

”

E-fólio A | Folha de resolução para E-fólio



UNIDADE CURRICULAR: Linguagens e Computação

CÓDIGO: 21078

DOCENTE: Jorge Morais

NOME: Paulo Jorge Martins Nicolau

N.º DE ESTUDANTE: 1800465

CURSO: Licenciatura em Engenharia Informática

DATA DE ENTREGA: 7 de Dezembro de 2020

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

1. Construa e teste a expressão regular em notação UNIX para todas as sequências de vogais minúsculas que contêm a subsequência "ai" ou "ui".

Para numa sequência de caracteres formados pelo alfabeto $A=\{a,e,i,o,u\}$, verificar, se a sequência contém a subsequência "ai" ou "ui" a expressão regular será a seguinte: $(a+e+i+o+u)^*(a+u)i(a+e+i+o+u)^*$

Em notação UNIX: $[aeiou]^*[au]i[aeiou]^*$

Esta expressão regular irá aceitar todas as sequências que sejam "ai" ou "ui" ou em que exista pelo menos uma destas subsequências, na sequência.

2. Construa o NFA- ϵ correspondente, usando a construção de Thompson.

O NFA- ϵ que corresponde à expressão regular anterior, seguindo as regras colocadas no livro da bibliografia da UC, é o seguinte:

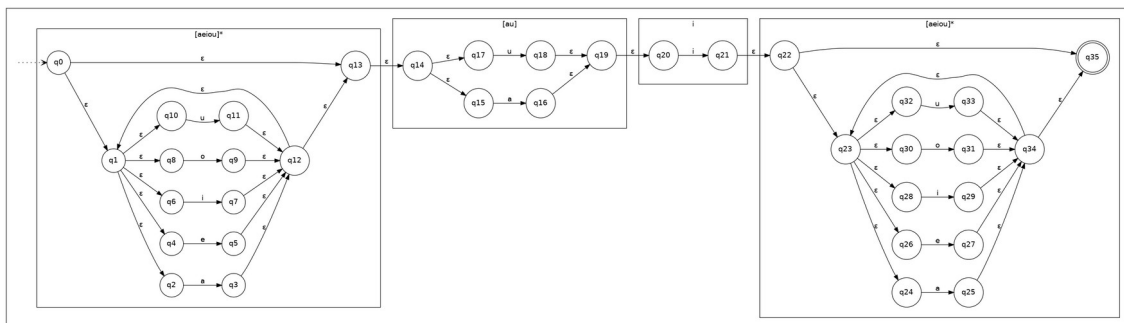


Diagrama 1: NFA- ϵ Completo (cada agrupamento de estados corresponde a uma parte da parte da Expressão Regular)

Nota: Diagramas NFA- ϵ desenhados com o software Graphviz, em Visual Studio Code

De modo a simplificar o diagrama anterior, de forma a ficar mais perceptível o funcionamento pretendido, foram colocadas algumas transições semelhantes apenas numa transição, ficando o diagrama como mostra a seguinte imagem, no entanto vai ser utilizado apenas o NFA- ϵ completo, nas restantes questões.

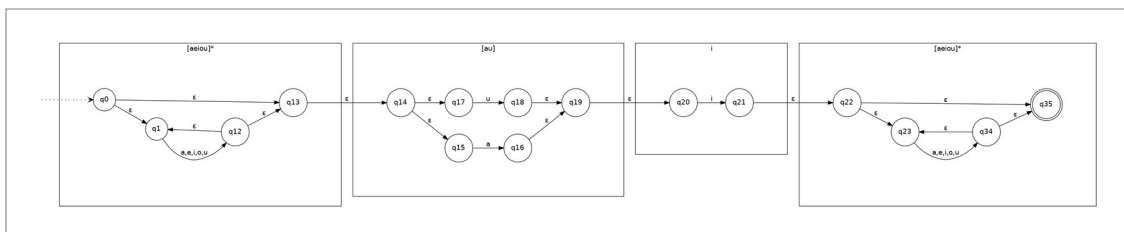


Diagrama 2: NFA- ϵ Simplificando as Transições Semelhantes

3. Transforme-o num DFA, minimizando o número de estados.

De forma a converter o NFA- ϵ (diagrama completo) obtido num DFA primeiro é necessário calcular o ϵ -closure do estado inicial, ou seja q_0 .

$$\epsilon\text{-closure}(q_0) = \{q_0, q_1, q_2, q_4, q_6, q_8, q_{10}, q_{13}, q_{14}, q_{15}, q_{17}\}$$

Em seguida, o resultado anterior será considerado como estado inicial, no futuro DFA que se irá obter. Assim, a seguinte tabela apresenta a tabela de transições de estado obtidas, após calcular os movimentos que são realizados com base nos input fornecidos e calculando os ϵ -closure dos novos estados.

Tabela 1: De modo a simplificar o nome dos estados foi utilizado apenas a parte numérica do nome dos estados, do diagrama, e colocado apenas a letra da nova designação nas colunas de transições.

Nova Designação	Estado (q)	a	e	i	o	u
→ A	{0,1,2,4,6,8,10,13,14,15,17}	B	C	D	E	F
B	{1,2,3,4,6,8,10,12,13,14,15,16,17,19,20}	B	C	G	E	F
C	{1,2,4,5,6,8,10,12,13,14,15,17}	B	C	D	E	F
D	{1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,15,17}	B	C	D	E	F
E	{1,2,4,6,8,9,10,12,13,14,15,17}	B	C	D	E	F
F	{1,2,4,6,8,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20}	B	C	G	E	F
*G	{1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,15,17,21,22,23,24,26,28,30,32,35}	H	I	J	K	L
*H	{1,2,3,4,6,8,10,12,13,14,15,16,17,19,20,23,24,25,26,28,30,32,34,35}	H	I	M	K	L
*I	{1,2,4,5,6,8,10,12,13,14,15,17,23,24,26,27,28,30,32,34,35}	H	I	J	K	L
*J	{1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,15,17,23,24,26,28,29,30,32,34,35}	H	I	J	K	L
*K	{1,2,4,6,8,9,10,12,13,14,15,17,23,24,26,28,30,31,32,34,35}	H	I	J	K	L
*L	{1,2,4,6,8,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,23,24,26,28,30,32,33,34,35}	H	I	M	K	L
*M	{1,2,4,6,7,8,10,12,13,14,15,17,21,22,23,24,26,28,30,32,34,35}	H	I	J	K	L

Como o estado q_{35} é o estado de aceitação, todos os estados novos que contenham este estado no nome, serão também eles considerados estados de aceitação.

A forma de conversão utilizada, para se obter a tabela anterior foi o método ϵ -closure, tendo visualizado este [vídeo](#), para entender o funcionamento do método.

O diagrama obtido após a aplicação do método, e que será mostrado em seguida, é já um DFA, no entanto não é um DFA minimizado, pelo que será preciso aplicar um outro método para minimizar o diagrama seguinte.

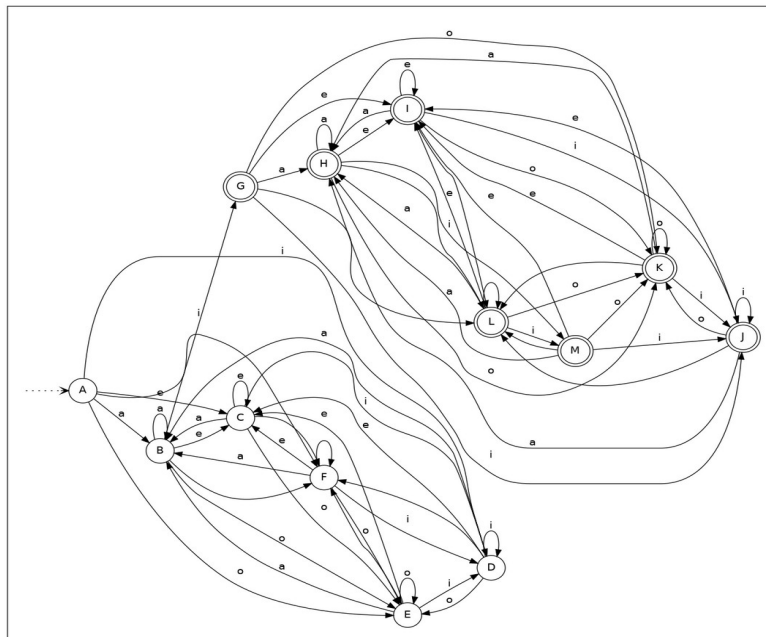


Diagrama 3: DFA Não minimizado

Para minimizar o DFA anterior, foi utilizado o método da Semi-Matriz, que se encontra explicado no capítulo 4 do livro da bibliografia da UC, no sub-capítulo 4 (4.4 – Equivalência e Minimização de Autômatos) e também explicado neste [vídeo](#).

Os passos efetuados são mostrados a seguir, juntamente com a matriz obtida.

O primeiro passo foi marcar as quadriculas em que o par de estados, é formado por um estado de aceitação e outro estado de não aceitação.

	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B
A	x	x	x	x	x	x	x	x				x
B	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
C	x	x	x	x	x	x	x	x				
D	x	x	x	x	x	x	x	x				
E	x	x	x	x	x	x	x	x				
F	x	x	x	x	x	x	x	x				
G												
H												
I												
J												
K												
L												

	a	e	i	o	u
A	B	C	D		
B	B	C	G		
C	B	C	D		
D	B	C	G		
E	B	C	D		
F	B	C	G		
G	B	C	G		
H	B	C	G		
I	B	C	D		
J	B	C	D		
K	B	C	D		
L	B	C	G		

	a	e	i	o	u
A	B	C	D	E	F
B	B	C	G	E	F
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
G	B	C	G	E	F
H	B	C	G	E	F
I	B	C	D	E	F
J	B	C	D	E	F
K	B	C	D	E	F
L	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

	a	e	i	o	u
C	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
D	B	C	D	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F
E	B	C	D	E	F
F	B	C	G	E	F

Em cada tabela é comparado, um par de estados que não foi marcado, no passo inicial.

Em cor de laranja são marcados os estados de chegada, com o input fornecido, desde os estados que se estão a comparar, que levam a uma posição marcada, sendo que essa posição será marcada e não é necessário continuar comparações para esse par.

Em cor amarela, são marcados estados, que levam a pares que não estavam marcados durante a comparação, mas poderiam vir a ser marcados, numa outra comparação, o que fariam que caso esse par fosse marcado todos os pares que levavam a esse par também seriam marcados.

Após chegar ao final de todos os passos do método e observando a matriz obtida verifica-se que os estados A, C, D e E são equivalentes e que formaram um novo estado designado por W, que como contém o estado inicial A, do DFA anterior, então também será o estado inicial no DFA minimizado.

	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B
A	x	x	x	x	x	x	x	x				x
B	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
C	x	x	x	x	x	x	x	x				
D	x	x	x	x	x	x	x	x				
E	x	x	x	x	x	x	x	x				
F	x	x	x	x	x	x	x					
G												
H												
I												
J												
K												
L												

Os estados B e F são também eles equivalentes e podem formar um novo estado designado por X.

E finalmente os estados G, H, I, J, K, L e M são também eles equivalentes e como são estados de aceitação no diagrama anterior, então o novo estado formado, designado por Y, também será de aceitação no diagrama minimizado.

Assim o DFA minimizado que resulta é o apresentado em seguida:

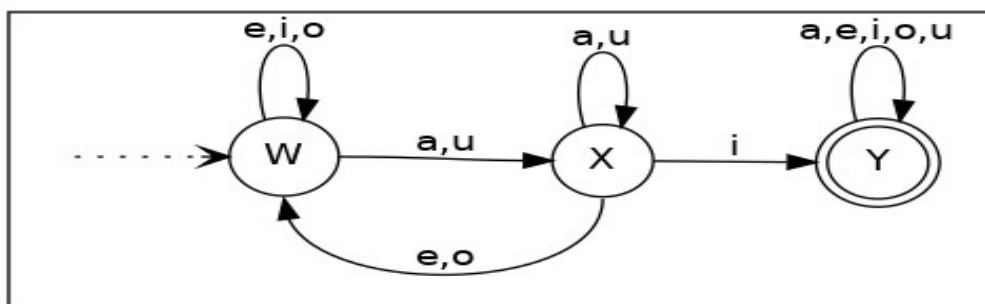


Diagrama 4: DFA Minimizado

O DFA obtido é representado algebricamente pelo seguinte 5-tuplo:

$$Z = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F):$$

$$Q = \{W, X, Y\}$$

$$\Sigma = \{a, e, i, o, u\}$$

$$\delta = \begin{pmatrix} (W, a) = X & , (W, e) = W & , (W, i) = W & , (W, o) = W & , (W, u) = X \\ (X, a) = X & , (X, e) = W & , (X, i) = Y & , (X, o) = W & , (X, u) = X \\ (Y, a) = Y & , (Y, e) = Y & , (Y, i) = Y & , (Y, o) = Y & , (Y, u) = Y \end{pmatrix}$$

$$q_0 = \{W\}$$

$$F = \{Y\}$$

4. Usando a ferramenta UAbALL, teste todas as sequências do alfabeto de tamanho menor ou igual a 3. Inclua no relatório uma imagem com o ecrã da aplicação para este DFA, bem como a tabela da simulação.

A imagem seguinte é o ecrã da aplicação UabALL, com a informação da tabela de simulação colocada na aplicação e o DFA gerado pela própria aplicação.

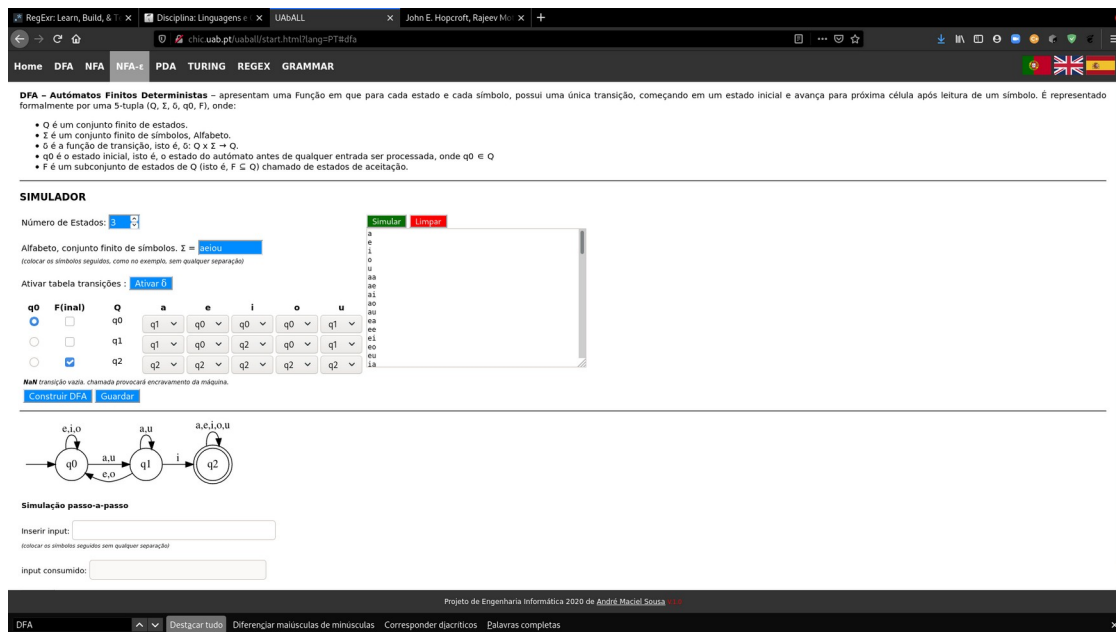


Imagem 1: Screenshot Aplicação

Tabela 2: Tabela de Transição de Estados com respetiva equivalência no nome de estados na aplicação e no diagrama realizado

Estado	a	e	i	o	u
q0 (W)	q1 (X)	q0 (W)	q0 (W)	q0 (W)	q1 (X)
q1 (X)	q1 (X)	q0 (W)	q2 (Y)	q0 (W)	q1 (X)
q2 (Y)	q2 (Y)	q2 (Y)	q2 (Y)	q2 (Y)	q2 (Y)

Para testar a aplicação foi utilizada a seguinte lista de palavras, tendo-se obtido o resultado que aparece nas seguintes imagens.

```

a e i o u aa ae ai ao au ea ee ei eo eu ia ie ii io iu
oa oe oi oo ou ua ue ui uo uu aaa aae aai aao aau aea
aee aei aeo aeu aia aie aii aio aiu aoa aoe aoi aoo aou
aua aue aui auo auu eaa eae eai eao eau eea eee eei eeo
eiu eia eie eii eio eiu eoa eoe eoi eoo eou eua eue eui
euo euu iaa iae iai iao iau iea iee iei ieo ieu iia iie
iii iio iiu ioa ioe ioi ioo iou iua iue iui iuo iuu oaa
oae oai oao oau oea oee oei oeo oeu oia oie oii oio oiu
ooa ooe ooi ooo ouu oua oue oui ouo ouu uaa uae uai uao
uau uea uee uei ueo ueu uia uie uii uio uiu uoa uoe uoi
uoo uou uua uue uui uuo uuu

```

Lista de Palavras

Simular Limpar		
input	resultado	input consumido
a	Falha. Alcançou o estado não final q1	a[]
e	Falha. Alcançou o estado não final q0	e[]
i	Falha. Alcançou o estado não final q0	i[]
o	Falha. Alcançou o estado não final q0	o[]
u	Falha. Alcançou o estado não final q1	u[]
aa	Falha. Alcançou o estado não final q1	aa[]
ae	Falha. Alcançou o estado não final q0	ae[]
ai	Sucesso! Estado final alcançado q2	ai[]
ao	Falha. Alcançou o estado não final q0	ao[]
au	Falha. Alcançou o estado não final q1	au[]
ea	Falha. Alcançou o estado não final q1	ea[]
ee	Falha. Alcançou o estado não final q0	ee[]
ei	Falha. Alcançou o estado não final q0	ei[]
eo	Falha. Alcançou o estado não final q0	eo[]
eu	Falha. Alcançou o estado não final q1	eu[]
ia	Falha. Alcançou o estado não final q1	ia[]
ie	Falha. Alcançou o estado não final q0	ie[]
ii	Falha. Alcançou o estado não final q0	ii[]
io	Falha. Alcançou o estado não final q0	io[]
iu	Falha. Alcançou o estado não final q1	iu[]
oa	Falha. Alcançou o estado não final q1	oa[]
oe	Falha. Alcançou o estado não final q0	oe[]
oi	Falha. Alcançou o estado não final q0	oi[]
oo	Falha. Alcançou o estado não final q0	oo[]
ou	Falha. Alcançou o estado não final q1	ou[]
ua	Falha. Alcançou o estado não final q1	ua[]
ue	Falha. Alcançou o estado não final q0	ue[]
ui	Sucesso! Estado final alcançado q2	ui[]
uo	Falha. Alcançou o estado não final q0	uo[]
uu	Falha. Alcançou o estado não final q1	uu[]
aaa	Falha. Alcançou o estado não final q1	aaa[]
aae	Falha. Alcançou o estado não final q0	aae[]
aa1	Sucesso! Estado final alcançado q2	aa1[]
aa0	Falha. Alcançou o estado não final q0	aa0[]
aa1	Falha. Alcançou o estado não final q1	aa1[]
aea	Falha. Alcançou o estado não final q1	aea[]
aee	Falha. Alcançou o estado não final q0	aee[]

Imagem 2: Simulações

aei	Falha. Alcançou o estado não final q0	aei[]
aeo	Falha. Alcançou o estado não final q0	aeo[]
aeu	Falha. Alcançou o estado não final q1	aeu[]
aia	Sucesso! Estado final alcançado q2	aia[]
aie	Sucesso! Estado final alcançado q2	aie[]
aii	Sucesso! Estado final alcançado q2	aii[]
aio	Sucesso! Estado final alcançado q2	aio[]
aiu	Sucesso! Estado final alcançado q2	aiu[]
aoa	Falha. Alcançou o estado não final q1	aoa[]
aoe	Falha. Alcançou o estado não final q0	aoe[]
aoi	Falha. Alcançou o estado não final q0	aoi[]
aoo	Falha. Alcançou o estado não final q0	aoo[]
aou	Falha. Alcançou o estado não final q1	aou[]
aua	Falha. Alcançou o estado não final q1	aua[]
aue	Falha. Alcançou o estado não final q0	aue[]
aur	Sucesso! Estado final alcançado q2	aur[]
aou	Falha. Alcançou o estado não final q0	aou[]
auu	Falha. Alcançou o estado não final q1	auu[]
eea	Falha. Alcançou o estado não final q1	eea[]
eeb	Falha. Alcançou o estado não final q0	eeb[]
eei	Falha. Alcançou o estado não final q0	eei[]
eeo	Falha. Alcançou o estado não final q0	eeo[]
eeu	Falha. Alcançou o estado não final q1	eeu[]
eia	Falha. Alcançou o estado não final q1	eia[]
eie	Falha. Alcançou o estado não final q0	eie[]
eii	Falha. Alcançou o estado não final q0	eii[]
eio	Falha. Alcançou o estado não final q0	eio[]
uiu	Falha. Alcançou o estado não final q1	uiu[]
uoa	Falha. Alcançou o estado não final q1	uoa[]
uoe	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoe[]
uoi	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoi[]
uoo	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoo[]
uou	Falha. Alcançou o estado não final q1	uou[]
uea	Falha. Alcançou o estado não final q1	uea[]
uee	Falha. Alcançou o estado não final q0	uee[]
eui	Sucesso! Estado final alcançado q2	eui[]

Imagem 3: Simulações

euo	Falha. Alcançou o estado não final q0	euo[]
euu	Falha. Alcançou o estado não final q1	euu[]
iaa	Falha. Alcançou o estado não final q1	iaa[]
iae	Falha. Alcançou o estado não final q0	iae[]
iai	Sucesso! Estado final alcançado q2	iai[]
iao	Falha. Alcançou o estado não final q0	iao[]
iau	Falha. Alcançou o estado não final q1	iau[]
iea	Falha. Alcançou o estado não final q1	iea[]
iee	Falha. Alcançou o estado não final q0	iee[]
iei	Falha. Alcançou o estado não final q0	iei[]
ieo	Falha. Alcançou o estado não final q0	ieo[]
ieu	Falha. Alcançou o estado não final q1	ieu[]
iia	Falha. Alcançou o estado não final q1	iia[]
iie	Falha. Alcançou o estado não final q0	iie[]
iii	Falha. Alcançou o estado não final q0	iii[]
iio	Falha. Alcançou o estado não final q0	iio[]
iiu	Falha. Alcançou o estado não final q1	iiu[]
ioa	Falha. Alcançou o estado não final q1	ioa[]
ioe	Falha. Alcançou o estado não final q0	ioe[]
ioi	Falha. Alcançou o estado não final q0	ioi[]
ioo	Falha. Alcançou o estado não final q0	ioo[]
iou	Falha. Alcançou o estado não final q1	iou[]
iua	Falha. Alcançou o estado não final q1	iua[]
iue	Falha. Alcançou o estado não final q0	iue[]
iui	Sucesso! Estado final alcançado q2	iui[]
iuo	Falha. Alcançou o estado não final q0	iuo[]
iuu	Falha. Alcançou o estado não final q1	iuu[]
oaa	Falha. Alcançou o estado não final q1	oaa[]
oae	Falha. Alcançou o estado não final q0	oae[]
oai	Sucesso! Estado final alcançado q2	oai[]
oao	Falha. Alcançou o estado não final q0	oao[]
oau	Falha. Alcançou o estado não final q1	oau[]
oea	Falha. Alcançou o estado não final q1	oea[]
oee	Falha. Alcançou o estado não final q0	oee[]
oei	Falha. Alcançou o estado não final q0	oei[]
oeo	Falha. Alcançou o estado não final q0	oeo[]
oeu	Falha. Alcançou o estado não final q1	oeu[]
oia	Falha. Alcançou o estado não final q1	oia[]
oie	Falha. Alcançou o estado não final q0	oie[]
oii	Falha. Alcançou o estado não final q0	oii[]
oio	Falha. Alcançou o estado não final q0	oio[]
oiu	Falha. Alcançou o estado não final q1	oiu[]
oaa	Falha. Alcançou o estado não final q1	oaa[]
ooe	Falha. Alcançou o estado não final q0	ooe[]
ooi	Falha. Alcançou o estado não final q0	ooi[]

Imagem 4: Simulações

ooo	Falha. Alcançou o estado não final q0	ooo[]
oou	Falha. Alcançou o estado não final q1	oou[]
oua	Falha. Alcançou o estado não final q1	oua[]
oue	Falha. Alcançou o estado não final q0	oue[]
oui	Sucesso! Estado final alcançado q2	oui[]
ouo	Falha. Alcançou o estado não final q0	ouo[]
ouu	Falha. Alcançou o estado não final q1	ouu[]
uaa	Falha. Alcançou o estado não final q1	uaa[]
uae	Falha. Alcançou o estado não final q0	uae[]
uai	Sucesso! Estado final alcançado q2	uai[]
uao	Falha. Alcançou o estado não final q0	uao[]
uau	Falha. Alcançou o estado não final q1	uau[]
uea	Falha. Alcançou o estado não final q1	uea[]
uee	Falha. Alcançou o estado não final q0	uee[]
uei	Falha. Alcançou o estado não final q0	uei[]
ueo	Falha. Alcançou o estado não final q0	ueo[]
ueu	Falha. Alcançou o estado não final q1	ueu[]
uia	Sucesso! Estado final alcançado q2	uia[]
uie	Sucesso! Estado final alcançado q2	uie[]
uii	Sucesso! Estado final alcançado q2	uii[]
uio	Sucesso! Estado final alcançado q2	uio[]
uiu	Sucesso! Estado final alcançado q2	uiu[]
uoa	Falha. Alcançou o estado não final q1	uoa[]
uoe	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoe[]
uoi	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoi[]
uoo	Falha. Alcançou o estado não final q0	uoo[]
uou	Falha. Alcançou o estado não final q1	uou[]
uua	Falha. Alcançou o estado não final q1	uua[]
uue	Falha. Alcançou o estado não final q0	uue[]
uui	Sucesso! Estado final alcançado q2	uui[]
uuo	Falha. Alcançou o estado não final q0	uuo[]
uuu	Falha. Alcançou o estado não final q1	uuu[]
	Falha. Alcançou o estado não final q0	[]

Imagem 5: Simulações