

# **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)



# Contextualização

- Exemplo: Funcionalidade de busca (Firefox)

The screenshot displays the UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) website in a Firefox browser. The address bar shows 'utfpr.edu.br'. The page features a top navigation bar with links for 'Participate', 'Information access', 'Legislation', and 'Information channels'. Below this is a search bar with the text 'Pesquisar' and a 'Buscar' button. The main content area includes a large banner with the UTFPR logo and a sidebar with various links and news items. Two red arrows point to the search bar and the 'Pesquisar' button, highlighting the search functionality. The footer contains a 'Localizar na página' (Find in page) search bar and a 'Realçar tudo' (Highlight all) button.

UTFPR — Universidad...

BRAZIL Services Participate Information access Legislation Information channels

WEBMAIL NUVEM ENG ESP PR

Buscar no Site buscar

Nesta Seção

ALUNOS FUTUROS ALUNOS EX-ALUNOS SERVIDORES COMUNIDADE

REITORIA | APUCARANA | CAMPO MOURÃO | CORNELIO PROCÓPIO | CURITIBA | DOIS VIZINHOS | FRANCISCO BELTRÃO  
GUARAPUAVA | LONDRINA | MEDIANEIRA | PATO BRANCO | PONTA GROSSA | SANTA HELENA | TOLEDO

UTFPR em ordem alfabética

**Auxílio estudantil**  
Edital 2º semestre disponível

**Futuros alunos**  
sisu Vagas remanescentes Cursos técnicos integrados Transferência e aproveitamento de curso

**Pesquisa e Inovação**  
Conheça os projetos da UTFPR

Pró-Reitorias  
Assessorias e Diretorias

A INSTITUIÇÃO  
ESTRUTURA UNIVERSITÁRIA  
SISTEMA DE BIBLIOTECA E PRODUÇÃO ACADÊMICA  
CONCURSOS PÚBLICOS E PROCESSOS SELETIVOS  
CURSOS  
ESTÁGIOS E EMPREGOS  
EVENTOS  
LICITAÇÕES  
COMUNICAÇÃO E IMPRENSA  
EDITORIA  
CARTA DE SERVIÇOS AO CIDADÃO  
ESTUDE NA UTFPR  
DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO

Cooperação  
UTFPR, UTC e Fiep realizam o II Workshop Engenheiro 3i

Relações Internacionais  
UTFPR recebe comitiva portuguesa e assina acordos para dupla diplomação

Gestão  
Publicado decreto de nomeação do novo reitor da UTFPR

Combate ao Aedes  
Vídeo do Câmpus Apucarana é um dos vencedores do Desafio Zika Zero

Atividades acadêmicas e ações sociais marcam a Semana da Inclusão nos câmpus da UTFPR

Seleções abertas para 21 programas de pós-graduação

UTFPR realiza I Congresso Nacional de Tecnologia Assistiva

Concurso público para técnicos-administrativos recebe inscrições até 25 de setembro

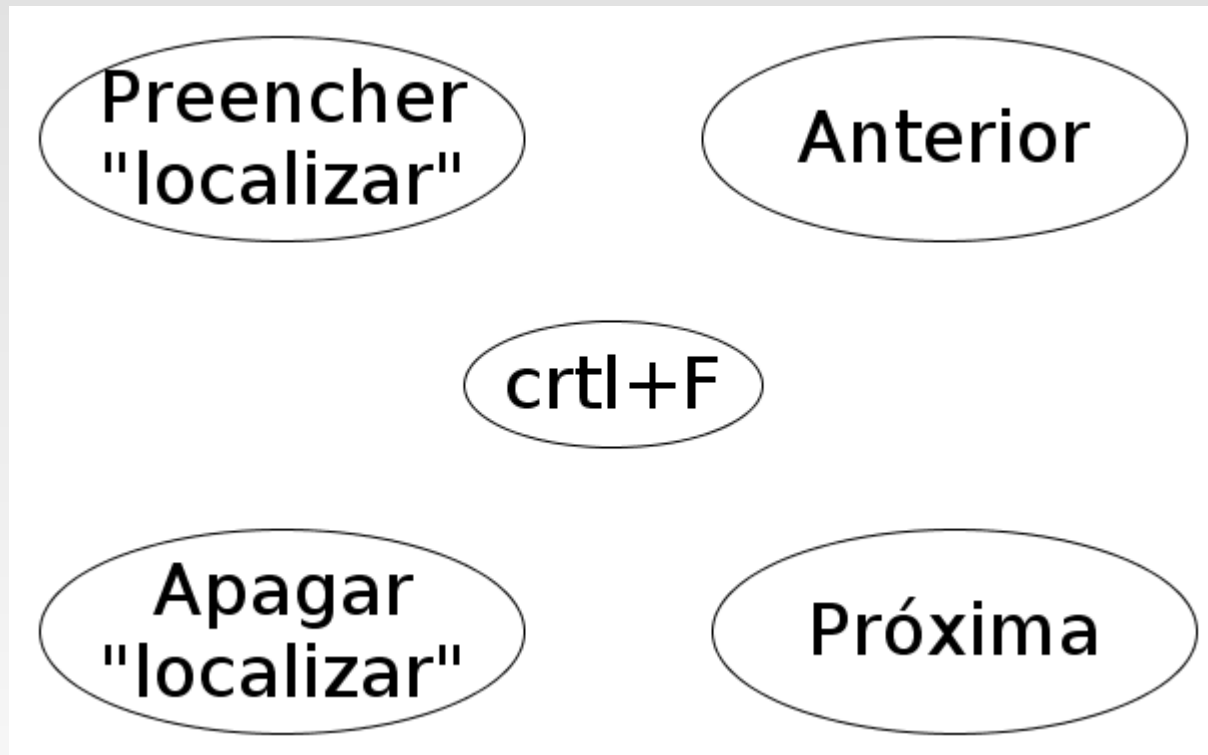
Ranking da Folha de S. Paulo põe a UTFPR entre as 50 melhores do país

Tecnologia: Universidade lança projeto para versão

Localizar na página Realçar tudo Diferenciar maiúsculas/minúsculas

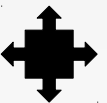
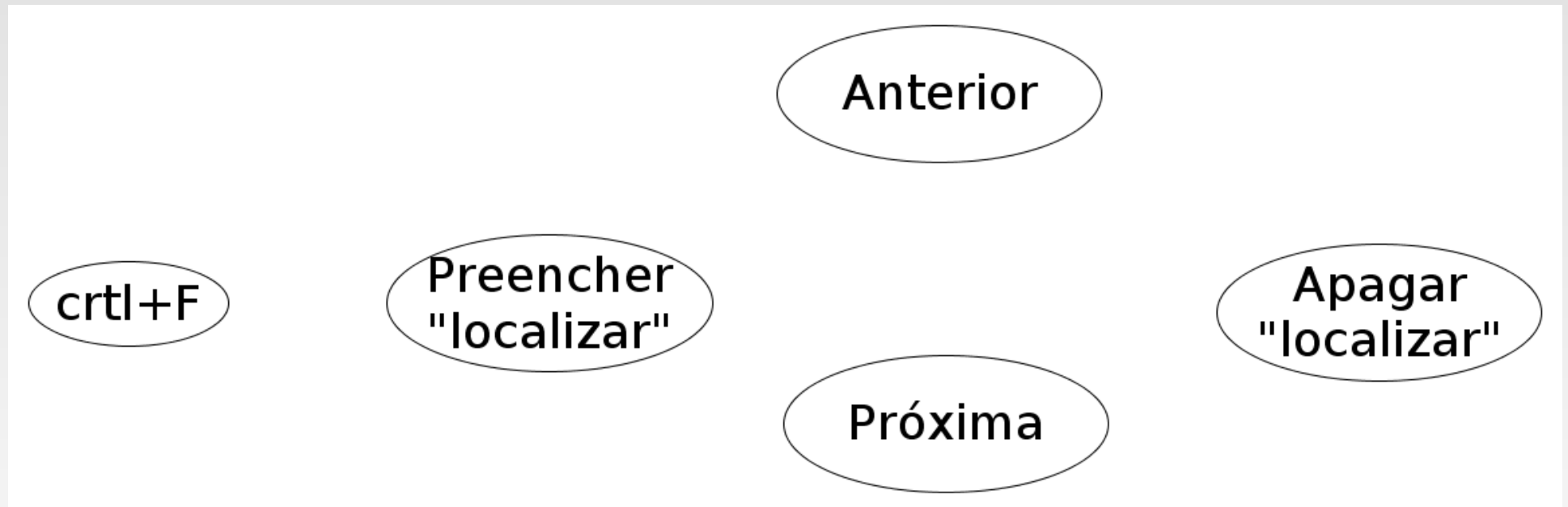
# Contextualização

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



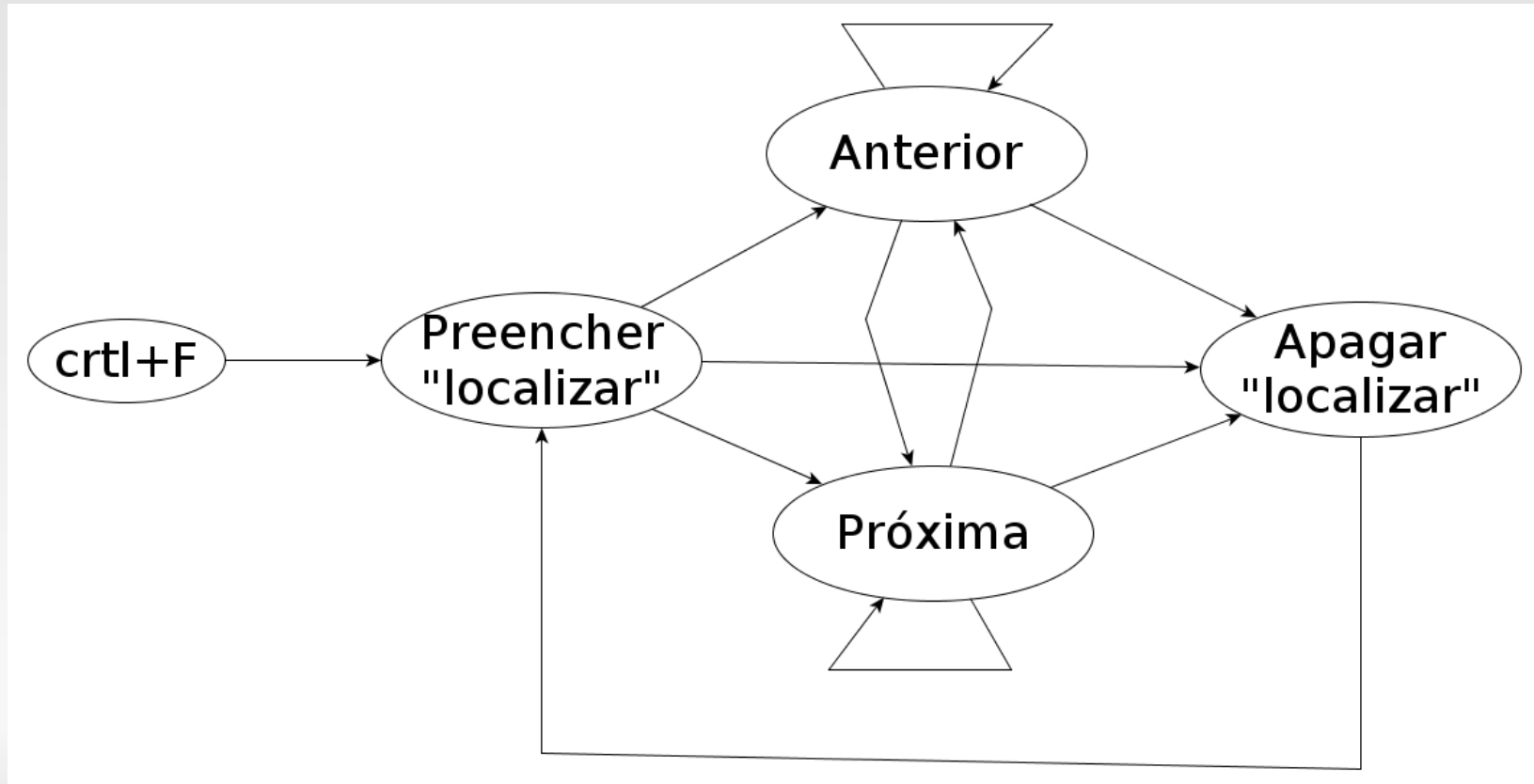
# Contextualização

- **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

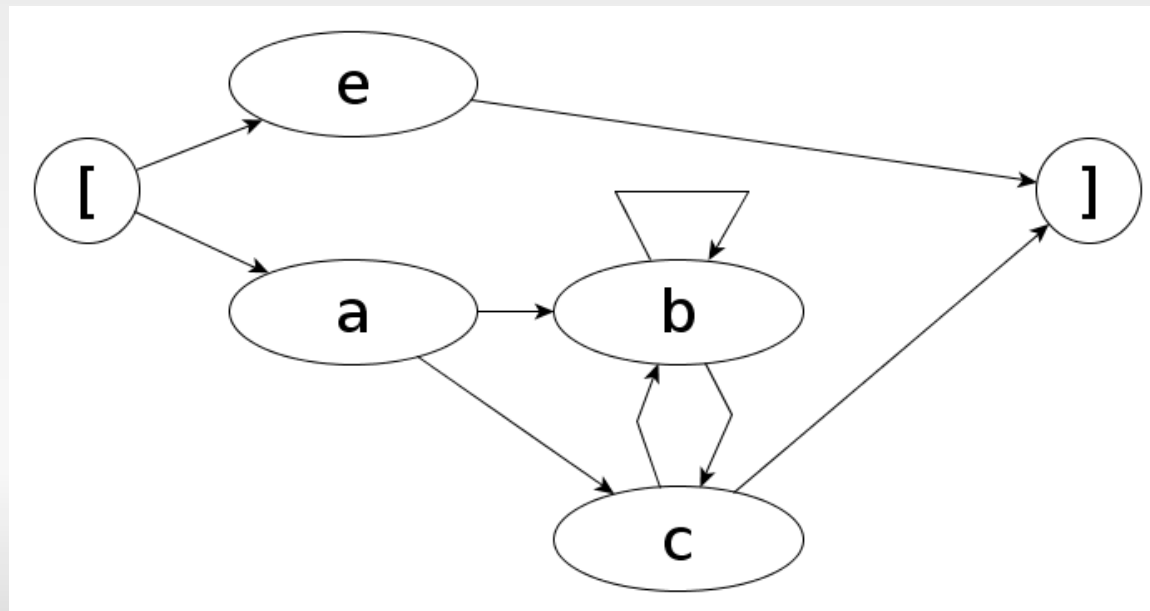
- *Model-Based Testing* (MBT)
  - Testador
  - Conhecimento do sistema
- Modelo de teste
  - Modelar somente a parte que é interessante testar
  - Abstração
- Geração automática de casos de teste
- Estudos de caso, *surveys*
  - Sucesso

# 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

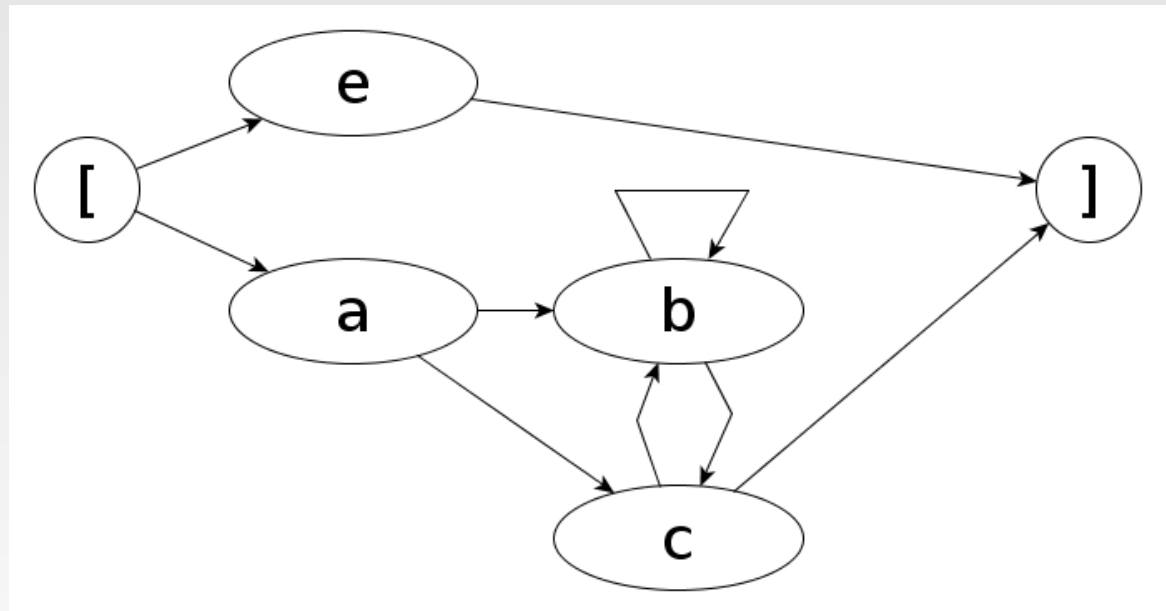
- $ESG = (V, E, En, Ex)$  é um dígrafo, onde:
  - $V$  é um conjunto finito de nós (eventos)
  - $E \subseteq V \times V$  é um conjunto finito de arcos (par de eventos)
  - $En, Ex \subseteq V$  são nós de entrada e saída
- Pseudo-nós de entrada e saída  $'[', ']' \notin V$

# 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  $i=0, \dots, k-1$

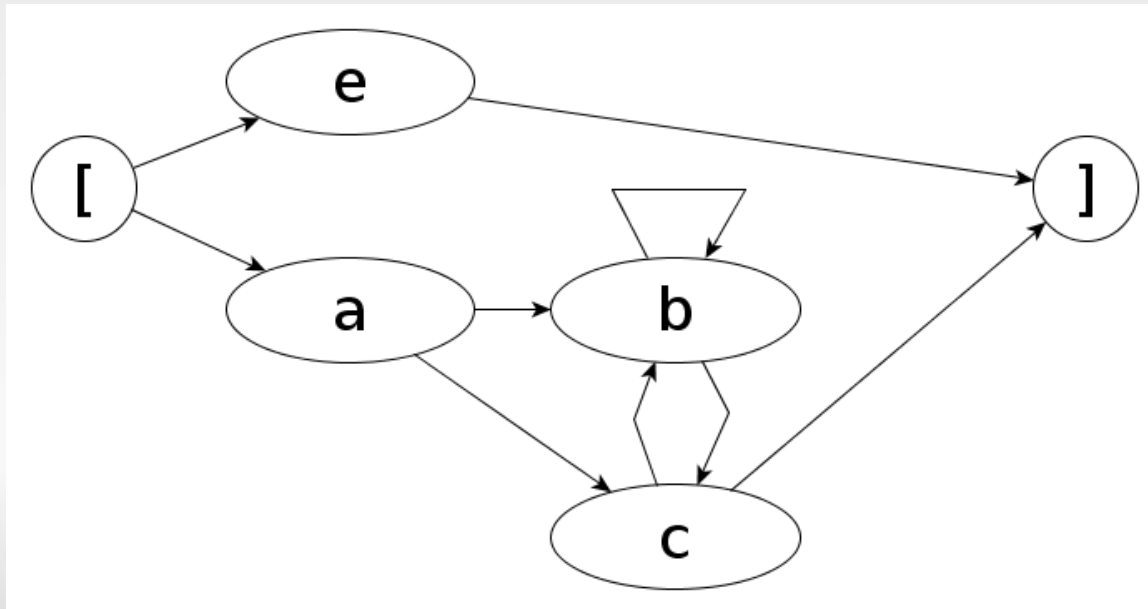
# ESGs: Definições

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



# ESGs: Definições

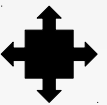
- Restrição: *Entry* nodes ( $En$ ) e *Exit* nodes ( $Ex$ )
  - Todo evento pode ser alcançado de um evento de entrada
  - Todo evento pode chegar a um evento de saída
- Exemplo





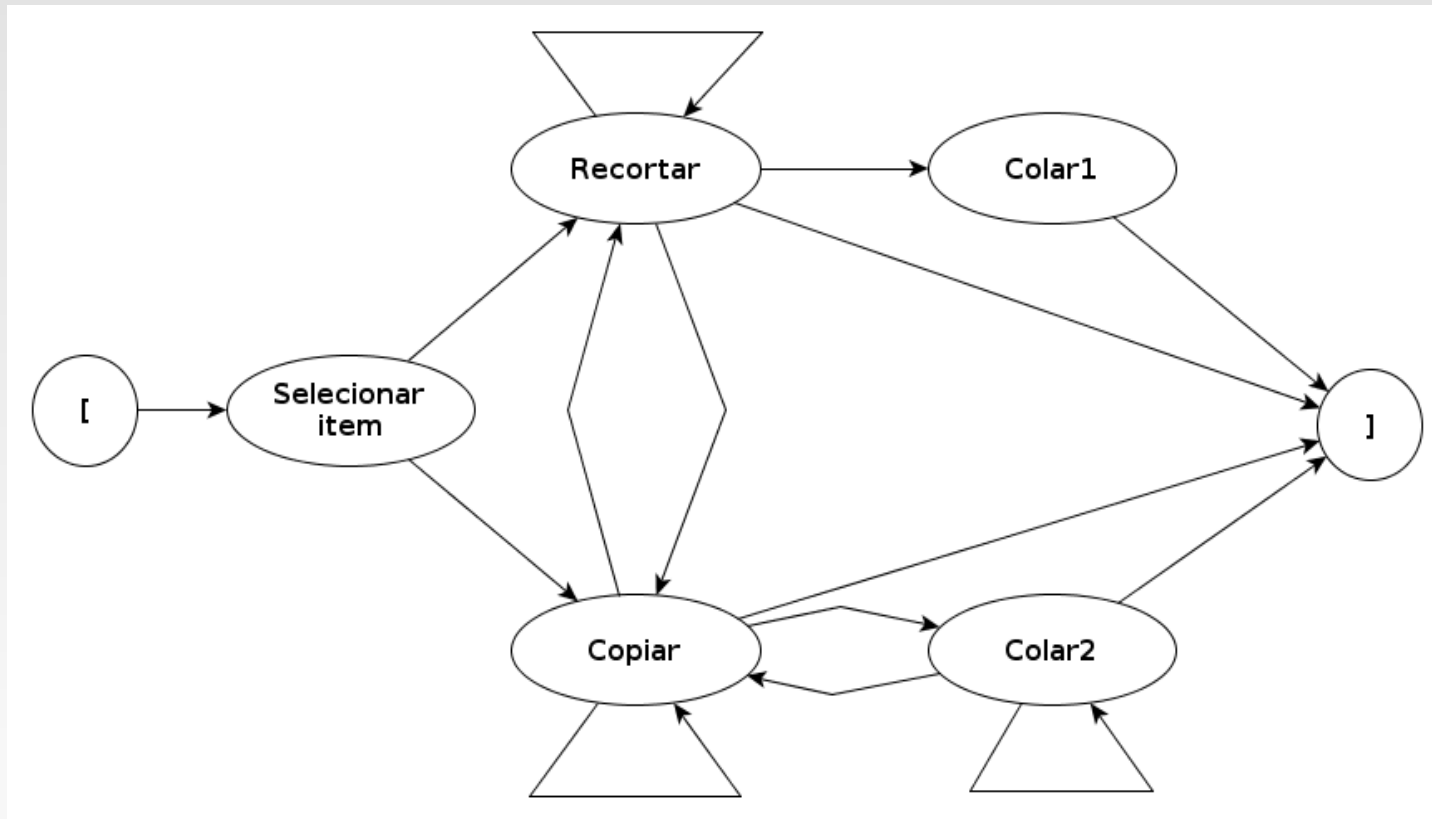
# ESGs: Exemplos

- 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"



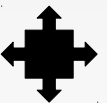
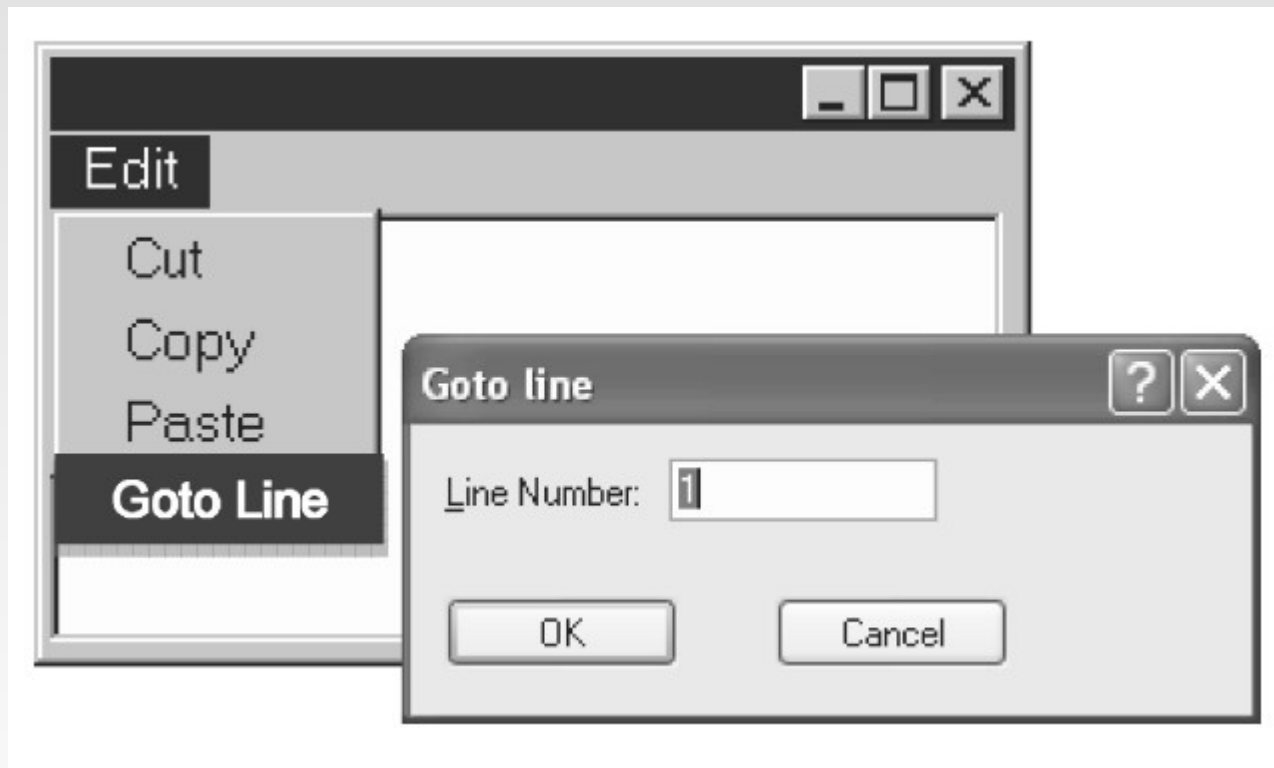
# ESGs: Exemplos

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



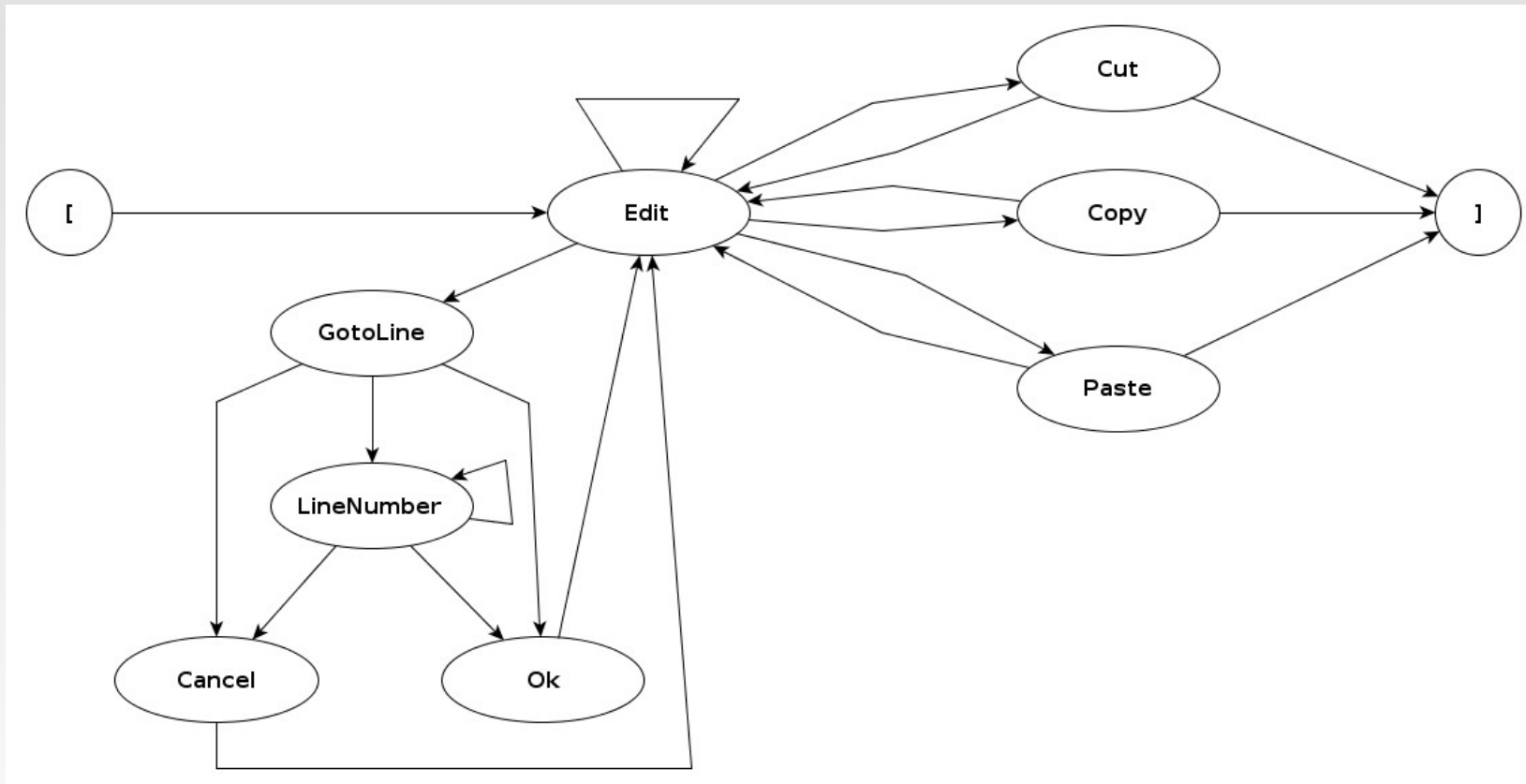
# ESGs: Exemplos

- Exemplo 2: modelar função "Go to line"



# ESGs: Exemplos

- Exemplo 2: modelar função "Go to line"

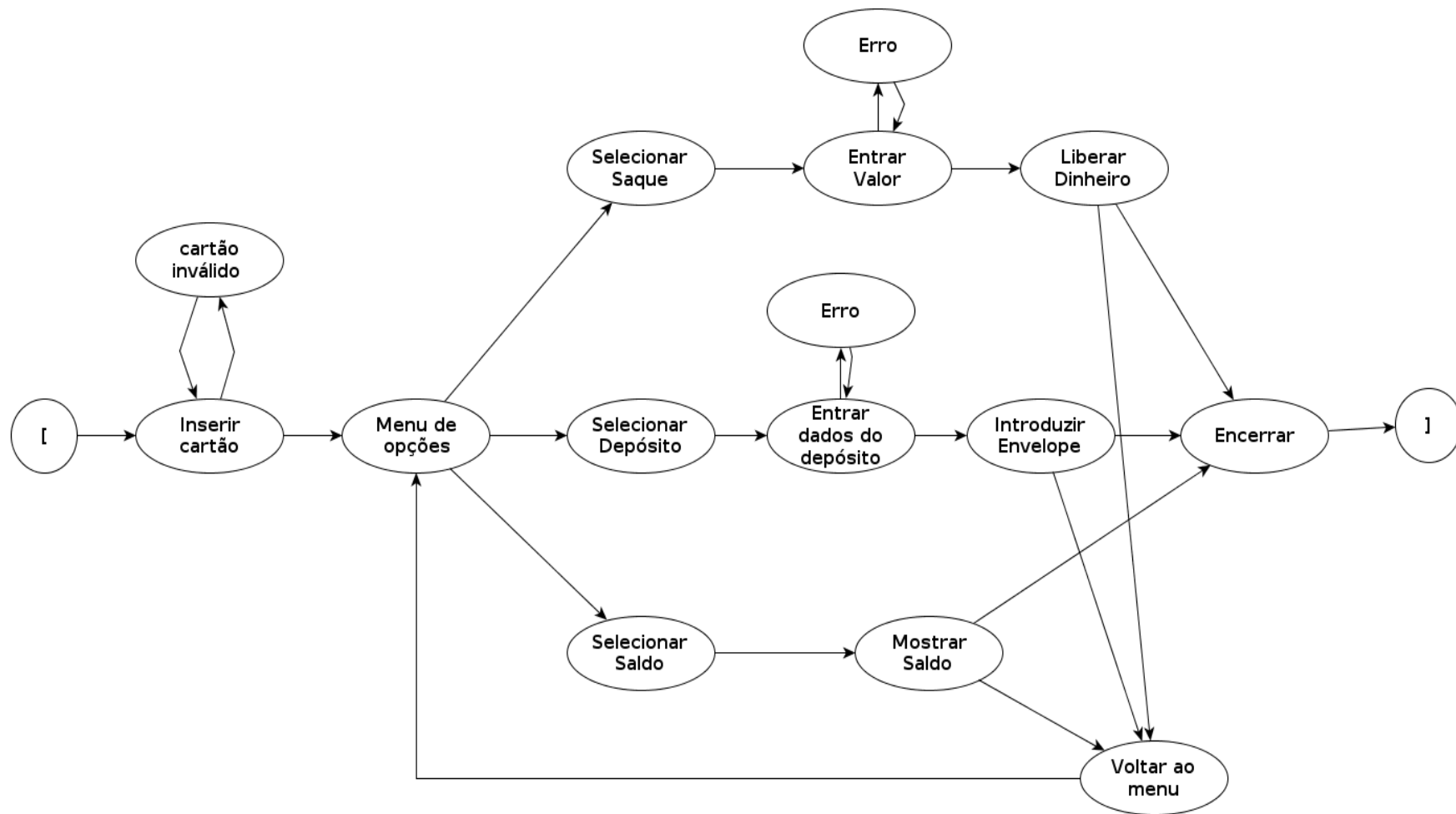


# ESGs: Exemplos

- **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.

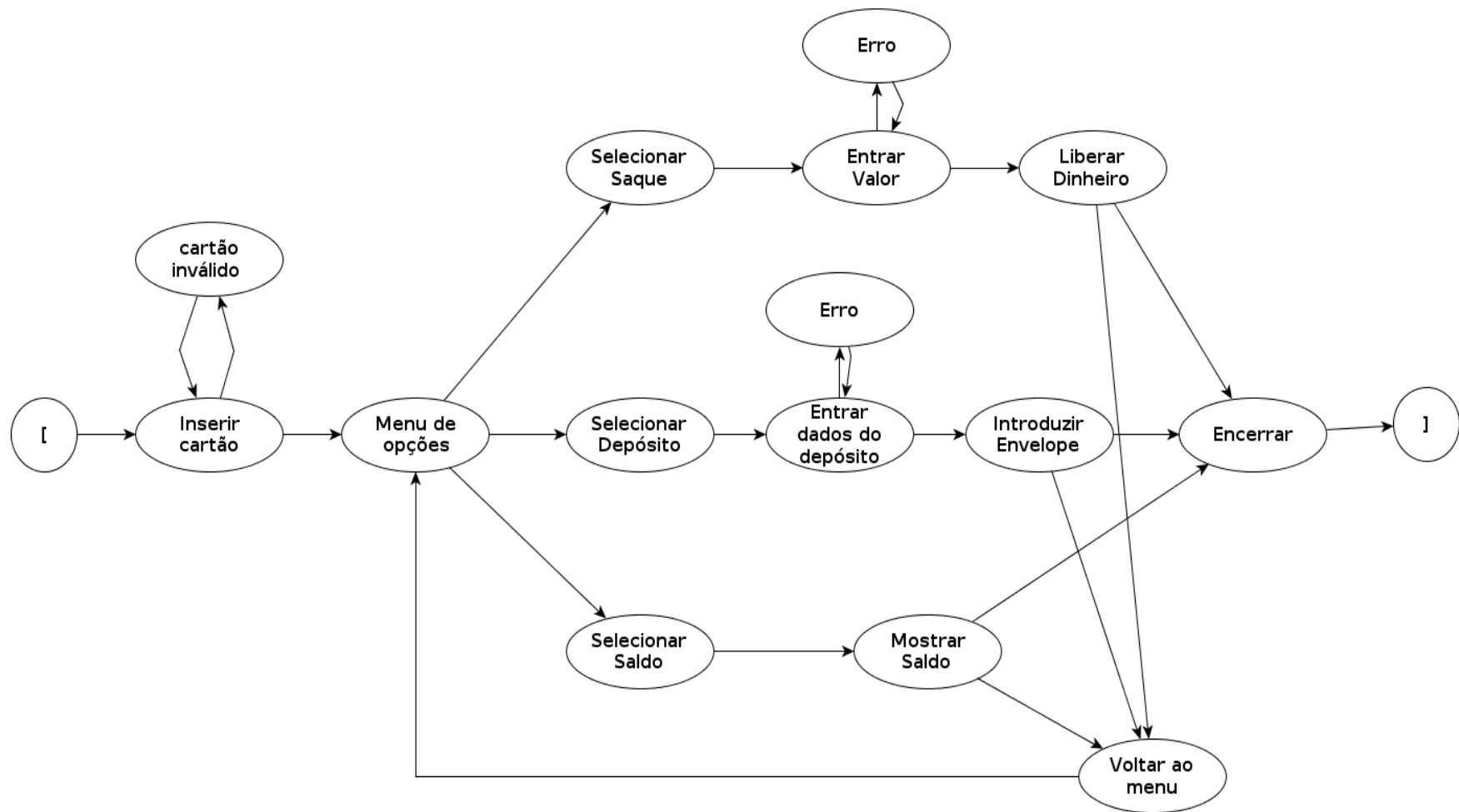
# ESGs: Exemplos

- Possível modelo



# ESGs: Exemplos

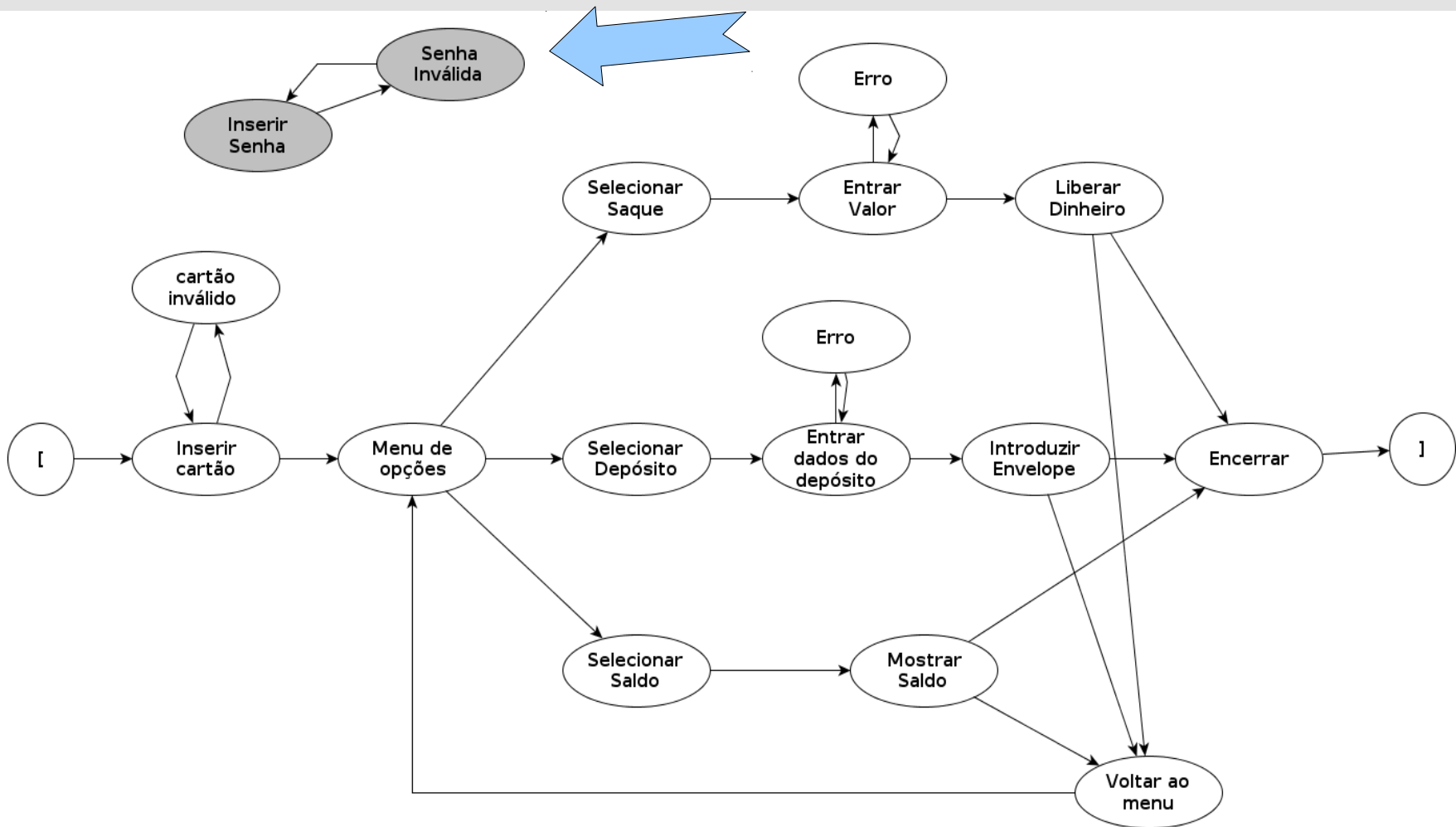
- O que está faltando?





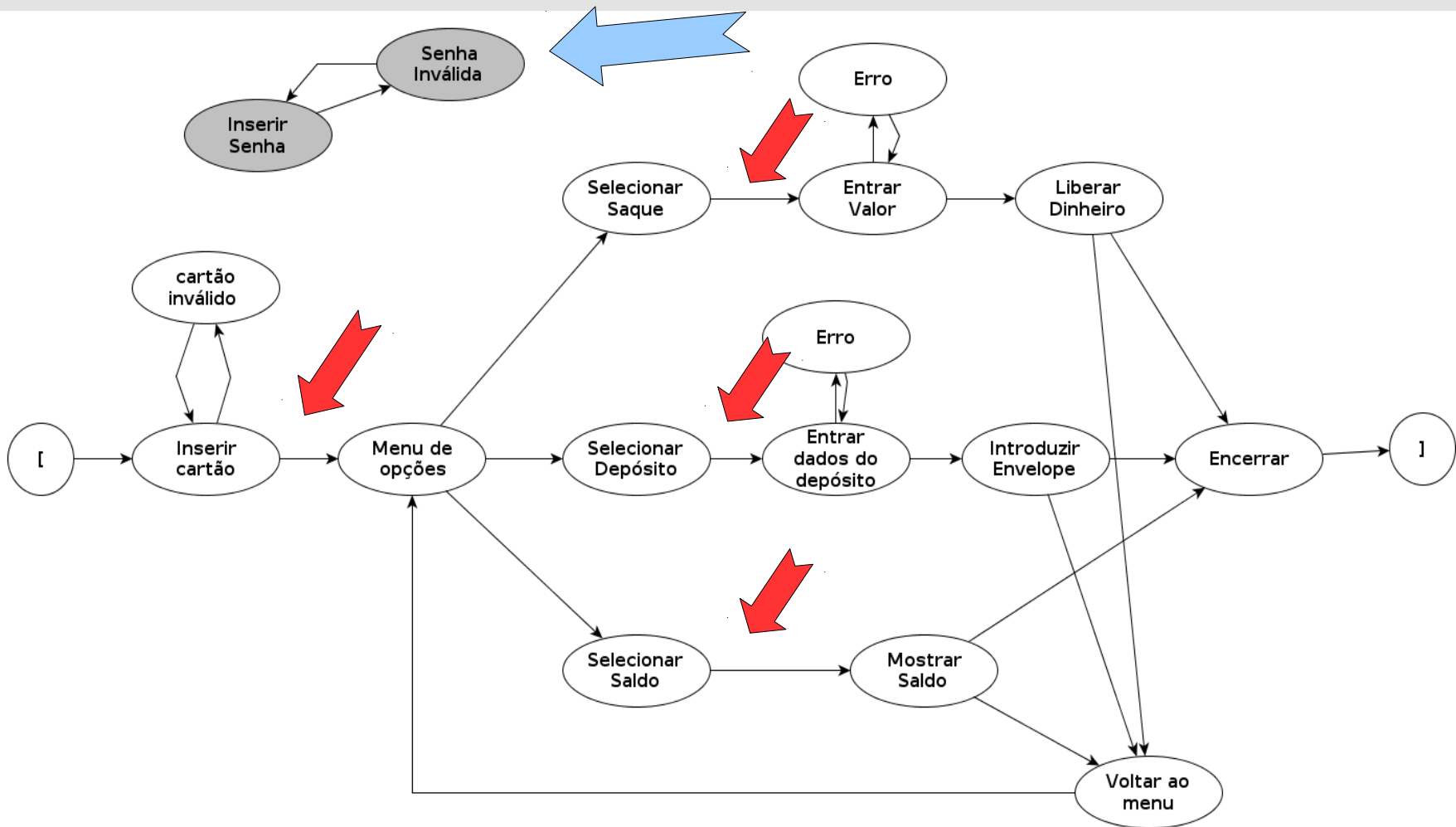
# ESGs: Exemplos

- Senha de 4 dígitos



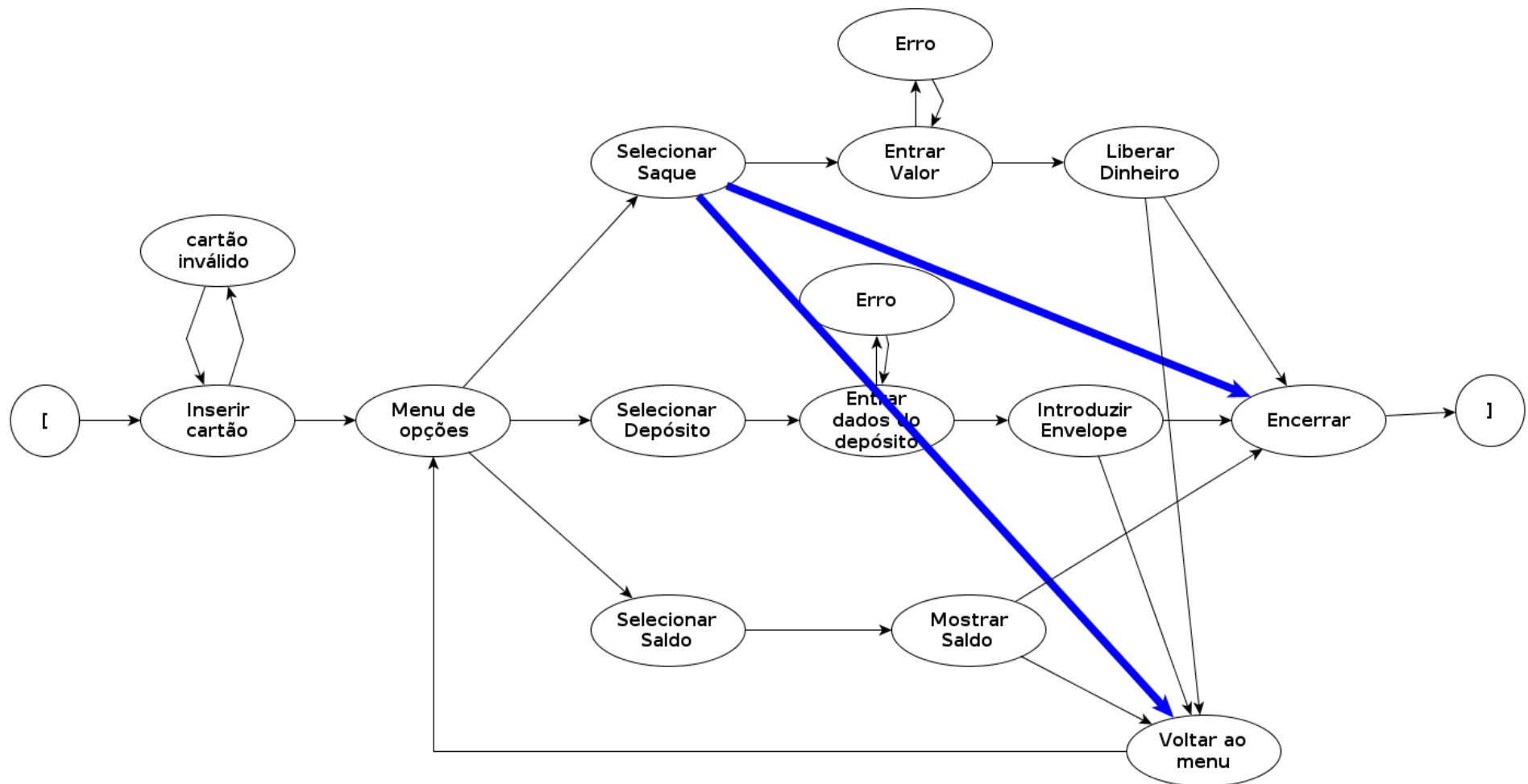
# ESGs: Exemplos

- Senha de 4 dígitos (defeito)



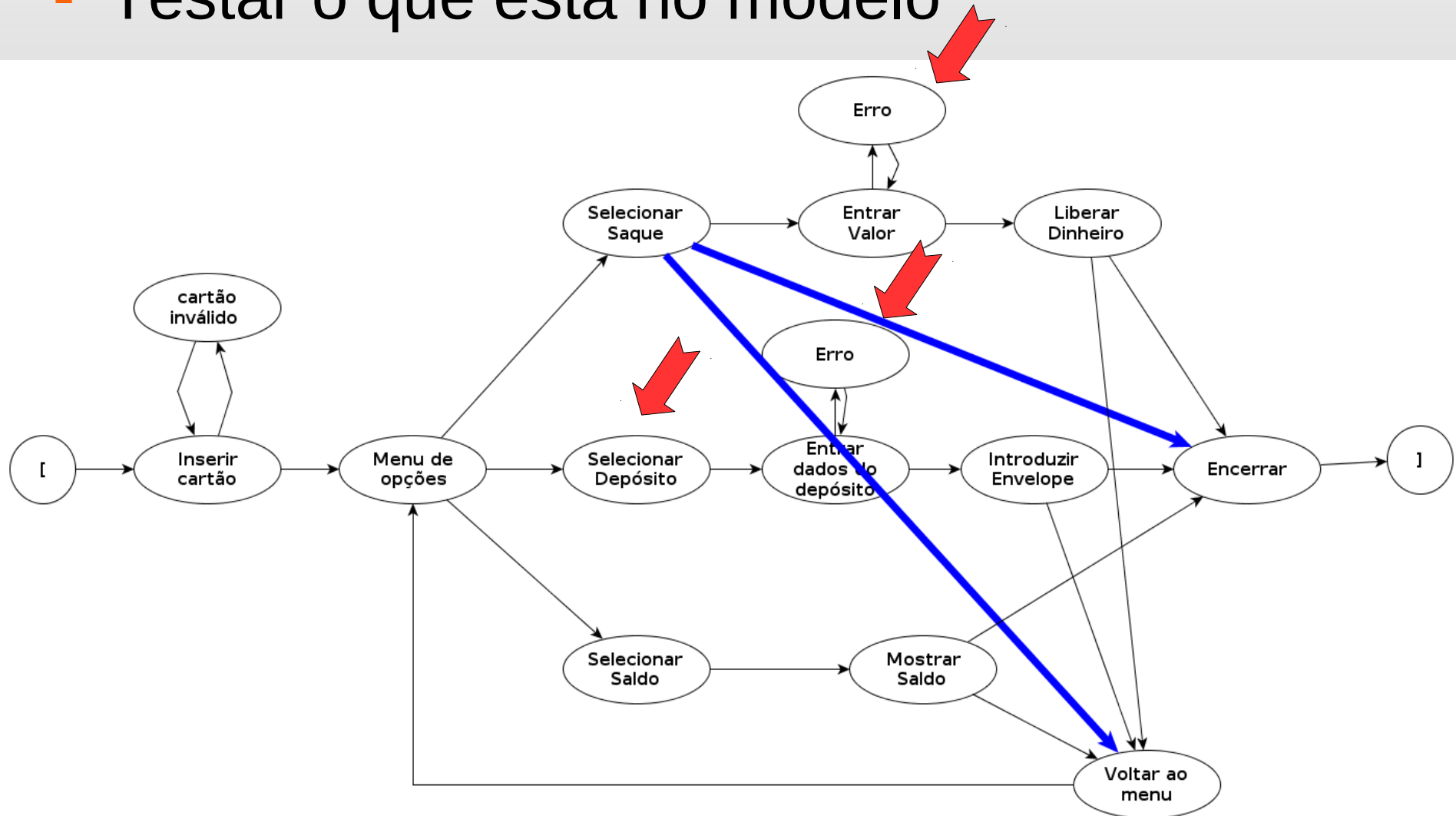
# ESGs: Exemplos

- Testar o que está no modelo



# ESGs: Exemplos

- Testar o que está no modelo



# ESGs: Exemplos

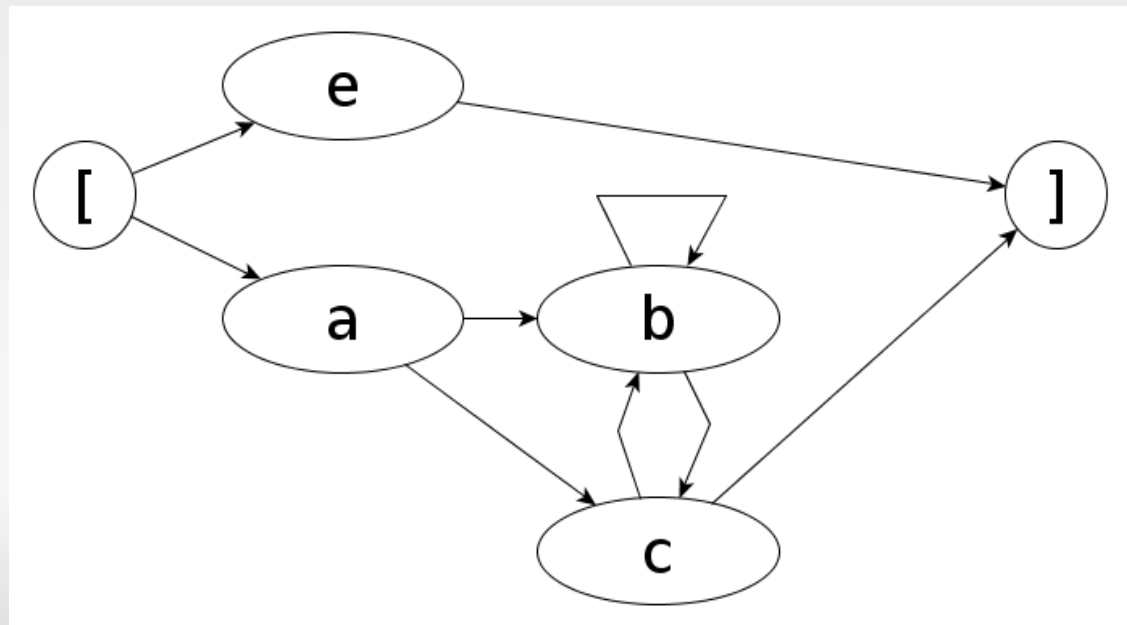
- ESGs
  - Fácil entendimento e intuitivo
  - Identificação dos eventos
  - Esforço inicial
- TBM
  - As informações foram suficientes para criar o modelo precisamente?
    - Defeitos nos requisitos (crítico)
  - Qualidade do modelo
    - Testar o que foi modelado

# 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

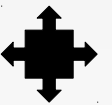
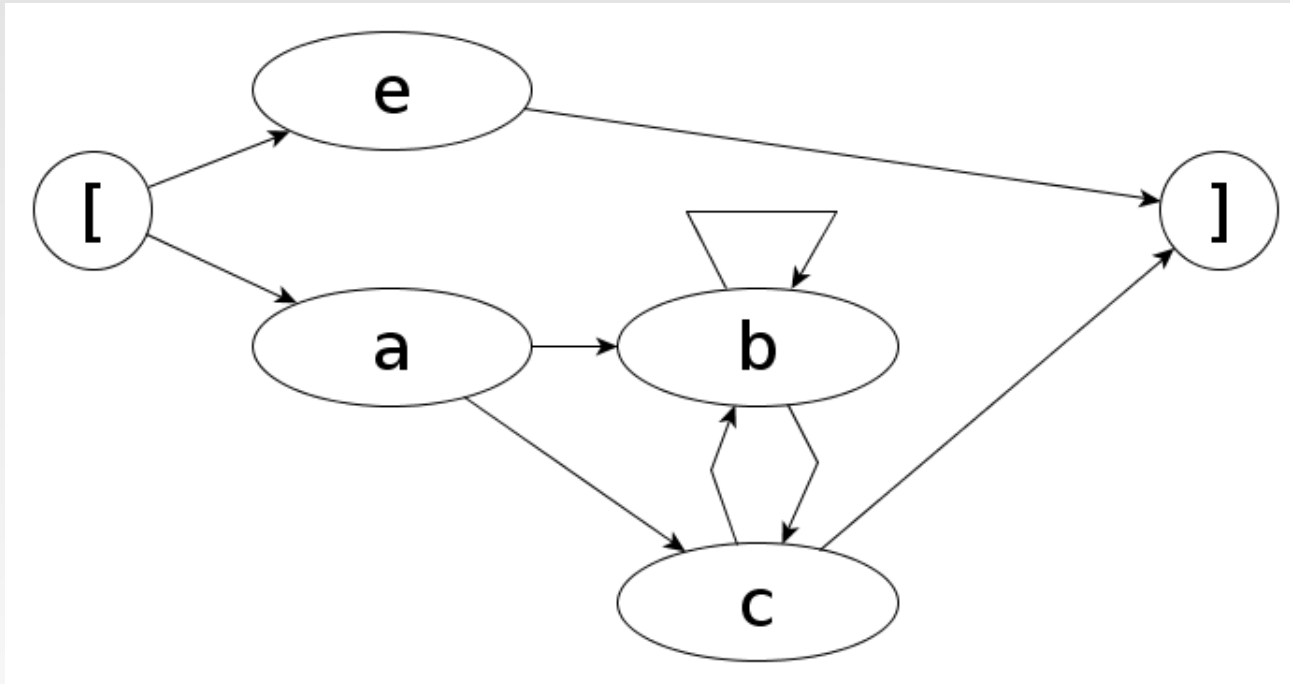
- Critérios de seleção de teste
  - Todos-eventos
  - Aleatório
  - (...)
- Vamos estudar
  - Cobrir pares de eventos (todos-arcos)
  - Gerar CESs
- Como gerar CESs que exercitem todos os pares de eventos?
  - Ideias?

# 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

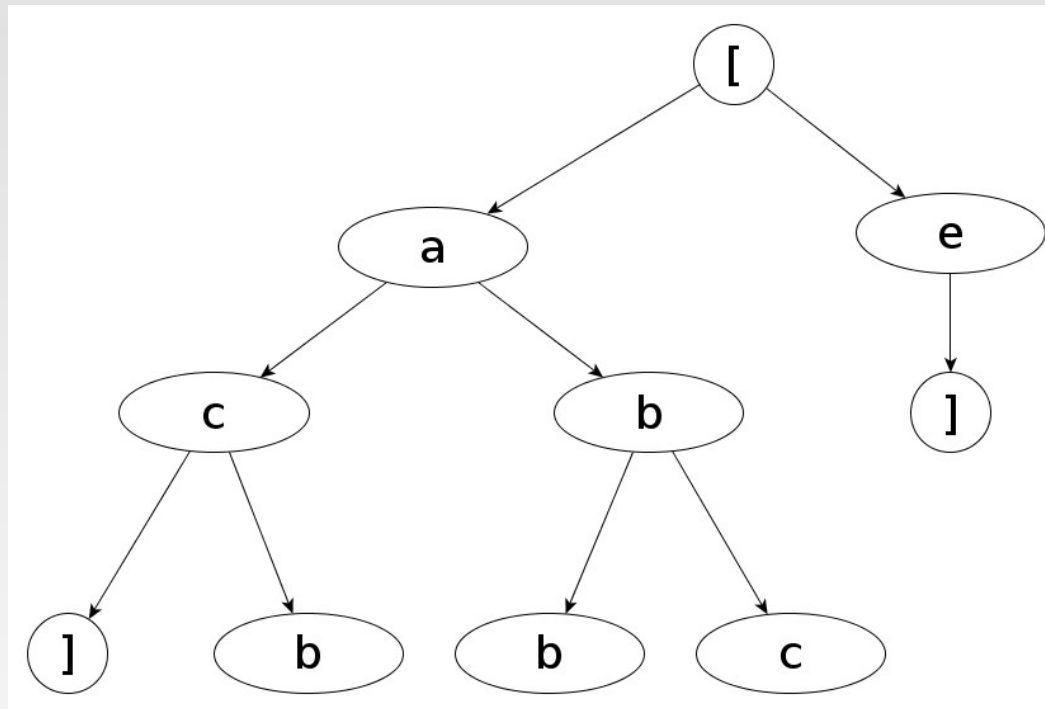
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (i)



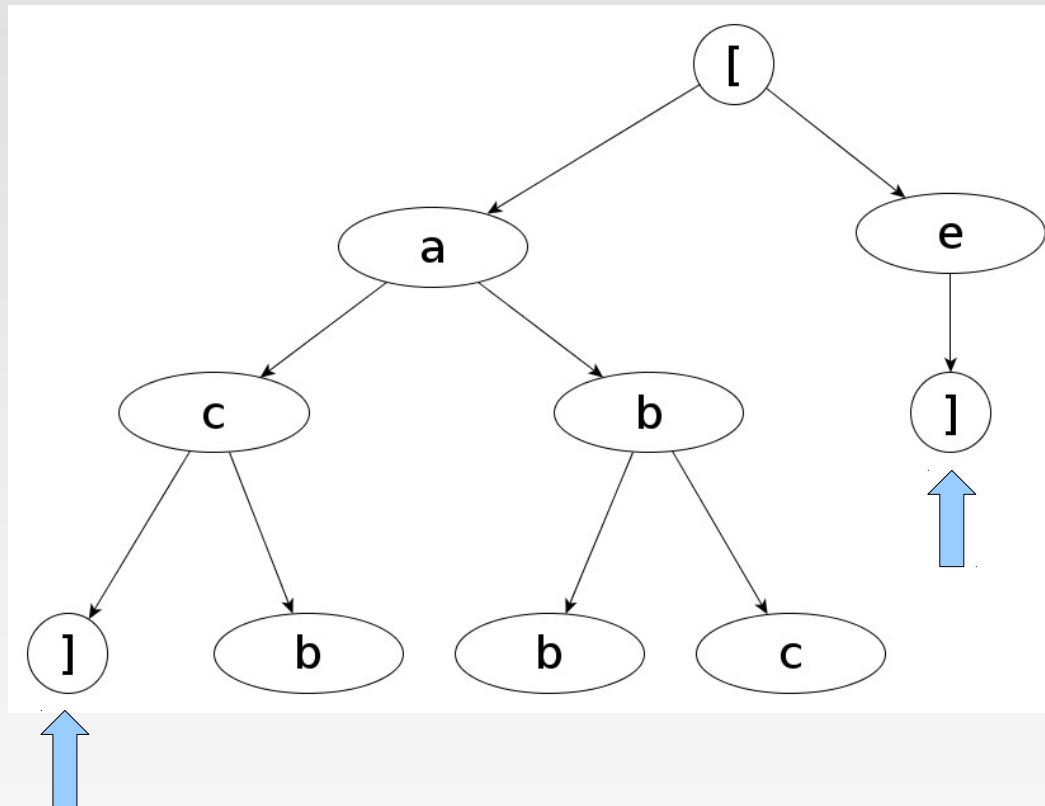
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



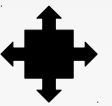
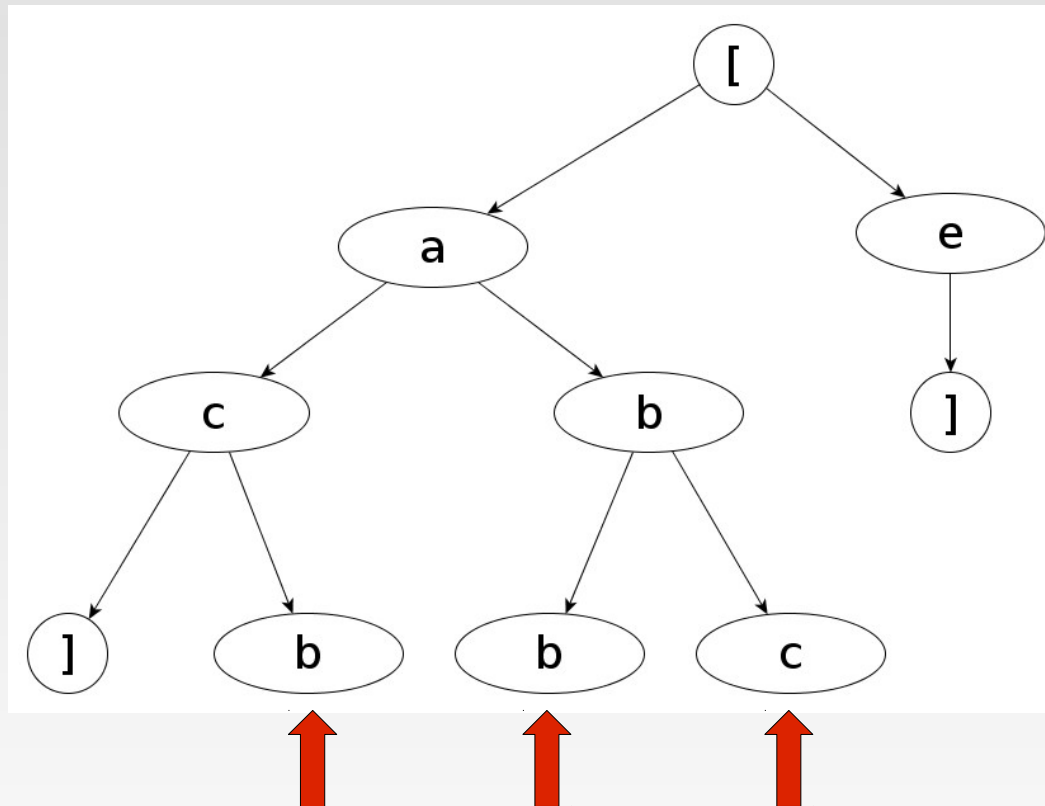
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



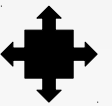
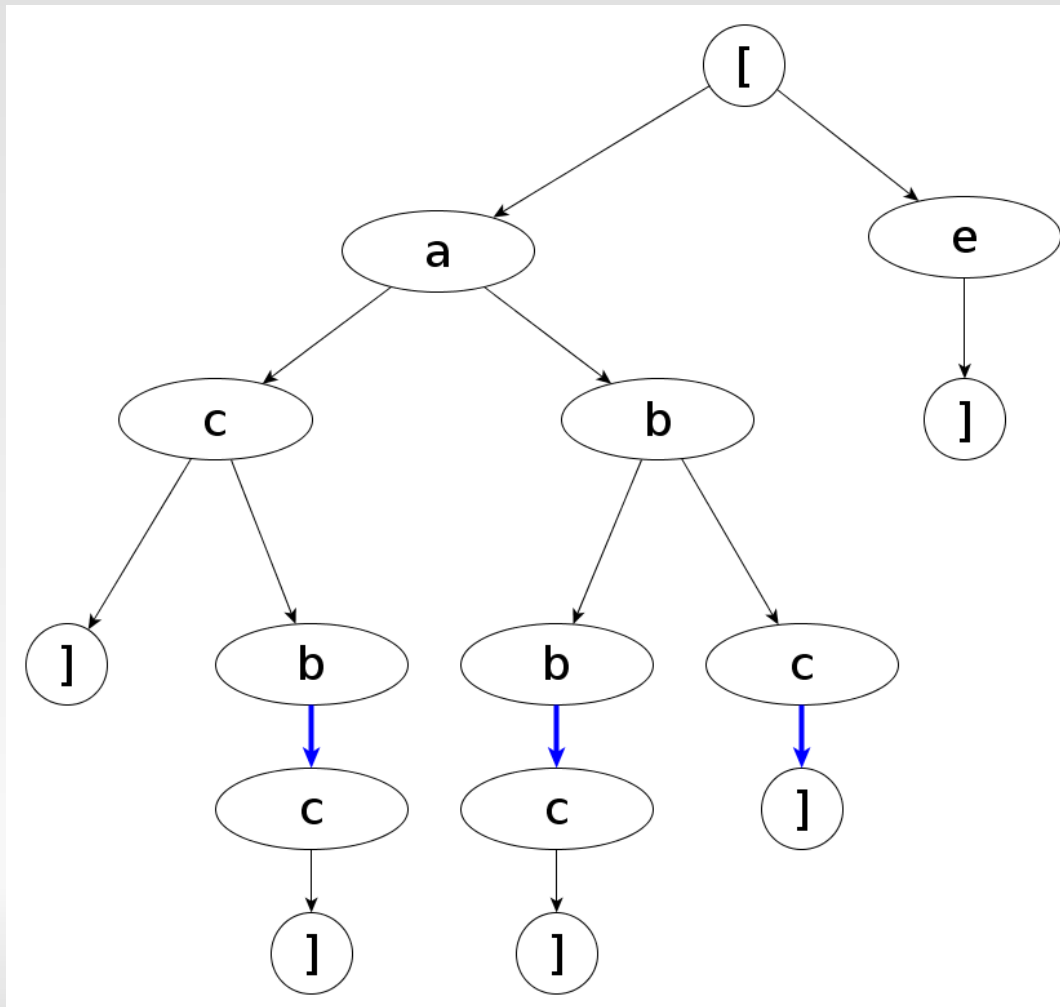
# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



# ESGs: Geração de testes

- Exemplo para árvore de sucessão (ii)



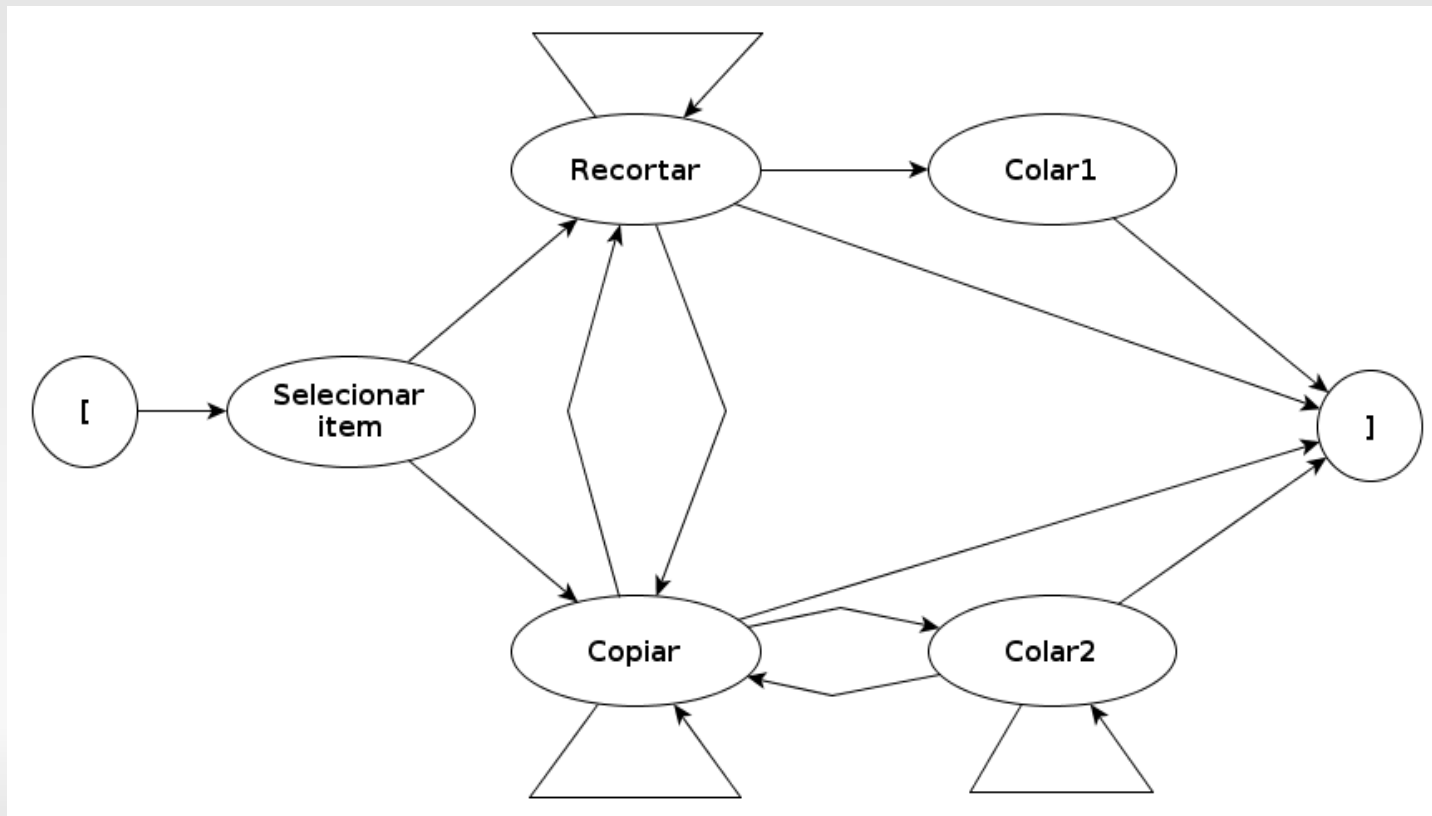


# ESGs: Geração de testes

- 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

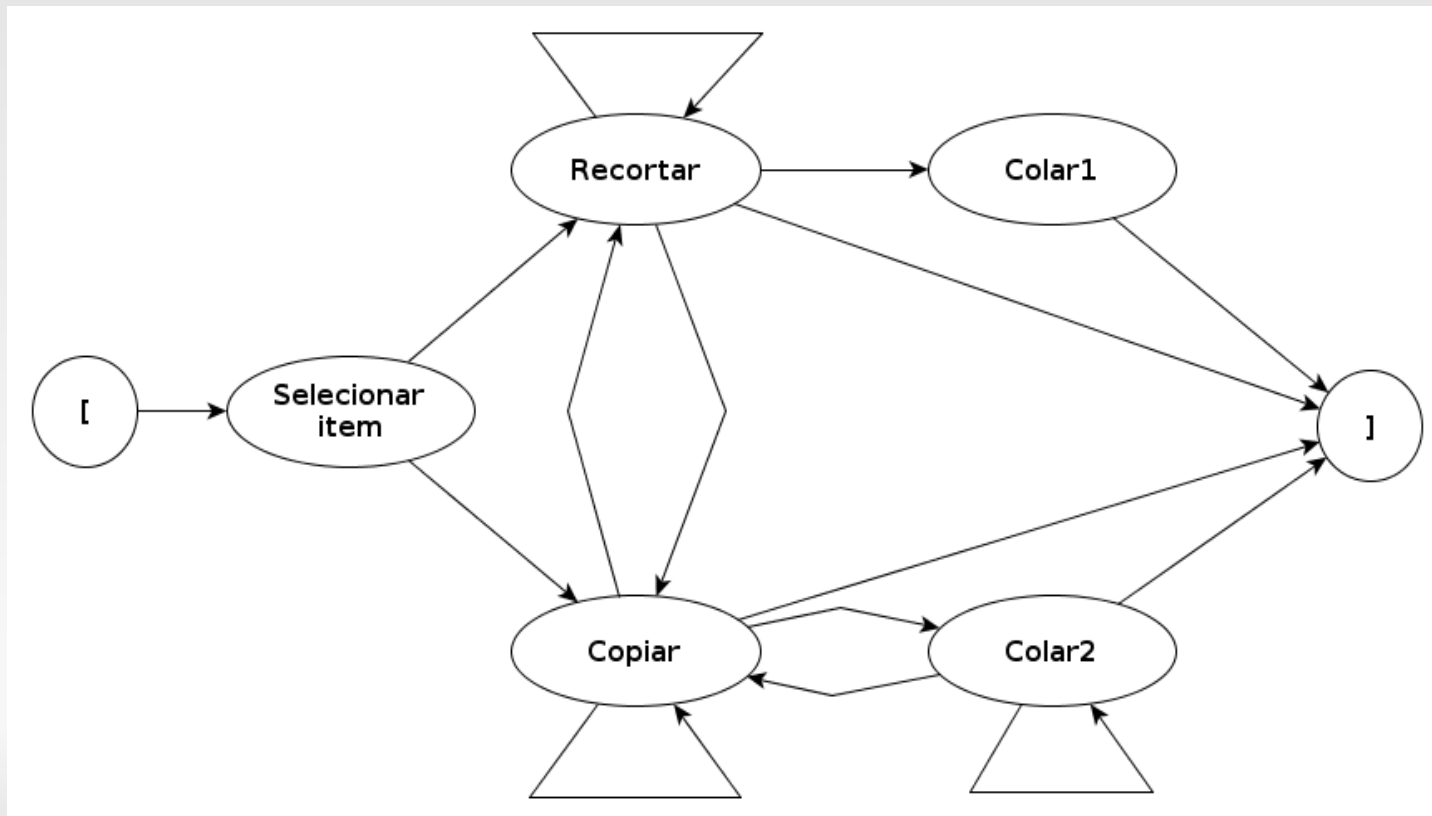
# ESGs: Geração de testes

- **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

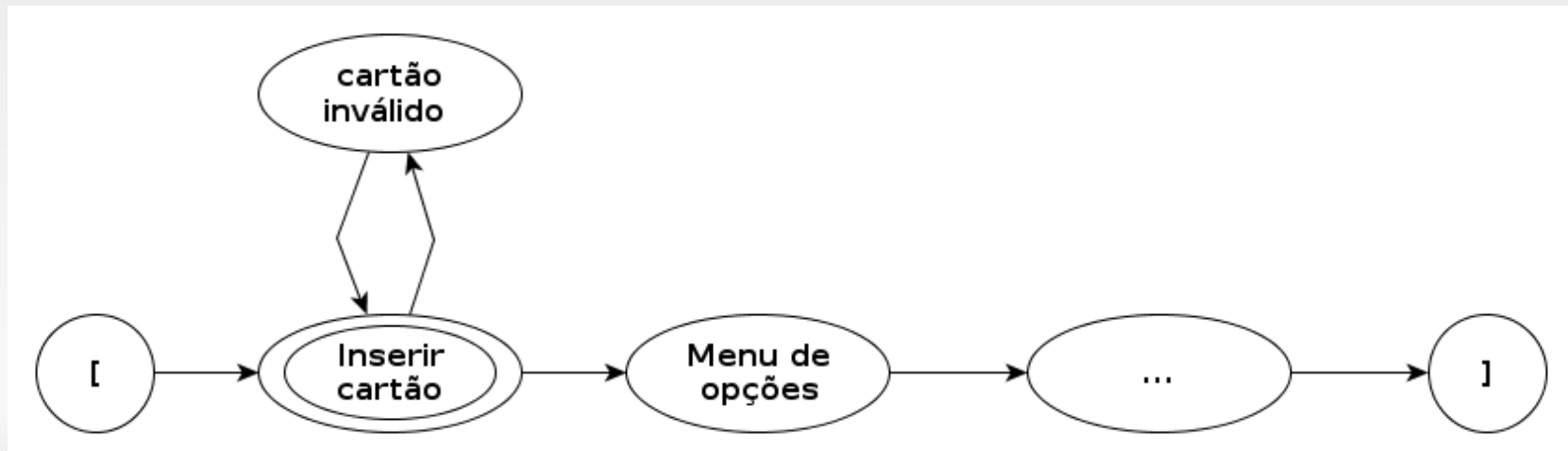
# ESGs: Geração de testes

- 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

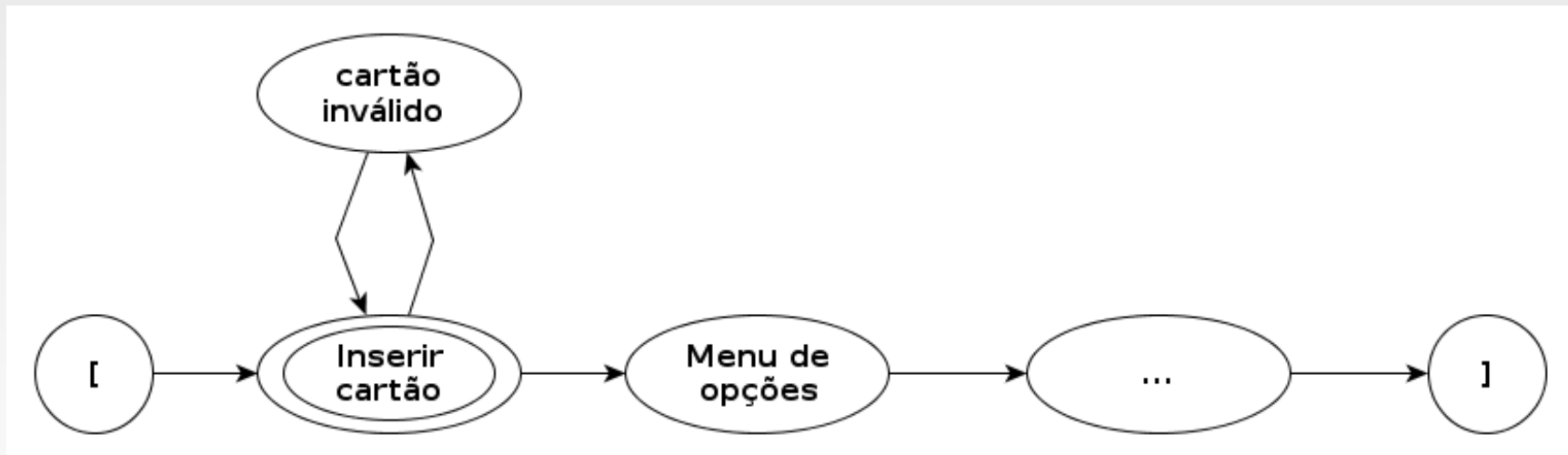
# ESGs + Tabelas de Decisão

- 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

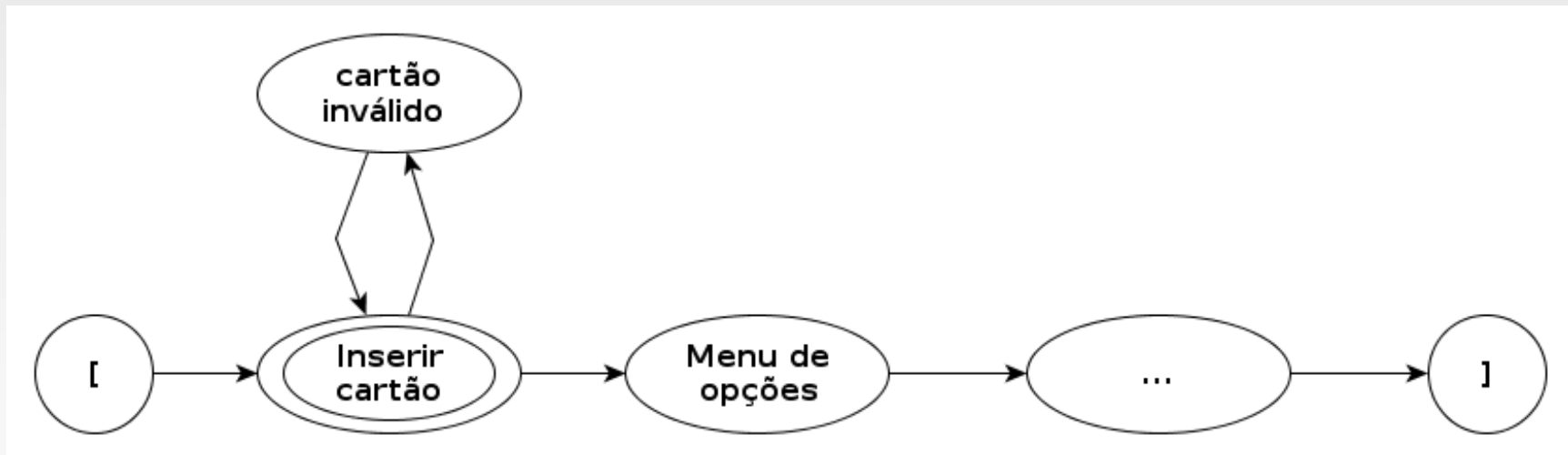
- TD para evento "inserir o cartão"
- Qual(is) a(s) entrada(s) sob controle do testador para esse evento?
  - Cartão

# 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"

Restrições	Regra1	...	...	...
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

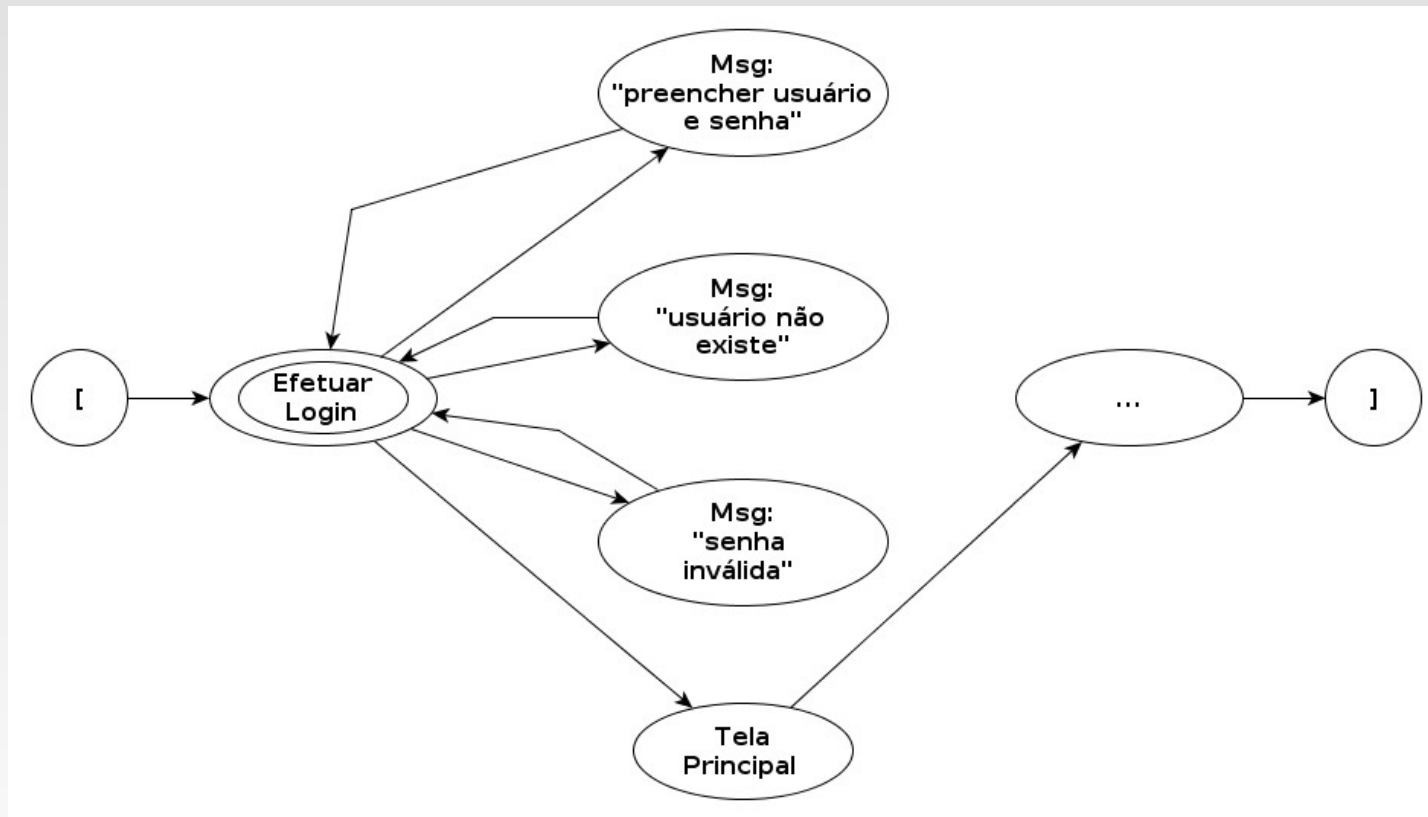
- TD para evento "inserir o cartão"

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"



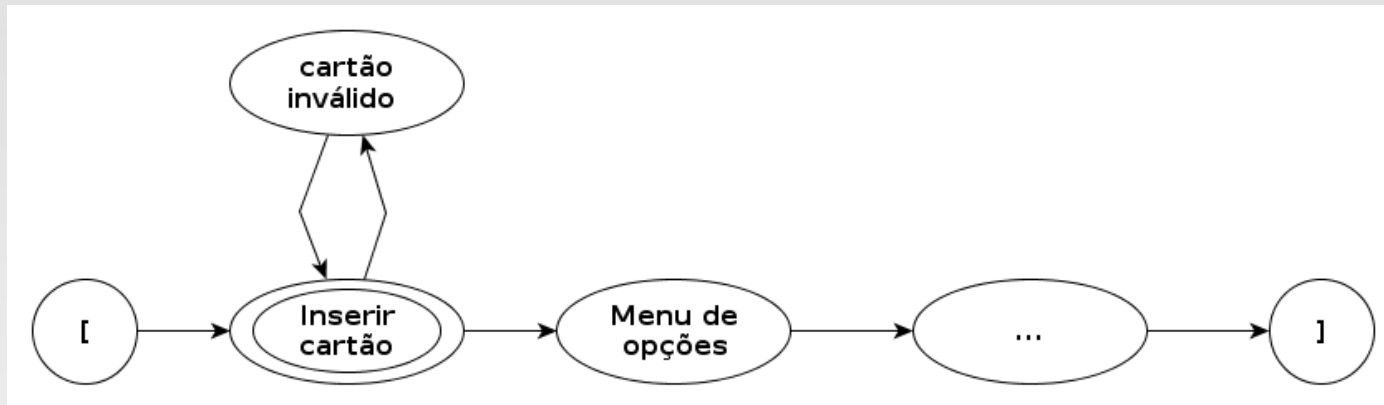
# ESGs + Tabelas de Decisão (ii)

## ■ 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

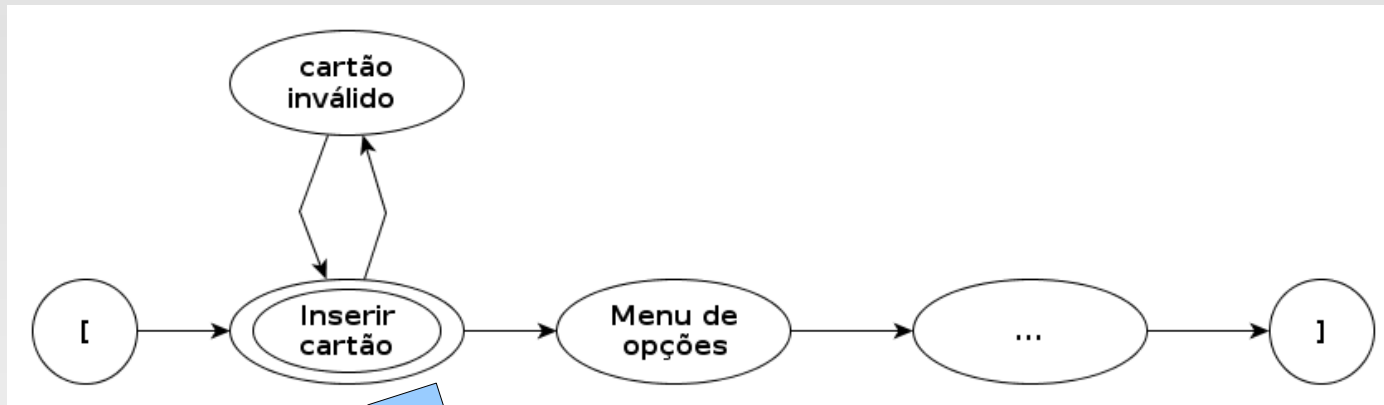
- Muda a geração de testes?



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

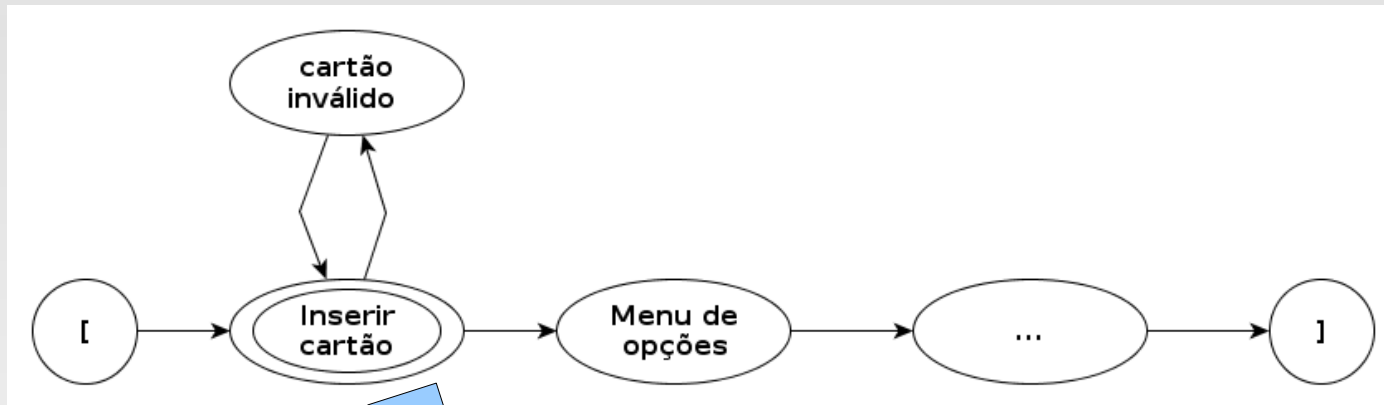
- Muda a geração de testes?



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

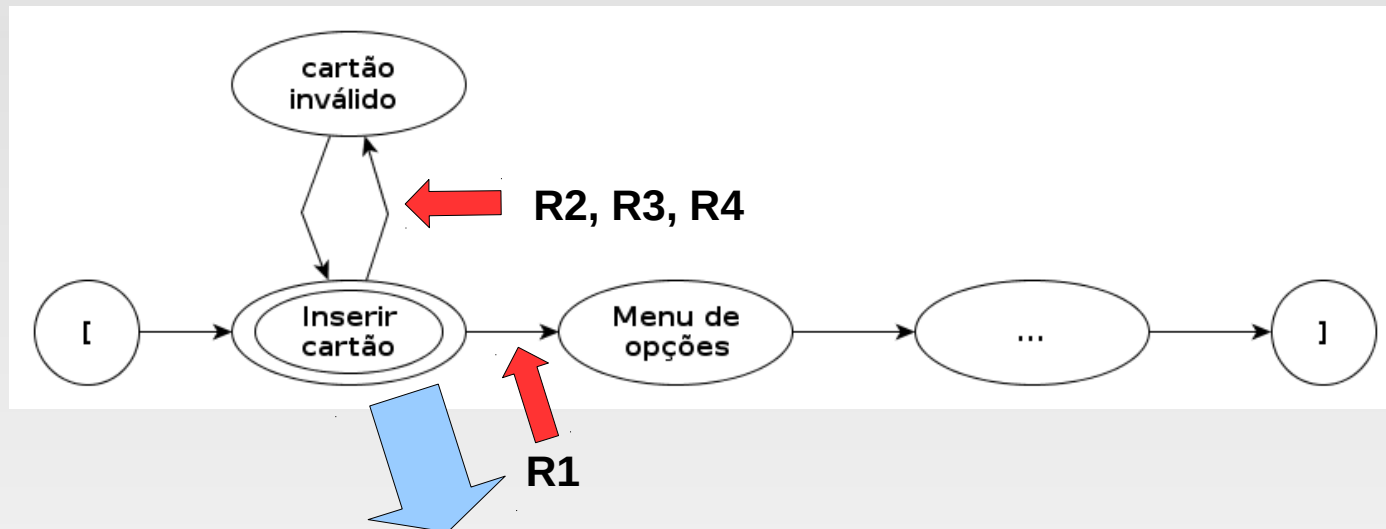
- Muda a geração de testes?



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

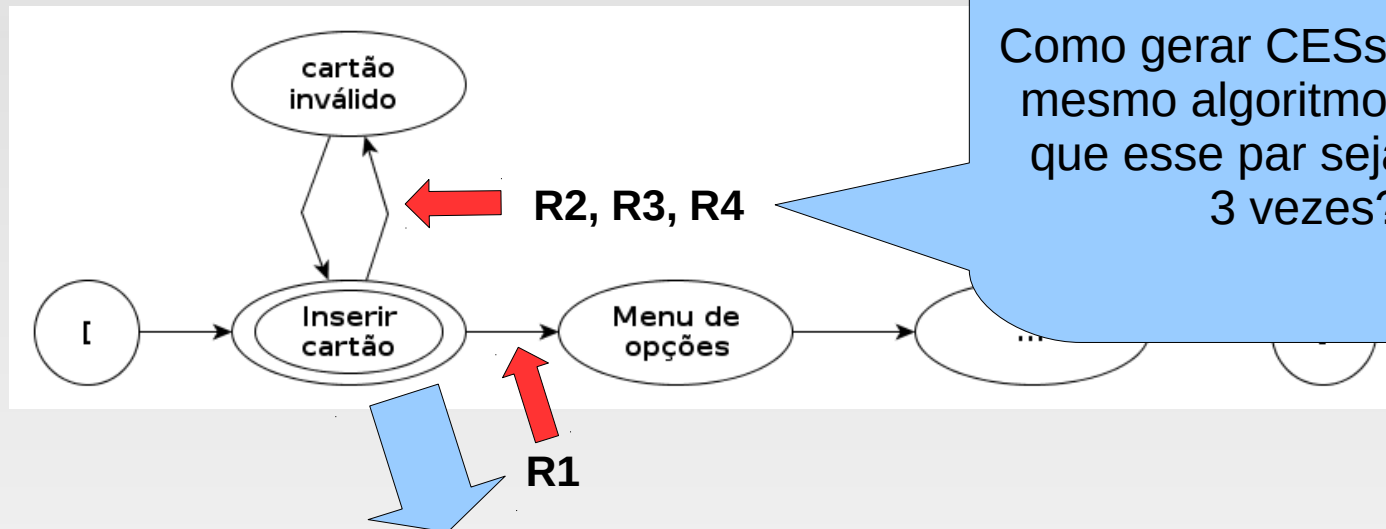
- Muda a geração de testes?



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?

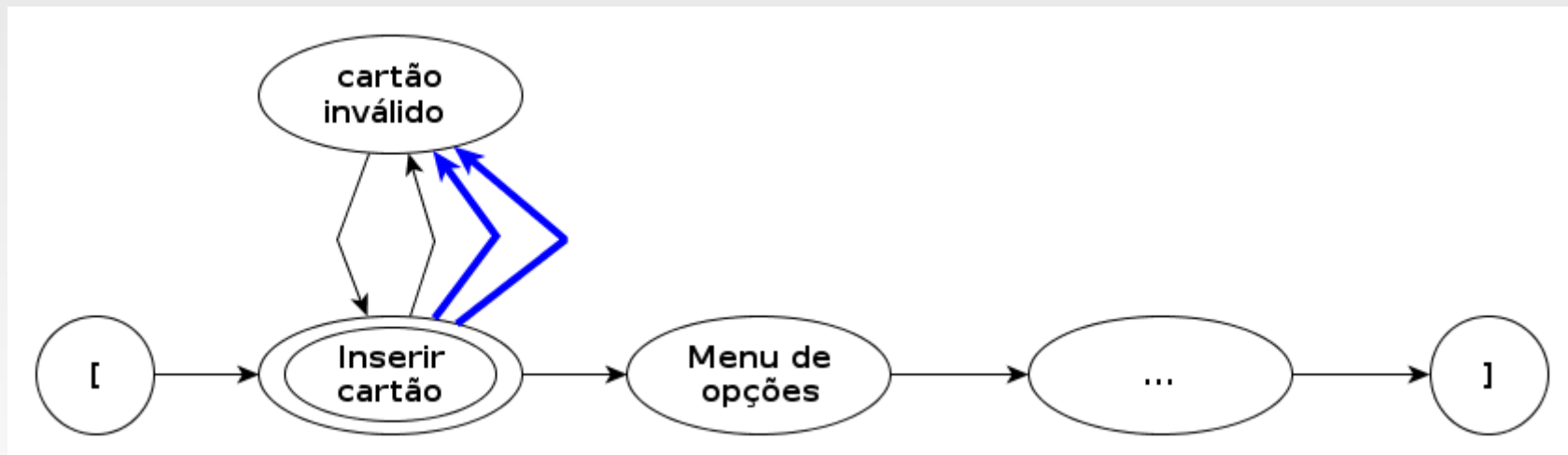


Como gerar CESs usando o mesmo algoritmo de forma que esse par seja coberto 3 vezes?

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.