Aula 7
Teste Estrutural (Caixa Branca)

Herysson R. Figueiredo
herysson.figueiredo@ufn.edu.br

Qualidade de Software

"Conformidade com requisitos funcionais e de desempenho, padrões de desenvolvimento documentados e características implícitas esperadas de todo software profissionalmente desenvolvido."

- Corretude
- Confiabilidade
- Testabilidade

Garantia de Qualidade de Software

Conjunto de atividades técnicas aplicadas durante todo o processo de desenvolvimento

- Objetivo
  - Garantir que tanto o processo de desenvolvimento quanto o produto de software atinjam os níveis de qualidade especificados
  - **VV&T** – Verificação, Validação e Teste

Garantia de Qualidade de Software

- **Validação**: Assegurar que o produto final corresponda aos requisitos do usuário
  - Estamos construindo o produto certo?
- **Verificação:** Assegurar consistência, completitude e corretitude do produto em cada fase e entre fases consecutivas do ciclo de vida do software
  - Estamos construindo corretamente o produto?
- **Teste:** Examina o comportamento do produto por meio de sua execução

Terminologia

DEFEITO - ERRO - FALHA

- **Defeito -** deficiência mecânica ou algorítmica que, se ativada, pode levar a uma falha;
- **Erro -** item de informação ou estado de execução inconsistente
- **Falha -** evento notável em que o sistema viola suas especificações.

Defeitos no Processo de Desenvolvimento

- A maior parte é de origem humana
- São gerados na comunicação e na transformação de informações
- Continuam presentes nos diversos produtos de software produzidos e liberados (10 defeitos a cada 1000 linhas de código)
- A maioria encontra-se em partes do código raramente executadas

Defeitos no Processo de Desenvolvimento

- **Principal causa:** tradução incorreta de informações;
- Quanto antes a presença do defeito for revelada, menor o custo de correção do defeito e maior a probabilidade de corrigi-lo corretamente
- **Solução:** introduzir atividades de VV&T ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento

Teste x Depuração

- **Teste**
  - Processo de execução de um programa como objetivo de revelar a presença de erros.
  - Contribuem para aumentar a confiança de que o software desempenha as funções específicadas.

Teste x Depuração

- **Depuração**
  - Consequência não previsível do teste. Após revelada a presença do erro, este deve ser encontrado e corrigido.

Teste de *software*

"Teste de software é o processo de executar programas com o objetivo de encontrar defeitos"

É uma atividade essencial para se garantir a qualidade do software

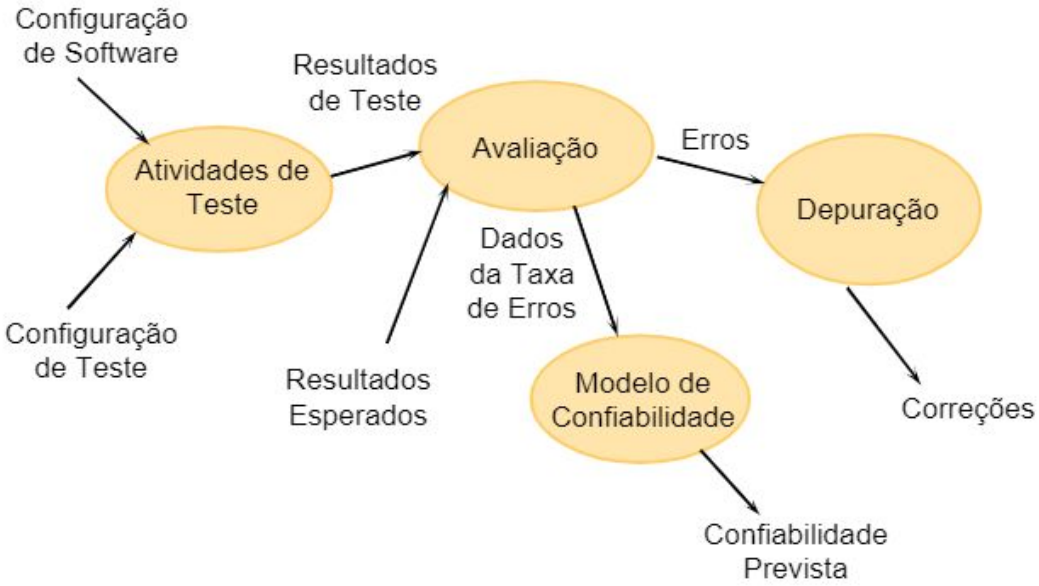
É uma das últimas atividades que fará a revisão do produto.

Teste de Software

Limitações

- Não existe um algoritmo de teste de propósito geral para provar a corretude de um programa;
- Em geral, é indecidível se dois caminhos de um mesmo programa ou de diferentes programas computam a mesma função;
- É indecidível se existe um dado de entrada que leve à execução de um dado caminho de um programa; isto é, é indecidível se um dado caminho é executável ou não

Teste de Software



Teste de Software

Fases de Teste

- Teste de Unidade
- Teste de Integração
- Teste de Sistema

Teste de Software

Fases de Teste

- **Teste de Unidade**
    - Identificar erros de lógica e de implementação em cada módulo do software, separadamente;
- **Teste de Integração**
- **Teste de Sistema**

Teste de Software

Fases de Teste

- **Teste de Unidade**
- **Teste de Integração**
    - Identificar erros associados às interfaces entre os módulos do software
- **Teste de Sistema**

Teste de Software

Fases de Teste

- **Teste de Unidade**
- **Teste de Integração**
- **Teste de Sistema**
    - Verificar se as funções estão de acordo com as especificações e se todos os elementos do sistema combinam-se adequadamente

Teste de Software

Etapas do Teste

- Planejamento
- Projeto de casos de teste
- Execução do programa com os casos de teste
- Análise de resultados

Caso de Teste

Especificação de uma entrada para o programa e a correspondente saída esperada

- Entrada: conjunto de dados necessários para uma execução do programa
- Saída esperada: resultado de uma execução do programa
- Oráculo

Um bom caso de teste tem alta probabilidade de revelar um erro ainda não descoberto

Projeto de caso de teste

- O projeto de casos de teste pode ser tão difícil quanto o projeto do próprio produto a ser testado
- Poucos programadores/analistas gostam de teste e, menos ainda, do projeto de casos de teste
- O projeto de casos de teste é um dos melhores mecanismos para a prevenção de defeitos
- O projeto de casos de teste é tão eficaz em identificar erros quanto a execução dos casos de teste projetados

Cenário de Testes

Cenários de testes ou suítes de teste, de acordo com a norma IEEE 829-2008 (IEEE 829-2008, 2008), cenário de teste é um conjunto de casos de teste relacionados, que comumente testam o mesmo componente ou a mesma funcionalidade do sistema.

Técnicas e Critérios de Teste

Técnica Funcional - Caixa-Preta

- Particionamento de equivalência
- Análise de valor limite
- Grafo Causa-Efeito
- Teste combinatorial
- Error Guessing

TÉCNICA DE TESTE CAIXA-BRANCA

Teste Estrutural - Caixa-Branca

- Baseado na estrutura do objeto de teste (classes, funções, módulos...)
- Podem ser usadas em todos os níveis de testes, mas as técnicas que estudaremos agora são mais comuns de serem usadas no teste de componentes ou integração entre componentes.
- Mediação via cobertura de teste
- Geralmente feito pelo Desenvolvedor

Casos de Teste

Os casos de teste no teste estrutural devem:

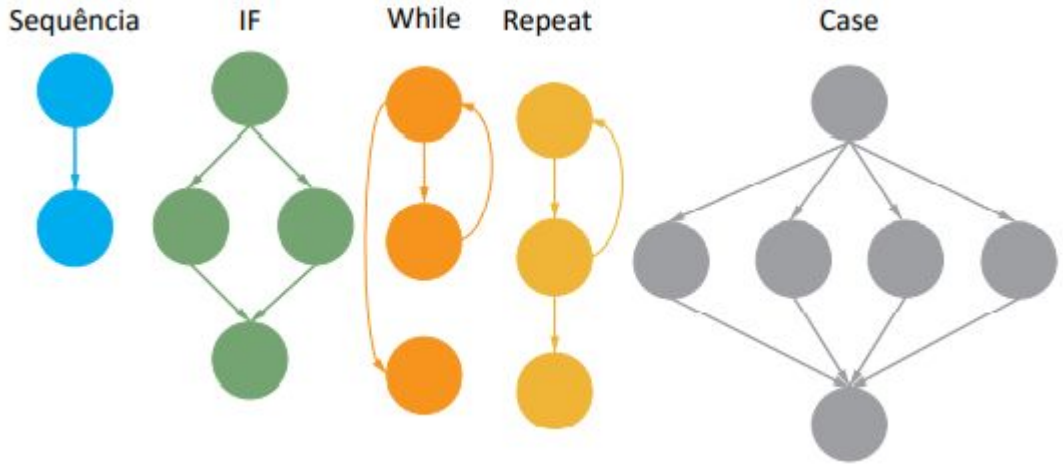
- Garantir que todos os caminhos independentes de um módulo tenham sido exercitados pelo menos uma vez
- Exercitem todas as decisões lógicas em seus lados verdadeiro e falso
- Executem todos os ciclos nos seus limites e dentro de seus intervalos operacionais
- Exercitem as estruturas de dados internas

Notação Grafo de Fluxo

O grafo de fluxo mostra o fluxo de controle

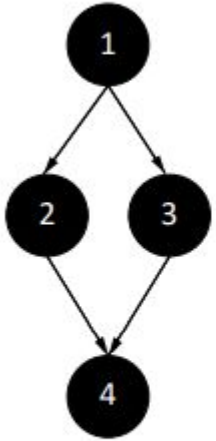
- Nós representam um ou mais processos
- Arestas representam o fluxo de controle
- Regiões do grafo são áreas limitadas pelas arestas e nós (incluindo a área fora do grafo)

Notação Grafo de Fluxo



Notação Grafo de Fluxo

Grafo de Fluxo de Controle



Detalhamento da representação de cada nó

1	1	inteiro calculo hextraPercentual(real horasTrabalhadas) {
	2	inteiro horasMes, horasExtras;
	3	horasMes = 40;
	4	SE (horasExtras > 40){
2	5	horasExtras = horasTrabalhadas - 40;
	6	return (horasExtras *100)/horasMes;
3	7	SENÃO
	8	return 0;
4	9	}
	10	}

Derivando o grafo de fluxo a partir de PDL

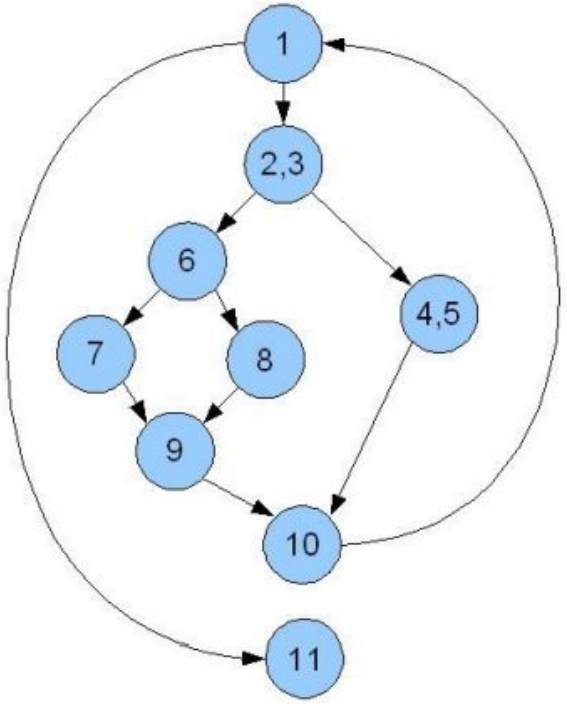
```
1:  enquanto existir registro faça
2:      leia registro
3:      se registro.campo1 = 0 então
4:          processar registro e armazenar em buffer
5:          incrementar contador
6:      senão se registro.campo2 = 0 então
7:          resetar contador
        senão
8:          processar registro e armazenar em arquivo
9:      fimse
10:     fimse
11: fimenquanto
```

PDL - *Program Design Language*

Derivando o grafo de fluxo a partir de PDL

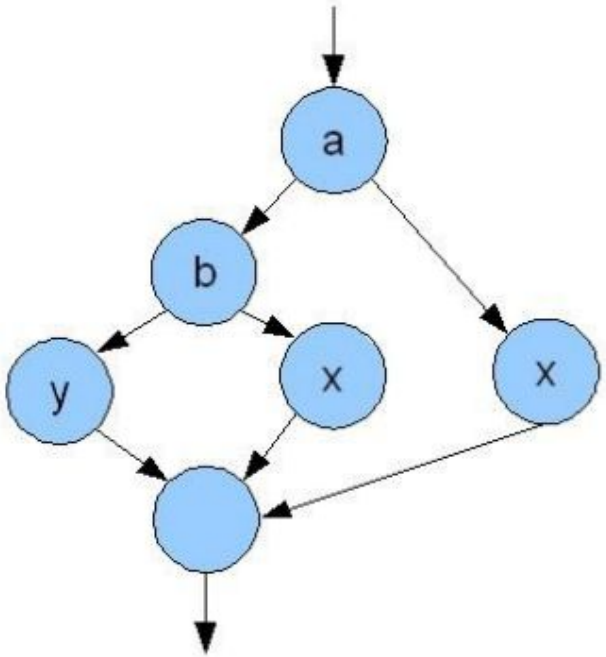
```
1:   enquanto existir registro faça
2:        leia registro
3:        se registro.campo1 = 0 então
4:             processar registro e armazenar em buffer
5:             incrementar contador
6:        senão se registro.campo2 = 0 então
7:             resetar contador
          senão
8:             processar registro e armazenar em arquivo
9:        fimse
10:       fimse
11:  fimenquanto
```

PDL - *Program Design Language*



Notação Grafo de Fluxo

```
...
se a ou b então
        procedimento
x
senão
        procedimento
y
fimse
...
```



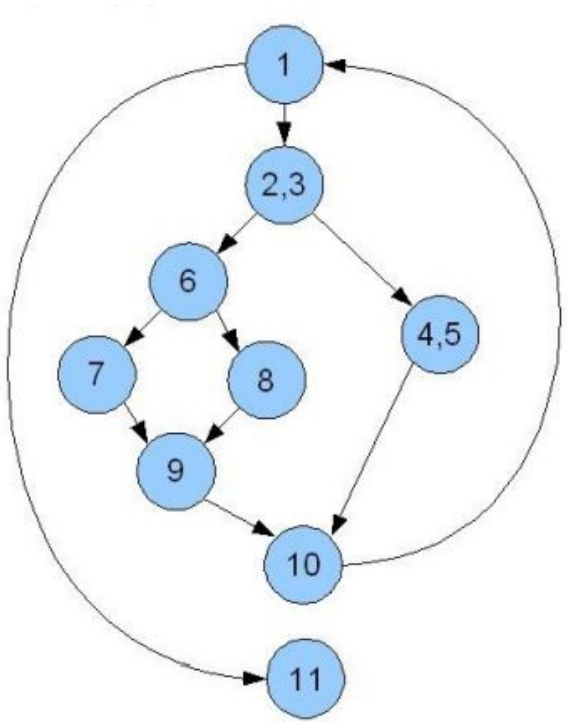
Caminhos Independentes

Caminhos independentes:

1. 1-11
2. 1-2-3-4-5-10-1-11
3. 1-2-3-6-8-9-10-1-11
4. 1-2-3-6-7-9-10-1-11

O caminho:

1-2-3-4-5-10-1-2-3-6-8-6-10-1-11 **NÃO é independente**



Prática

```java
public static int buscaBinaria(int[] array, int valor) {
    int inicio = 0;
    int fim = array.length - 1;
    int retorno = -1;
    while (inicio <= fim) {
        int meio = (inicio + fim) / 2;
        if (array[meio] == valor) {
            retorno = meio;
            fim = -1;
        } else if (valor > array[meio]) {
            inicio = meio + 1;
        } else {
            fim = meio - 1;
        }
    }
    return retorno;
}
```

Técnicas estruturais

No contexto de teste de software, as **técnicas estruturais** são métodos de teste que se concentram na análise da estrutura interna do código-fonte do software.

Técnicas estruturais

as três técnicas estruturais principais são:

- Critério baseado na complexidade
- Critérios baseados em fluxo de controle
- Critérios baseados em fluxo de dados

Critério baseado na complexidade

Este critério refere-se a uma técnica de teste de software que se concentra na complexidade do código-fonte para determinar quais partes do programa precisam ser testadas de forma mais abrangente.

Critério baseado na complexidade

A ideia por trás desse critério é que partes do código mais complexas têm maior probabilidade de conter erros, e, portanto, devem ser submetidas a testes mais rigorosos.

Critério baseado na complexidade

Um dos métodos mais comuns para avaliar a complexidade do código-fonte é o uso de métricas de complexidade, como o índice de complexidade ciclomática (também conhecido como "*Complexity Cyclomatic Number*" ou "*Cyclomatic Complexity*").

Critério baseado na complexidade

Um dos métodos mais comuns para avaliar a complexidade do código-fonte é o uso de métricas de complexidade, como o **índice de complexidade ciclomática** (também conhecido como "*Complexity Cyclomatic Number*" ou "*Cyclomatic Complexity*").

Critério baseado na complexidade

A complexidade ciclomática é uma medida numérica que representa o **número de caminhos independentes** através de um programa. **Quanto maior** a complexidade ciclomática, **maior é a complexidade** do código.

Critério baseado na complexidade

A complexidade ciclomática é calculada com base em estruturas de controle no código, como loops, condicionais e chamadas de função. Ela **ajuda a determinar a quantidade mínima de testes necessários para garantir a cobertura completa do código**.

Critério baseado na complexidade

A **complexidade ciclomática** é calculada usando a fórmula de McCabe, que é baseada nas estruturas de controle presentes no código-fonte. A fórmula leva em consideração o número de nós de decisão e o número de arestas do grafo de controle do programa.

Complexidade Ciclomática

Formula

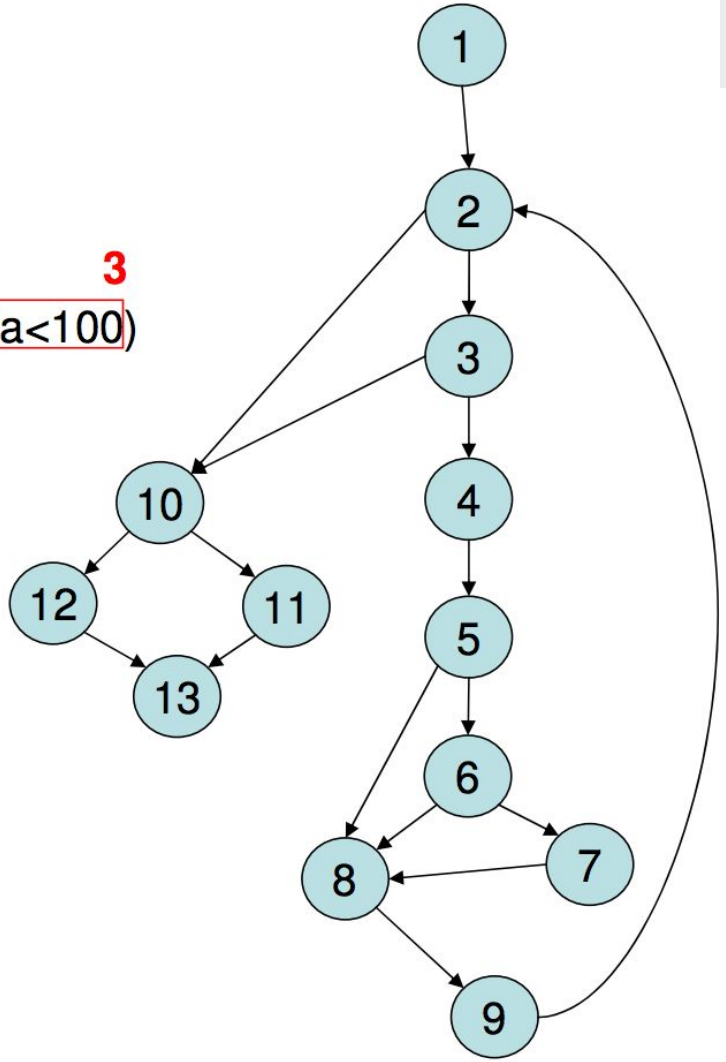
V(G) = R - onde R é o número de regiões do grafo de fluxo.

V(G) = E – N + 2 - onde E é o número de arestas (setas) e N é o número de nós do grafo G.

V(G) = P + 1 - nde P é o número de nós-predicados contidos no grafo G (só funciona se os nós-predicado tiverem no máximo duas arestas saindo.)**o**

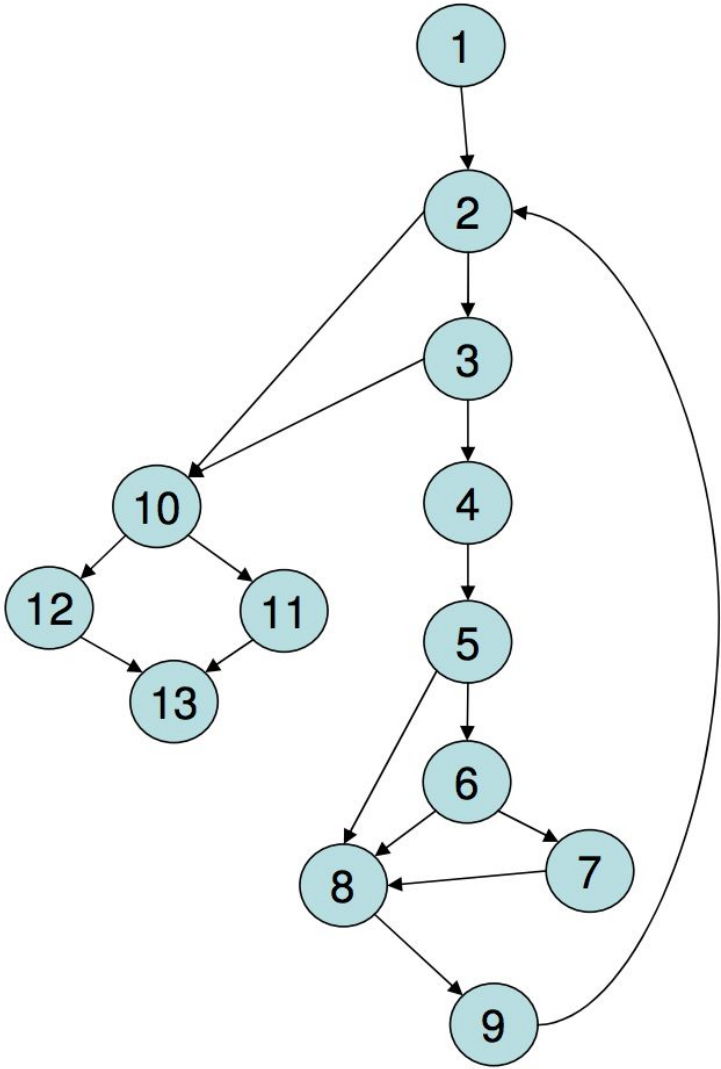
```
Procedimento média(valor[])
        i = 1;
        soma = 0;
        total.entrada = 0;
        total.válidas = 0;
        Faça-Enquanto (valor[i] ≠ -999 E total.entrada < 100)
                incremente total.entrada de 1;
                Se (valor[i] ≥ min E valor[i] ≤ max)
                        incremente total.válidas de 1;
                        soma = soma + valor[i]
                Fim-Se
                incremente i de 1;
        Fim-Enquanto
        Se total.válidas > 0
                média = soma / total.válidas;
        Senão
                média = -999;
        Fim-Se
Fim média
```

```
Procedimento média(valor[])
i=1;                                                          1
soma=0;
total.entrada=0;
total.válidas=0
Faça-Enquanto (valor[i]≠-999 E total.entrada<100)             2  3
    incremente total.entrada de 1;                            4
    Se(valor[i]≥min E valor[i]≤max)                           5  6
    Então
7           incremente total.válidas de 1;
            soma = soma + valor[i]
    Fim-Se
 8  incremente i de 1;
Fim-Enquanto                                                  9
Se total.válidas>0                                            10
Então média = soma/total.válidas;                             11
Senão média = -999;                                           12
Fim-Se                                                        13
Fim média
```



Complexidade Ciclomática

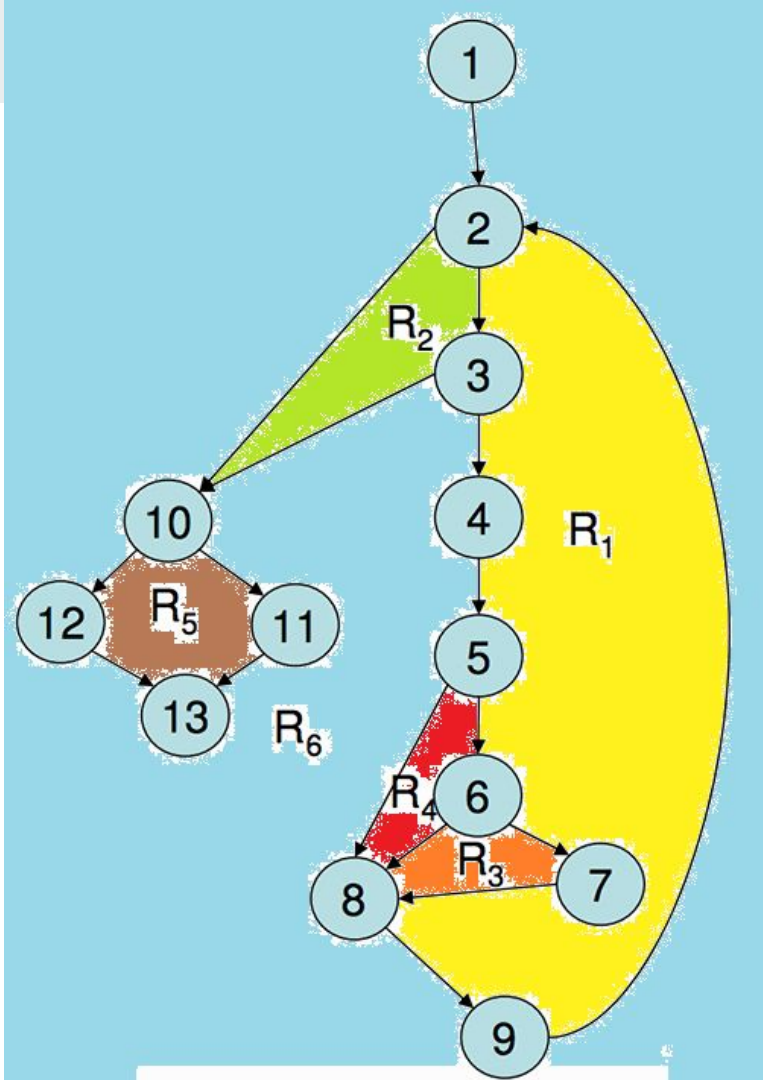
V(G) = R



Complexidade Ciclomática

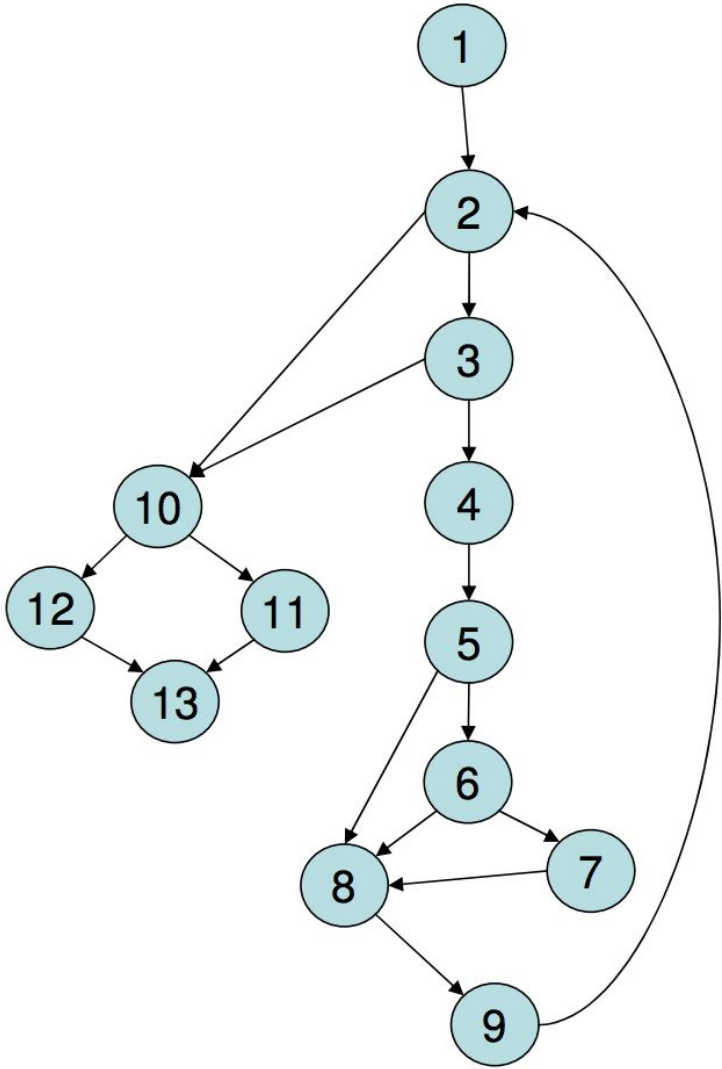
V(G) = R

Temos 6 regiões.



Complexidade Ciclomática

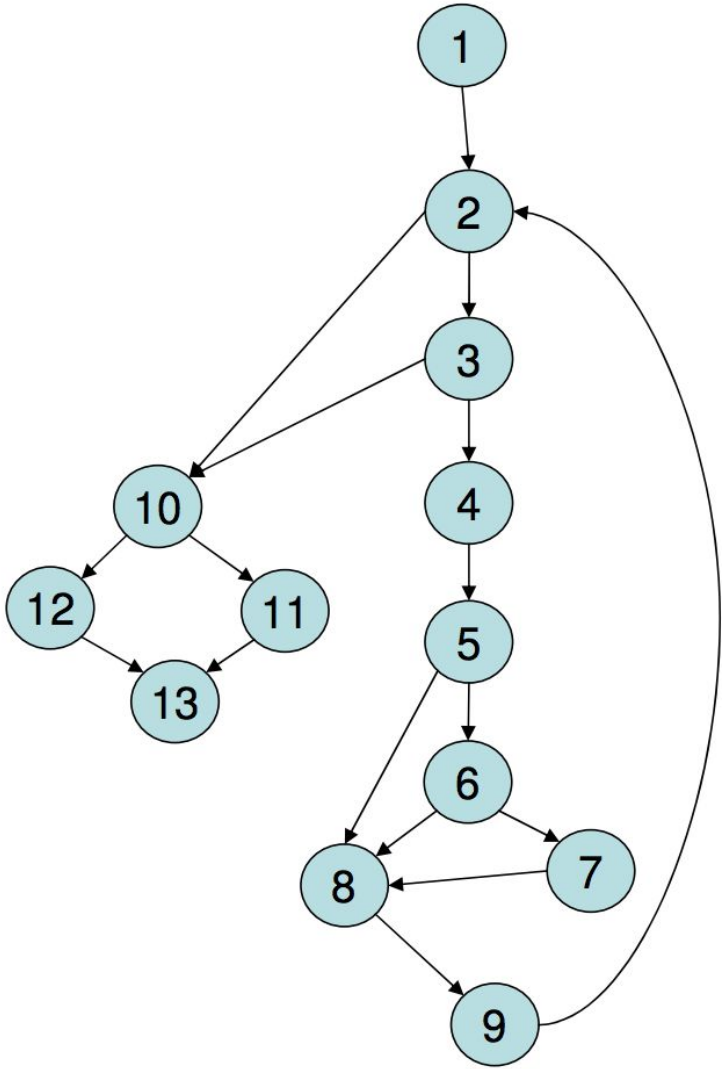
V(G) = E – N + 2 - onde E é o número de arestas (setas) e N é o número de nós do grafo G.



Complexidade Ciclomática

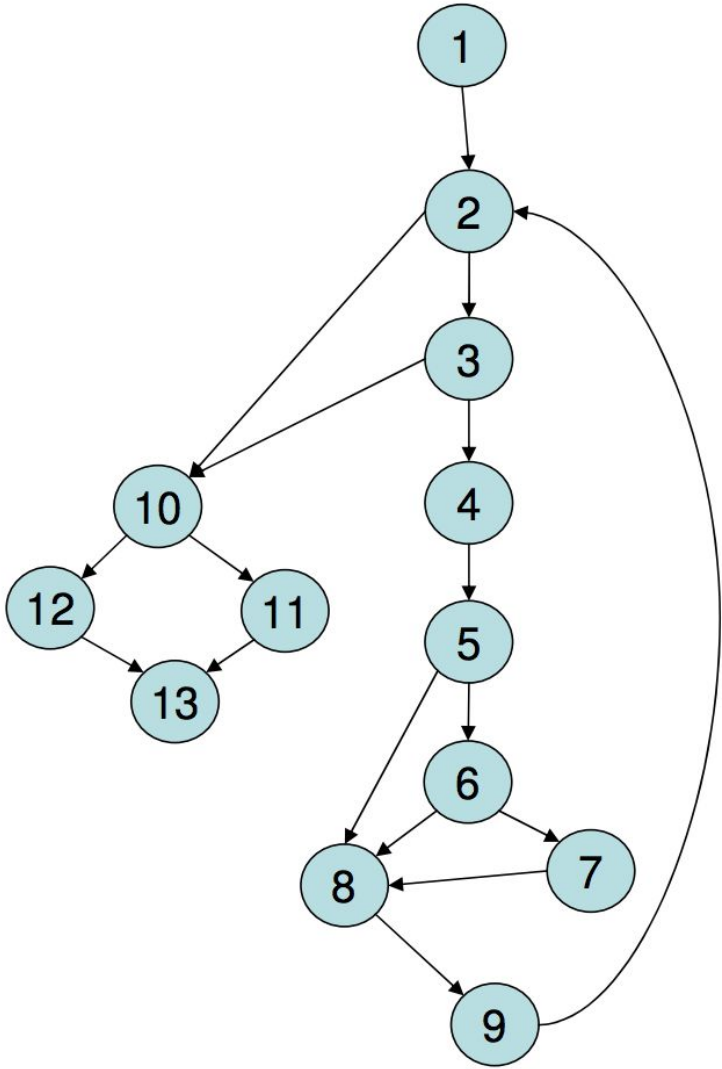
V(G) = E – N + 2 - onde E é o número de arestas (setas) e N é o número de nós do grafo G.

V(G) = 17 arestas/setas – 13 nós + 2 = **6**



Complexidade Ciclomática

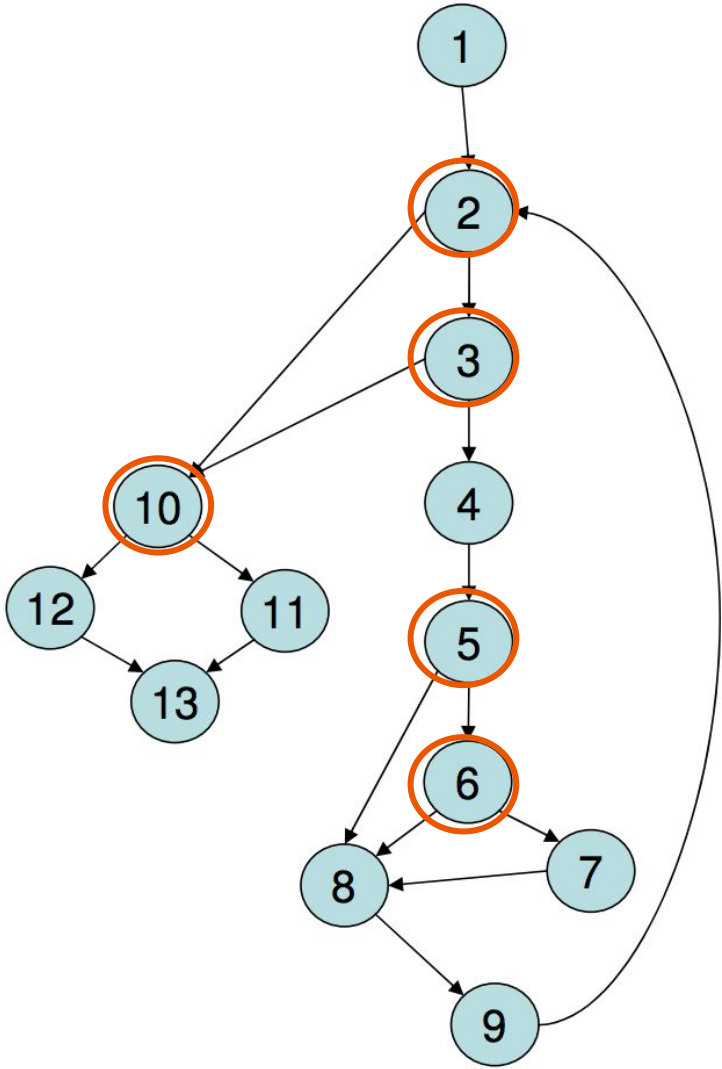
V(G) = P + 1 - onde P é o número de nós-predicados contidos no grafo G.



Complexidade Ciclomática

V(G) = P + 1 - onde P é o número de nós-predicados contidos no grafo G.

V(G) = 5 nós-predicados + 1 = **6**



Critérios baseados em fluxo de controle

Os critérios baseados em fluxo de controle se concentram na lógica do programa, ou seja, **como o controle do programa é direcionado** através das instruções.

Critérios baseados em fluxo de controle

Fluxos de controle se referem à ordem em que as instruções de um programa de computador são executadas. Em outras palavras, fluxos de controle descrevem **como o programa "flui"** de uma parte para outra, decidindo quais **caminhos seguir** com base em condições e decisões.

Critérios baseados em fluxo de controle

Existem várias estruturas de controle que afetam o fluxo de controle em um programa, incluindo:

- if", "else if" e "else"
- "for", "while" e "do-while"
- Chamadas de função
- Saltos e desvios

Critérios baseados em fluxo de controle

Alguns critérios baseados em fluxo de controle incluem:

- Cobertura de declaração (Statement Coverage);
- Cobertura de decisão (Decision Coverage);
- Cobertura de caminho (Path Coverage);
- Cobertura de fluxo de controle (Control Flow Coverage);

Cobertura de declaração (*Statement Coverage*)

Essa técnica envolve garantir que cada declaração no código-fonte seja executada pelo menos uma vez durante a execução dos testes. Isso ajuda a verificar a cobertura básica do código.

Cobertura de declaração (*Statement Coverage*)

```
void fun(int x) {
    if (x > 0) {
        cout << "Valor positivo" << endl;
    } else {
        cout << "Valor não-positivo" << endl;
    }
}
```

Para atingir 100% de cobertura de declaração, você deve garantir que ambas as declarações de saída ("cout") dentro de cada ramificação do condicional sejam executadas em seus testes.

Cobertura de decisão (*Decision Coverage*)

Nesse caso, o objetivo é garantir que todas as decisões (geralmente associadas a estruturas de controle como condicionais "if" e "switch") sejam testadas em todas as suas ramificações. Isso ajuda a identificar possíveis erros lógicos no código.

Cobertura de decisão (*Decision Coverage*)

```
void fun(int x) {
    if (x > 0) {
        cout << "Valor positivo" << endl;
    } else {
        cout << "Valor não-positivo" << endl;
    }
}
```

Exemplo: Continuando com o código anterior, para atingir 100% de cobertura de decisão, você deve garantir que todos os resultados possíveis da condição "x > 0" sejam testados. Isso significa que você precisa criar testes para ambas as ramificações, com um teste para "x" sendo maior que zero e outro teste para "x" não sendo maior que zero.

Cobertura de caminho (*Path Coverage*)

Essa técnica busca testar todos os caminhos possíveis através do código, considerando todas as combinações de decisões e loops. Isso é mais abrangente do que a cobertura de decisão, mas também mais trabalhoso de implementar.

Cobertura de decisão (*Decision Coverage*)

Para atingir 100% de cobertura de caminho, você precisaria criar testes para todas as combinações possíveis de "a", "b" e "c", cobrindo todos os caminhos possíveis, como (a>0), (b>0), (c>0), e assim por diante.

Quais são esta combinações?

```
int calculate(int a, int b, int c) {
    int result = 0;
    if (a > 0) {
        result = b + c;
    } else if (b > 0) {
        result = a + c;
    } else {
        result = a + b;
    }
    return result;
}
```

Cobertura de fluxo de controle (*Control Flow Coverage*)

Garante que diferentes fluxos de controle sejam testados, incluindo execuções alternativas e excepcionais. Isso é particularmente útil para identificar problemas relacionados a exceções e manipulação de erros.

Cobertura de decisão (*Decision Coverage*)

Para atingir 100% de cobertura de fluxo de controle, você precisaria criar testes que cubram todas as partes do código, incluindo os blocos try, except e else, a fim de garantir que todos os fluxos de controle sejam testados adequadamente. Isso incluiria testar uma divisão bem-sucedida, uma divisão por zero e uma exceção de valor inválido.

```python
def divide(a, b):
    try:
        result = a / b
    except ZeroDivisionError:
        result = "Divisão por zero"
    except ValueError:
        result = "Valor inválido"
    else:
        result = "Divisão bem-sucedida"
    return result
```

Critérios baseados em fluxo de dados

Os critérios baseados em fluxo de dados concentram-se na análise de como os dados fluem através do programa e como as variáveis são usadas e modificadas.

Cobertura de uso de variável (*Variable Usage Coverage*)

Envolve a verificação de todas as variáveis para garantir que elas sejam inicializadas, usadas e modificadas corretamente ao longo do programa.

Cobertura de uso de variável (*Variable Usage Coverage*)

Para atingir 100% de cobertura de uso de variável, você deve criar testes que abranjam todas as operações que envolvem a variável "saldo", garantindo que ela seja usada corretamente em todas as partes do código.

```
def calcular_saldo(inicial, transacao):
    saldo = inicial
    saldo += transacao
    return saldo
```

Cobertura de definição-uso (*Def-use Coverage*)

Nesse caso, o objetivo é garantir que cada definição (atribuição de valor a uma variável) seja seguida por um uso (leitura) da variável. Isso ajuda a identificar possíveis problemas de lógica de programação.

Cobertura de definição-uso (*Def-use Coverage*)

Para atingir 100% de cobertura de definição-uso, você deve criar testes que garantam que a variável "maximo" seja definida antes de ser usada em todas as partes do código, incluindo o laço "for".

```
int encontrar_maximo(int array[], int inicio, int fim) {
    int maximo = array[inicio];
    for (int i = inicio + 1; i < fim; i++) {
        if (array[i] > maximo) {
            maximo = array[i];
        }
    }
    return maximo;
}
```

Cobertura de uso-define (*Use-Def Coverage*)

Ao contrário da técnica anterior, aqui o foco é garantir que cada uso de variável seja precedido por uma definição em algum lugar do programa. Isso ajuda a evitar o uso de variáveis não inicializadas.

Cobertura de uso-define (*Use-Def Coverage*)

Suponha que você tenha uma função em Java que lê um arquivo e calcula a soma dos números dentro dele.

```java
int calcular_soma_arquivo(String nomeArquivo) {
    int soma = 0;
    try {
        BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(nomeArquivo))
        String linha;
        while ((linha = br.readLine()) != null) {
            int numero = Integer.parseInt(linha);
            soma += numero;
        }
        br.close();
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return soma;
}
```

Cobertura de fluxo de dados (*Data Flow Coverage*):

Essa técnica analisa como os dados fluem através das estruturas do programa, identificando possíveis problemas de dependências de dados e conflitos.

Cobertura de definição-uso (*Def-use Coverage*)

Para atingir 100% de cobertura de fluxo de dados, você deve criar testes que cubram todos os cenários, incluindo a entrada de números pares e ímpares, garantindo que todos os possíveis fluxos de dados sejam testados.

```c
int contar_pares(int lista[], int tamanho) {
    int contador = 0;
    for (int i = 0; i < tamanho; i++) {
        if (lista[i] % 2 == 0) {
            contador++;
        }
    }
    return contador;
}
```

Atividade

Pesquisar um dos critérios de teste estrutural abaixo:

1. Critério baseado na complexidade
2. Critério baseado em fluxo de controle
3. Critério baseado em fluxo de dados
    a. Rapps e Weyuker
    b. Potenciais-Usos

Ativi

```cpp
#include <iostream>

void processNumber(int number) {
    if (number % 2 == 0) {
        std::cout << "The number is even." << std::endl;
    } else {
        std::cout << "The number is odd." << std::endl;
    }

    int remainder = number % 4;
    switch (remainder) {
        case 0:
            std::cout << "The remainder is 0." << std::endl;
            break;
        case 1:
            std::cout << "The remainder is 1." << std::endl;
            break;
        case 2:
            std::cout << "The remainder is 2." << std::endl;
            break;
        default:
            std::cout << "The remainder is not 0, 1, or 2." << std::endl;
    }
}

int main() {
    for (int i = 1; i <= 5; i++) {
        std::cout << "Processing number " << i << ":" << std::endl;
        processNumber(i);
        std::cout << "------------------" << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Atividade

```
double complexLogarithmicFunction(int n) {
    double result = 0;
    if (n <= 0) {
        result = -1.0;
    } else {
        for (int i = 1; i <= n; i++) {
            if (i % 2 == 0) {
                result -= std::log2(i) + std::sqrt(i);
            } else {
                result += std::log2(i) - std::sqrt(i);
            }

            if (i > n / 2) {
                if (result > 0) {
                    result *= 2.0;
                } else {
                    result /= 2.0;
                }
            }
        }

        if (result >= 0) {
            for (int j = 1; j < n; j++) {
                result += std::pow(j, 3);
            }
        } else {
            result = -result;
        }
    }
    return result;
}
```

Referências

BRAGA, Pedro Henrique Cacique. Teste de Software. Pearson Education do Brasil. São Paulo. 2016. Disponível na Biblioteca Virtual. DELAMARO, Márcio;

MALDONADO, José Carlos, JINO, Mario. Introdução ao teste de software. Elsevier. Rio de Janeiro. 2007.

PRESSMAN, Roger S. Engenharia de software. 5. Ed. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 2002.