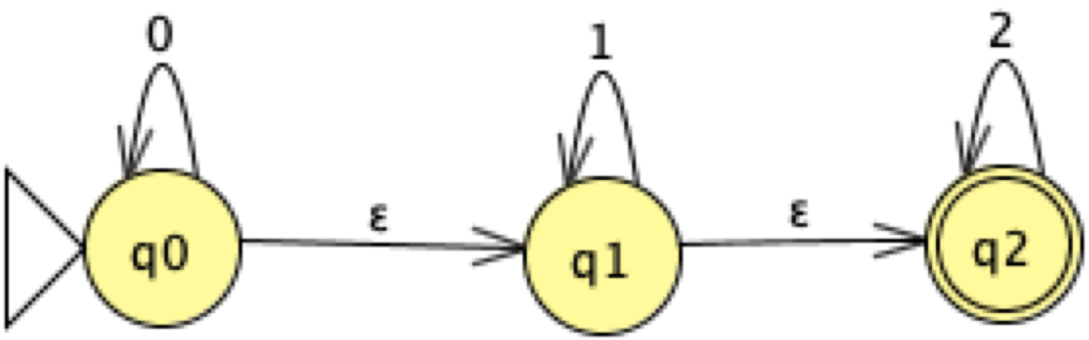


As cadeias $\omega = 0$ ou $\omega = 1$ seriam aceitas?

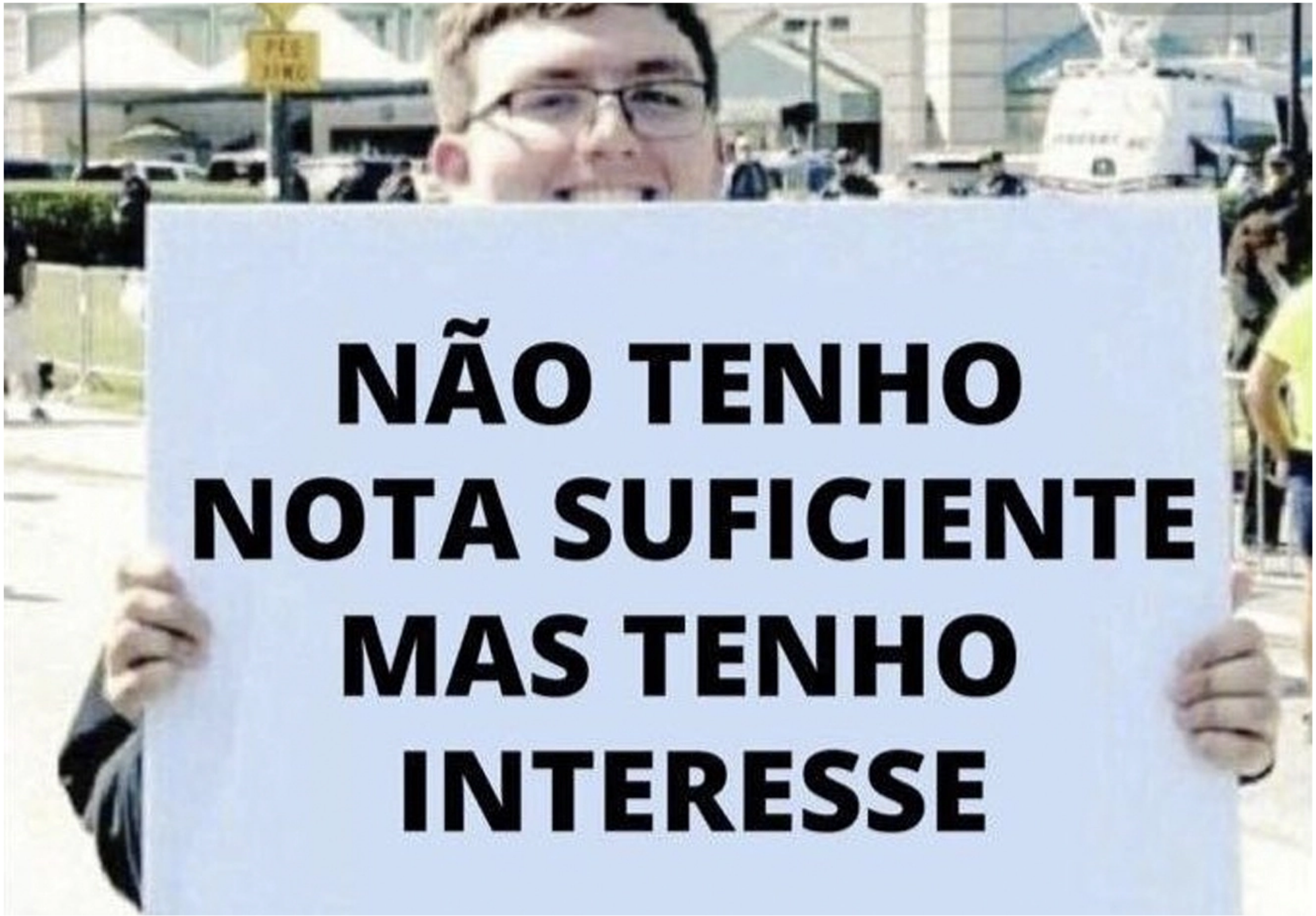
$L(N) = \{\omega \in \{0,1\}^*$: ω ou tem qtde par de 0's ou par de 1's$\}$

A linguagem de um AFN

Qual a linguagem reconhecida pelo AFN abaixo?



$$L(N) = \{\omega \in \{0,1,2\}^* : \ \omega = 0^*1^*2^*\}$$


NÃO TENHO
NOTA SUFICIENTE
MAS TENHO
INTERESSE