

# Conversão de Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFND) para Autômatos Finitos Determinísticos (AFD)

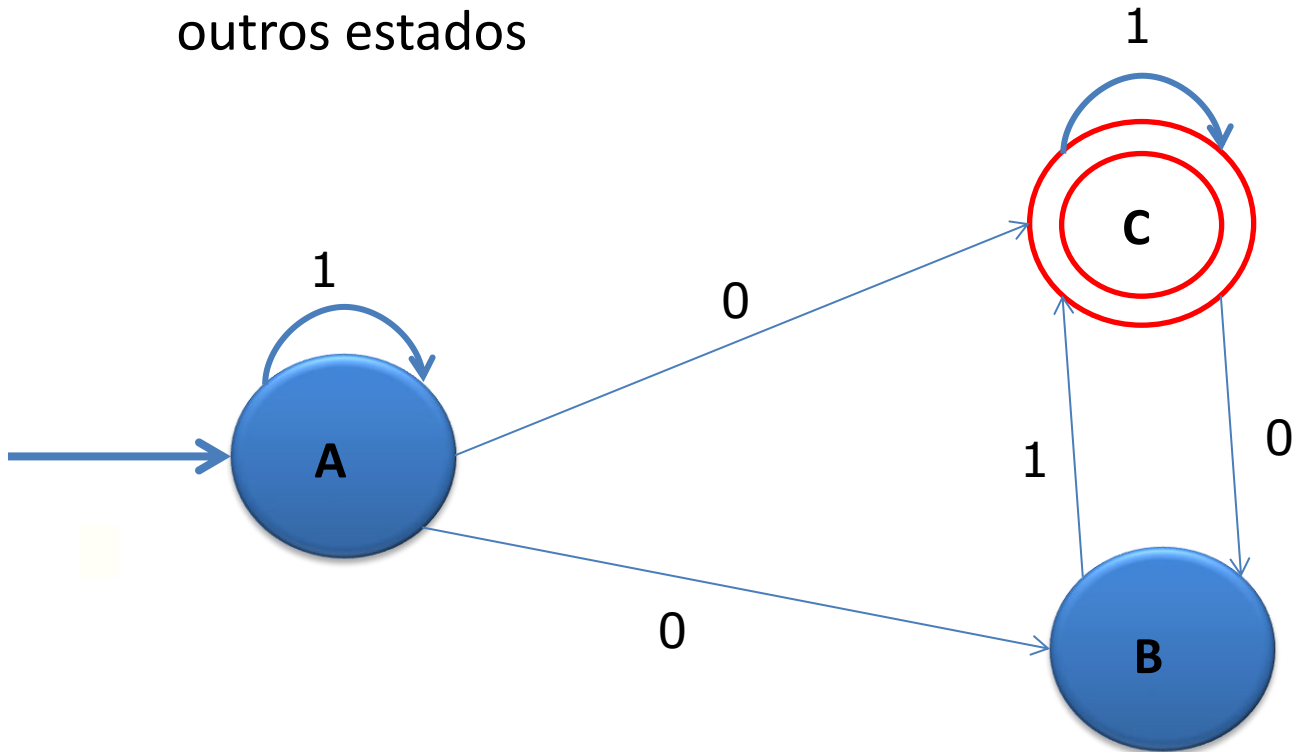
Prof. Juan Moises Mauricio Villanueva

[jmauricio@cear.ufpb.br](mailto:jmauricio@cear.ufpb.br)

[www.cear.ufpb.br](http://www.cear.ufpb.br)

# Autômatos Finitos Não Determinísticos

- São autômatos finitos em que pelo menos um símbolo (evento) de entrada possui varias transições de saídas para outros estados



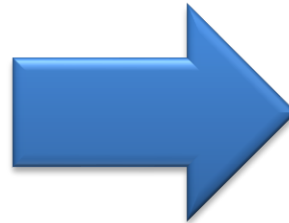
Para o estado A, com o símbolo de entrada 0, leva o autômato para dois estados B ou C  
Teria que se analisar independentemente o caminho para dois estados A->B ou A->C

# Autômatos Finitos Não Determinísticos

- Exemplo: Desenvolver um autômato que identifique números inteiros múltiplos de 4

Inteiro	Binário
• 4	100
• 8	1000
• 12	1100
• 16	10000
• ...	.....

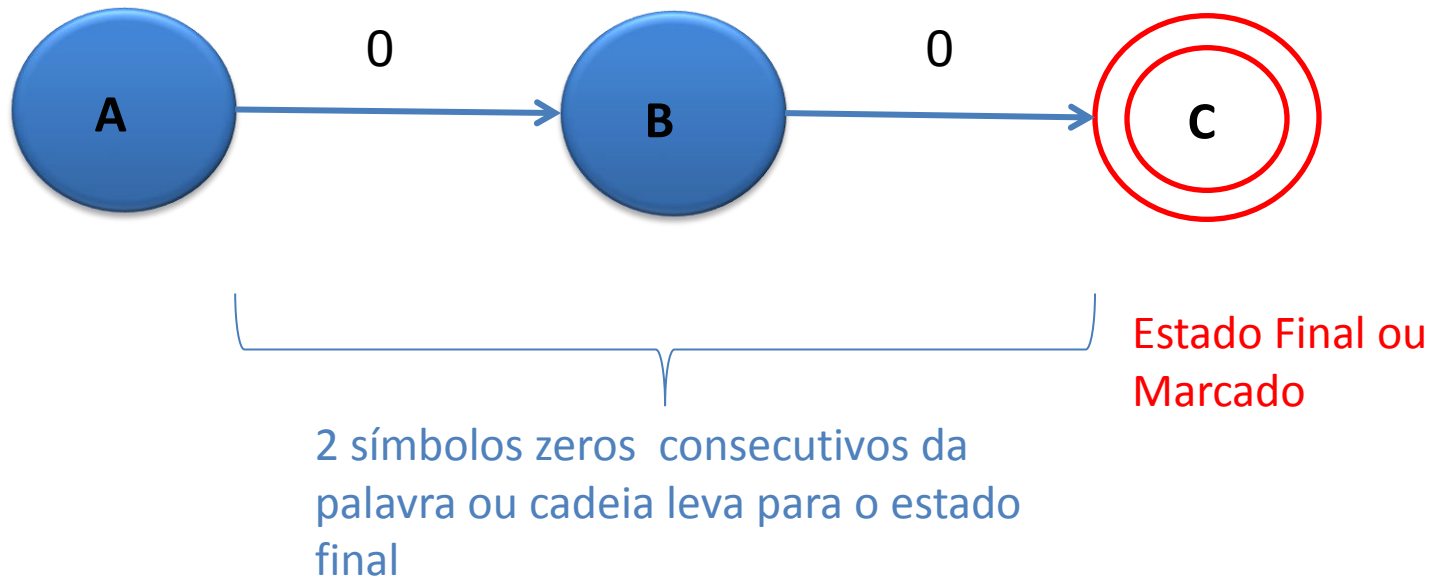
Representação binária  
com símbolos 0 e 1



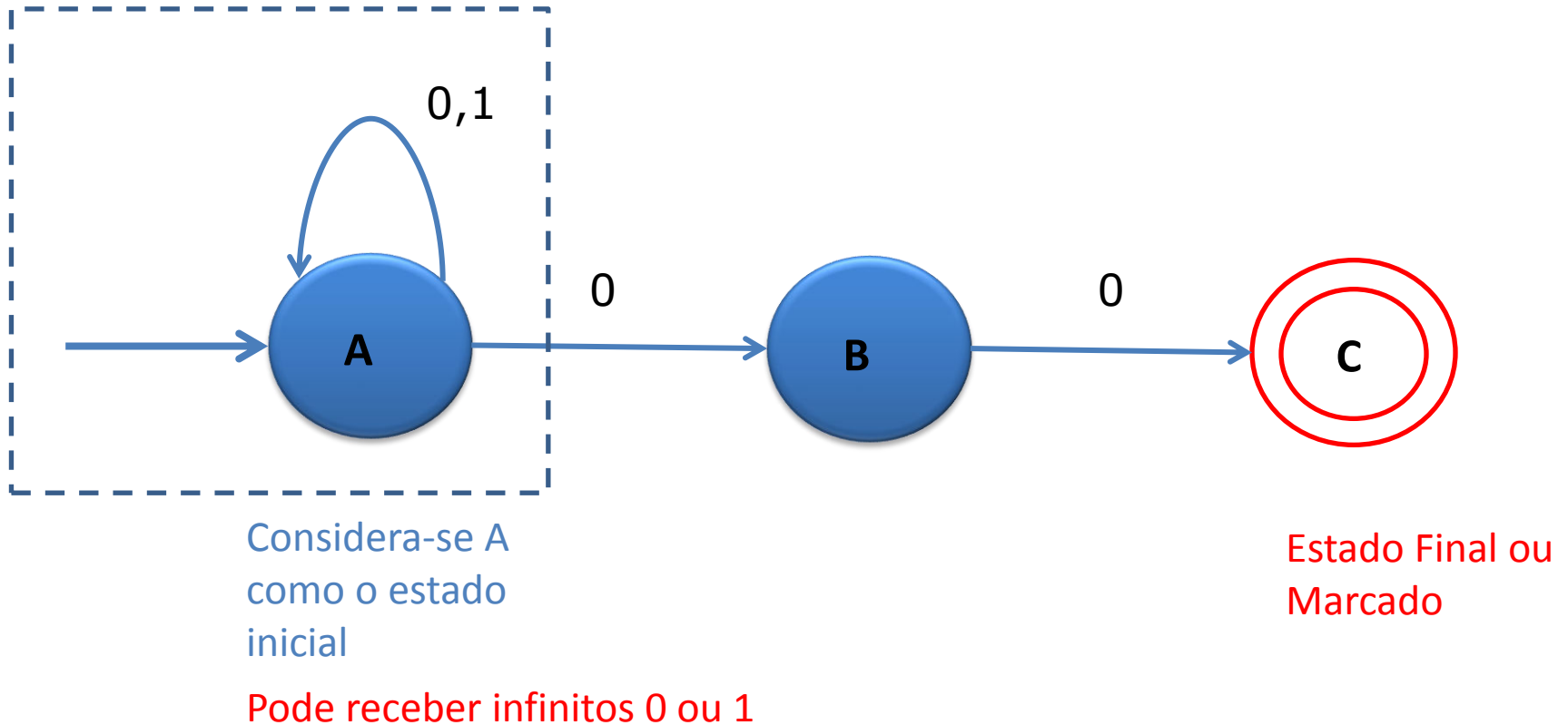
100
1000
1100
10000
...

Uma representação binária de um  
número inteiro é múltiplo de 4 se os  
dois últimos dígitos são zeros

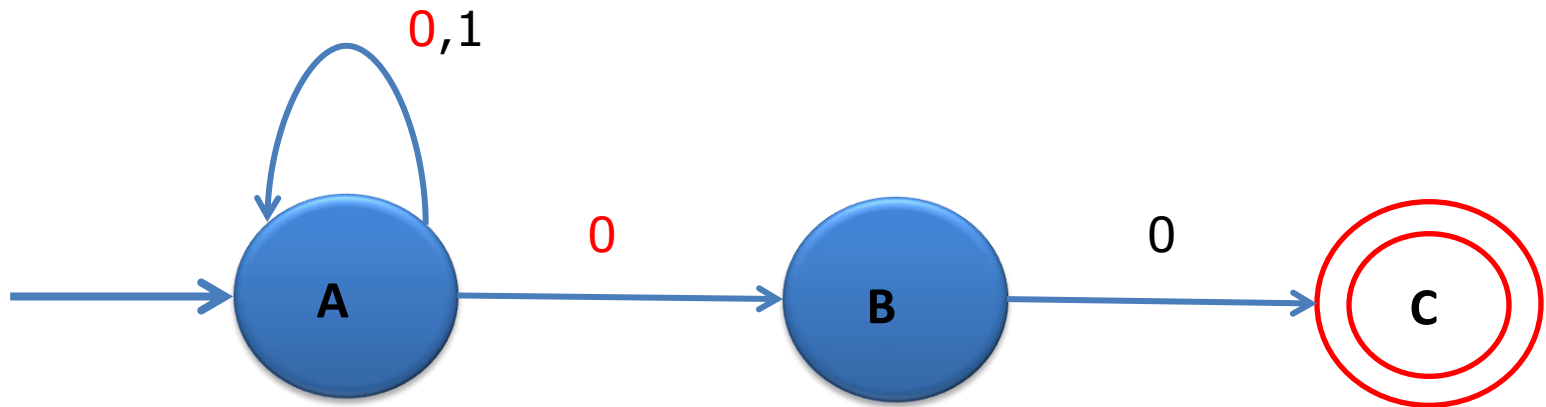
# Autômatos Finitos Não Determinísticos



# Autômatos Finitos Não Determinísticos

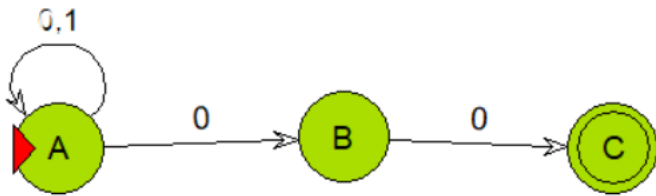


# Autômatos Finitos Não Determinísticos AFND



Estando no estado A, e sendo realizada a leitura do símbolo 0, esta transição poderá levar a dois estados A ou B, tornando assim o AUTÔMATO FINITO NÃO DETERMINÍSTICO - AFND.

- Realizando a análise no simulador de autômatos



Maior custo computacional para analisar o autômato, devido aos diversos caminhos ou opções que poderia seguir após a leitura de um símbolo

**Entrada: 1010100**

A1010100  
 1A010100  
 10A10100  
 101A0100  
 1010A100  
 10101A00  
 101010A0  
 1010100A

=====

FAIL - Backtracking

=====

Retroceder na análise

101010A0  
 1010100B

=====

FAIL - Backtracking

=====

Retroceder na análise

10101A00  
 101010B0  
 1010100C

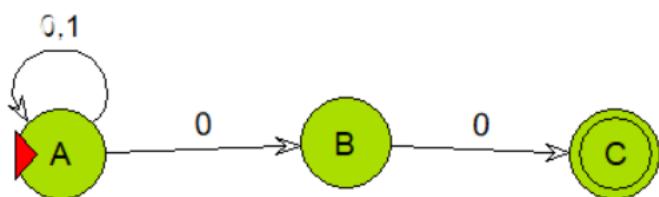
=====

**SUCCESS**

=====

Palavra Reconhecida pelo Autômato (a entrada é múltiplo de 4)

- Realizando a análise no simulador de autômatos



**Entrada: 1010101**

Maior custo computacional para analisar o autômato, devido aos diversos caminhos ou opções que poderia seguir após a leitura de um símbolo

A1010101

1A010101

10A10101

101A0101

1010A101

10101A01

101010A1

1010101A

=====

FAIL - Backtracking

=====

101010A1

=====

FAIL - Backtracking

=====

10101A01

101010B1

=====

FAIL - Backtracking

=====

1010A101

=====

FAIL - Backtracking

=====

101A0101

1010B101

=====

FAIL - Backtracking

=====

10A10101

=====

FAIL - Backtracking

=====

1A010101

10B10101

=====

FAIL - Backtracking

=====

A1010101

=====

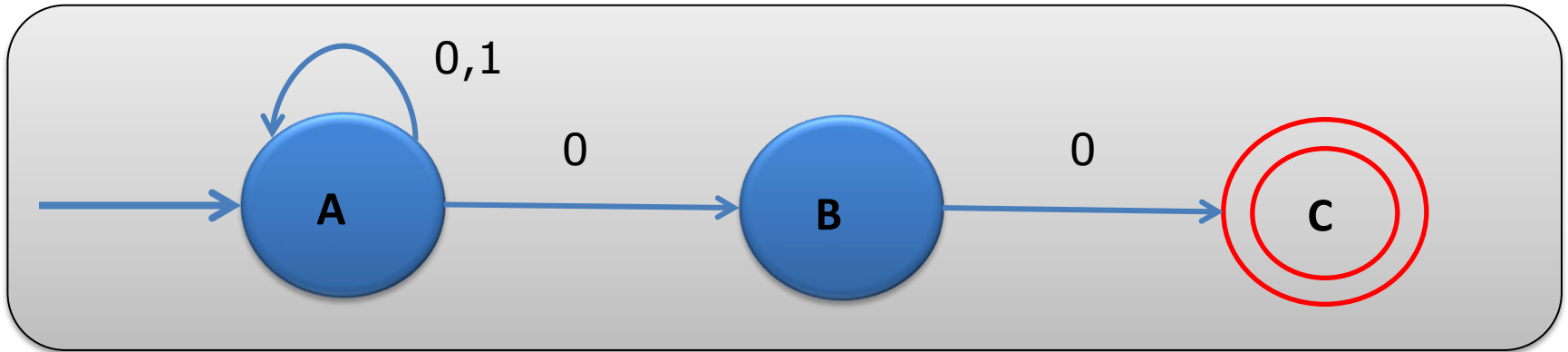
**FAIL**

=====

Palavra Não Reconhecida pelo Autômato (a entrada não é múltiplo de 4)



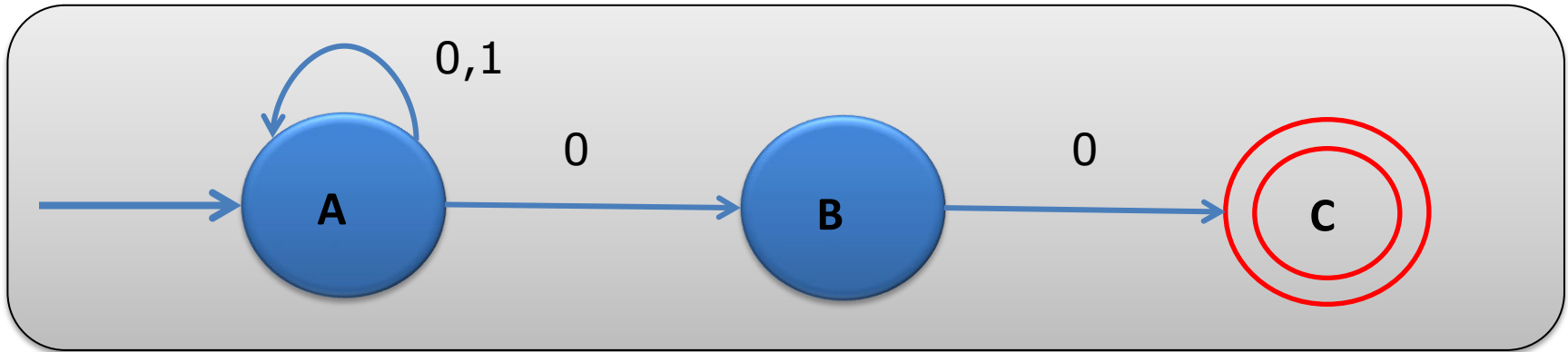
## Conversão de AFND para AFD



Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}		

## Conversão de AFND para AFD

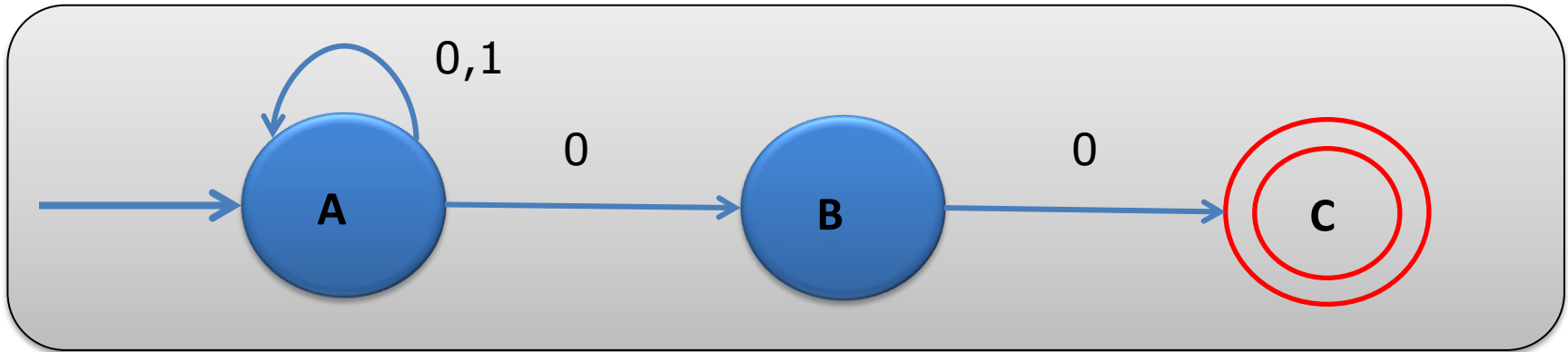


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	

A entrada do símbolo 0 pode ocasionar o deslocamento para os estados A ou B: {A , B}

## Conversão de AFND para AFD

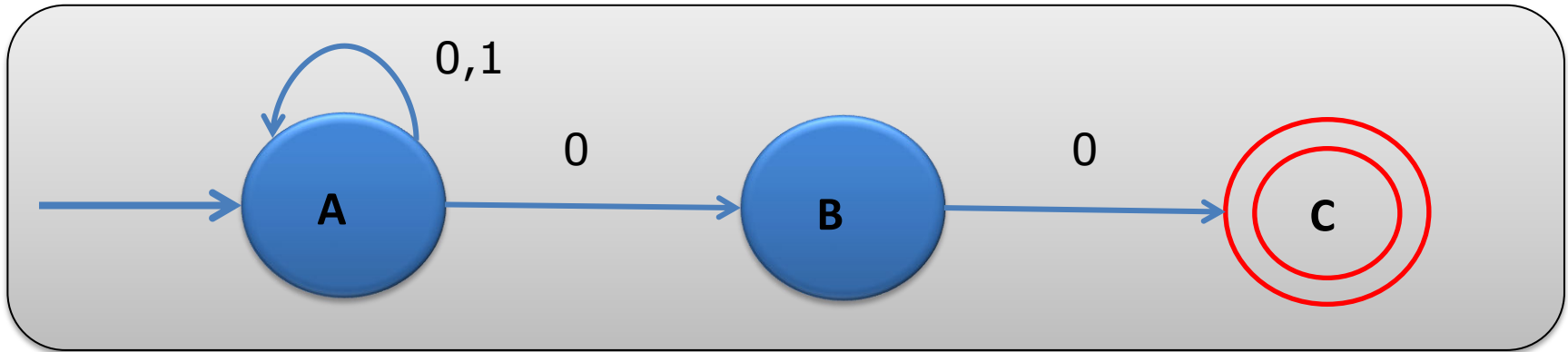


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}

Dos conjuntos gerados após a entradas dos símbolos 0 e 1, deve se analisar aqueles que não foram tratados ainda, neste caso o conjunto {A , B}

## Conversão de AFND para AFD

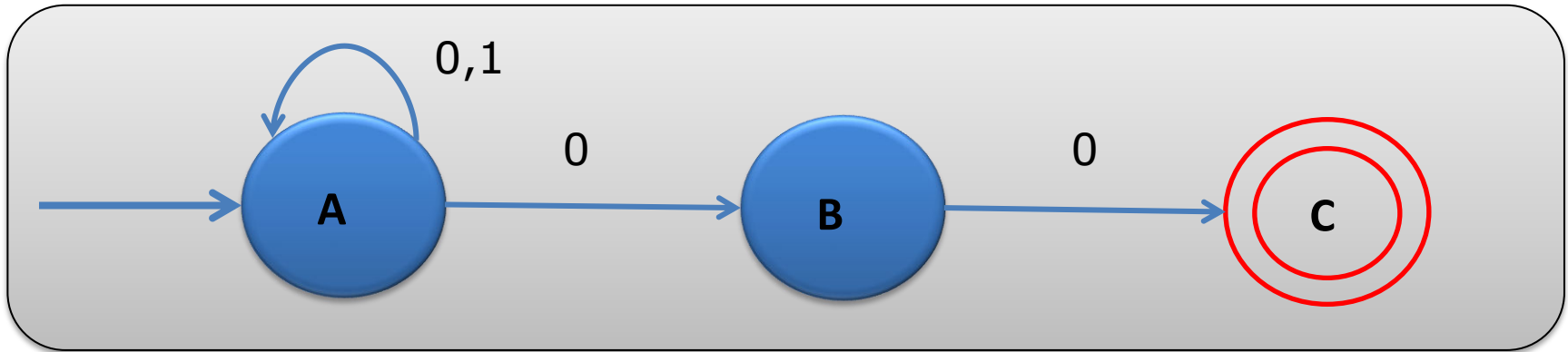


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}		

Deve-se analisar a transição da união {A , B}, para cada símbolo de entrada

# Conversão de AFND para AFD

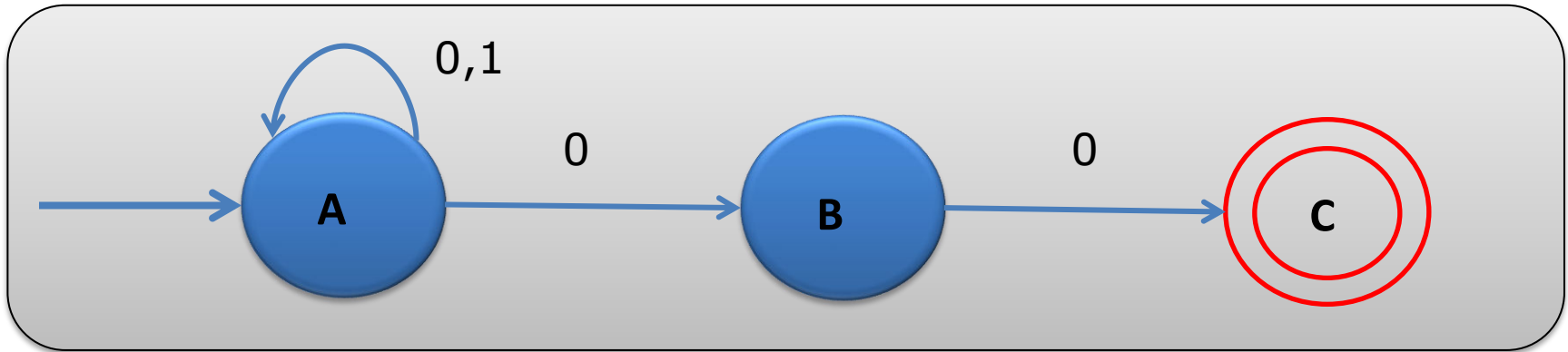


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}	{A,B,C}	

Para o estado A, com o símbolo de entrada 0, é deslocado para os estados A ou B.  
 Para o estado B, com o símbolo de entrada 0, é deslocado para o estado C.

## Conversão de AFND para AFD

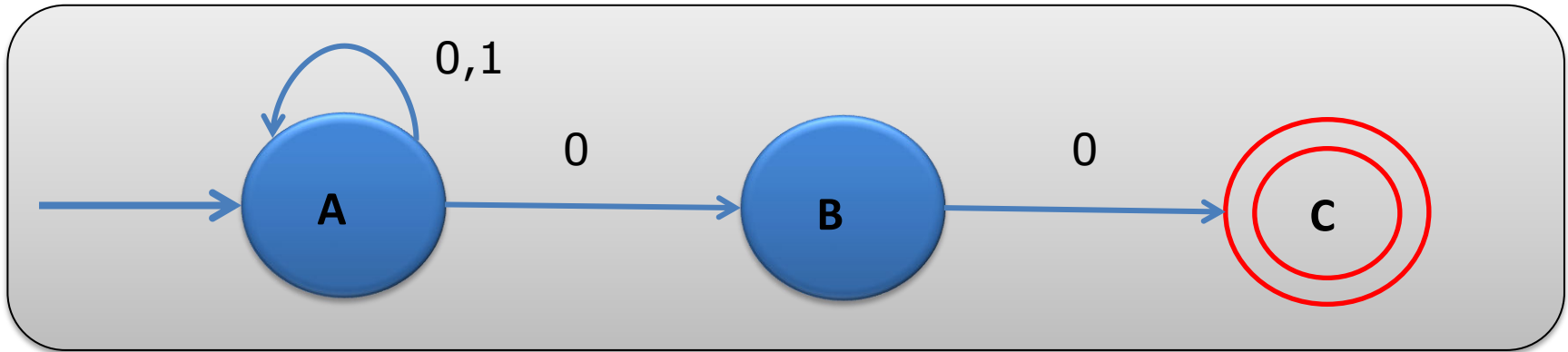


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}	{A,B,C}	{A}

Para o estado A, com o símbolo de entrada 1, é deslocado para os estados A.  
Para o estado B, com o símbolo de entrada 1, não existe deslocamento de estado.

## Conversão de AFND para AFD

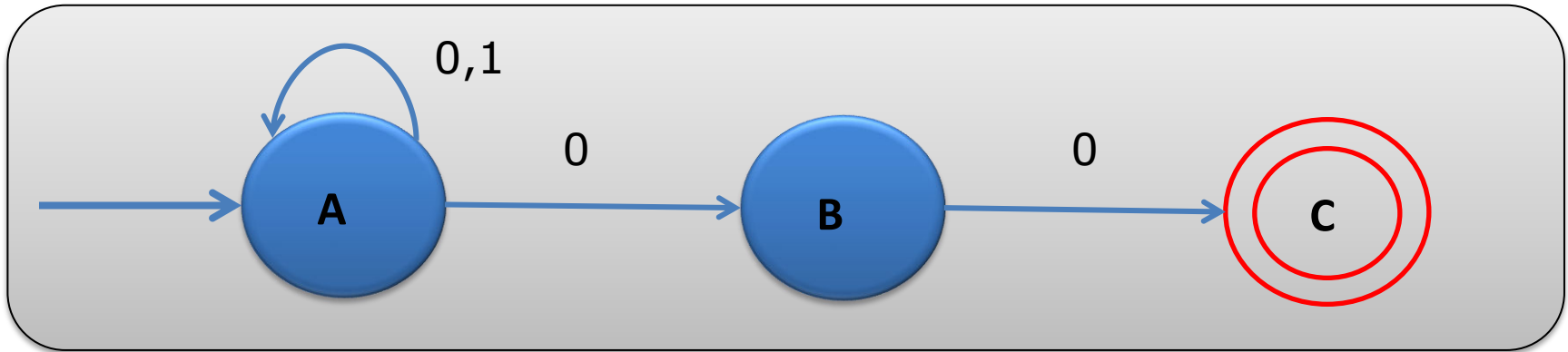


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}	{A , B , C}	{A}

Dos conjuntos formados deve se analisar aquele que não foi tratado ainda, neste caso {A , B , C}

## Conversão de AFND para AFD



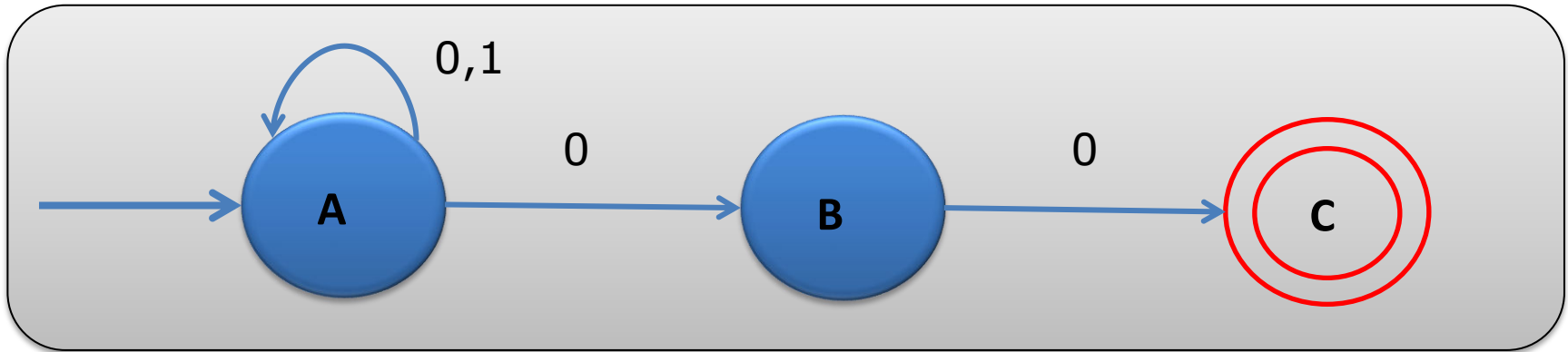
Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}	{A , B , C}	{A}
{A , B , C}		

Realizando a análise para os símbolos de entrada 0 e 1



## Conversão de AFND para AFD

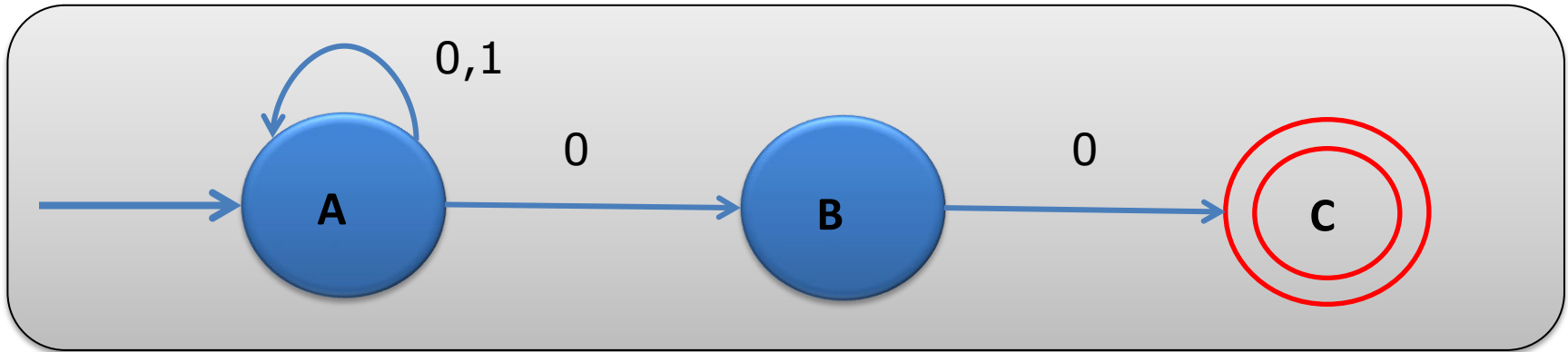


Estado Inicial

Estado	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	{A , B}	{A}
{A , B}	{A , B , C}	{A}
{A , B , C}	{A , B , C}	{A}

Não tem novos conjuntos gerados se finaliza o procedimento de transição.

# Conversão de AFND para AFD

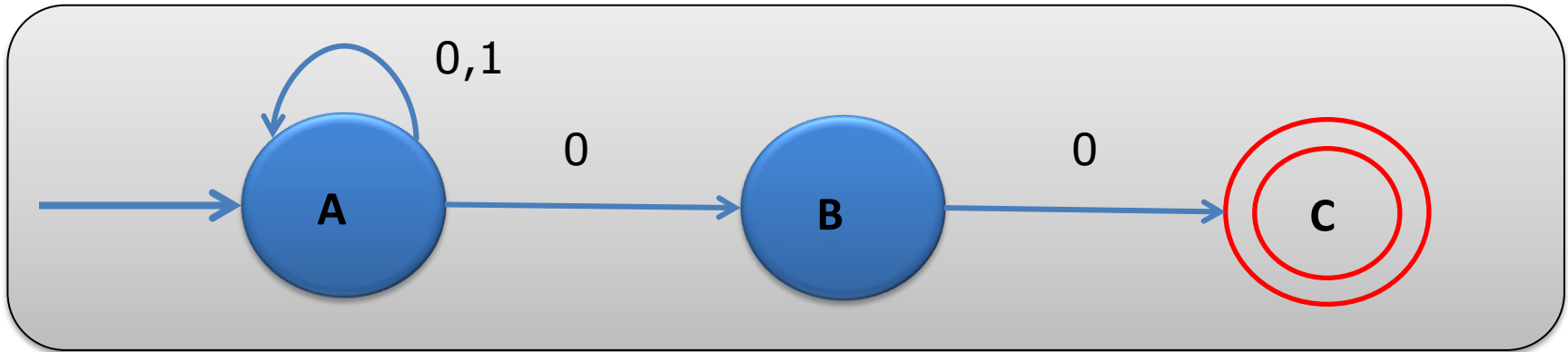


Estado Inicial

Estado	Novos Estados	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	<b>e0 (inicial)</b>	{A , B}	{A}
{A , B}	<b>e1</b>	{A , B , C}	{A}
{A , B , <b>C</b> }	<b>e2 (final)</b>	{A , B , C}	{A}

O estado final é aquele que contem o conjunto com o estado final do AFND original, ou seja "**C**"

# Conversão de AFND para AFD

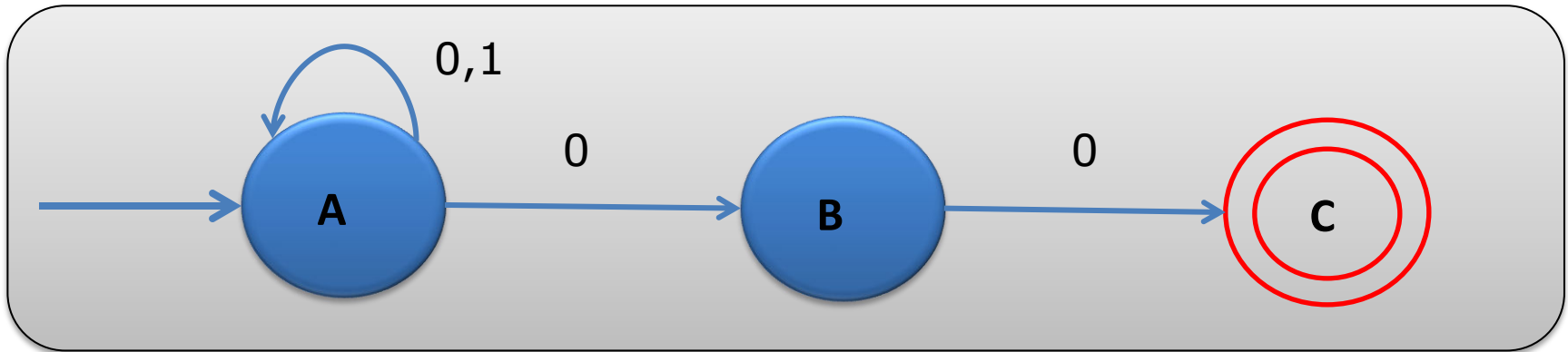


Estado Inicial

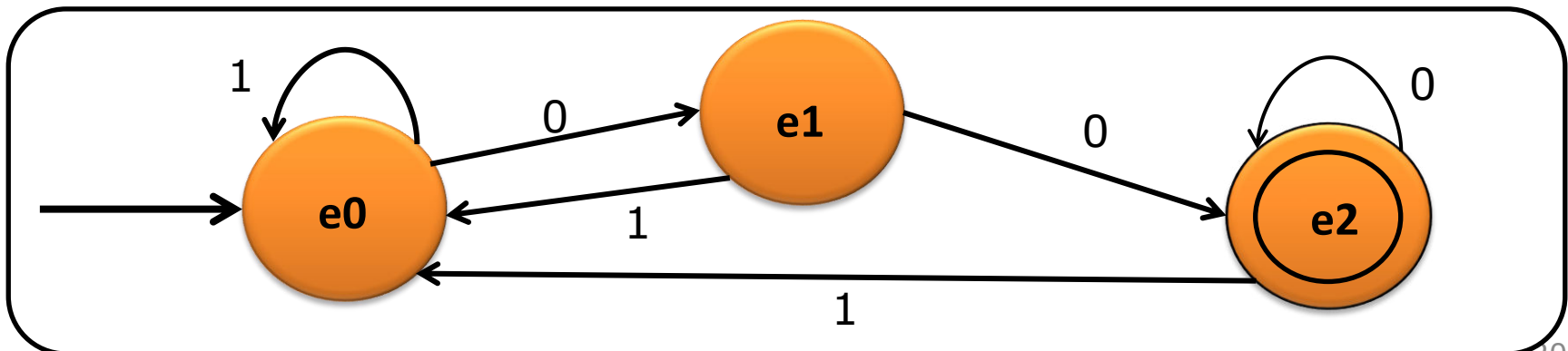
Estado	Novos Estados	Símbolo 0	Símbolo 1
{A}	<b>e0 (inicial)</b>	{A , B} <b>(e1)</b>	{A} <b>(e0)</b>
{A , B}	<b>e1</b>	{A , B , C} <b>(e2)</b>	{A} <b>(e0)</b>
{A , B , <b>C</b> }	<b>e2 (final)</b>	{A , B , C} <b>(e2)</b>	{A} <b>(e0)</b>

Renomeando os estados

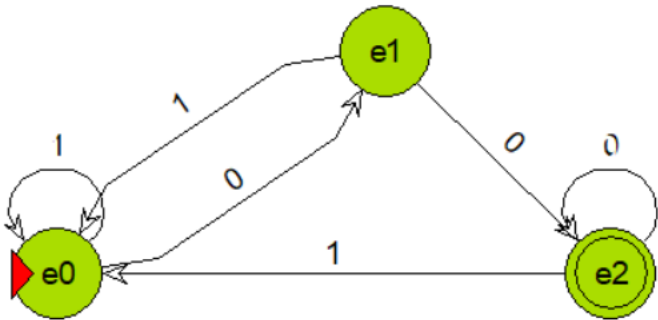
# Conversão de AFND para AFD



	Estado	Novos Estados	Símbolo 0	Símbolo 1
Estado Inicial	{A}	<b>e0 (inicial)</b>	{A , B} ( <b>e1</b> )	{A} ( <b>e0</b> )
	{A , B}	<b>e1</b>	{A , B , C} ( <b>e2</b> )	{A} ( <b>e0</b> )
	{A , B , <b>C</b> }	<b>e2 (final)</b>	{A , B , C} ( <b>e2</b> )	{A} ( <b>e0</b> )



# Analizando o Autômato Equivalente



Entrada: 1010100

e0**1**010100  
 1e0**0**10100  
 10e**1**10100  
 101e**0**0100  
 1010e**1**100  
 10101e**0**0  
 101010e**1**0  
 1010100e**2**

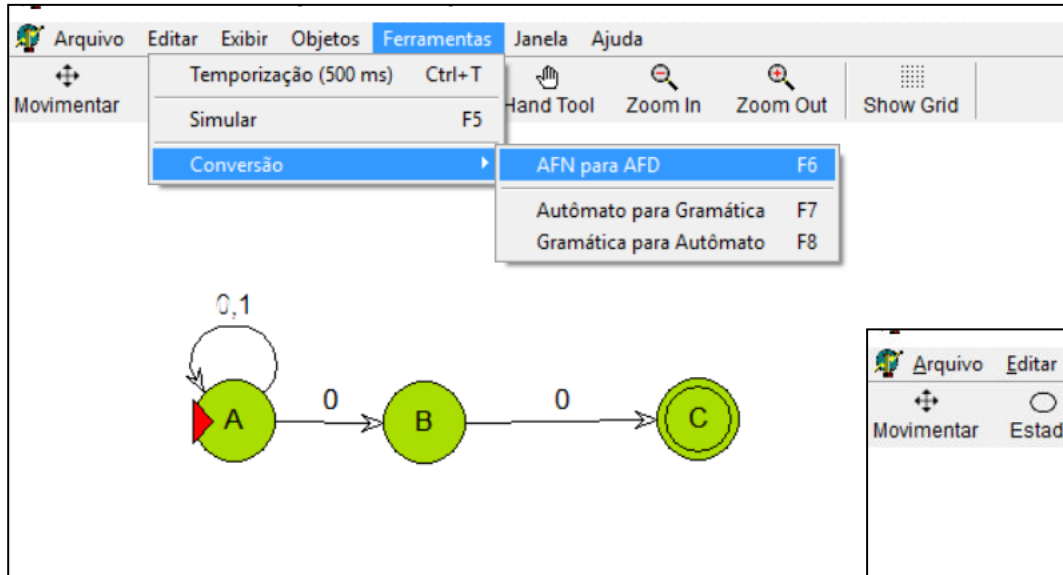
=====  
**SUCCESS**

Entrada: 1010101

e0**1**010101  
 1e0**0**10101  
 10e**1**10101  
 101e**0**0101  
 1010e**1**101  
 10101e**0**01  
 101010e**1**1  
 1010101e**0**

=====  
 FAIL - Backtracking  
 =====  
 e0**1**010101  
 =====  
**FAIL**  
 =====

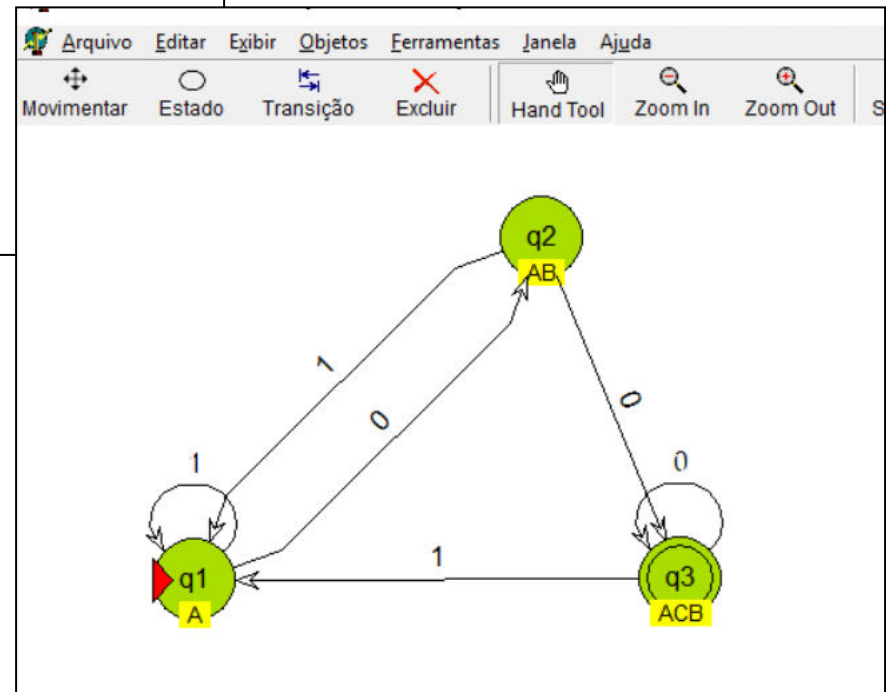
# Conversor usando o Simulador de Autômatos



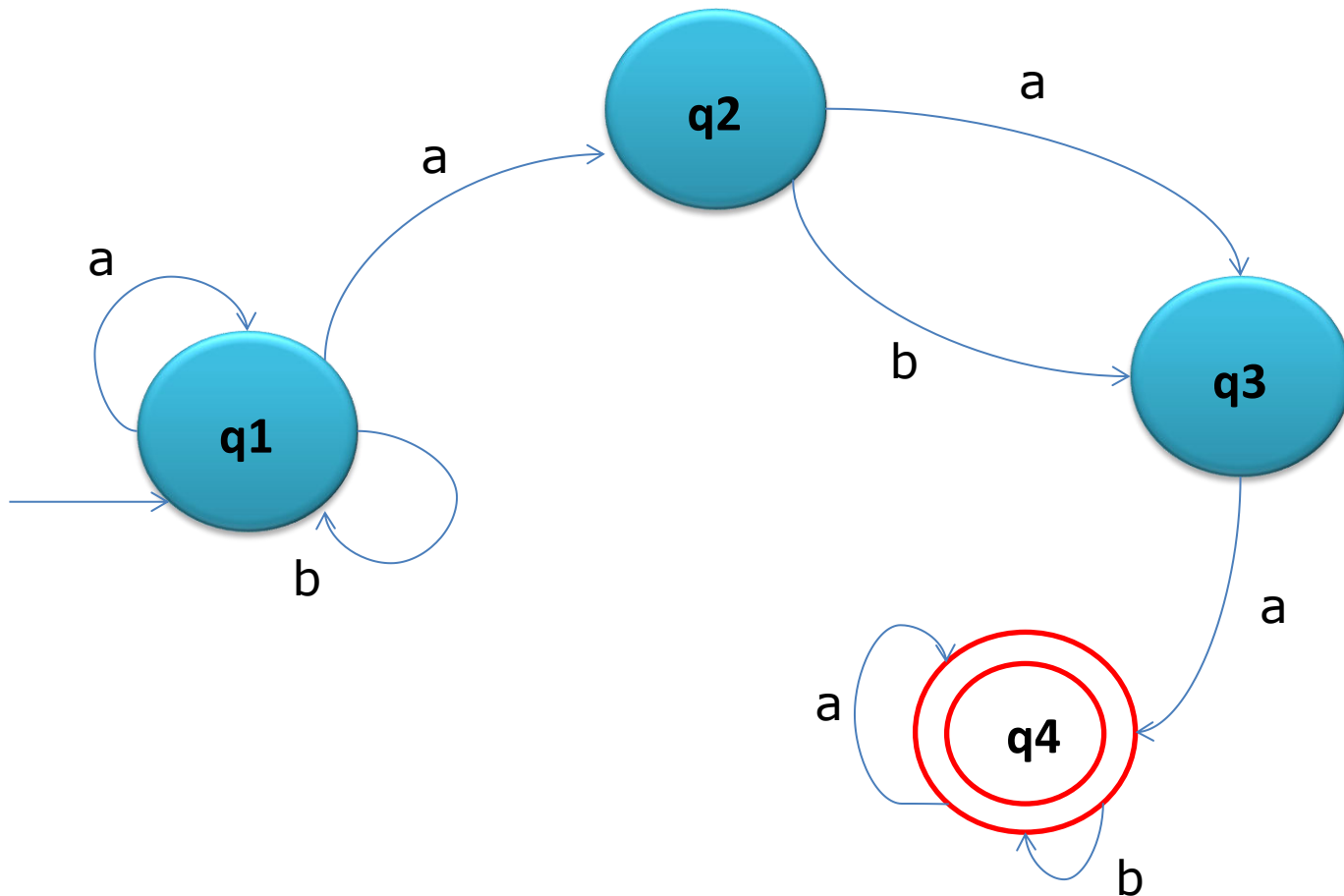
**Entrada: 1010100**

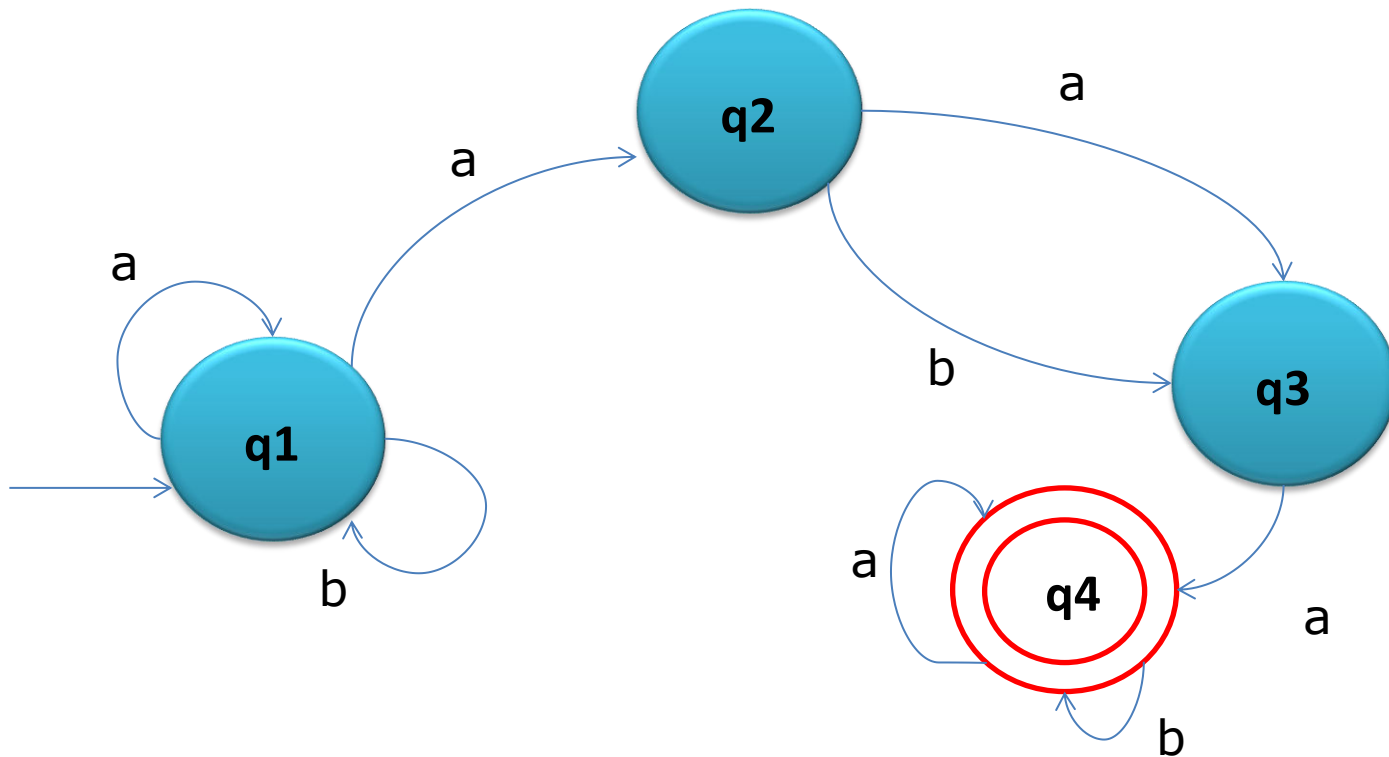
q11010100  
 1q1010100  
 10q210100  
 101q10100  
 1010q2100  
 10101q100  
 101010q20  
 1010100q3

=====  
 SUCCESS  
 =====



## Exemplo 2 – Conversão de AFND para AFD

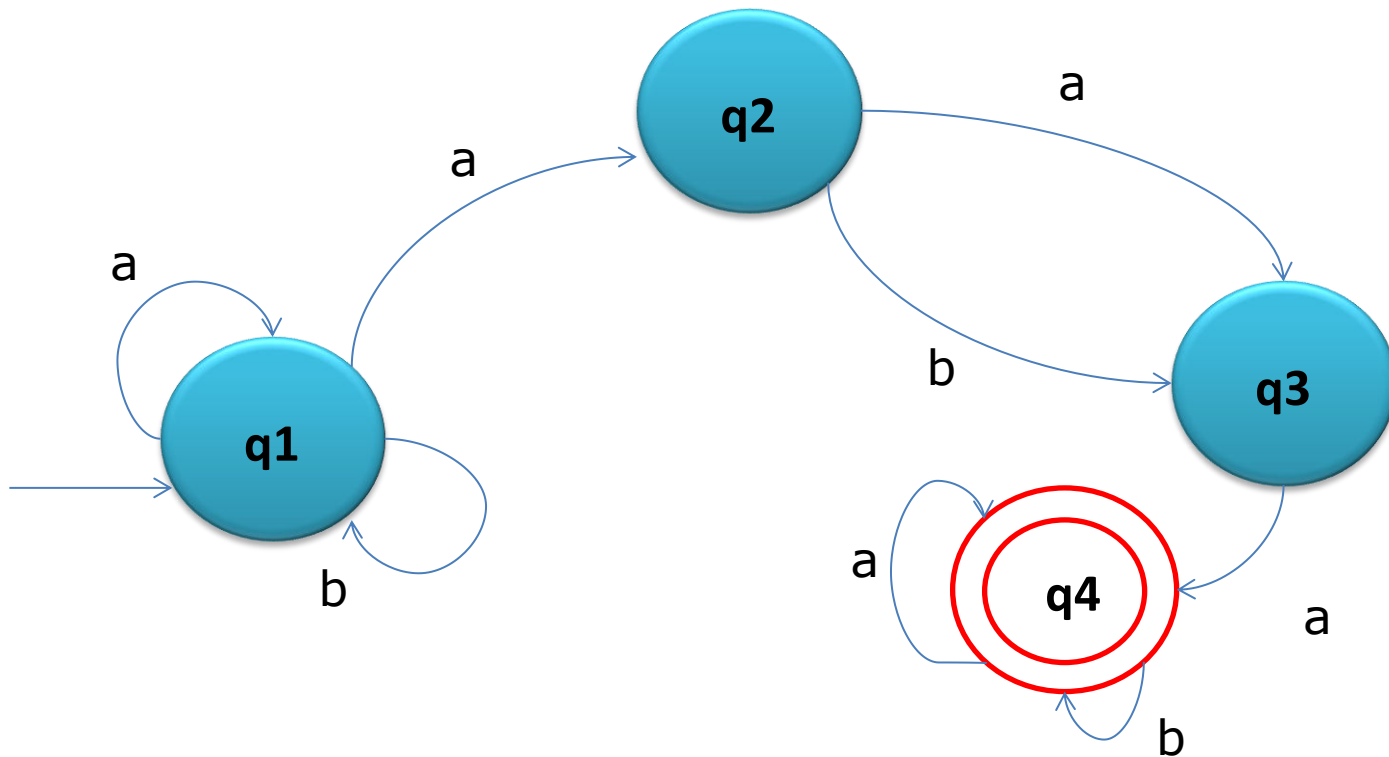




Estado Inicial

Estado	Símbolo a	Símbolo b
{q1}	{q1 , q2}	{q1}
{q1 , q2}	{q1 , q3}	{q1 , q3}
{q1 , q3}	{q1 , q4}	{q1}
{q1 , q4}	{q1 , q4}	{q1 , q4}

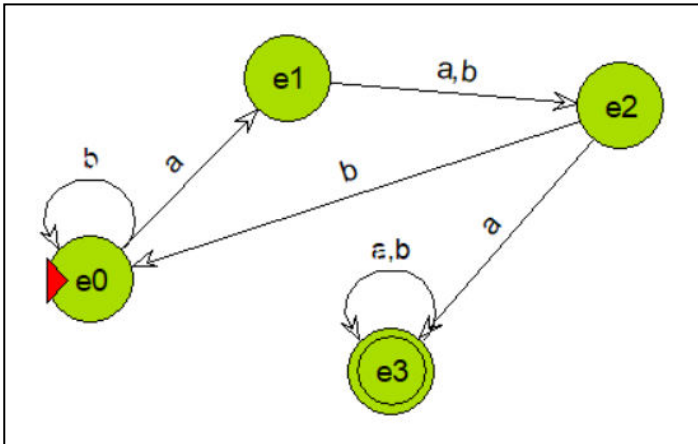




	Estado	Símbolo a	Símbolo b
Estado Inicial	{q1} ( <b>e0</b> )	{q1 , q2} ( <b>e1</b> )	{q1} ( <b>e0</b> )
	{q1 , q2} ( <b>e1</b> )	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )
	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )	{q1} ( <b>e0</b> )
Estado Final	{q1 , <b>q4</b> } ( <b>e3</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )

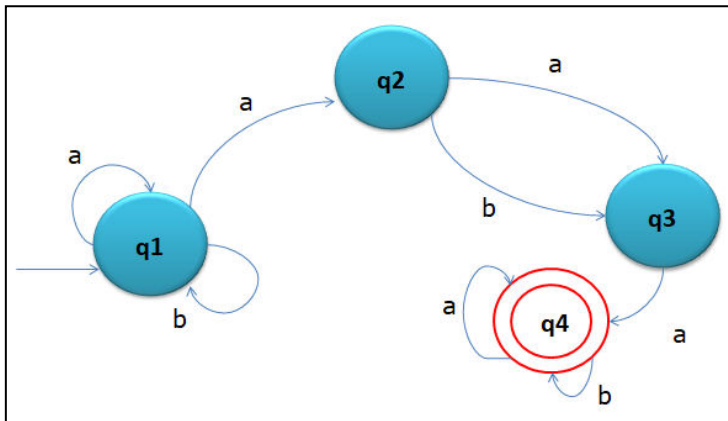
	Estado	Símbolo a	Símbolo b
Estado Inicial	{q1} ( <b>e0</b> )	{q1 , q2} ( <b>e1</b> )	{q1} ( <b>e0</b> )
	{q1 , q2} ( <b>e1</b> )	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )
	{q1 , q3} ( <b>e2</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )	{q1} ( <b>e0</b> )
Estado Final	{q1 , <b>q4</b> } ( <b>e3</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )	{q1 , q4} ( <b>e3</b> )

Entrada: abaabaa



**e0**abaabaa  
 ae**1b**aabaa  
 abe**2a**abaa  
 abae**3a**baa  
 abaa**e3b**aa  
 abaabe**3a**a  
 abaabae**3a**  
 abaabaa**e3**

=====  
 SUCCESS  
 =====



Entrada: abaabaa

q1**a**baabaa  
 aq1**b**aabaa  
 abq1**a**abaa  
 abaq1**a**baa  
 abaaq1**b**aa  
 abaabq1**a**a  
 abaabaq1**a**  
 abaabaaq1  
 =====

FAIL - Backtracking

=====

abaabaq1**a**  
 abaabaaq2**b**  
 =====

FAIL - Backtracking

=====

abaabq1**a**a  
 abaabaq2**a**  
 abaabaaq3**b**  
 =====

FAIL - Backtracking

=====

abaaq1**b**aa  
 =====  
 FAIL - Backtracking  
 =====

abaq1**a**baa  
 abaaq2**b**aa  
 abaabq3**a**a  
 abaabaq4**a**  
 abaabaaq4  
 =====  
 SUCCESS  
 =====

### Exercício 3 – Conversão de AFND para AFD, simulação e análise

