SSC 0721 Teste e Inspeção de Software

Teste de Mutação

Prof. Marcio E. Delamaro

delamaro@icmc.usp.br

Teste baseado em defeitos

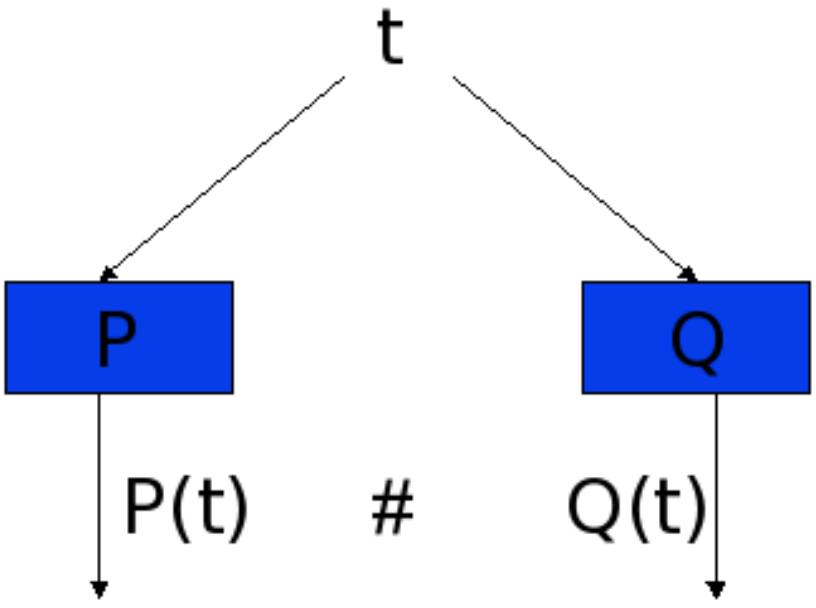
- Utiliza informação sobre defeitos comuns
- Teste de mutação é o critério mais conhecido
- Error seeding

Error seeding

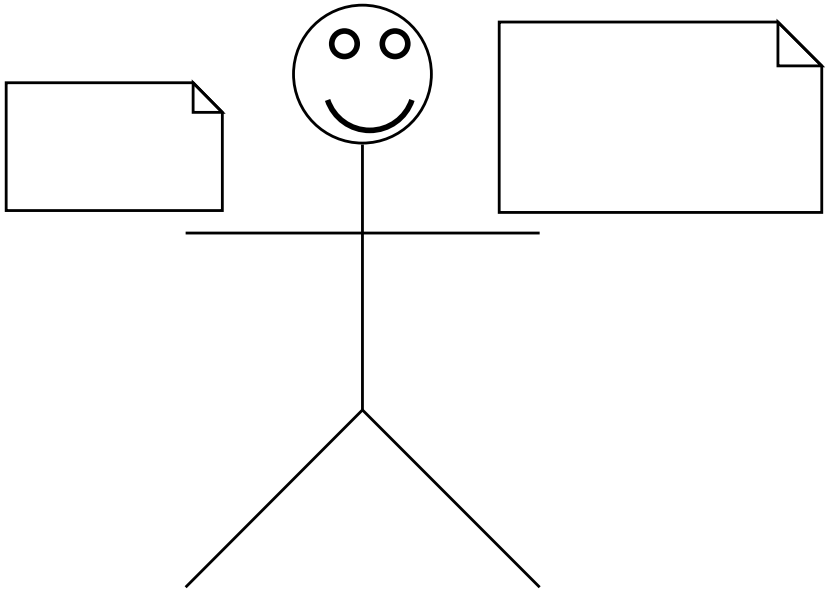
- Defeitos são adicionados ao programa de maneira uniforme
- Casos de teste devem revelar tanto defeitos naturais quanto defeitos semeados
- Proporção de defeitos semeados que são revelados dá idéia da proporção de defeitos naturais revelados
- Lago dos peixes vermelhos

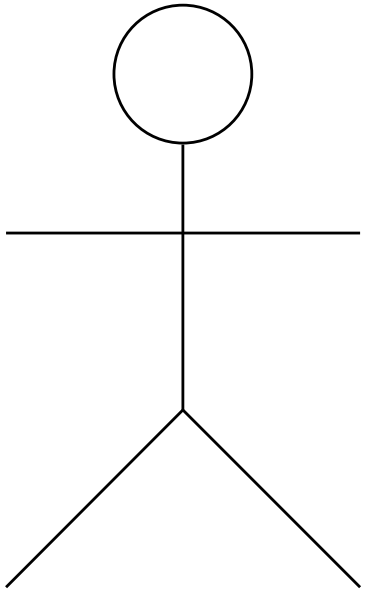
Teste de mutação

- A idéia por trás do teste de mutação é mostrar que o programa em teste não possui determinados tipos de defeitos

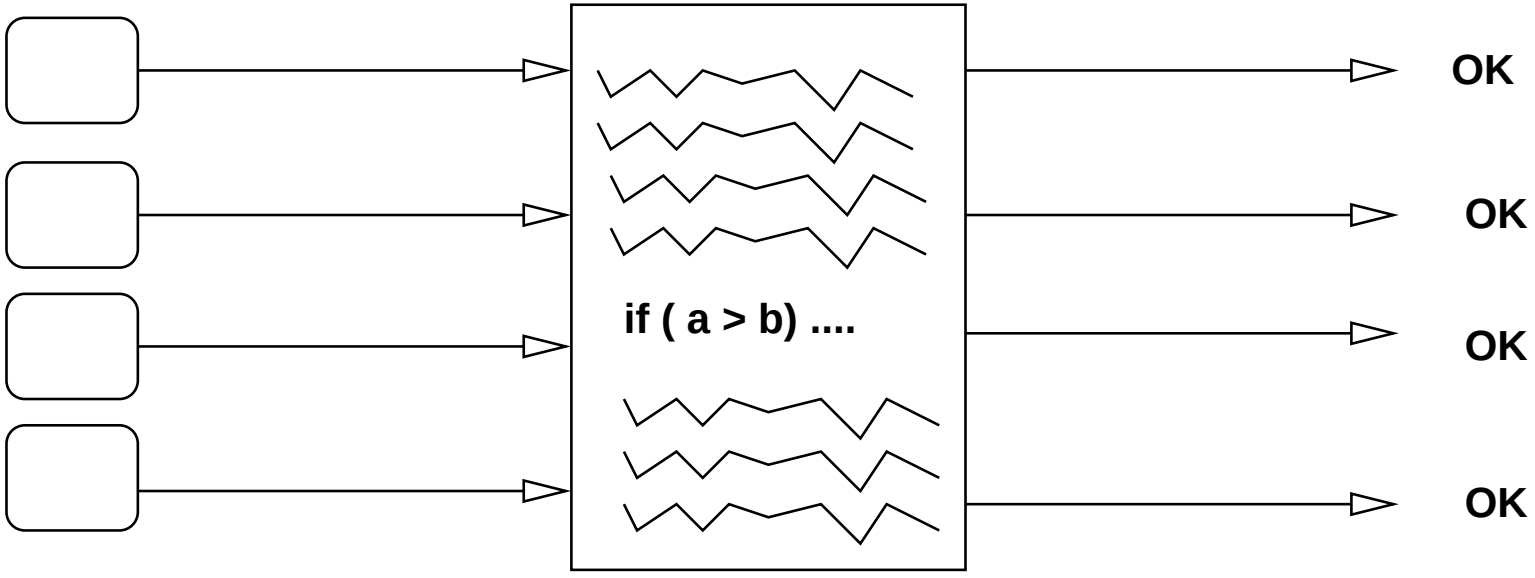


Teste de mutação

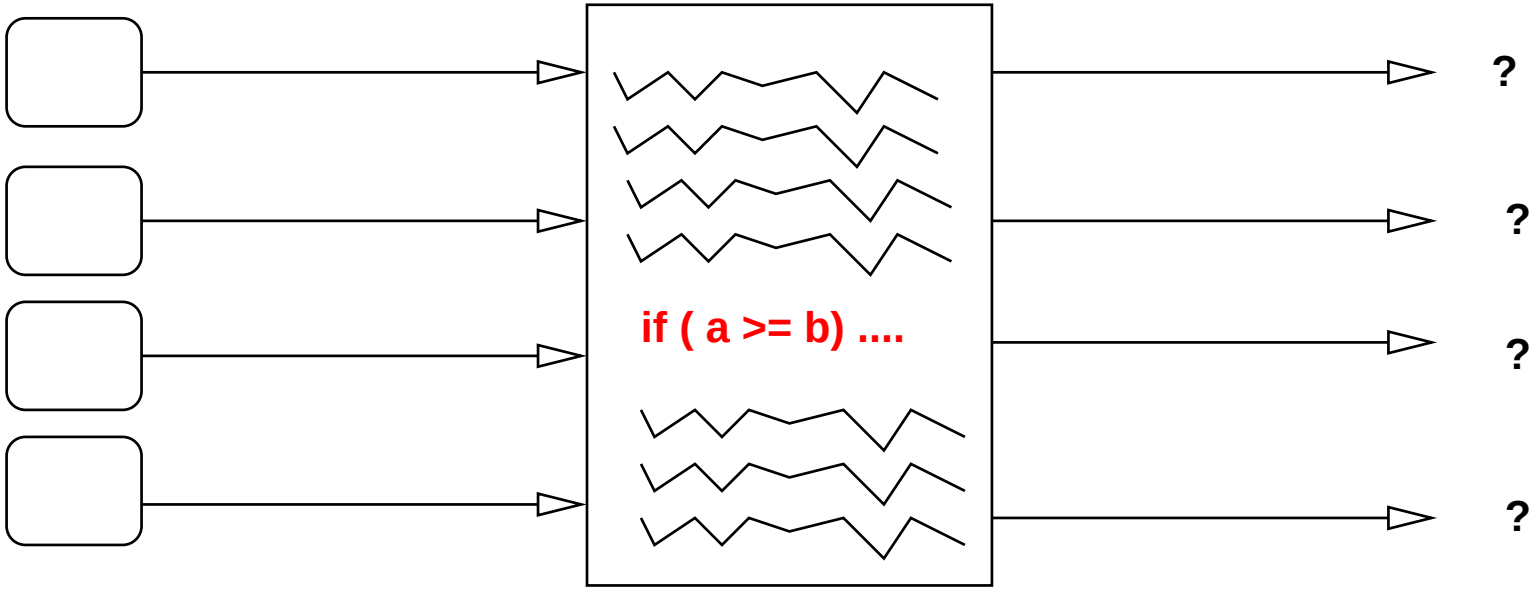




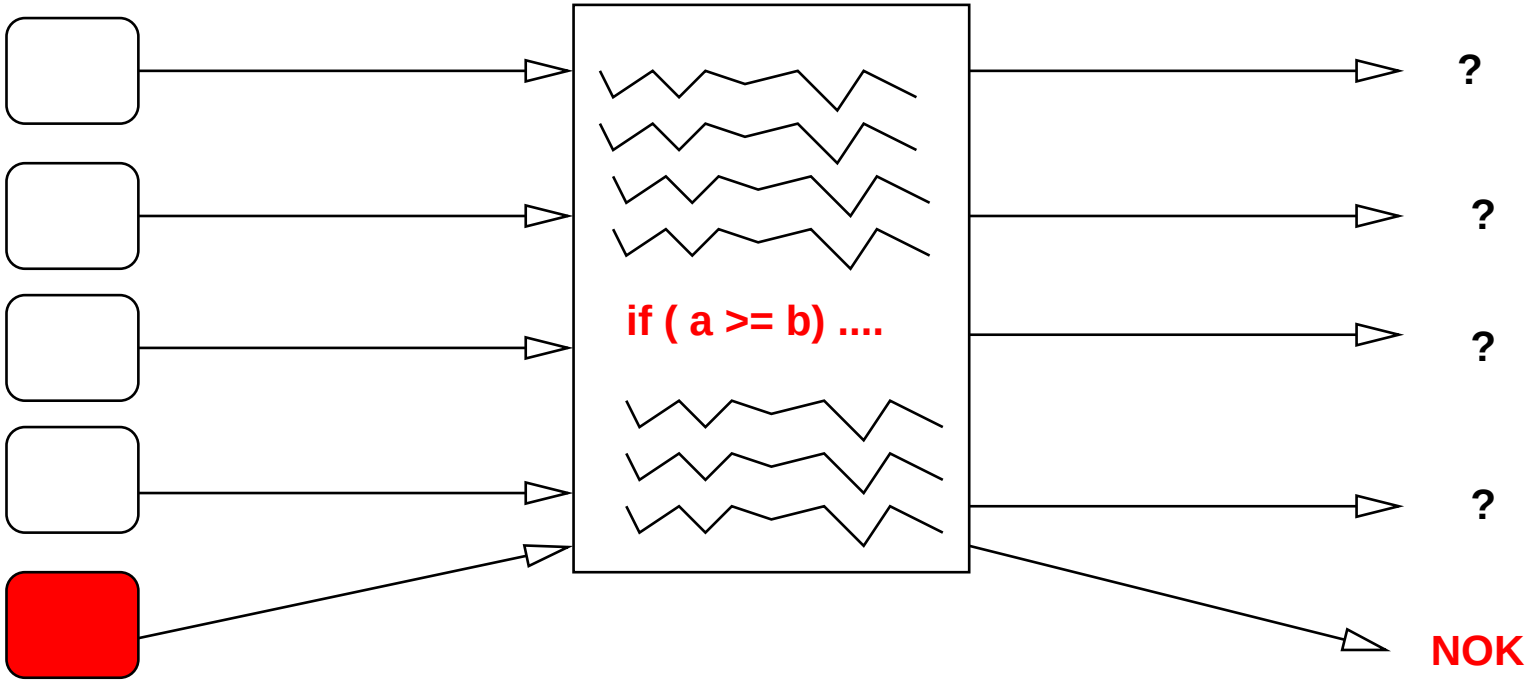
Teste de mutação



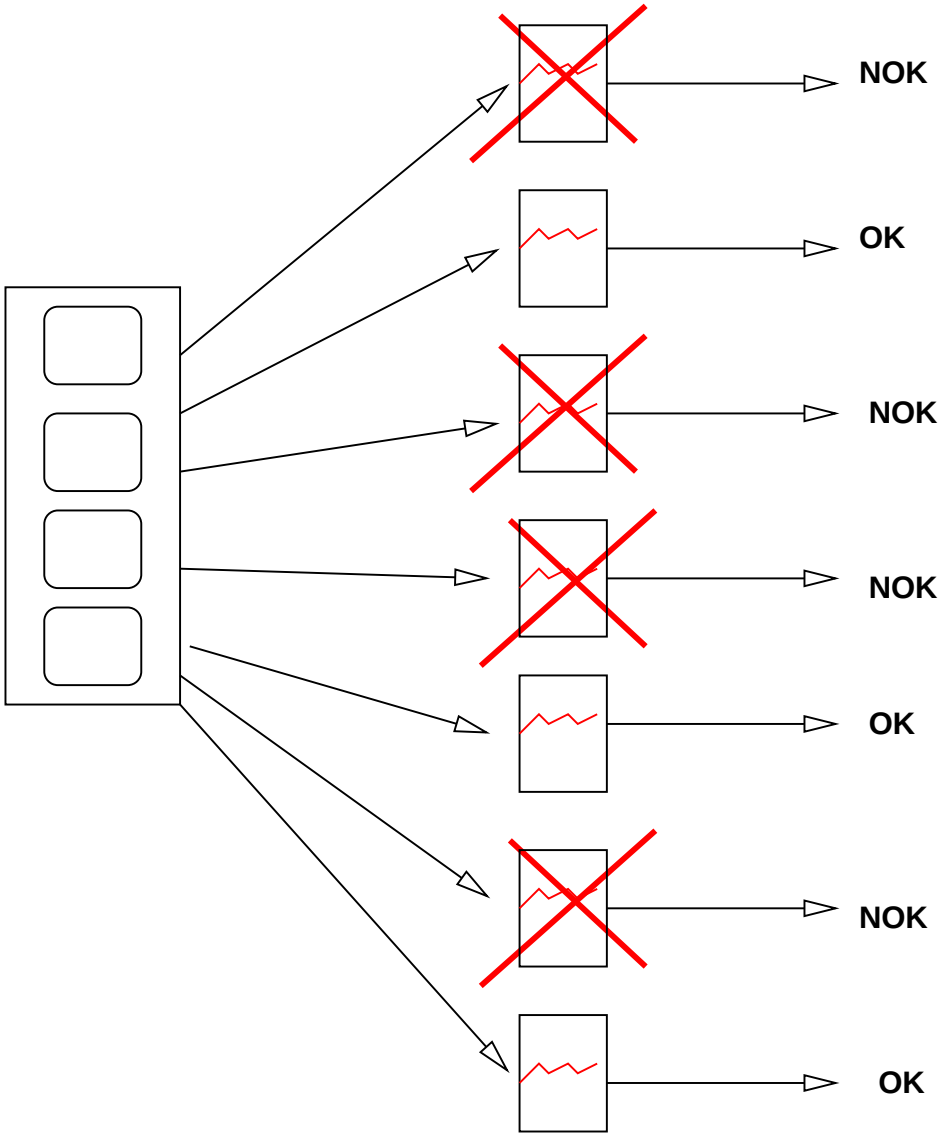
Teste de mutação



Teste de mutação

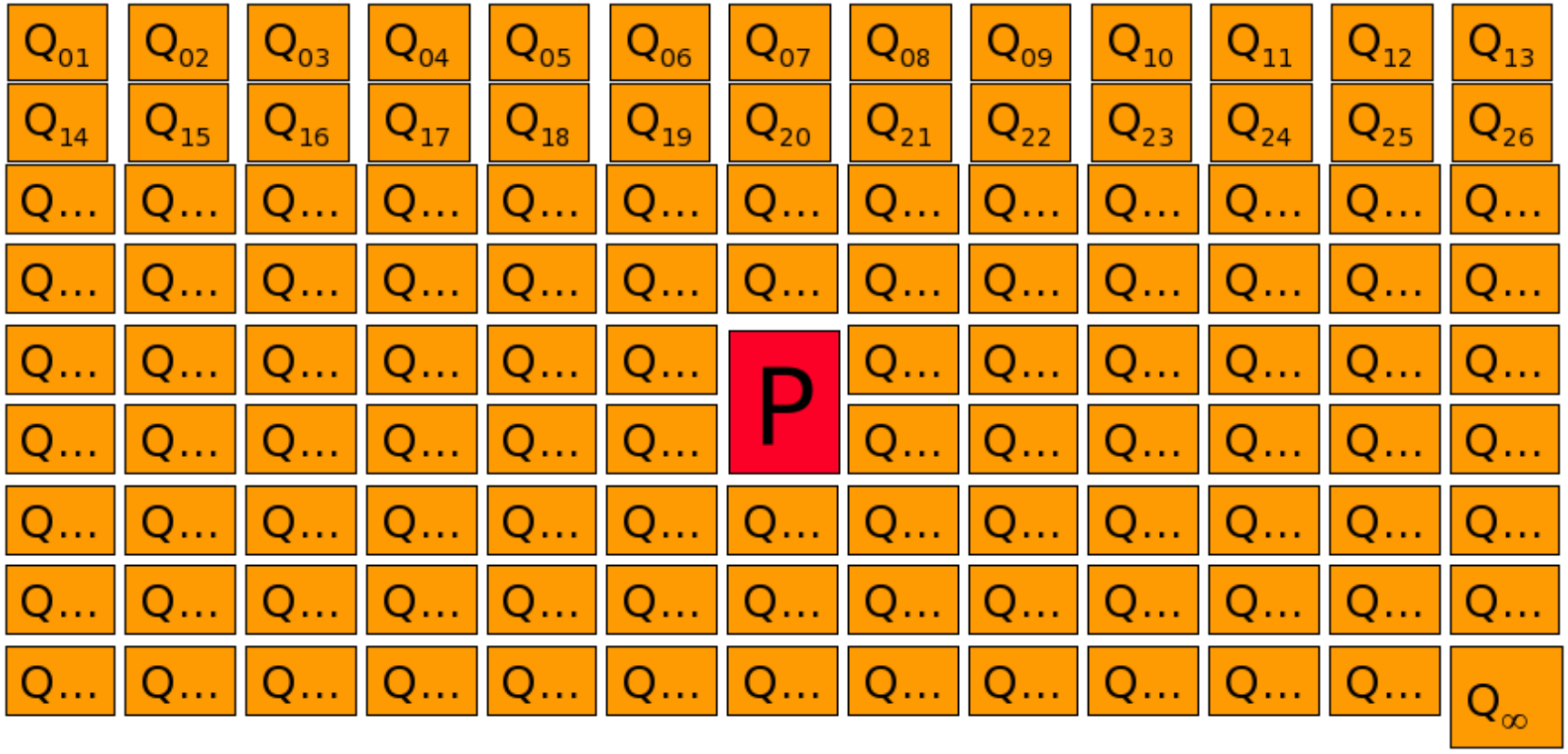


Teste de mutação



Correção absoluta

- Tomando todos os programas Q, é possível provar a correção de P

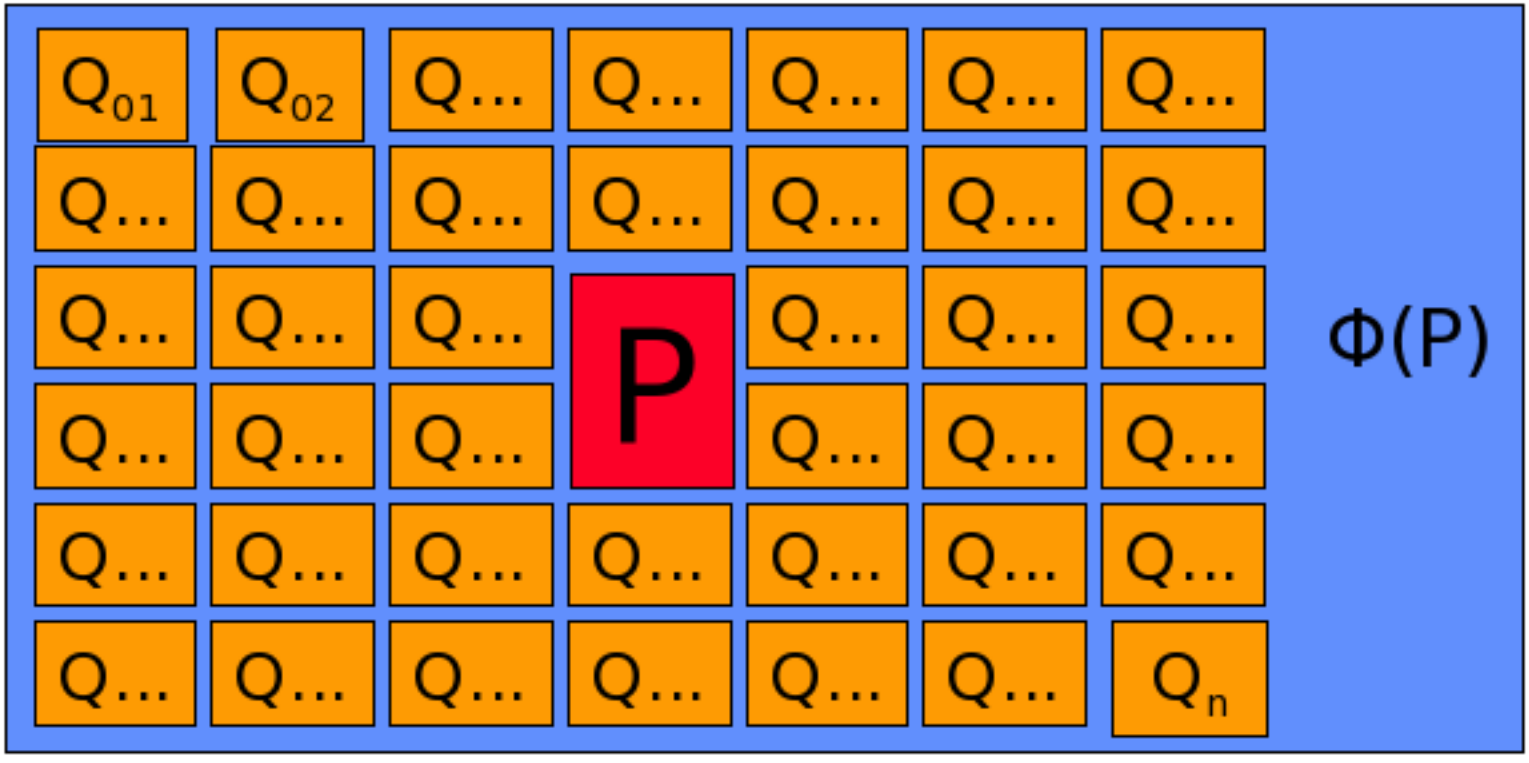


Correção relativa

- O problema com esta vizinhança é que ela é infinita
- Torna-se impossível executar e comparar cada programa Q_i
- Estabelece-se então uma vizinhança $\Phi(P)$ que contém apenas um conjunto finito de programas
- Esses programas contêm pequenos desvios sintáticos que representam defeitos simples

Correção relativa

- Casos de teste que distingam esses mutantes mostram que P está livre de determinados tipos específicos de defeitos



Hipóteses

- Hipótese do programador competente
  - P está correto ou próximo do correto
- Efeito de acoplamento
  - Casos de teste capazes de distinguir mutantes que possuem pequena diferença semântica em relação a P devem também revelar outros tipos de defeitos

Hipóteses

```
read x, y, z
m := x
if m < y
   m := y
if m < z
   m := z
print m
```

4

X = 4
Y = 2
z = 1

```
read x, y, z
m := x
if m ≠ y
   m := y
if m < z
   m := z
print m
```

2

```
read x, y, z
m := y
if m > z
   m := z
print m
```

1

Operadores de mutação

- Os operadores de mutação determinam o tipo de alteração sintática que deve ser feita para a criação dos mutantes
- Esses operadores buscam introduzir pequenas alterações semânticas através de pequenas alterações sintáticas que representam defeitos típicos
- Existem também os mutantes instrumentados que não modelam defeitos típicos
- Operadores dependem da linguagem alvo
  - FORTRAN 22 operadores
  - C 75 operadores

Operadores para C

- Conjunto de 75 operadores divididos em 4 classes
  - Mutação de comandos
  - Mutação de operadores
  - Mutação de variáveis
  - Mutação de constantes
- Implementados na ferramenta Proteum

Mutação de comandos

SMVB - Move Brace Up and Down

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
  a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
}
a++;
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
  a++;
  c[a] = 0;
}
```

Mutação de operadores

ORRN - Replace relational operator by relational operator

```
while (a < 10)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (a > 10)
```

```
while (a <= 10)
```

```
while (a >= 10)
```

```
while (a !=
10)
```

```
while (a == 10)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 0;
```

Mutação de variáveis

Vssr - scalar variable replacement

```
while (a < 10)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (b < 10)
```

```
c[b] = a+b;
```

```
c[a] = b+b;
```

```
c[a] = a+a;
```

```
b++;
```

```
c[b] = 0;
```

Mutação de constantes

Cccr - Constant for constant replacement

```
while (a < 10)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 10;
```

```
while (a < 0)
{
   c[a] = a+b;
   a++;
}
c[a] = 0;
```

Mutantes instrumentados

STRP - trap on statement execution

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
  a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
  trap();
  a++;
}
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
  trap();
}
c[a] = 0;
```

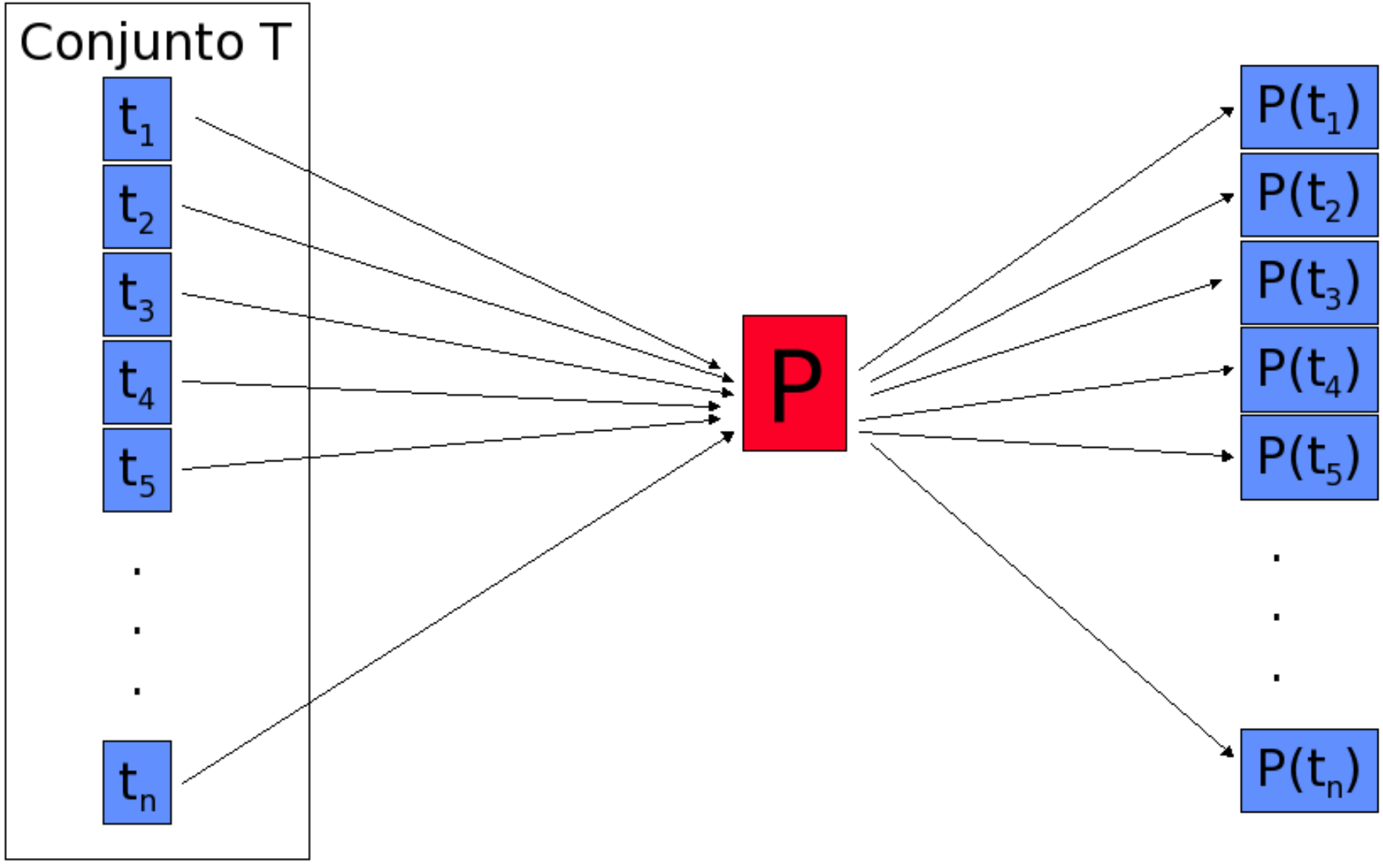
```
trap();
c[a] = 0;
```

```
while (a < 10)
{
  c[a] = a+b;
  a++;
}
trap();
```

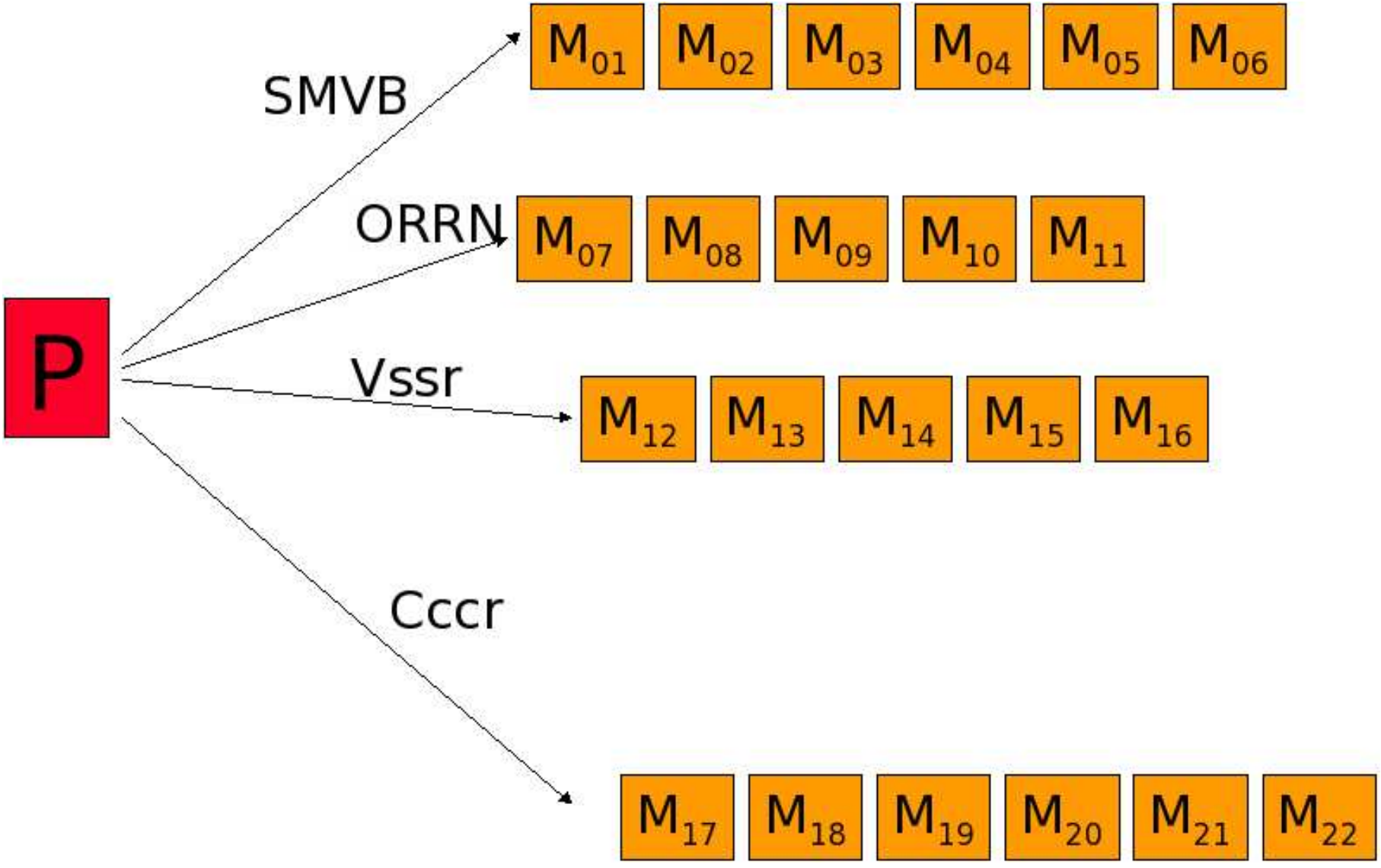
Aplicação do critério

- P é executado com os casos de teste de T
- Mutantes são gerados
- Mutantes são executados com os casos de teste de T
- Mutantes são analisados

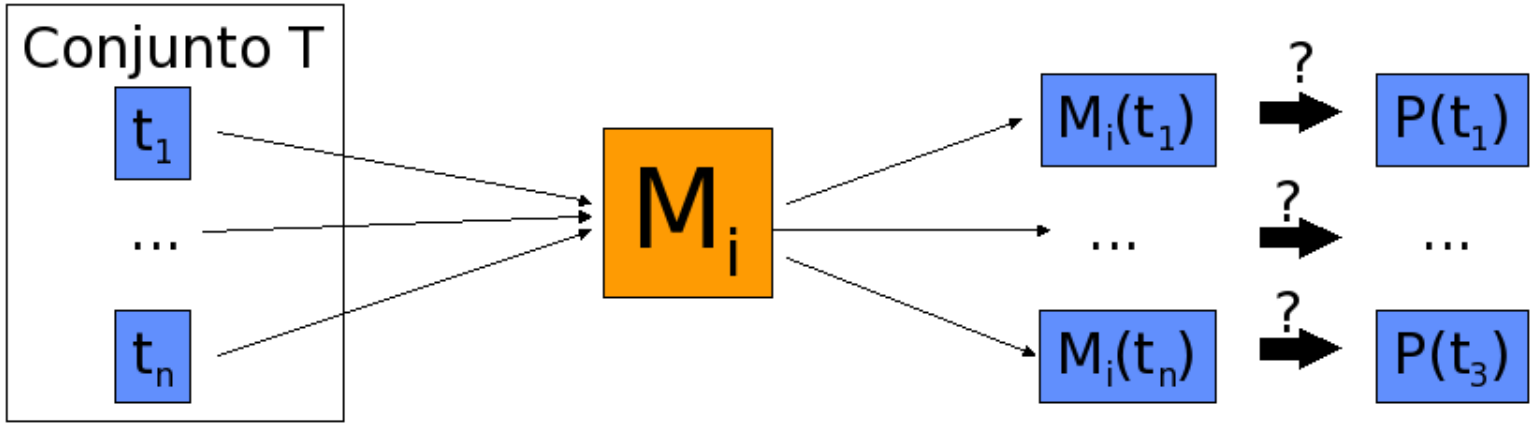
Execução de P



Geração dos mutantes

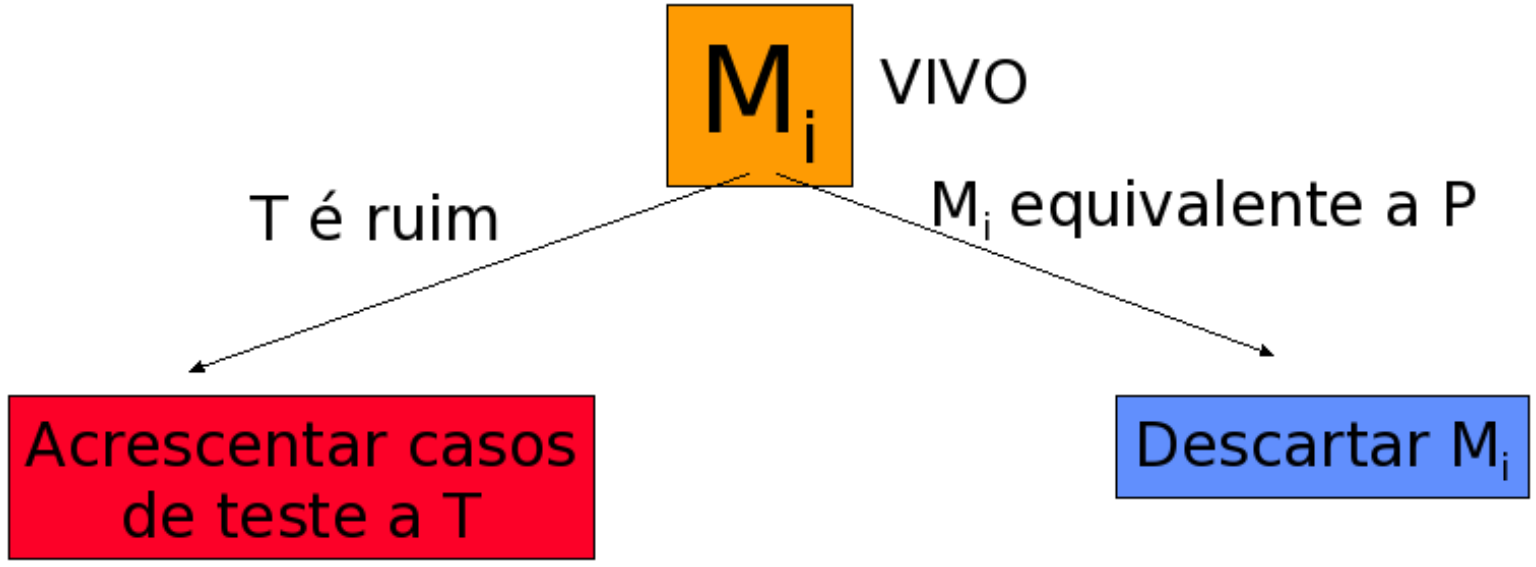


Execução dos mutantes



- $M_i(T) = P(T)$ então M_i está vivo
- senão M_i está morto
- escore de mutação $= \dfrac{\text{\# mutantes mortos}}{\text{\# total de mutantes}}$

Análise dos mutantes

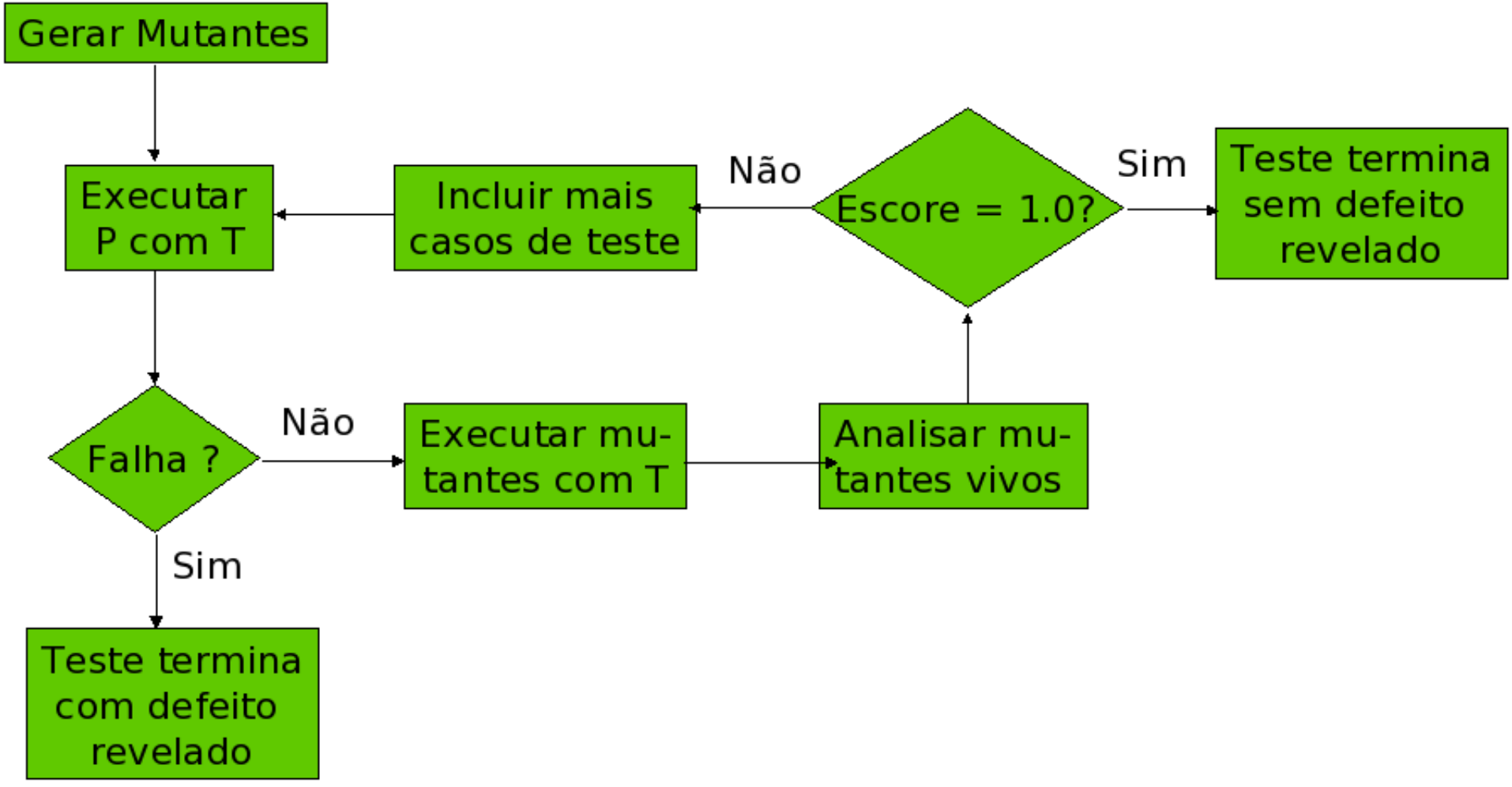


- escore de mutação $= \dfrac{\text{\# mutantes mortos}}{\text{\# mutantes não equivalentes}}$

Condições de suficiência

- Para que um mutante **M** seja morto por um caso de teste **t**, três condiçoes devem ser satisfeitas:
  - Alcançabilidade: o ponto de mutação deve ser executado pelo caso de teste
  - Infecção: a execução da mutação deve fazer com que o programa mutante assuma um estado diferente do programa original
  - Propagação: como apenas os resultados dos mutantes são comparados, essa diferença de estado deve fazer com que algum comportamento visível do mutante seja diferente daquele do programa original
- RIP (Reachability, Infection, Propagation)
- Defeito, erro, falha

Aplicação do critério



Considerações

- Mutantes equivalentes
  - Assim como associações de fluxo de dados não executáveis, a equivalência é indecidível
- Custo
  - O número de mutantes a serem executados pode ser muito alto
  - Exemplo: Cal.c gera 4257 mutantes para 106 LOC

Equivalência

- Problema indecidível

```
read x, y, z
m := x
if m < y
   m := y
if m < z
   m := z
print m
```

```
read x, y, z
m := x
if m <= y
   m := y
if m < z
   m := z
print m
```

Custo

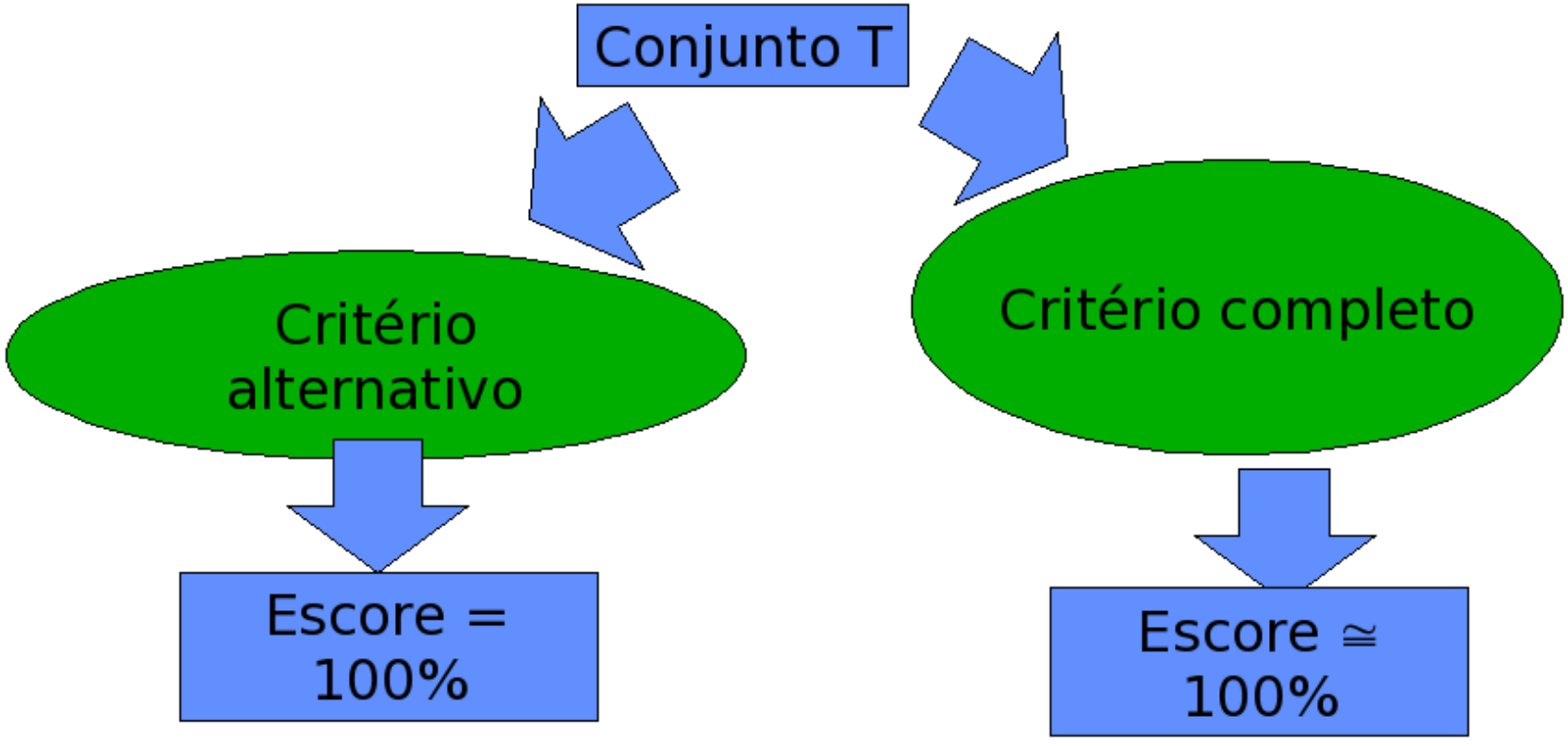
- Uma das soluções para o problema de custo envolve a utilização de hardware de alta performance ou paralelo.
- Nesse caso, o custo em termos de tempo diminui mais o custo total do teste é alto
- Soluções são mais teóricas do que práticas

Redução dos mutantes

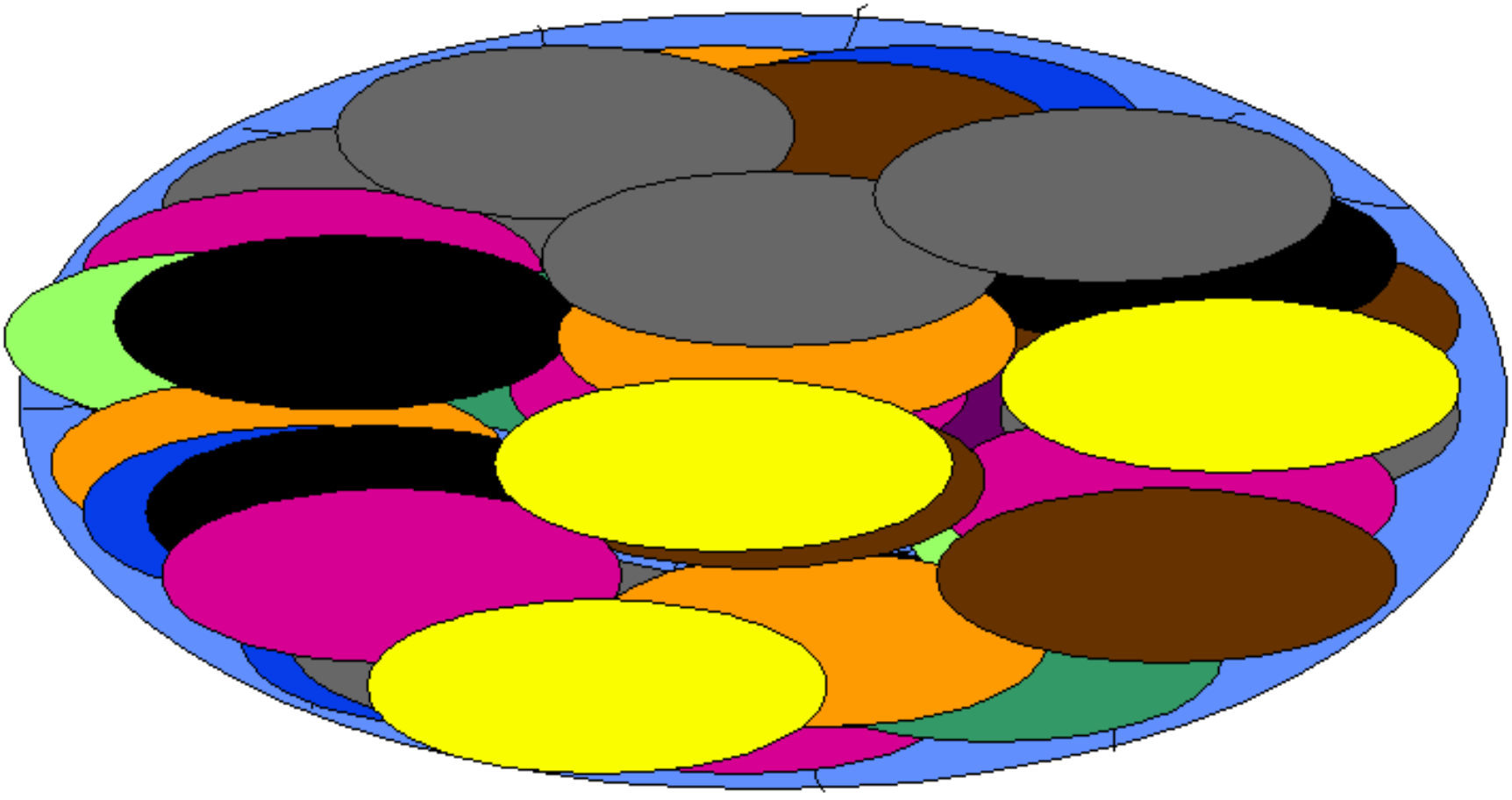
- Outro tipo de solução tenta reduzir o número de mutantes através de algumas abordagens
- Critérios de mutação alternativos
  - Mutação restrita
  - Mutação randômica
- Estratégias podem ser combinadas

Mutação alternativa

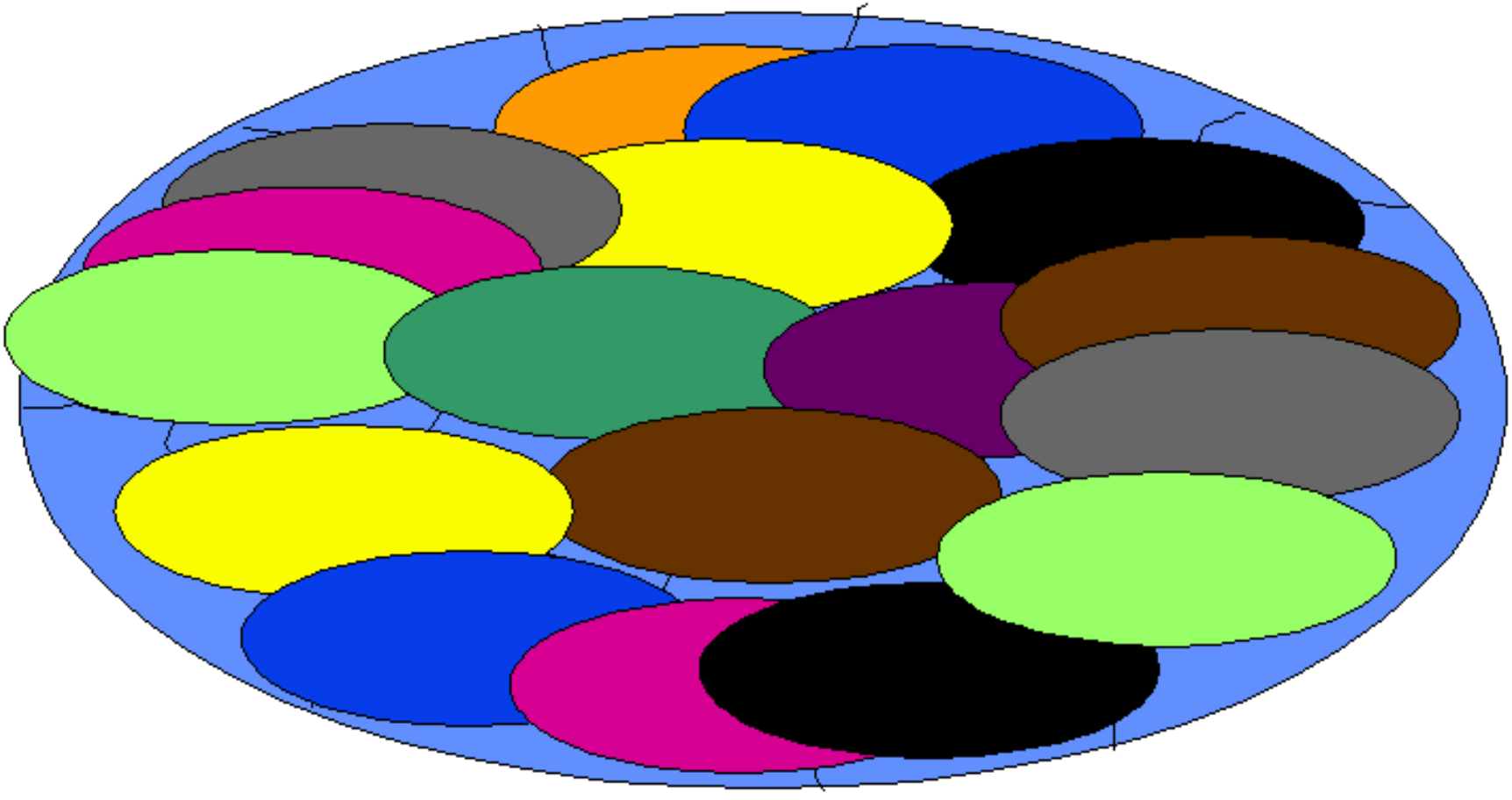
- Utilizando critérios alternativos obtém-se conjuntos quase tão adequados em relação ao critério completo



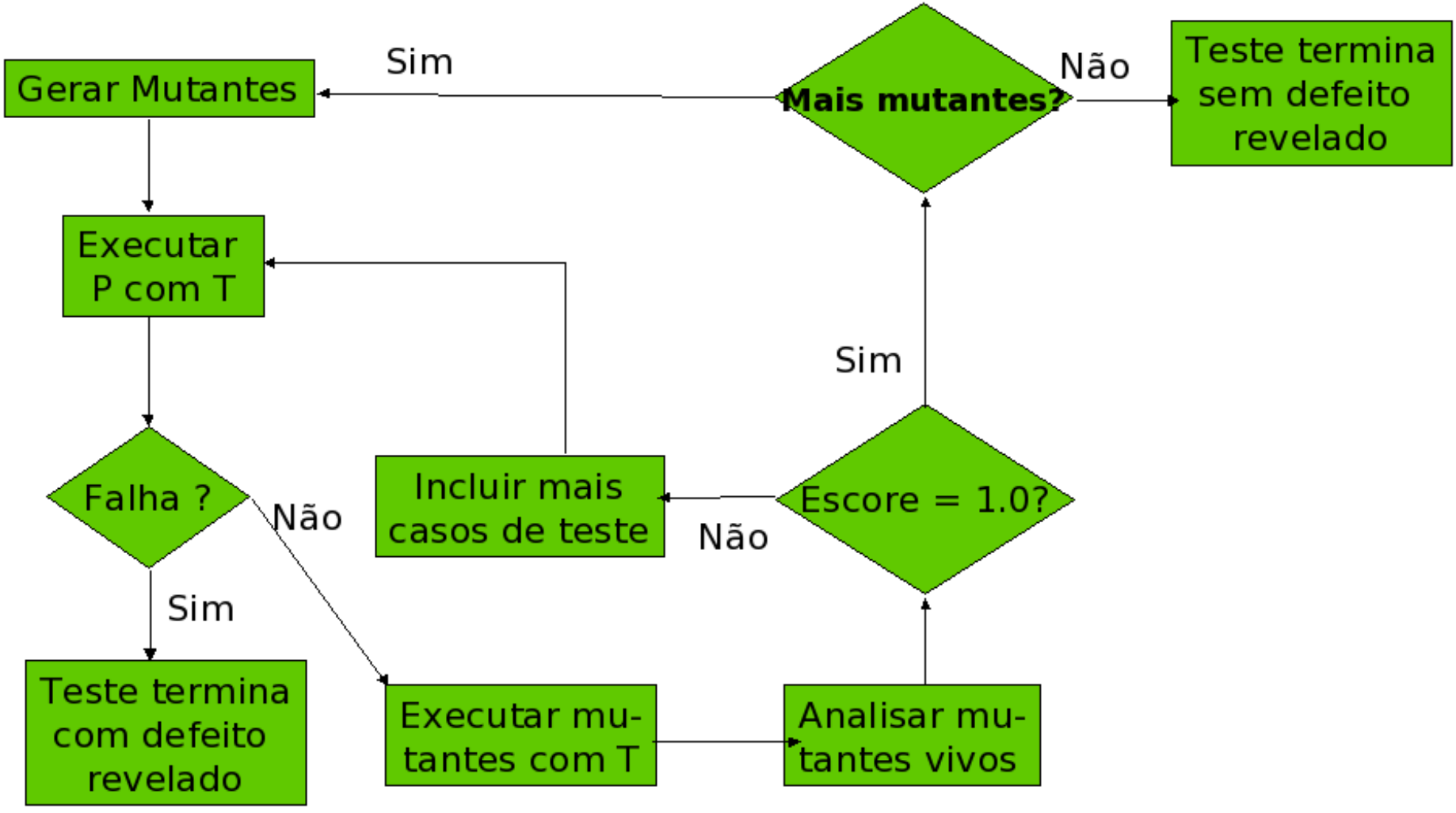
Mutação alternativa



Mutação alternativa



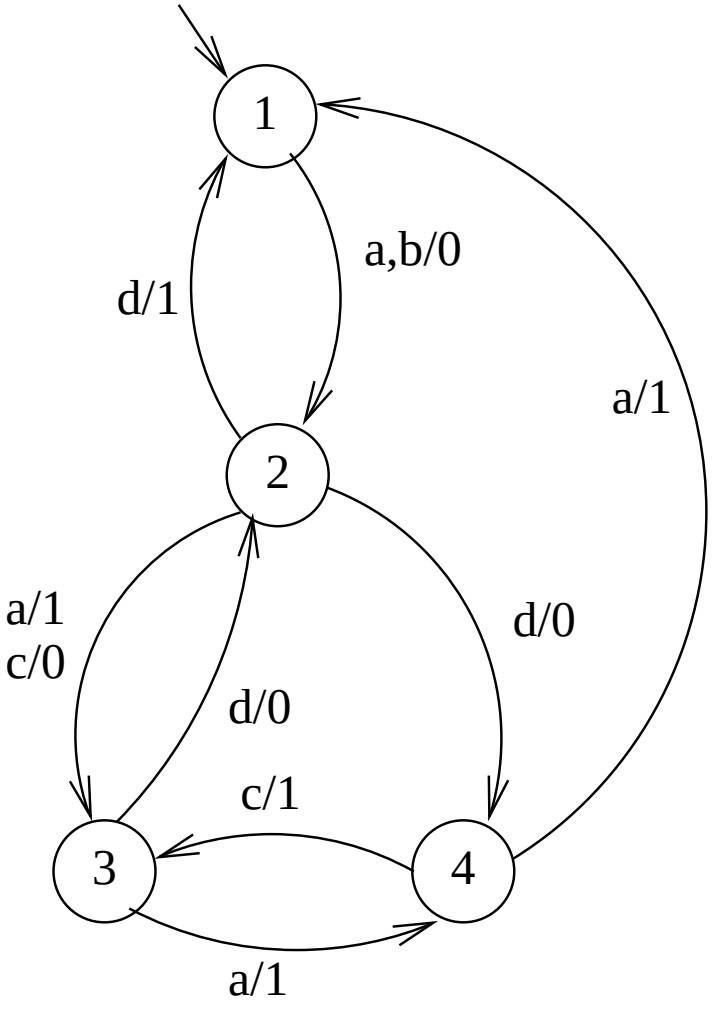
Estratégia incremental



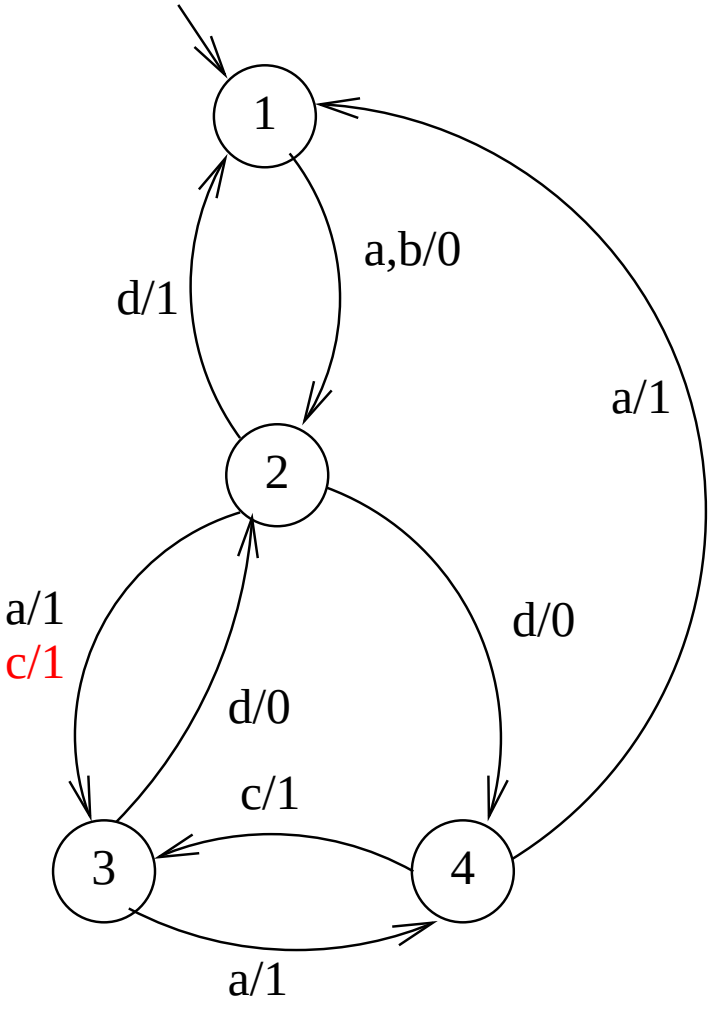
Teste de modelos

- Uma das vantagens do teste de mutação é que ele não requer a identificação de determinadas estruturas como as de fluxo de controle ou de fluxo de dados
- Por isso ele pode ser aplicado em outros tipos de “entidades”
  - Máquinas de estado finito
  - Redes de Petri
  - Statecharts

Máquina de estados finitos



adbca
01001



adbca
01011

Mutação de interface

- Teste de mutação tem sido utilizado no nível de unidade
  - Operadores exercitam aspectos algoritmicos da unidade
- Mutação de interface visa as interações entre unidades
  - chamadas de funções
  - passagem de parâmetros
  - valores de retorno

Comparação com fluxo de dados

	Mutação	Fluxo de dados
Requisitos	Mutantes	Associações def-uso
Indecidibilidade	Equivalentes	Não executáveis
Custo	Alto	Menor
Inclusõa	Incomparáveis	
Aplicado a	Programas e outros	Programas

Outros trabalhos

- Operadores essenciais
- Mutantes equivalentes
- Geração de dados de teste
- Modelos
- Domínios específicos (programas concorrentes)
- Oráculos