

# **Teste baseado em Modelo com *Event Sequence Graphs***

André Takeshi Endo

# Roteiro

- Contextualização
- Teste baseado em Modelo
- *Event Sequence Graphs (ESGs)*
  - Definições e exemplos
  - Geração de testes

# Contextualização

- Exemplo: Funcionalidade de busca (Firefox)

The screenshot displays the UTFPR website interface within a Firefox browser window. The address bar shows 'utfpr.edu.br' and the search bar contains 'Pesquisar'. The website header includes navigation links for 'Participate', 'Information access', 'Legislation', and 'Information channels', along with a search bar and a 'WEBMAIL' link. The main content area features a large banner with the UTFPR logo and several promotional tiles: 'Auxílio estudantil' (Edital 2º semestre disponível), 'Futuros alunos' (sisu), and 'Pesquisa e Inovação' (Conheça os projetos da UTFPR). A sidebar on the left lists various institutional services and news items, such as 'Cooperação', 'Relações Internacionais', 'Gestão', and 'Combate ao Aedes'. The footer contains a search bar with options for 'Localizar na página', 'Realçar tudo', and 'Diferenciar maiúsculas/minúsculas'.

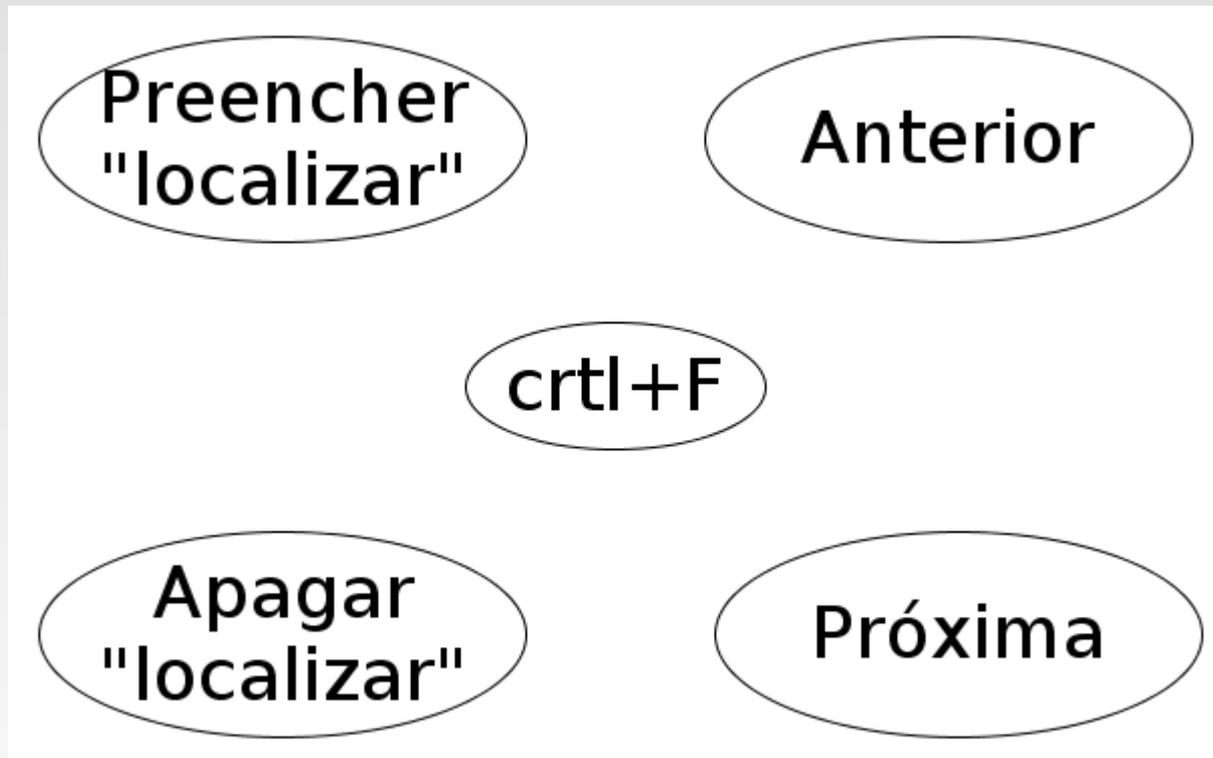
# Contextualização

- Exemplo: Funcionalidade de busca (Firefox)

The screenshot shows the UTFPR website (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) in a Firefox browser window. The address bar shows 'utfpr.edu.br' and the search bar contains 'Pesquisar'. The website header includes navigation links for 'Participate', 'Information access', 'Legislation', and 'Information channels'. Below the header, there are tabs for 'ALUNOS', 'FUTUROS ALUNOS', 'EX-ALUNOS', 'SERVIDORES', and 'COMUNIDADE'. The main content area features a large banner with the UTFPR logo and several promotional tiles: 'Auxílio estudantil' (Edital 2º semestre disponível), 'Futuros alunos' (sisu, Vagas remanescentes, Cursos técnicos integrados, Transferência e aproveitamento de curso), and 'Pesquisa e Inovação' (Conheça os projetos da UTFPR). A sidebar on the left contains a menu with categories like 'Pró-Reitorias', 'Assessorias e Diretorias', and 'A INSTITUIÇÃO'. The bottom of the page has a search bar with the text 'Localizar na página' and a dropdown menu. Two red arrows point to the search bar and the dropdown menu, highlighting the search functionality.

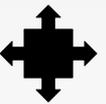
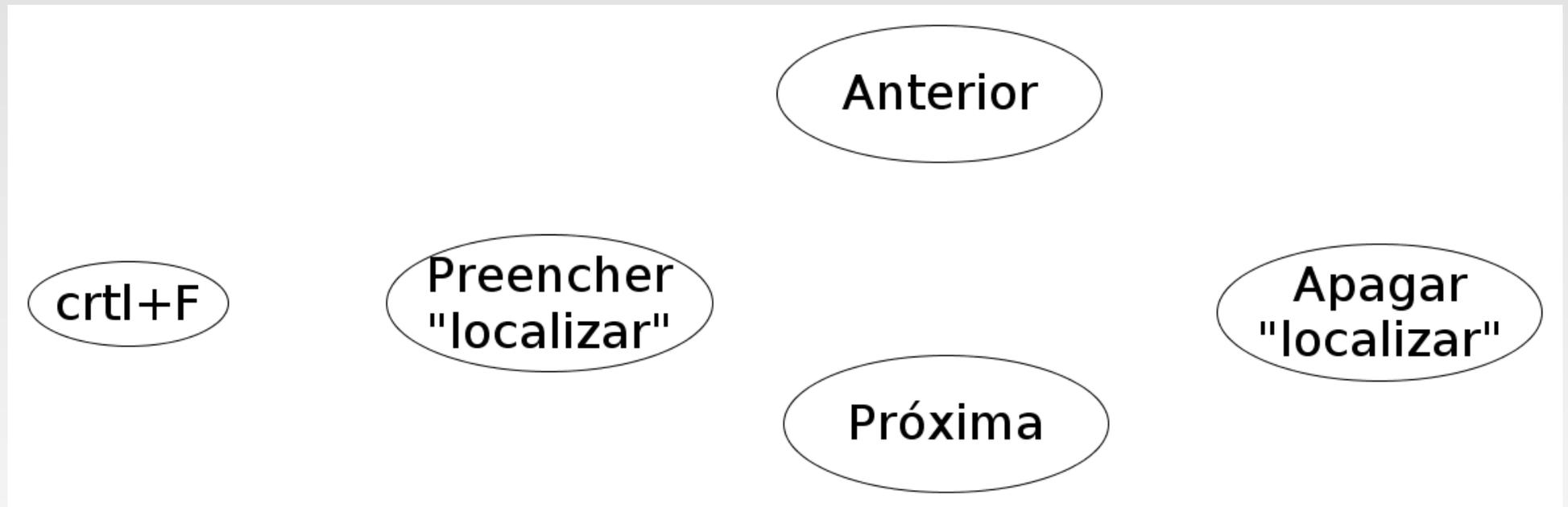
# Contextualização

- **Exemplo:** Funcionalidade de busca (Firefox)



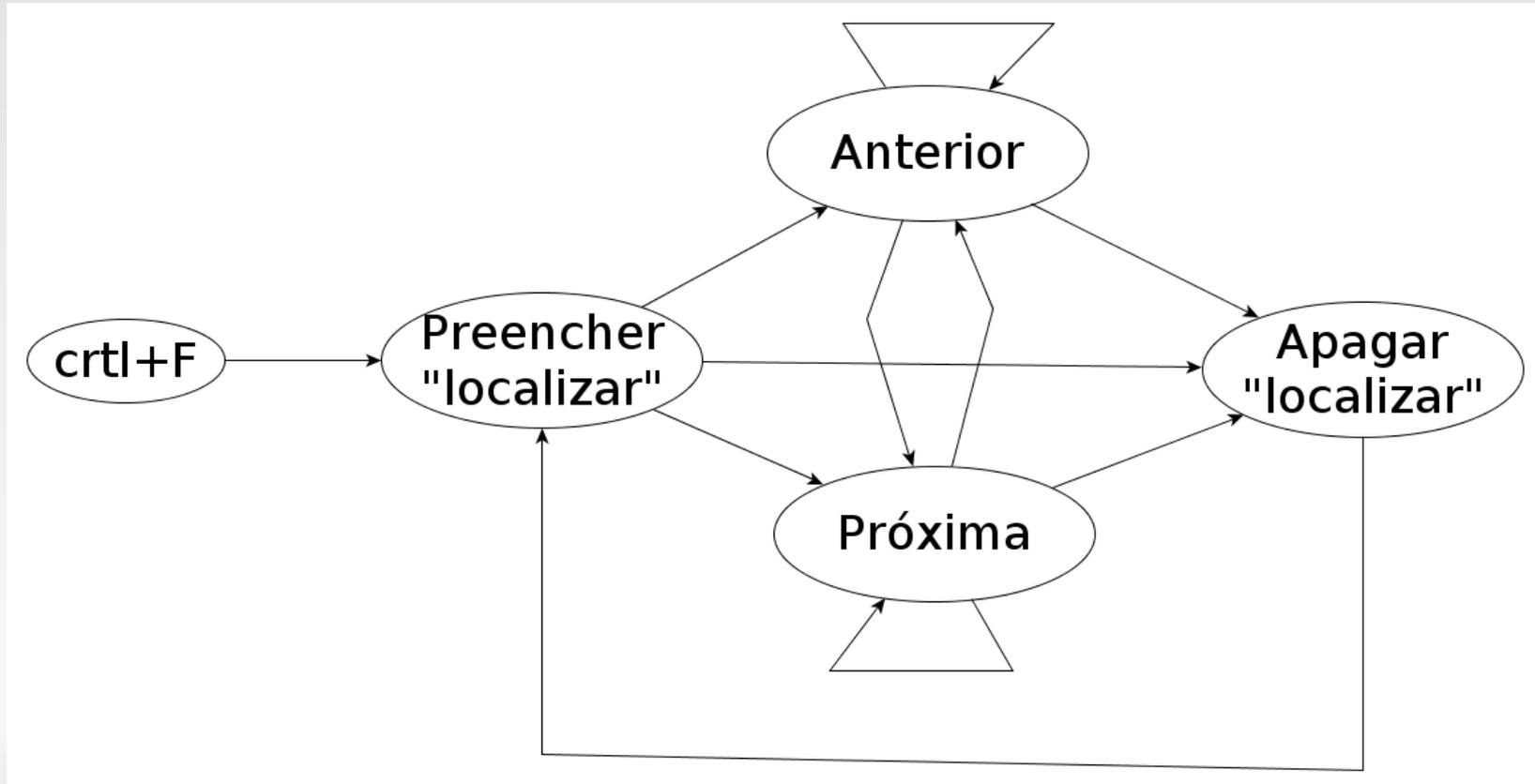
# Contextualização

- **Exemplo:** Funcionalidade de busca (Firefox)
  - Modelo para executar a busca?



# Contextualização

- **Exemplo:** Funcionalidade de busca (Firefox)
- Grafo de eventos (ESG)



# Contextualização

- Modelar uma MEF
  - Identificar eventos (entrada e saída)
  - Estados (abstrair)
  - Transições
- O estado não é tão natural
- Ou não é o principal
- Pouca repetição de eventos
- Sistemas complexos (domínio)
  - Melhor representado por MEFs, mas
  - Inicialmente, é difícil abstrair os estados

# Teste baseado em Modelo

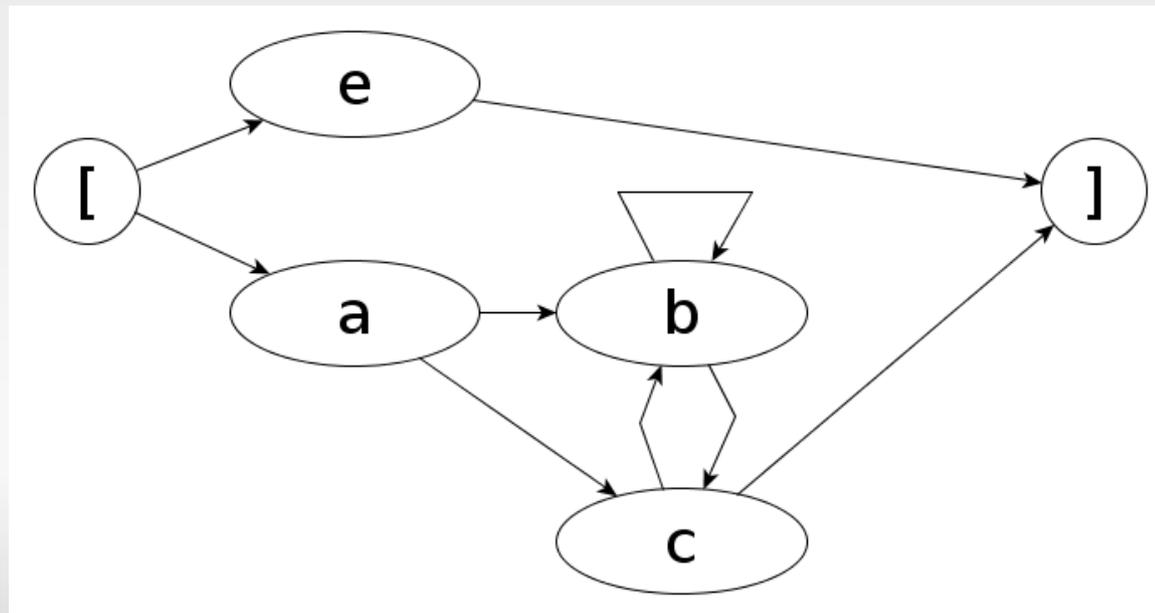
- *Model-Based Testing* (MBT)
  - Testador
  - Conhecimento do sistema
- Modelo de teste
  - Modelar somente a parte que é interessante testar
  - Abstração
- Geração automática de casos de teste
- Estudos de caso, *surveys*
  - Sucesso

# Event Sequence Graphs

- *Event Sequence Graphs* (ESGs)
- Modelar eventos e a sequência que eles ocorrem
- Mais simples que MEFs
  - Estados e transições disparadas por eventos
  - Eventos e a ordem de ocorrência
- Na UML, os ESGs podem ser projetados usando recursos dos diagramas de atividades

# Event Sequence Graphs

- Eventos são representados como nós
- A ordem permitida de eventos é representada por arcos
- Pseudo-nós [ e ]



# ESGs: Definições

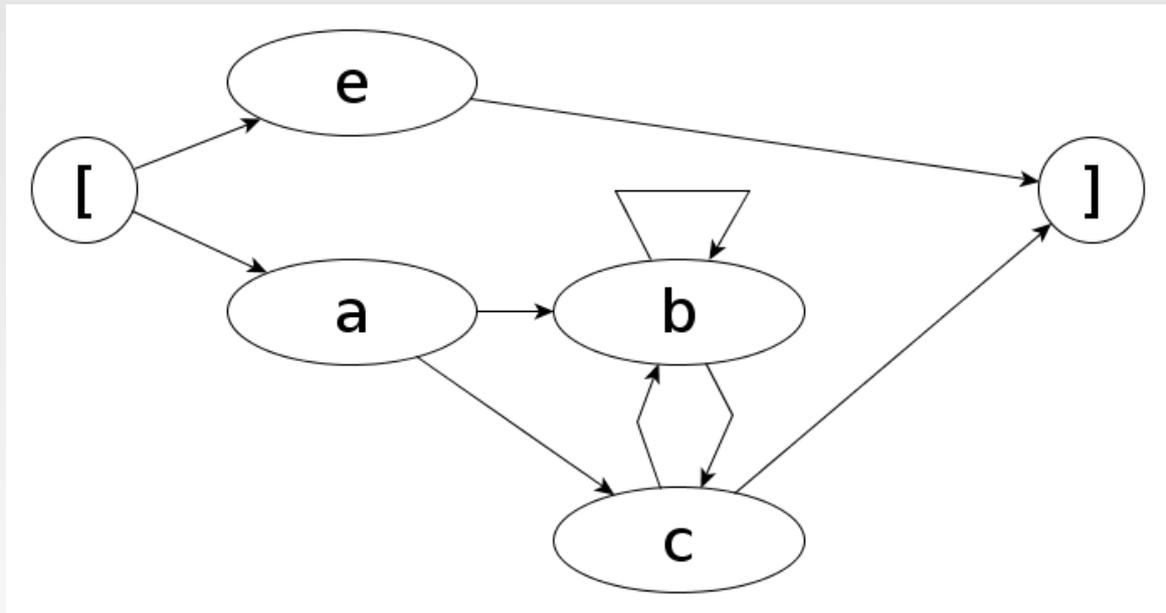
- $ESG = (V, E, En, Ex)$  é um dígrafo, onde:
  - $V$  é um conjunto finito de nós (eventos)
  - $E \subseteq V \times V$  é um conjunto finito de arcos (par de eventos)
  - $En, Ex \subseteq V$  são nós de entrada e saída
- Pseudo-nós de entrada e saída  $['', ''] \notin V$

# ESGs: Definições

- Pares de eventos
  - $(a, b) \in E$  é um par de eventos dado que o evento  $b$  pode acontecer após  $a$
- Sequências de eventos
  - $v_0, v_1, \dots, v_k$  se  $(v_i, v_{i+1}) \in E$  para  $i=0, \dots, k-1$

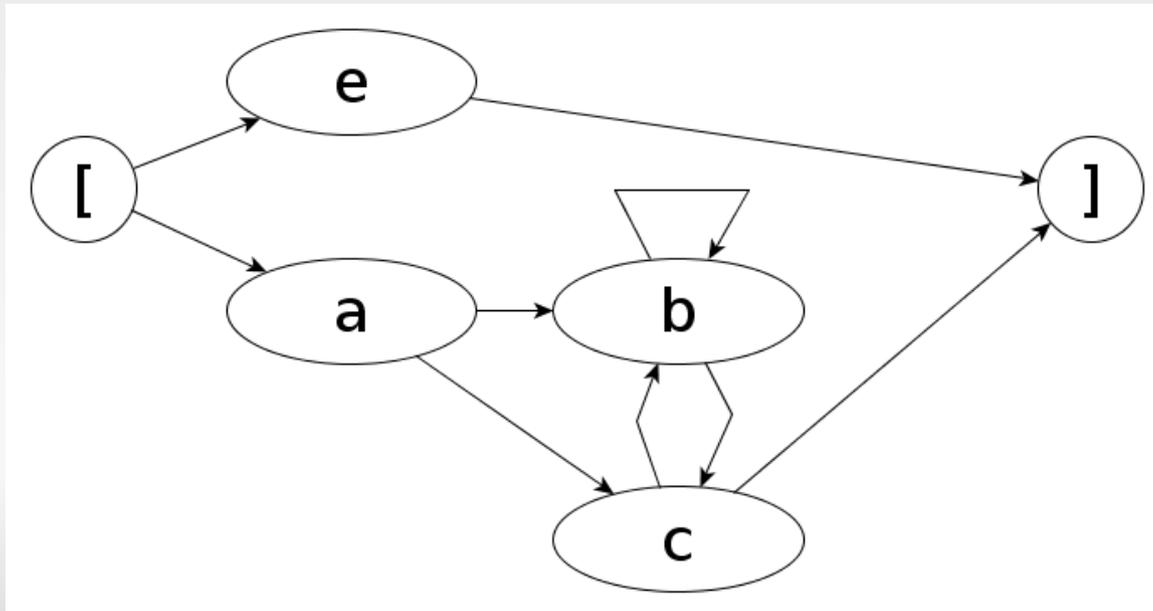
# ESGs: Definições

- É uma sequência de eventos?
  - a, b, c
  - a, b, e
  - b, c
  - b, b
  - e



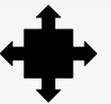
# ESGs: Definições

- Restrição: *Entry* nodes (*En*) e *Exit* nodes (*Ex*)
  - Todo evento pode ser alcançado de um evento de entrada
  - Todo evento pode chegar a um evento de saída
- Exemplo



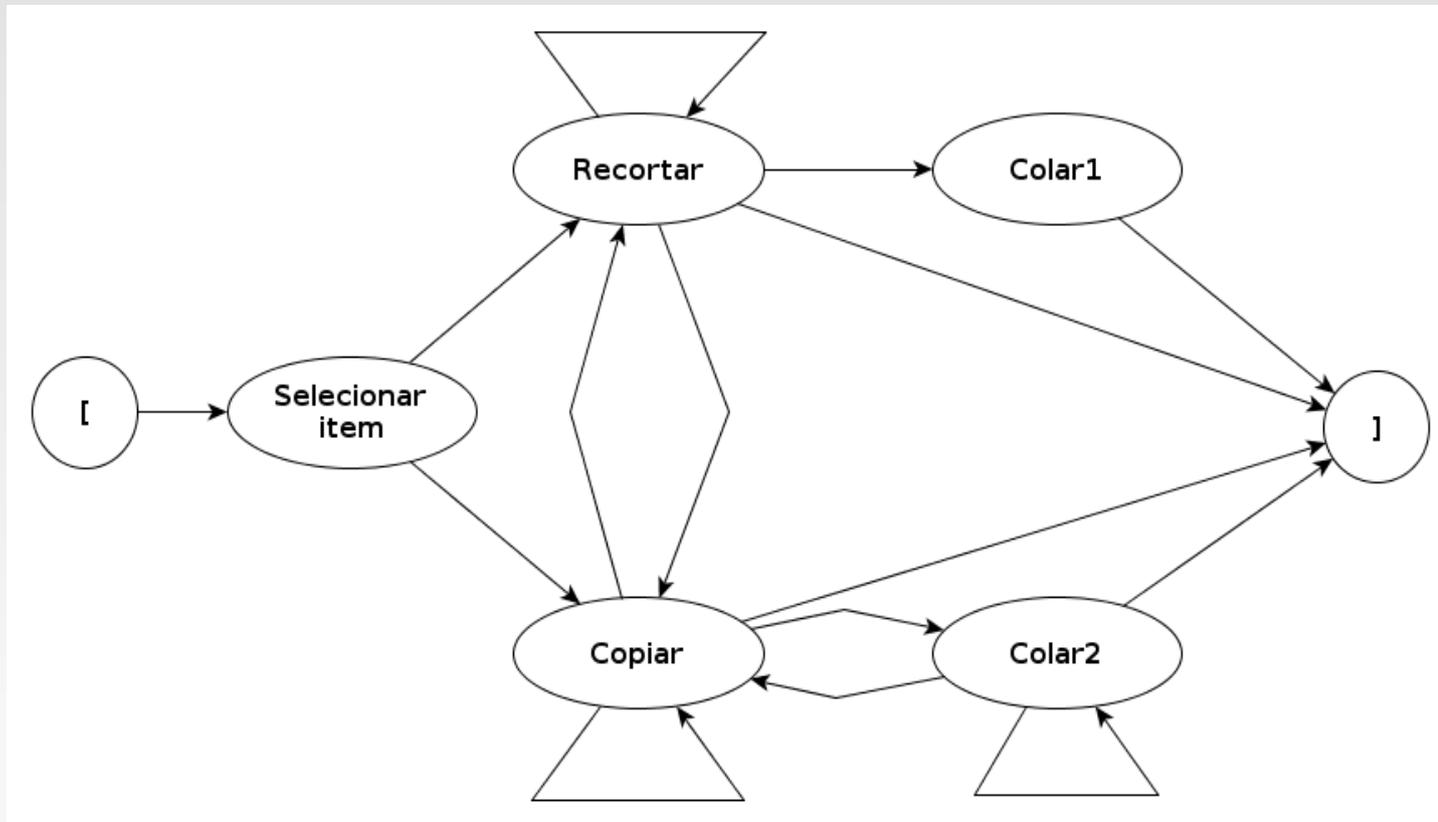
# ESGs: Exemplos

- Exemplo 1: modelar um ESG para a funcionalidade de copiar, recortar e colar um arquivo.
  - Quais são os eventos?
    - Abstração do copiar/recortar/colar
    - Existem diversas formas para eles
  - Ordem dos eventos?
  - Evento "Colar"



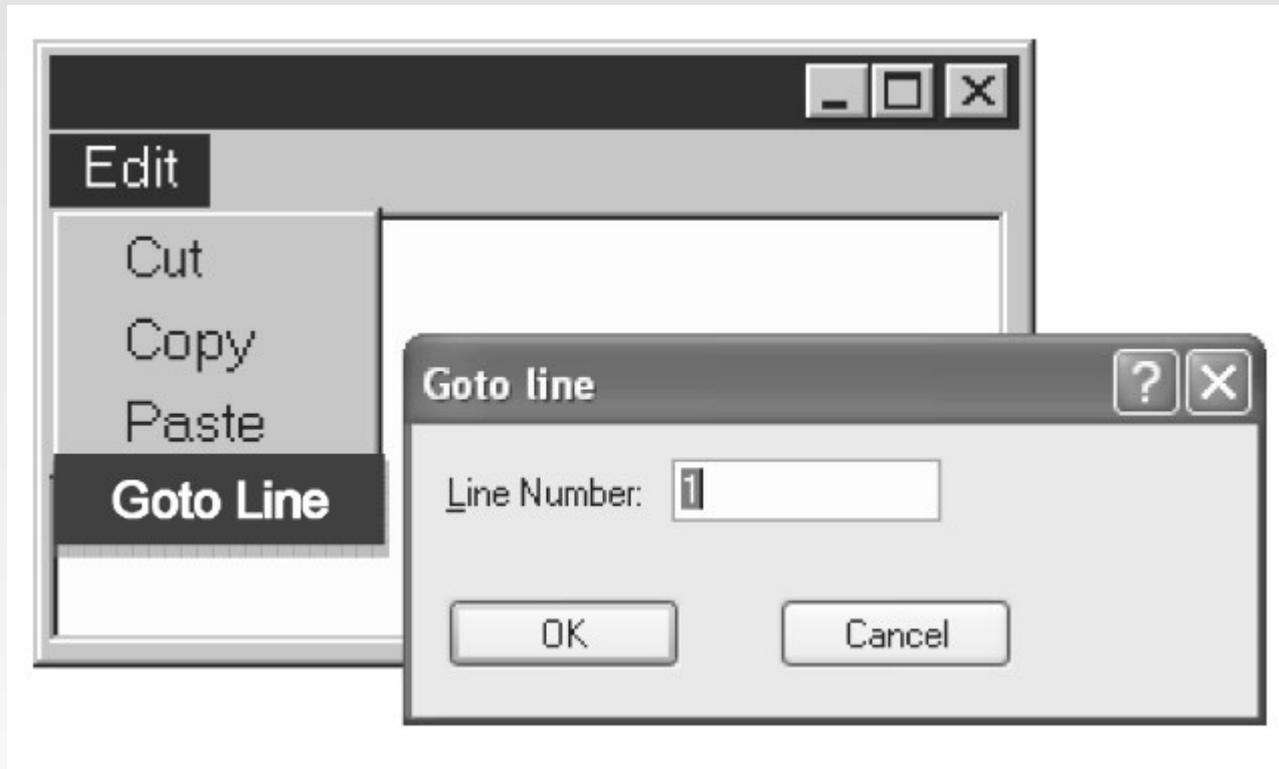
# ESGs: Exemplos

- Exemplo 1: modelar a funcionalidade de copiar, recortar e colar um arquivo.



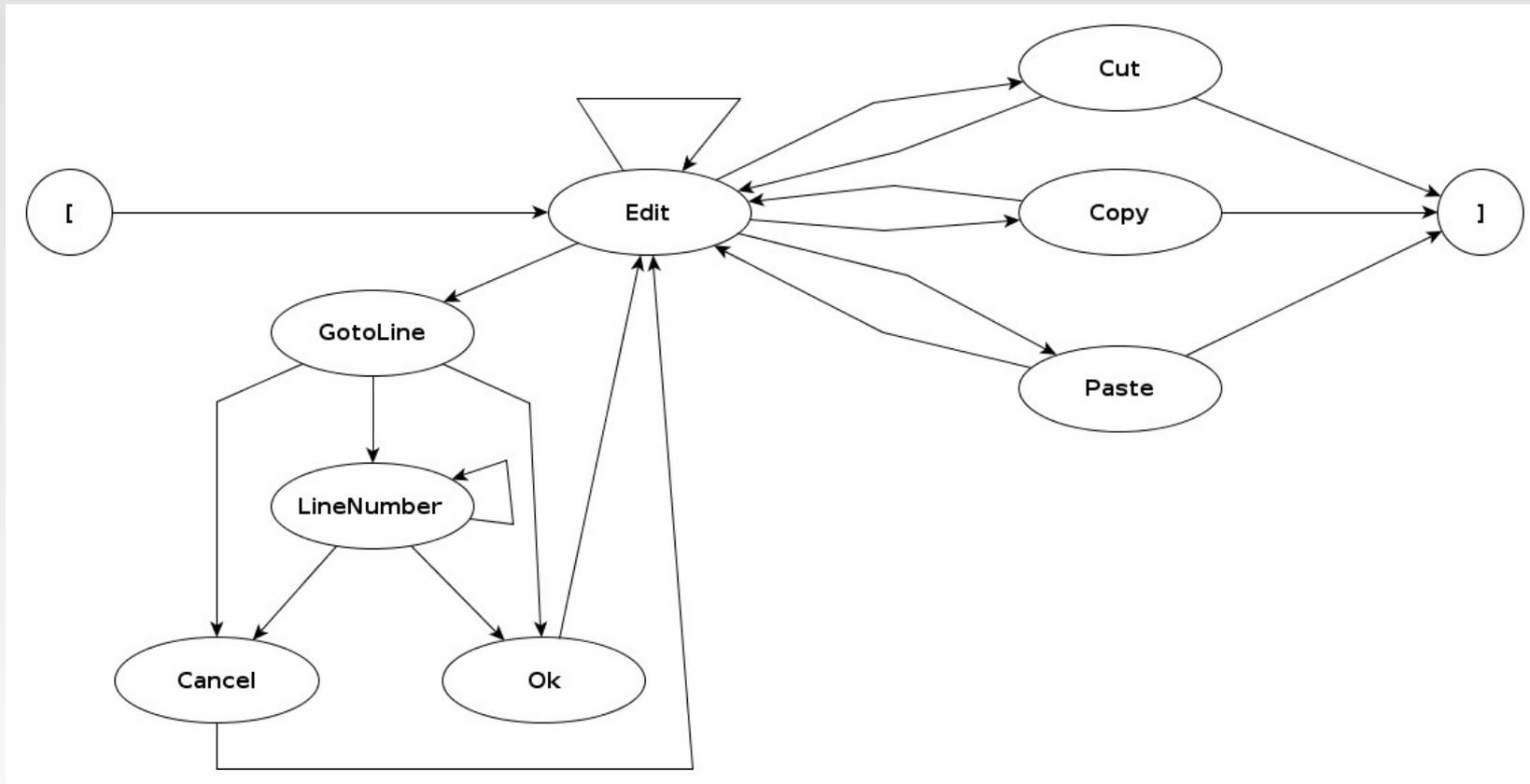
# ESGs: Exemplos

- Exemplo 2: modelar função "Go to line"



# ESGs: Exemplos

- Exemplo 2: modelar função "Go to line"

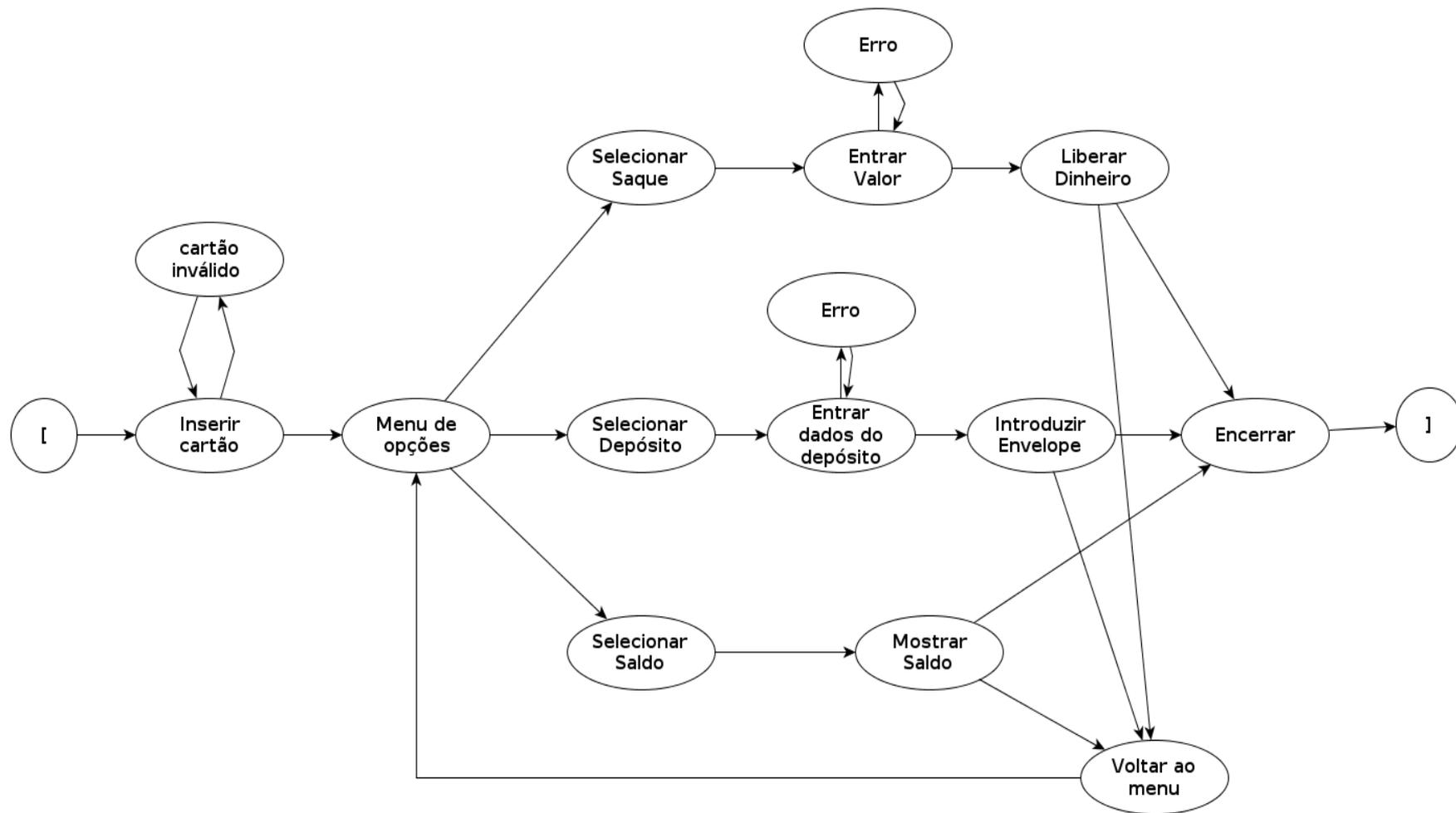


# ESGs: Exemplos

- **Exercício:** crie um modelo ESG para testar a interface de um caixa-eletrônico (ATM), dado que:
  - O menu de opções é mostrado após um cartão ser inserido. Uma mensagem de erro é produzida se o cartão for inválido.
  - Existem 3 opções: saque, depósito e saldo. Ao selecionar uma dessas opções, pode-se voltar ao menu ou encerrar (voltando a tela inicial). Ao terminar uma das opções, pode-se encerrar ou voltar ao menu.
  - Uma senha de 4 números deve ser fornecida para utilizar o caixa.
  - Durante o saque e o depósito, mensagens de erro podem ocorrer caso algum passo incorreto aconteça.

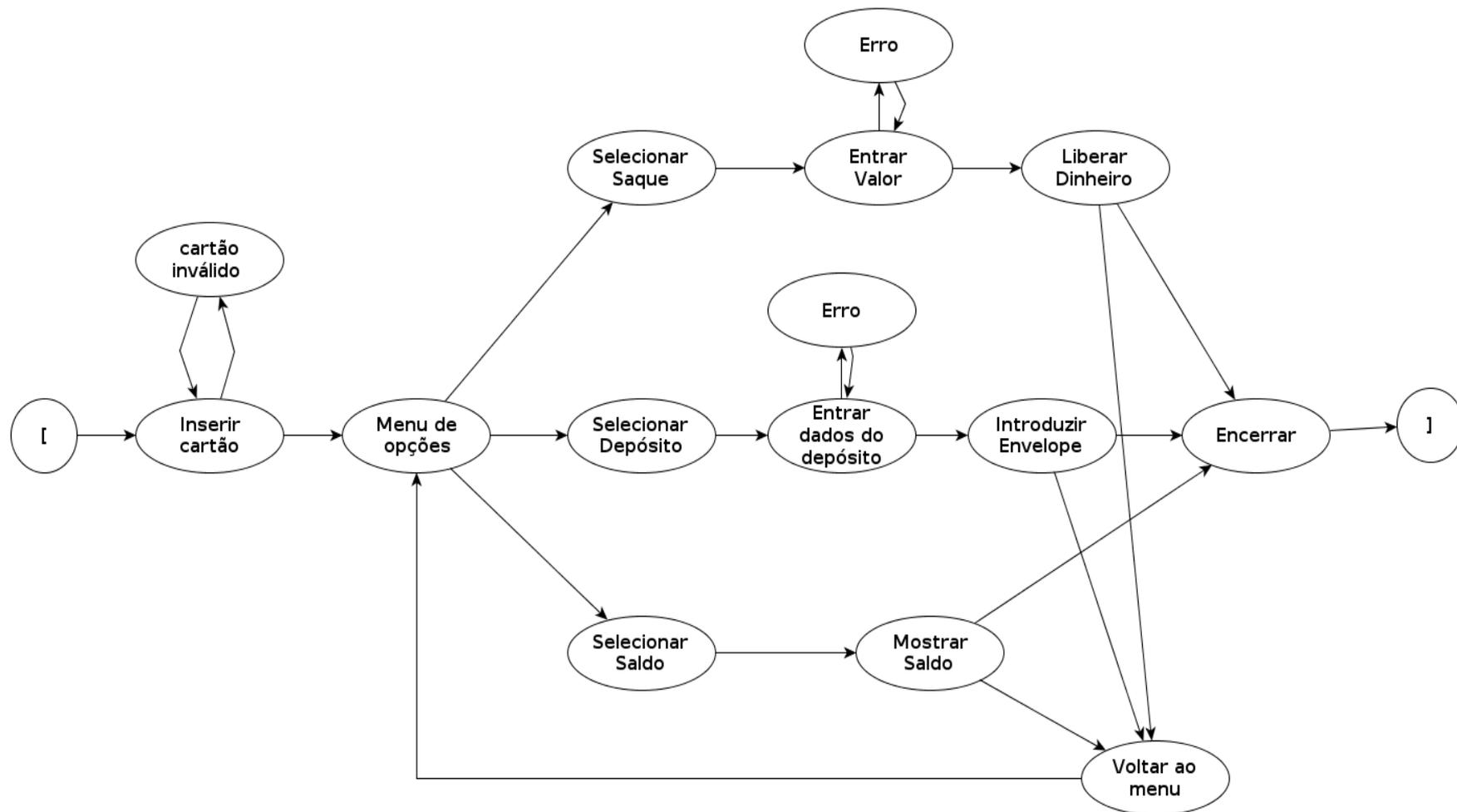
# ESGs: Exemplos

- Possível modelo



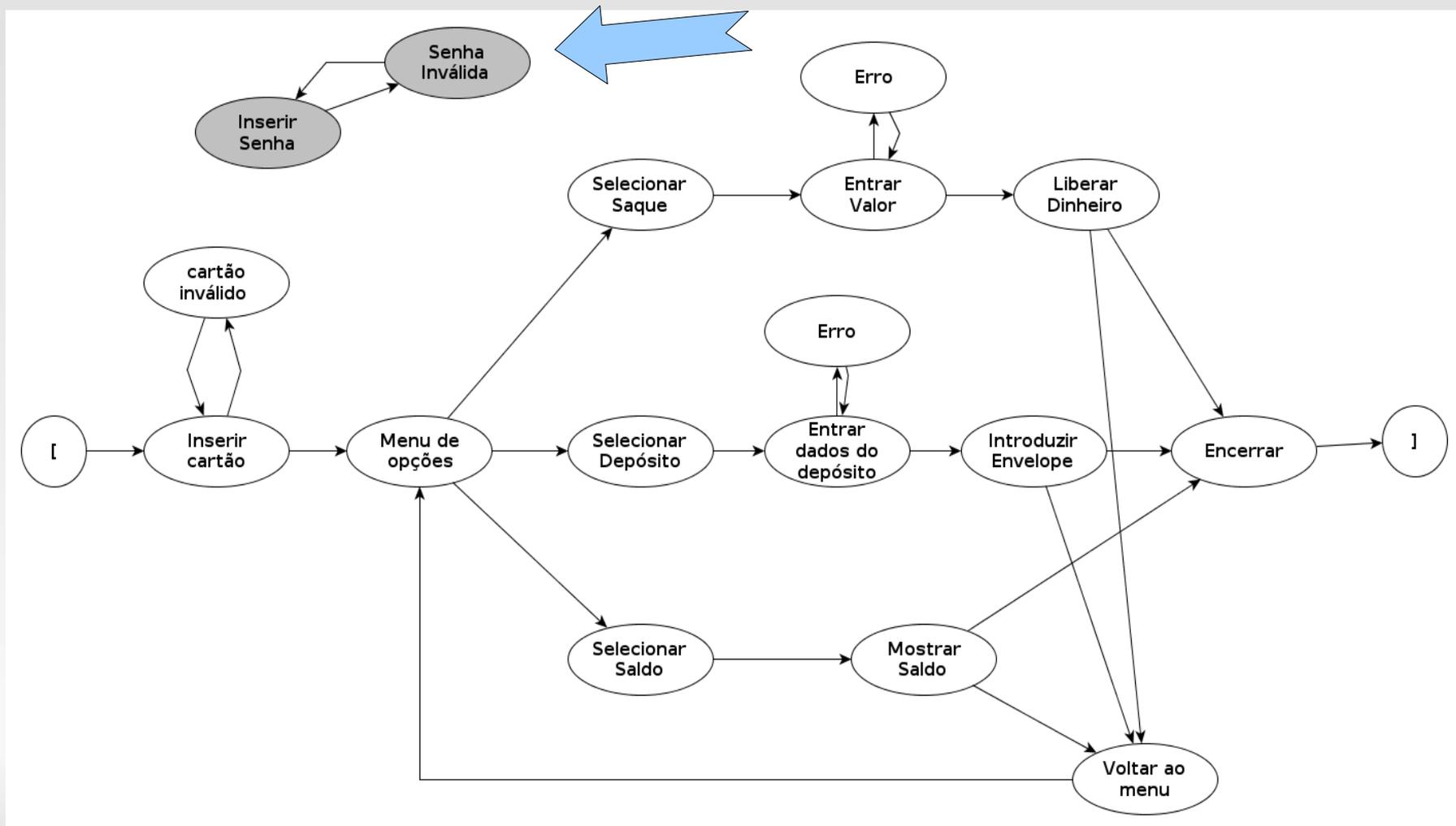
# ESGs: Exemplos

- O que está faltando?



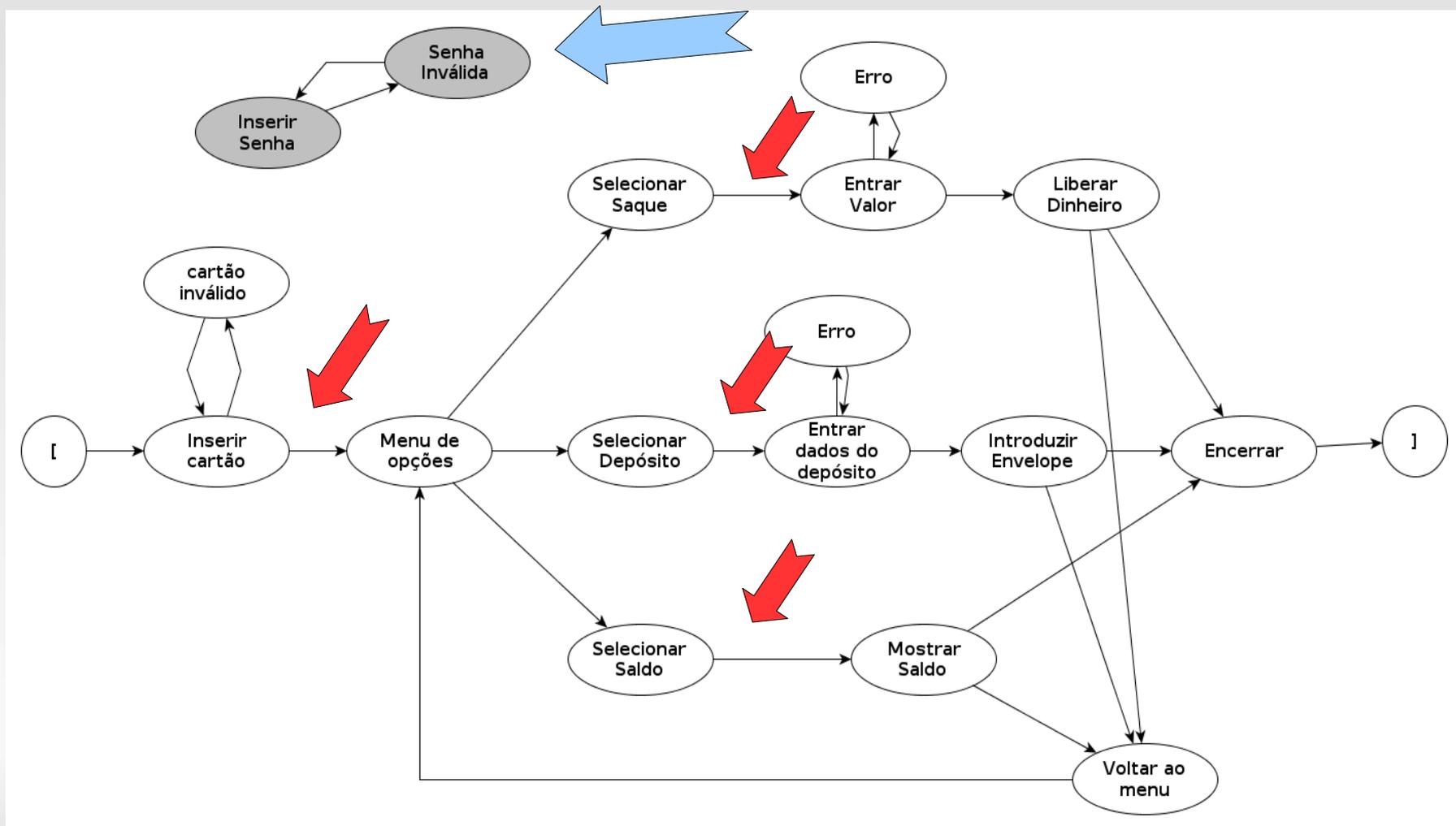
# ESGs: Exemplos

- Senha de 4 dígitos



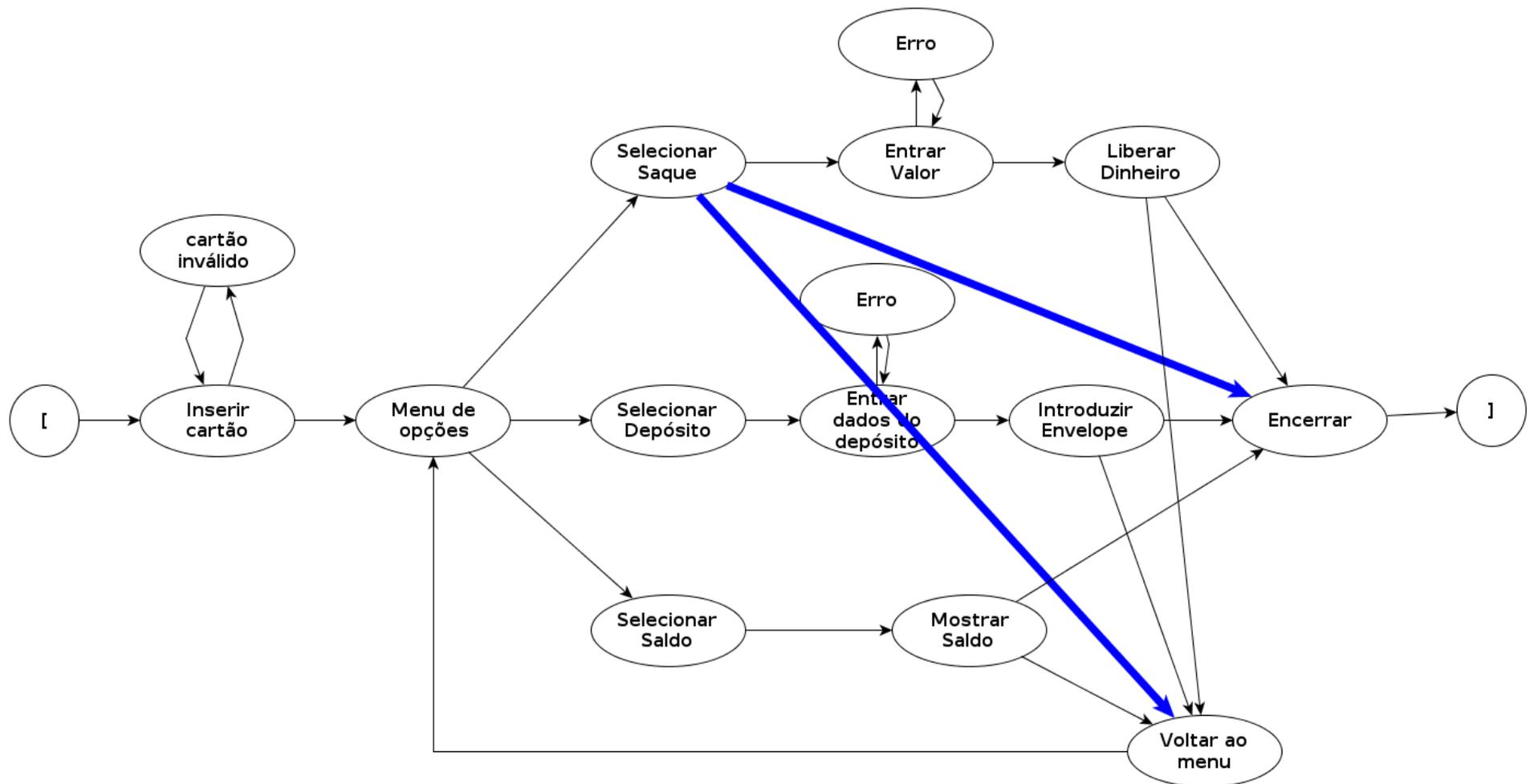
# ESGs: Exemplos

- Senha de 4 dígitos (defeito)



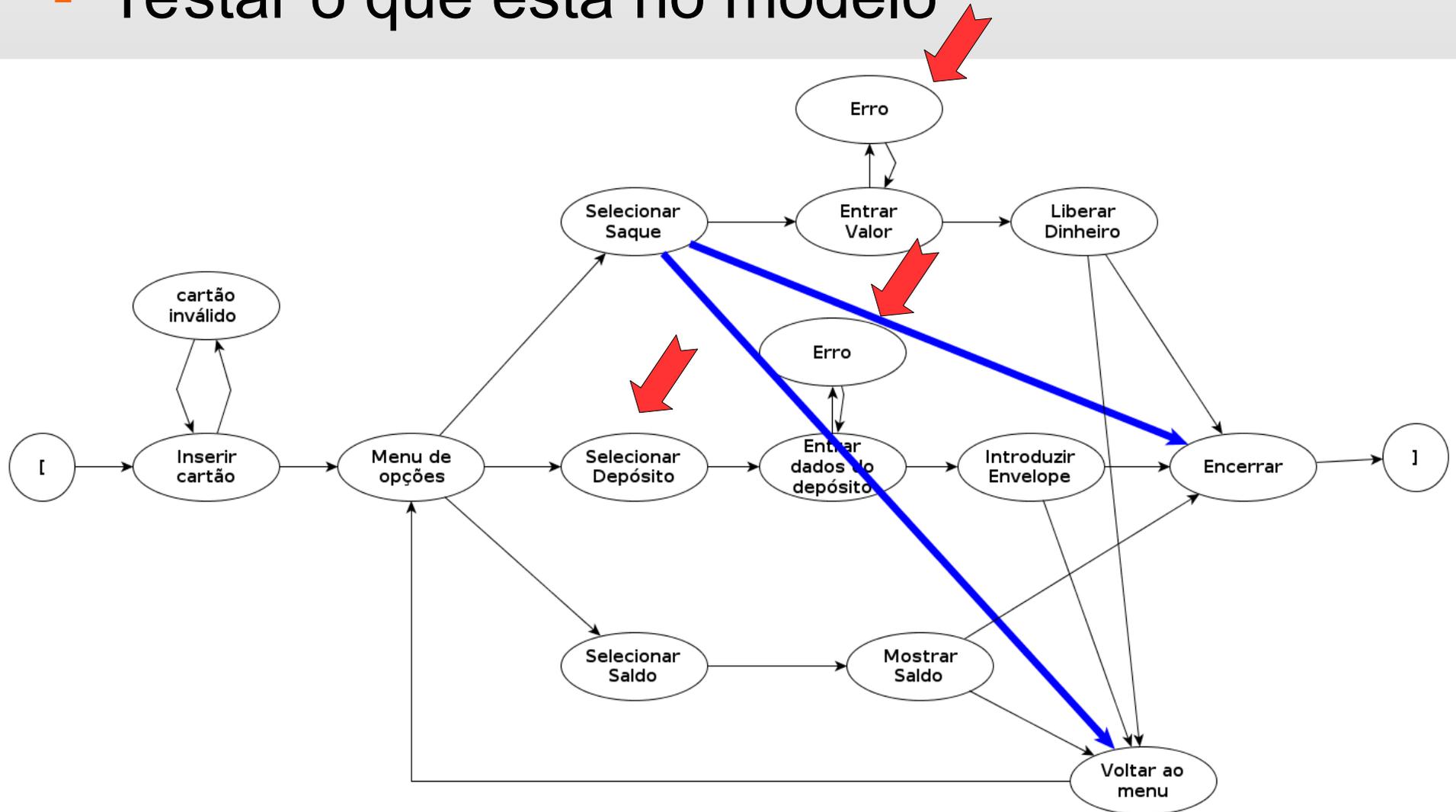
# ESGs: Exemplos

- Testar o que está no modelo



# ESGs: Exemplos

- Testar o que está no modelo



# ESGs: Exemplos

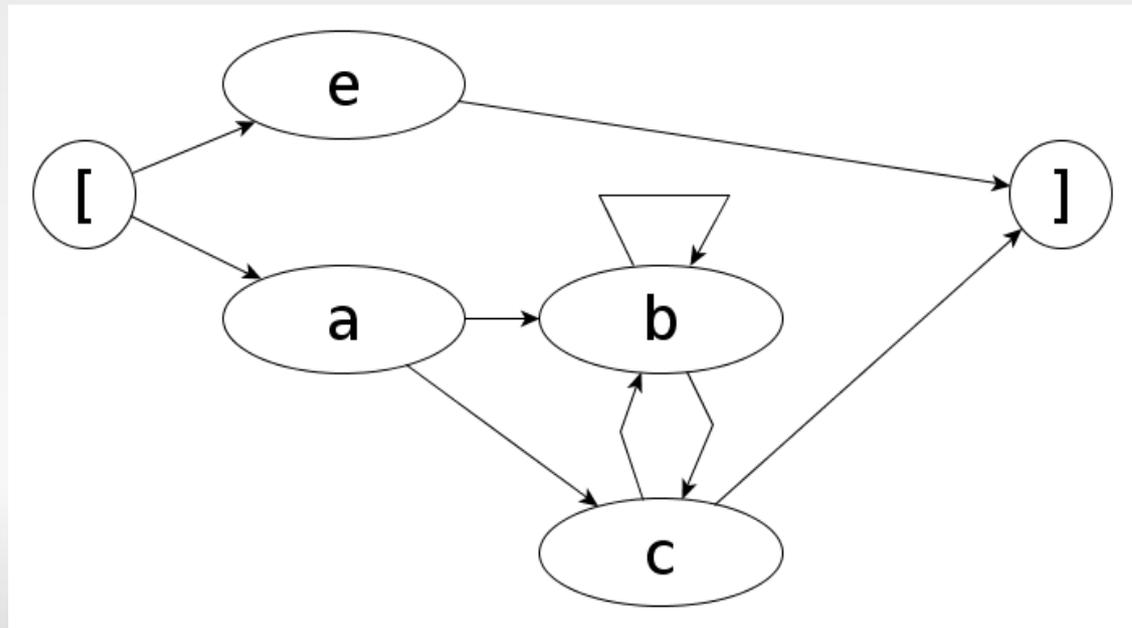
- ESGs
  - Fácil entendimento e intuitivo
  - Identificação dos eventos
  - Esforço inicial
- TBM
  - As informações foram suficientes para criar o modelo precisamente?
    - Defeitos nos requisitos (crítico)
  - Qualidade do modelo
    - Testar o que foi modelado

# ESGs: Geração de testes

- *Complete Event Sequence (CES)*
  - Casos de teste que tenham um começo e fim
  - Fácil configuração
- Definição
  - Uma sequência de eventos  $v_0, v_1, \dots, v_k$  é uma CES se  $v_0 \in En$  e  $v_k \in Ex$

# ESGs: Geração de testes

- Exemplo: é CES?
  - e
  - a, b
  - a, b, c
  - a, b, b, b, c, b, c
  - c, b, c



# ESGs: Geração de testes

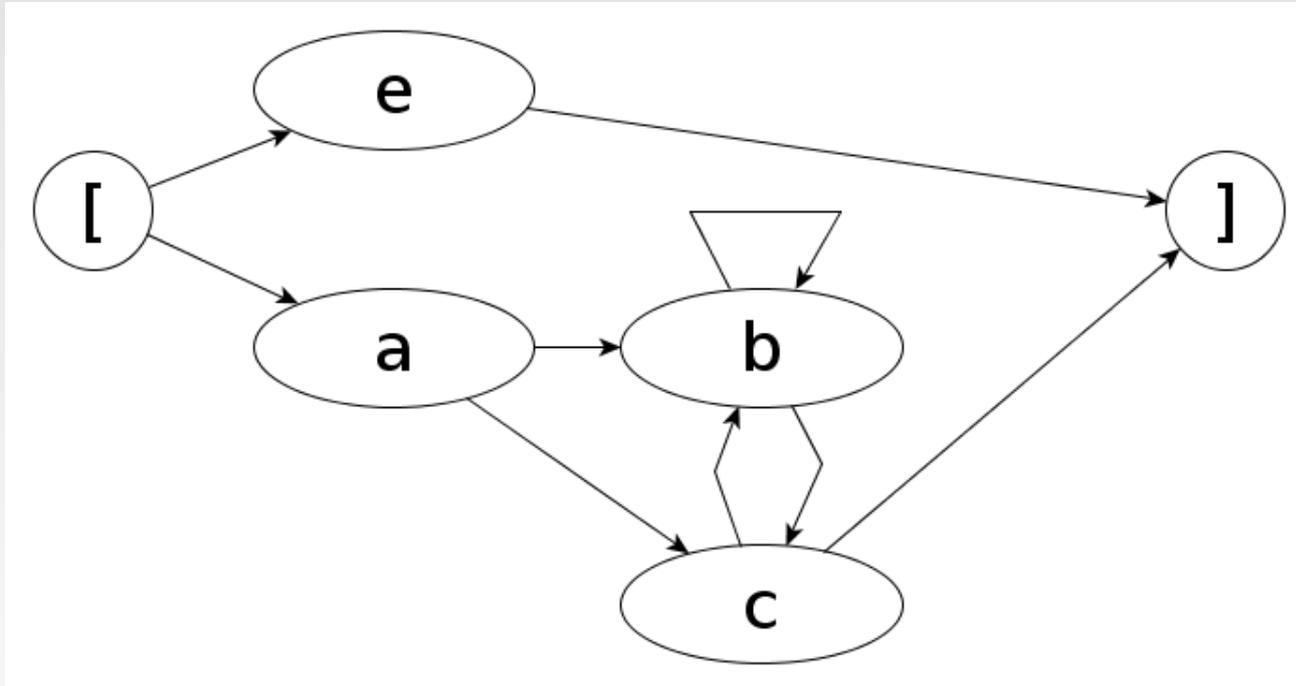
- Critérios de seleção de teste
  - Todos-eventos
  - Aleatório
  - (...)
- Vamos estudar
  - Cobrir pares de eventos (todos-arcos)
  - Gerar CESs
- Como gerar CESs que exercitem todos os pares de eventos?
  - Ideias?

# ESGs: Geração de testes

- Como gerar CESs que exercitem todos os pares de eventos?
  - **Árvore de sucessão**
  - Nó '[' é a raiz
  - Expandir os nós
  - Critério de parada
    - Arcos (par de eventos) visitados
  - Identificar folhas que não são ']'
    - Concatenar sequências para torná-las completas
  - Para cada nó-folha, a sequência da raiz até ele será uma sequência de teste

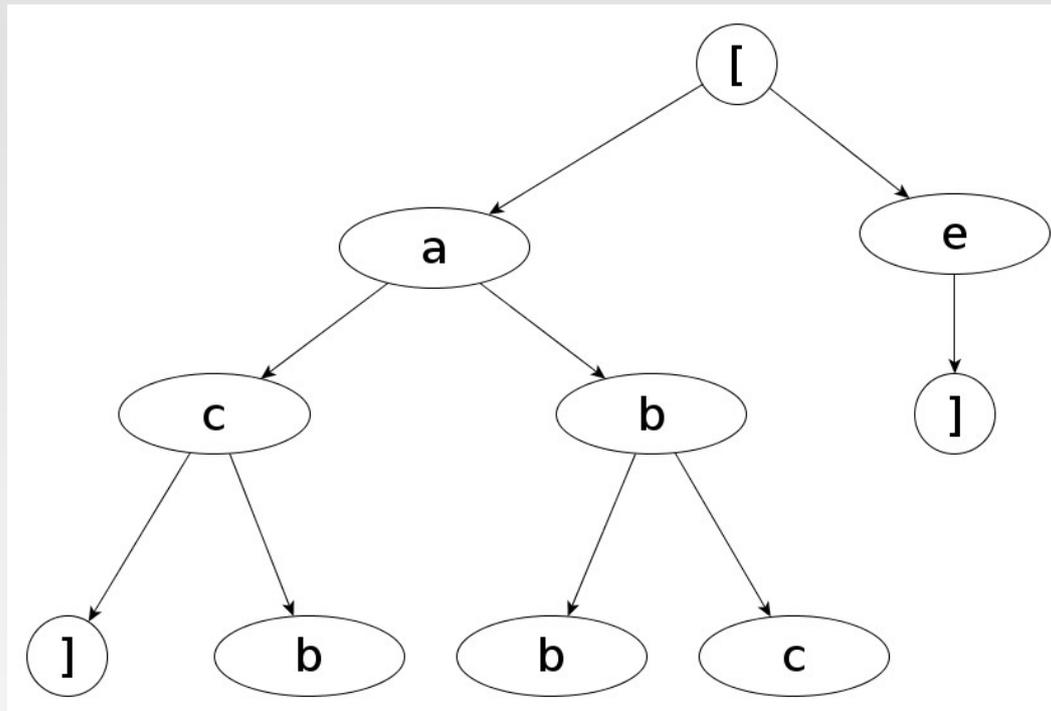
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (i)



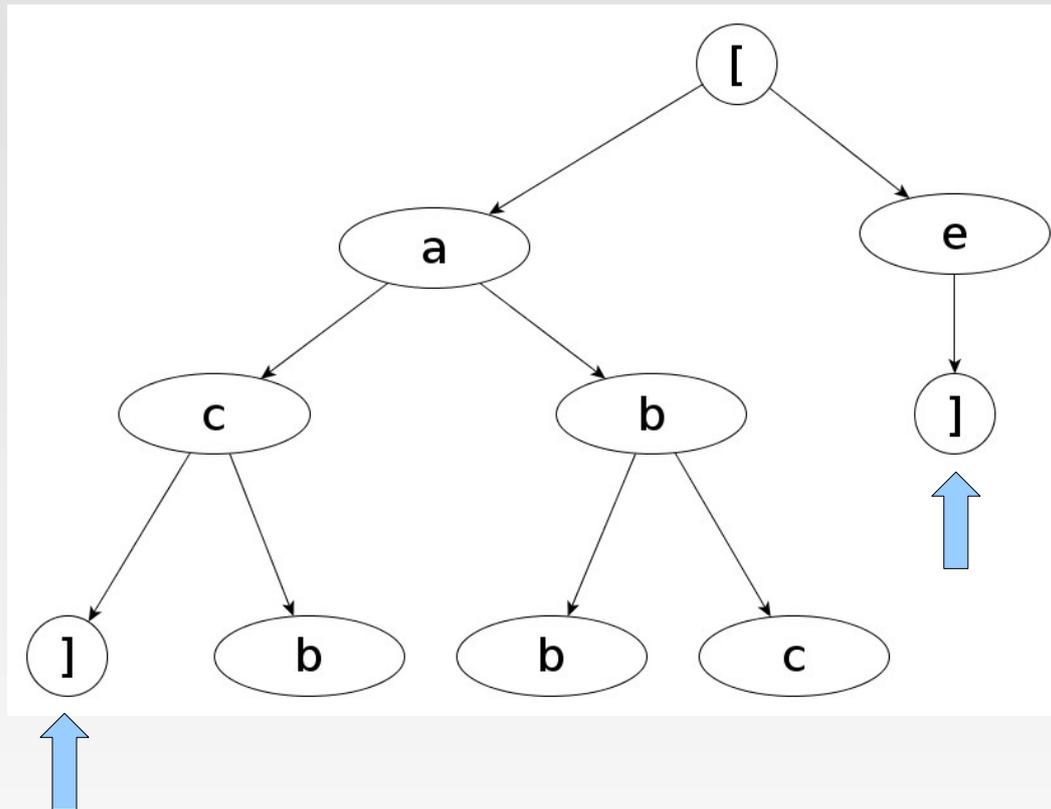
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



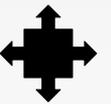
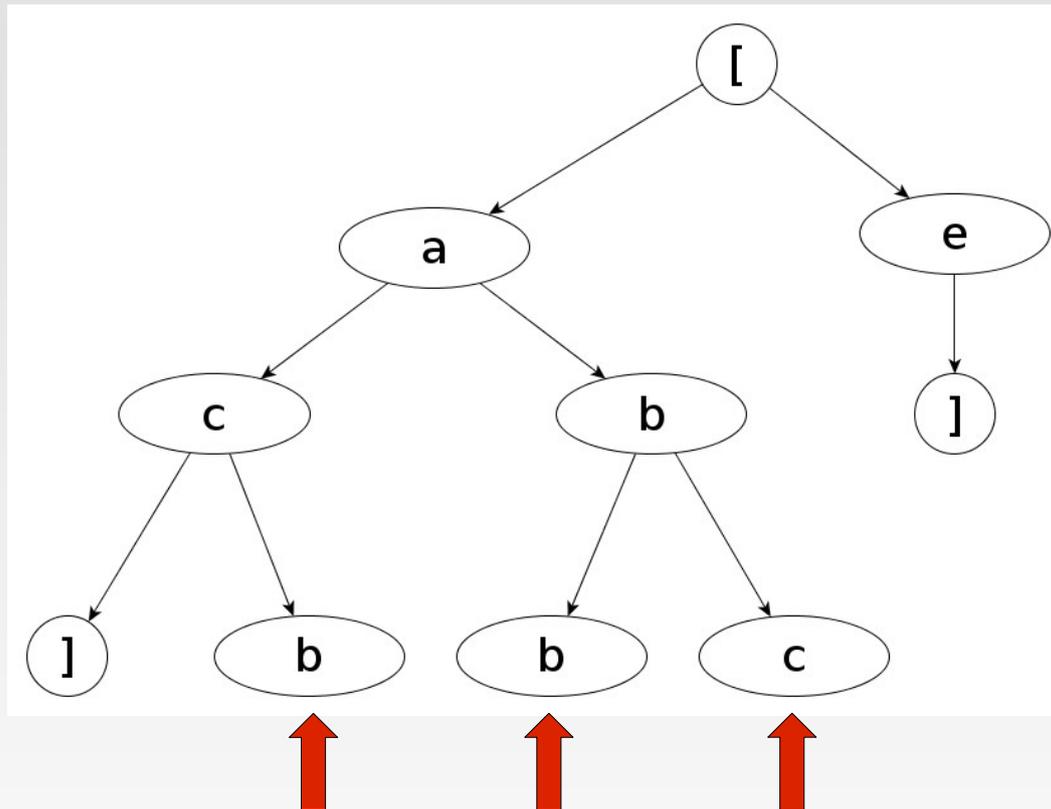
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



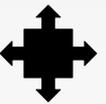
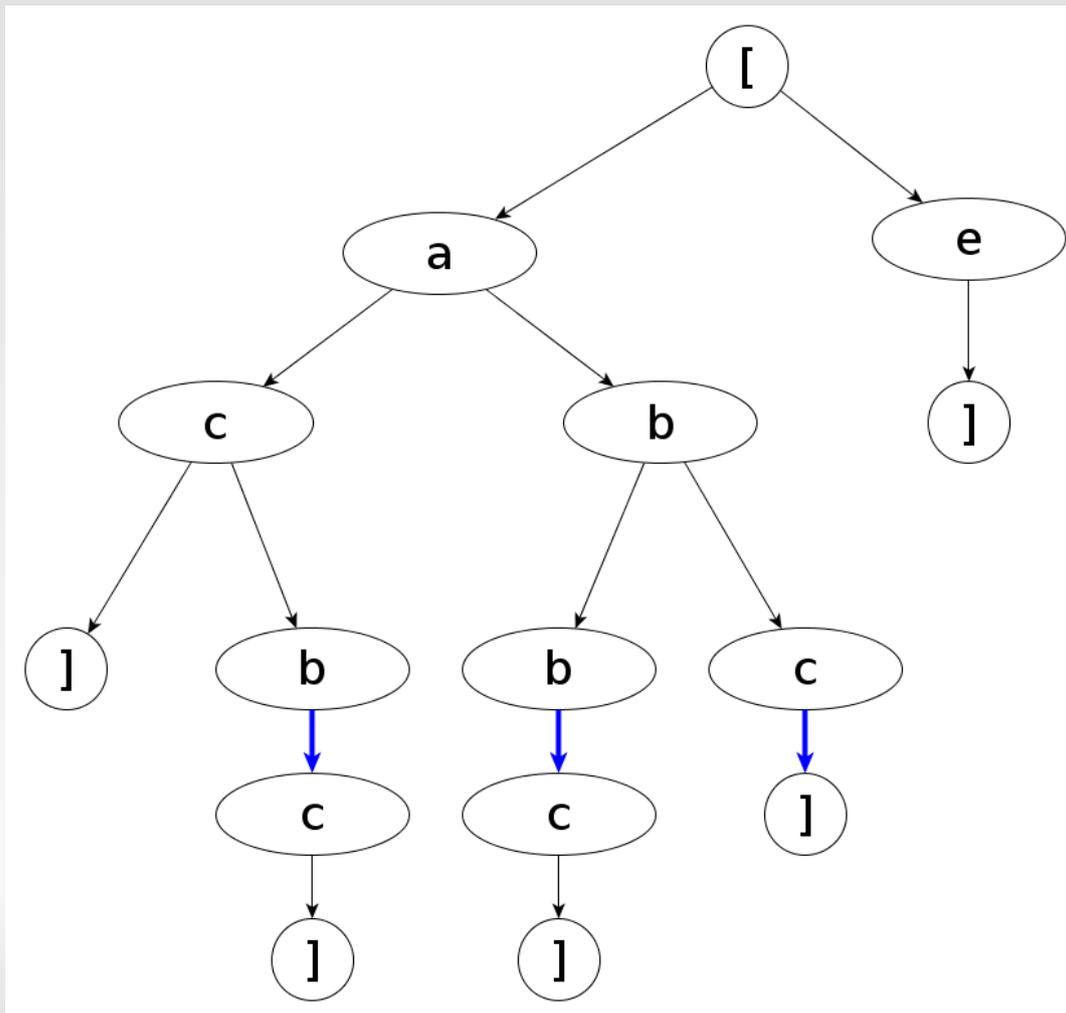
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)

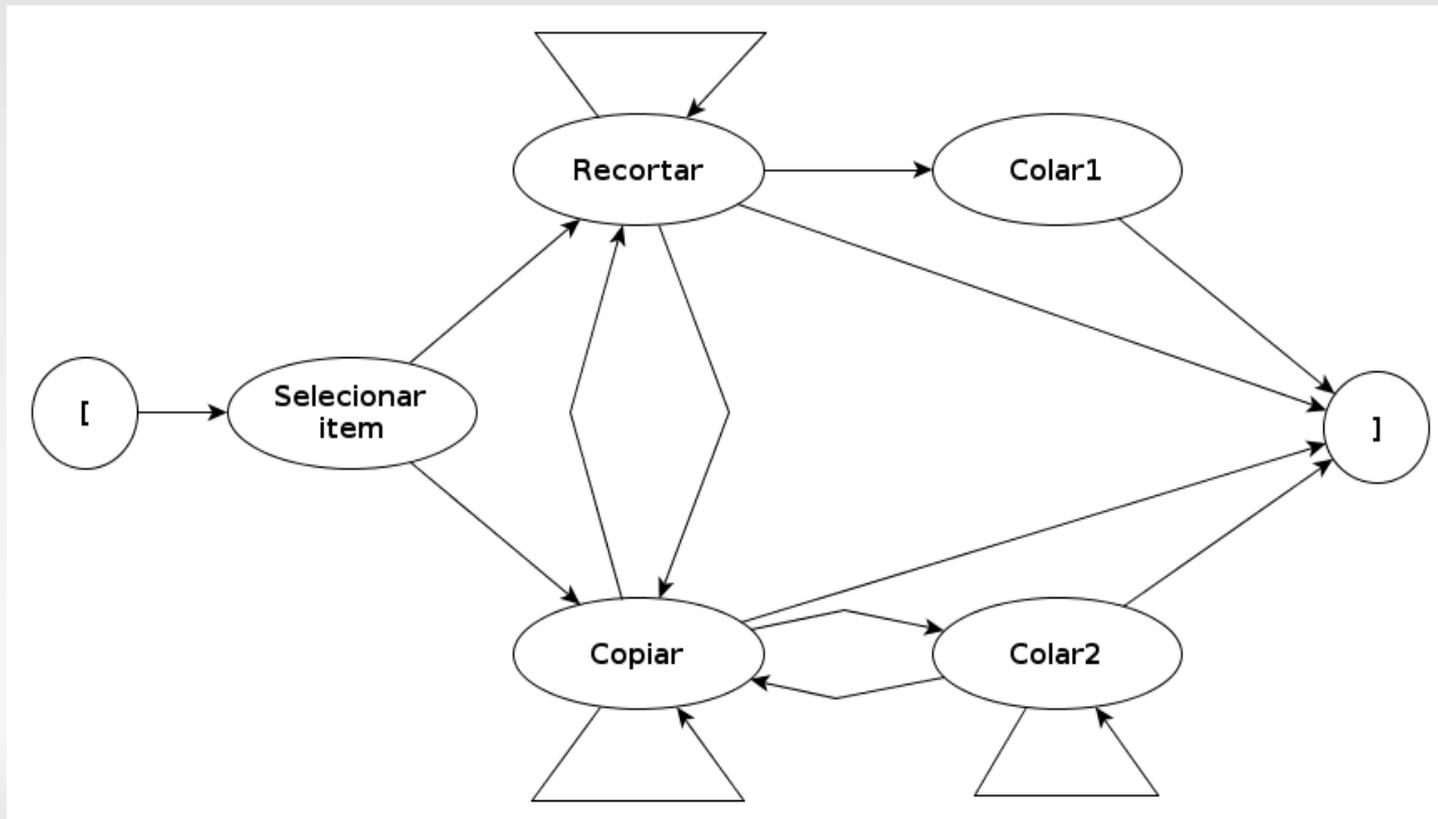


# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (iii)
- Sequências de teste geradas
  - 1) e
  - 2) a, c
  - 3) a, c, b, c
  - 4) a, b, b, c
  - 5) a, b, c

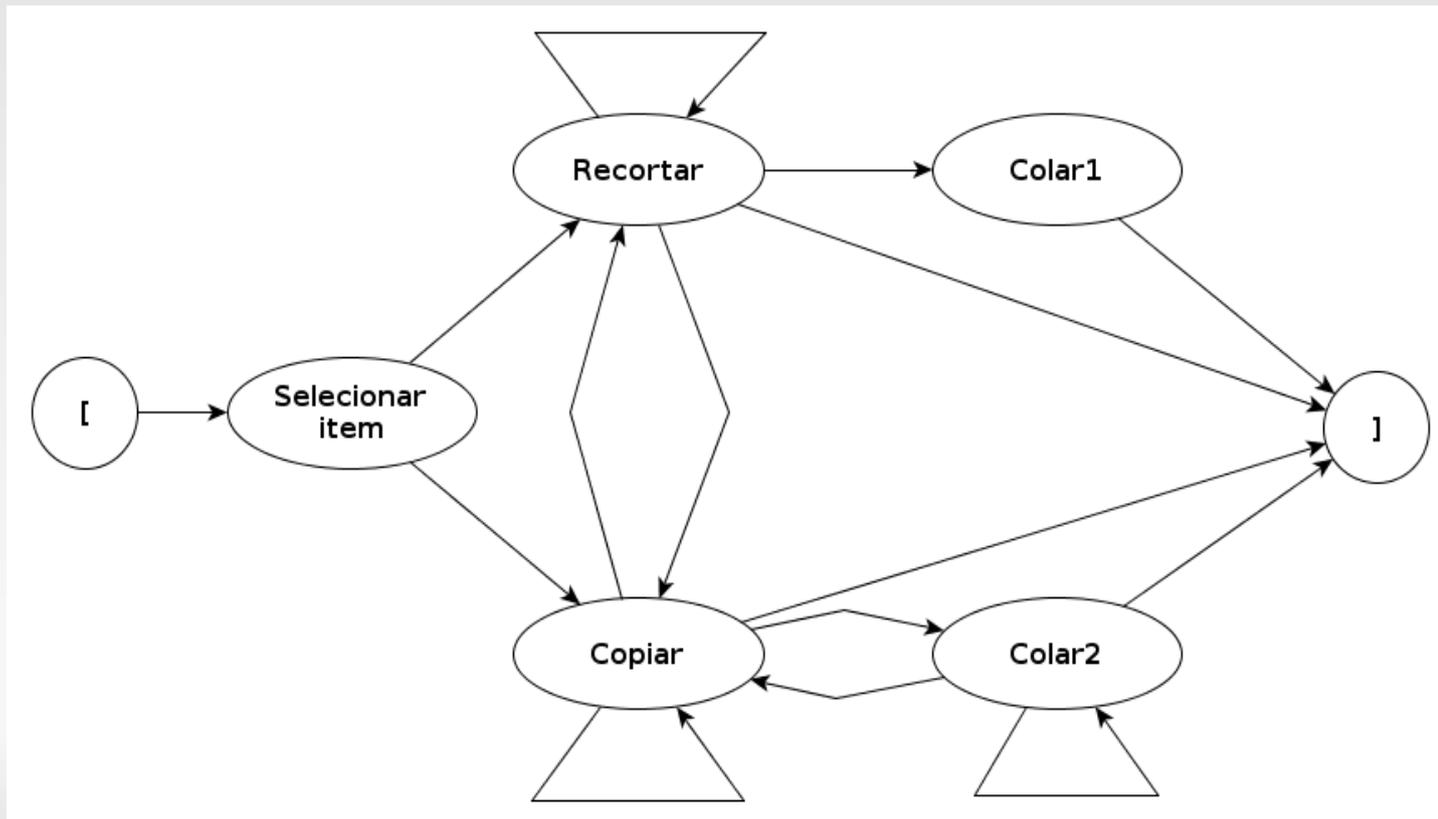
# ESGs: Geração de testes

- **Exercício:** gerar CESs para cobrir todos os pares de eventos (arcos) para o ESG abaixo.



# ESGs: Geração de testes

- Quantas sequências de teste (casos de teste)?
- Quantos eventos seriam executados?



# ESGs: Geração de testes

- Quantas sequências de teste?
  - 1) selecionar, recortar, copiar
  - 2) selecionar, recortar, recortar
  - 3) selecionar, recortar
  - 4) selecionar, recortar, colar1
  - 5) selecionar, copiar, recortar
  - 6) selecionar, copiar, copiar
  - 7) selecionar, copiar, colar2, copiar
  - 8) selecionar, copiar, colar2
  - 9) selecionar, copiar, colar2, colar2
  - 10) selecionar, copiar
- Quantos eventos seriam executados?
  - 30 eventos
  - 10 casos de teste

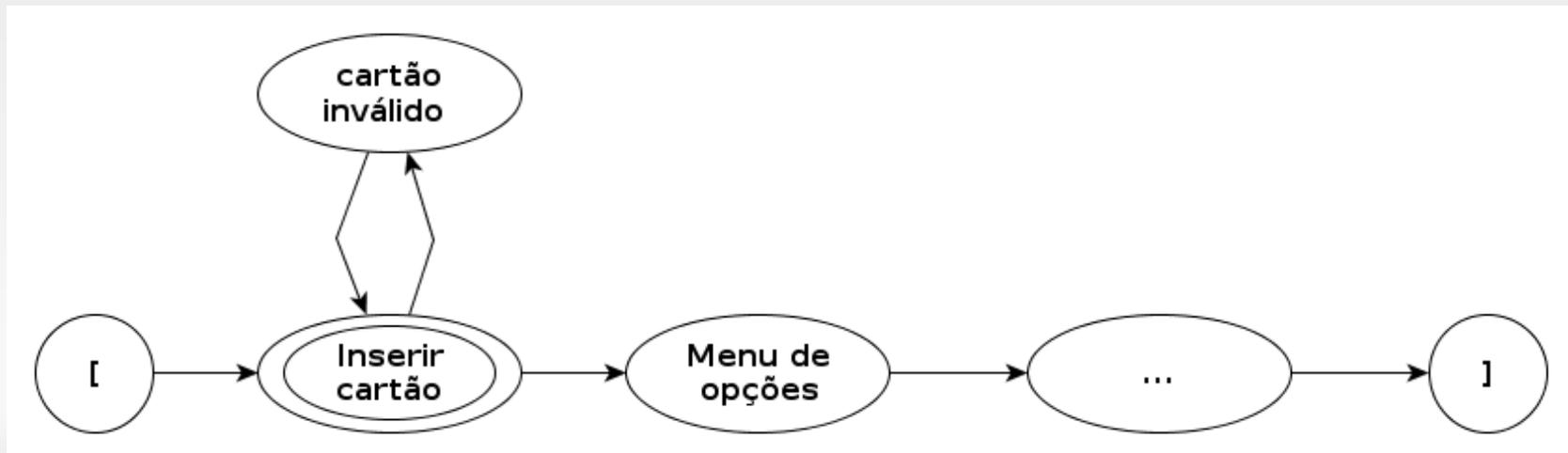
# ESGs: Geração de testes

- Quantas sequências de teste?
  - 1) selecionar, recortar, copiar
  - 2) selecionar, recortar, recortar
  - 3) selecionar, recortar, colar1
  - 4) selecionar, copiar, recortar
  - 5) selecionar, copiar, copiar
  - 6) selecionar, copiar, colar2, copiar
  - 7) selecionar, copiar, colar2, colar2
- Quantos eventos seriam executados?
  - 23 eventos
  - 7 casos de teste

# Material complementar

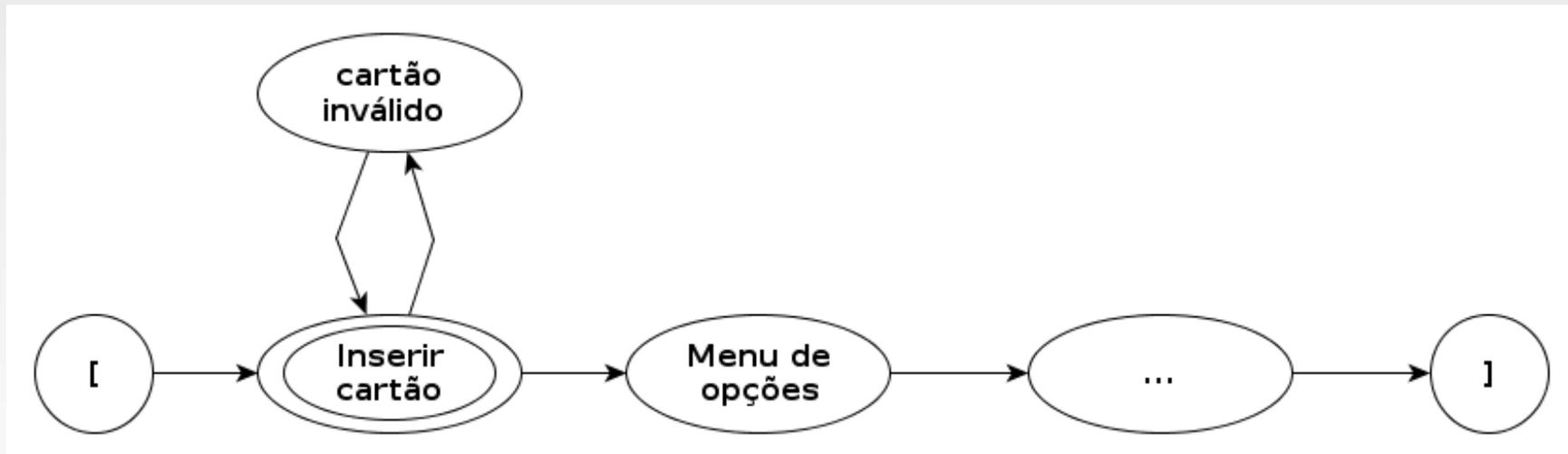
# ESGs + Tabelas de Decisão

- Existe uma decisão no ESG
- Qual o próximo evento?
  - Depende de parâmetros de entrada
- Testar diferentes instâncias do mesmo par de eventos



# ESGs + Tabelas de Decisão

- Inserir o cartão (ATM)
  - Danificado
  - Inválido (outro banco)
  - Bloqueado (conta existe mas bloqueada)



# ESGs + Tabelas de Decisão

- Ligar restrições com eventos
- *Tabelas de Decisão* (TDs)

# ESGs + Tabelas de Decisão

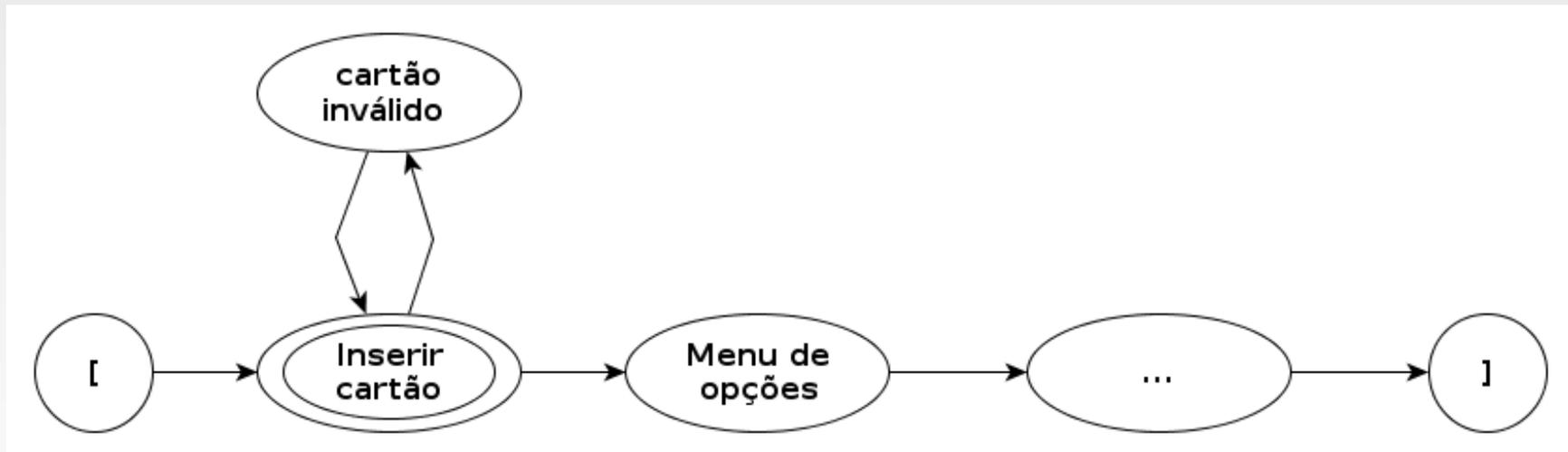
- TD para evento "inserir o cartão"
- Qual(is) a(s) entrada(s) sob controle do testador para esse evento?
  - Cartão

# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"
- Quais as restrições (assumem valores verdadeiro ou falso)?
  - É cartão bancário
  - É um cartão válido para o banco
  - A conta referente ao cartão está ativa

# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"
- Quais os próximos eventos?
  - 'cartão inválido'
  - 'Menu de opções'



# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"

<b>Restrições</b>	<b>Regra1</b>	...	...	...
É cartão bancário				
Válido para o banco				
Conta ativada				
<b>Eventos</b>				
Menu de opções				
Cartão inválido				

# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"

Restrições	Regra1	...	...	...
É cartão bancário	T			
Válido para o banco	T			
Conta ativada	T			
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido				

# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"

Restrições	Regra1	Regra2	...	...
É cartão bancário	T	F		
Válido para o banco	T	-		
Conta ativada	T	-		
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X		



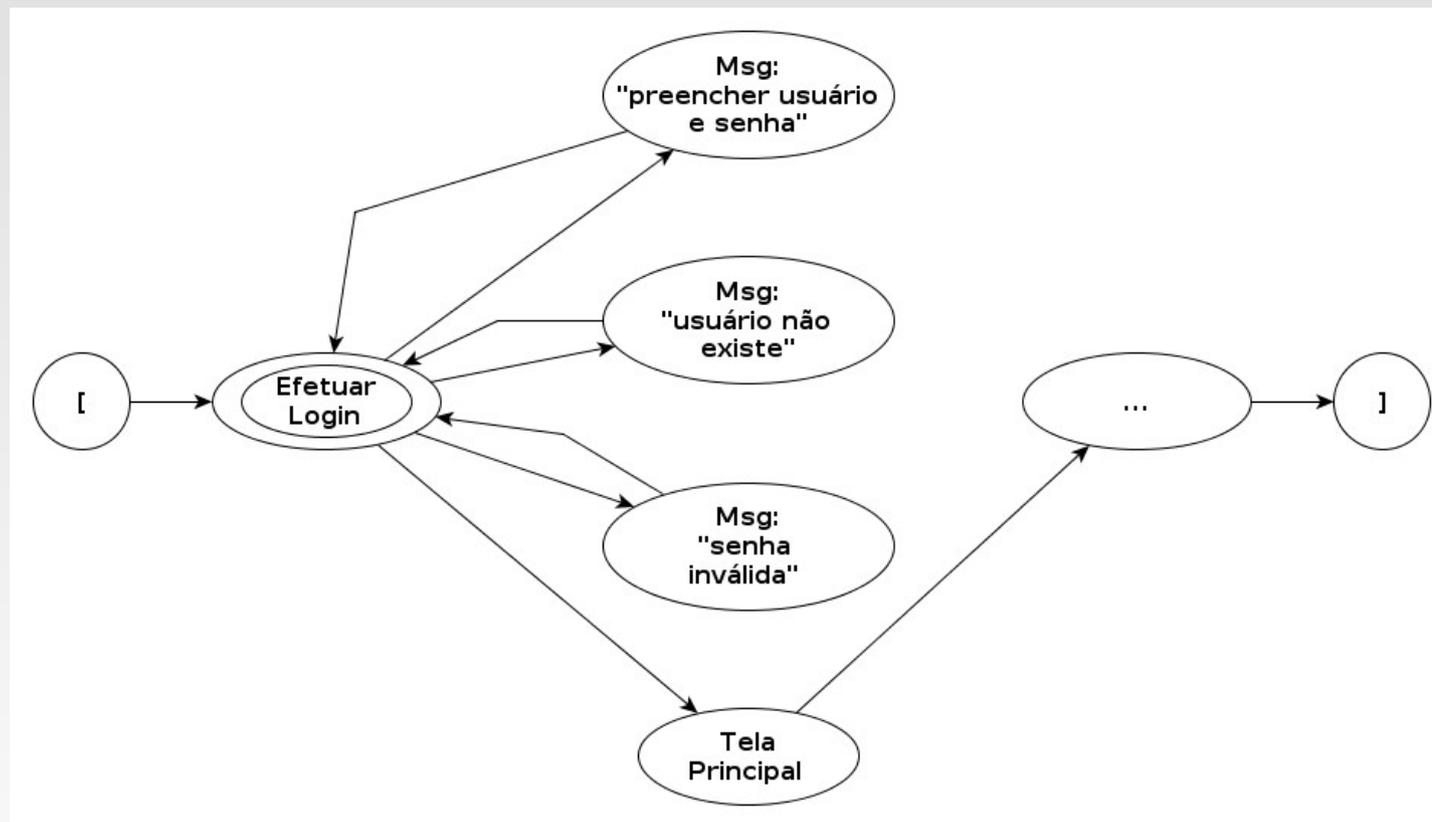
# ESGs + Tabelas de Decisão

- TD para evento "inserir o cartão"

Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão (ii)

- Exercício: TD para evento "efetuar login"



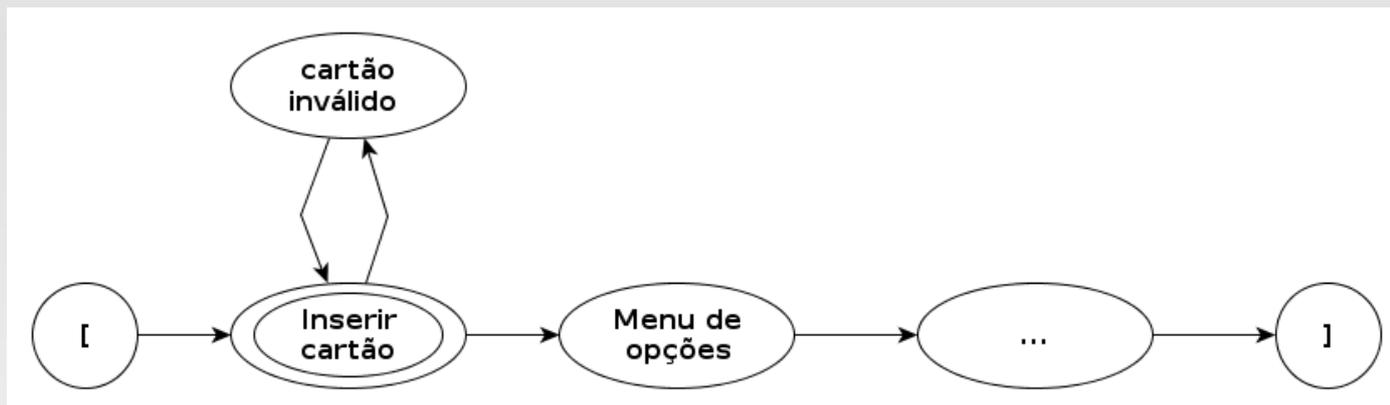
# ESGs + Tabelas de Decisão (ii)

## ■ Efetuar login

Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4	Regra5	Regra6
Usuário em branco	T	T	F	F	F	F
Senha em branco	T	F	T	F	F	F
Usuário existe	-	-	-	F	T	T
Senha válida	-	-	-	-	F	T
<b>Eventos</b>						
msg: usuário e senha	X	X	X			
msg: usuário não existe				X		
msg: senha inválida					X	
Tela principal						X

# ESGs + Tabelas de Decisão

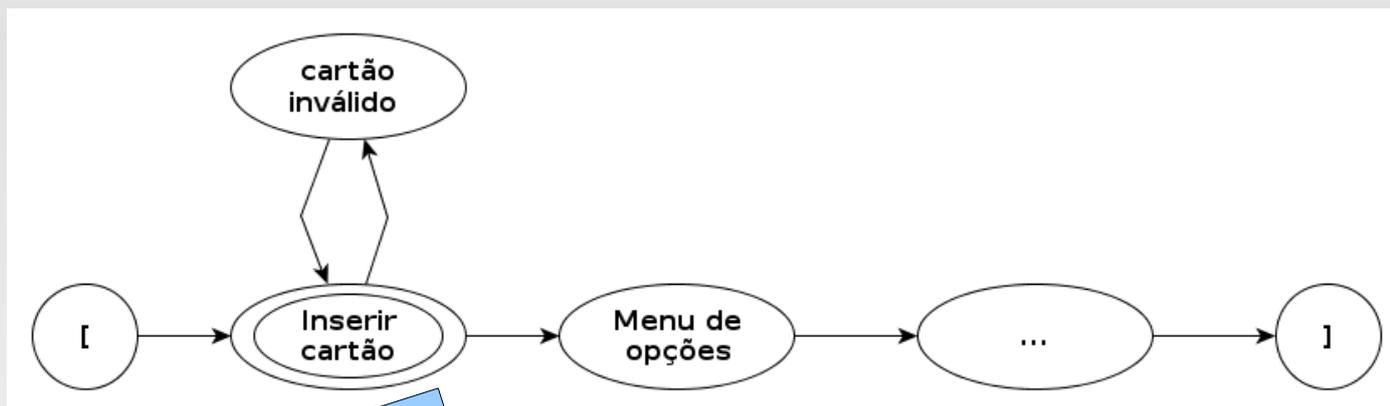
- Muda a geração de testes?



Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão

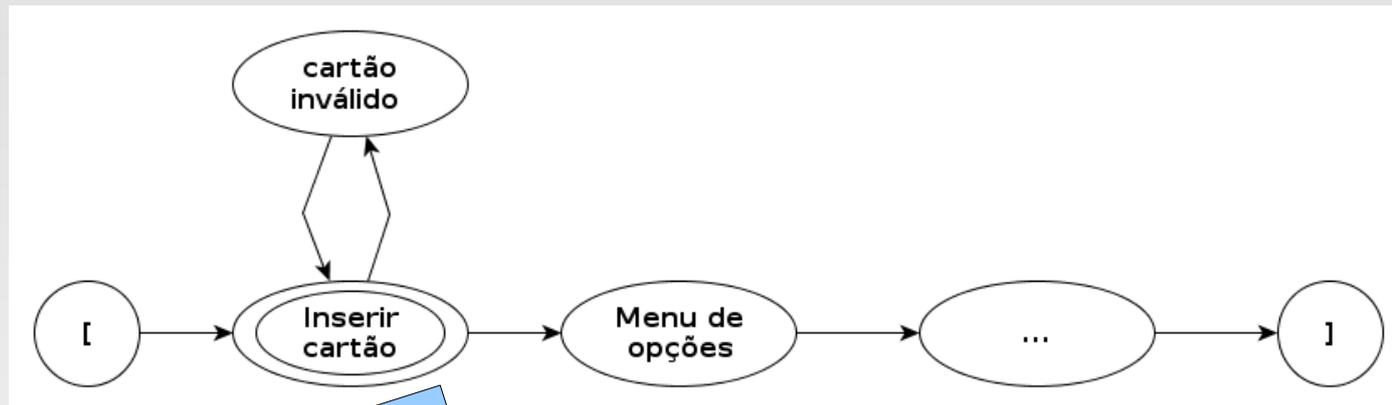
- Muda a geração de testes?



Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão

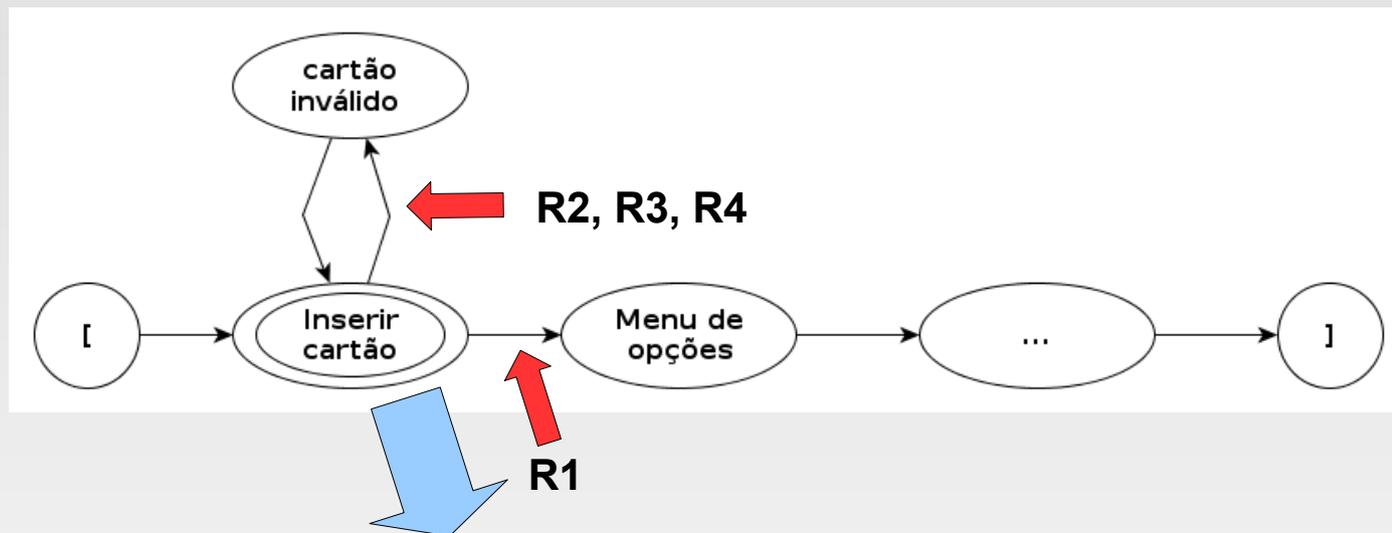
- Muda a geração de testes?



Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão

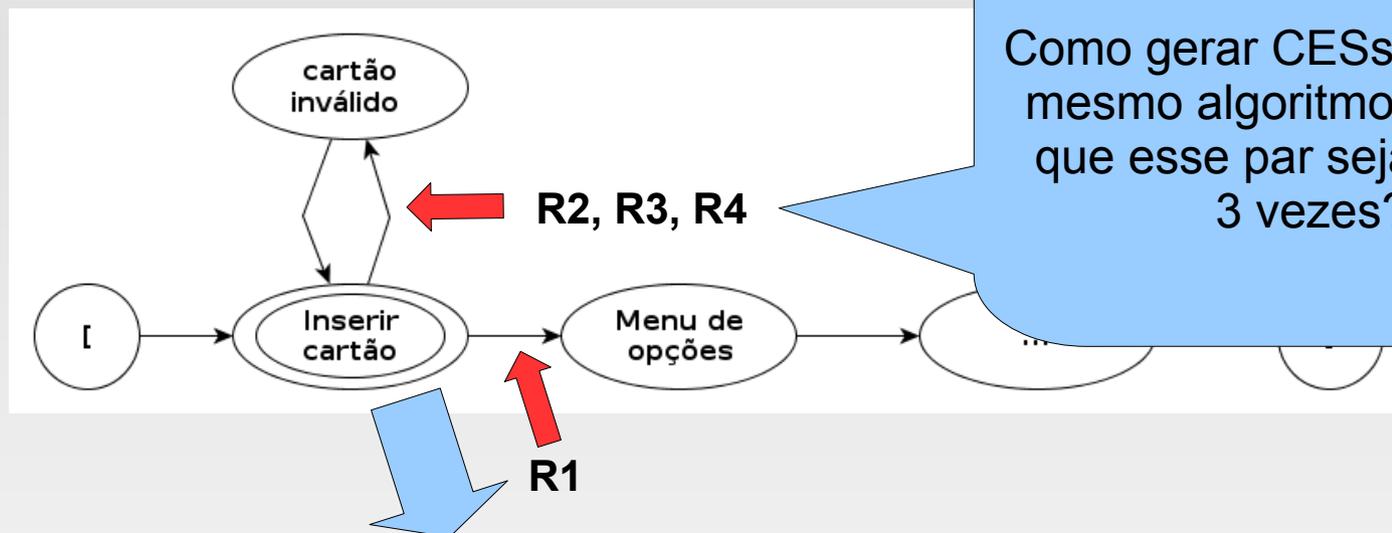
- Muda a geração de testes?



Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão

- Muda a geração de testes?

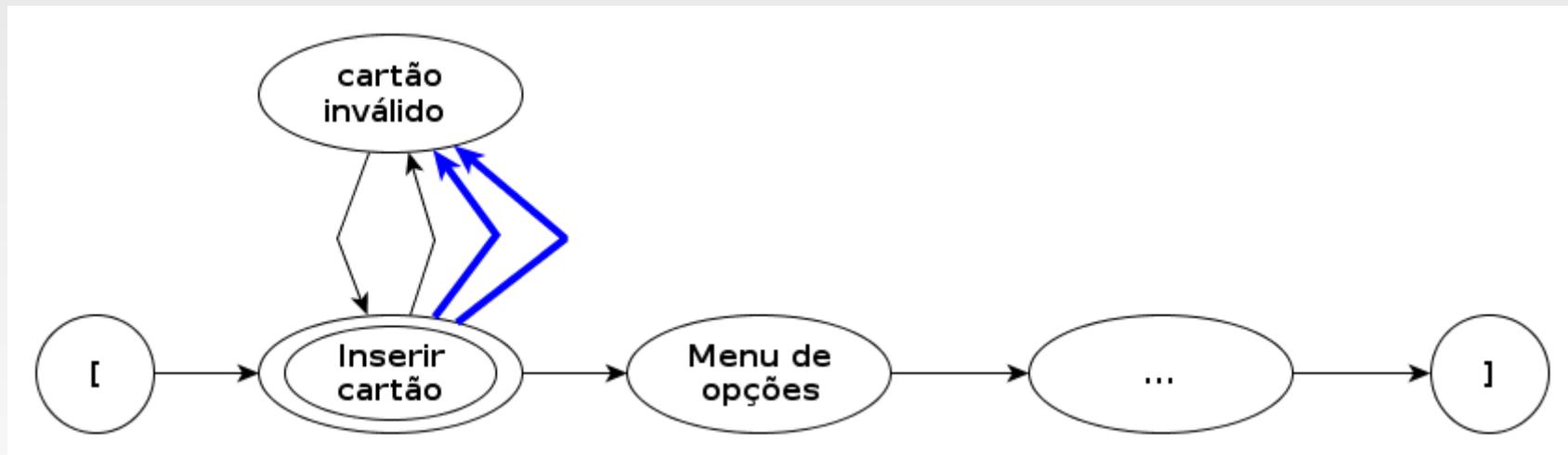


Como gerar CESs usando o mesmo algoritmo de forma que esse par seja coberto 3 vezes?

Restrições	Regra1	Regra2	Regra3	Regra4
É cartão bancário	T	F	T	T
Válido para o banco	T	-	F	T
Conta ativada	T	-	-	F
<b>Eventos</b>				
Menu de opções	X			
Cartão inválido		X	X	X

# ESGs + Tabelas de Decisão

- Muda a geração de testes?
  - 'Inserir cartão'[R2], 'cartão inválido', 'inserir cartão'[R3], 'cartão inválido', 'inserir cartão'[R4], 'cartão inválido', 'inserir cartão'[R1], 'Menu de opções', ...



# Referências

- [BBW06] Belli, F., Budnik, C. J. and White, L. (2006), Event-based modelling, analysis and testing of user interactions: approach and case study. *Softw. Test. Verif. Reliab.*, 16: 3–32. doi: 10.1002/stvr.335
- [BELS11] Belli, F.; Endo, A.T.; Linschulte, M.; Simao, A.; , "Model-based testing of web service compositions," *IEEE 6th International Symposium on Service Oriented System Engineering (SOSE)*, vol., no., pp.181-192, 12-14. 2011.
- [XieMemon08] Qing Xie and Atif M Memon. 2008. Using a pilot study to derive a GUI model for automated testing. *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.* 18, 2, Article 7 (November 2008), 35 pages. DOI=10.1145/1416563.1416567 <http://doi.acm.org/10.1145/1416563.1416567>
- [UPL11] Utting, M., Pretschner, A. and Legeard, B. (2011), A taxonomy of model-based testing approaches. *Softw. Test. Verif. Reliab.*. doi: 10.1002/stvr.456

# Exercícios

- Crie ESGs para testar:
  - 1) Uma máquina de pagamento com cartão de crédito / débito
  - 2) Porta do elevador
  - 3) A classe Java `java.util.ArrayList<E>`
- Implementar algumas sequências de teste para a classe `ArrayList` usando JUnit.