UnB Departamento de Ciência da Computação

2015/2

# Depuração & Testes

*Prof. Guilherme N. Ramos*

A civilização roda em software, e a maioria da atividades de engenharia envolve programas de computador [7]. Eles permeiam tantas aplicações que defeitos podem causar sérios prejuízos (como aplicações financeiras) e danos físicos (controle de aviões ou usinas), tornando a qualidade do programa extremamente relevante [2].

"*Errar é humano, mas para estragar tudo é preciso um computador.*"

**William E. Vaughan**

Pequenos defeitos podem, potencialmente, causar enormes problemas: um erro em um módulo obscuro de um sistema grande é geralmente a causa mais frequente de problemas [2]. A medida que os programas tornam-se mais rápidos, complexos, e ubíquos, os danos podem ser cada vez maiores. Geralmente, estes pequenos erros são simples descuidos dos desenvolvedores, mas esta simplicidade não quer dizer que não possam ser sérios ou que é fácil encontrá-los e resolvê-los. A qualidade de sistemas complexos depende da qualidade dos pequenos programas que o compõem [2].

Erros de programação *sempre* existirão [pelo menos enquanto o processo de geração de código continuar como agora], dizem que qualquer código significativo terá defeitos inicialmente, geralmente 2 para cada 100 linhas de código [4]. Isso ocorre por diversos motivos, mas principalmente por que o código é gerado por seres humanos (e, portanto, falhos), e mesmos sistemas pouco complexos possuem tantas possibilidades que, na prática, é impossível testar todas as situações (e assim garantir a corretude).

"*Há duas maneiras de se escrever programas sem erros; apenas a terceira funciona.*"

**Alan Perlis**

Os erros geralmente se originam nas 3 primeiras etapas e, como são "inevitáveis", as duas últimas se fazem necessárias. para para as seguintes origens:

**Especificação:** se um problema não for especificado corretamente, mesmo um programa perfeito não terá o desempenho desejado [4]. Estes erros podem ser minimizados (ou mesmo eliminados) pela revisão atenta do entendimento e análise do problema apresentado, entenda *claramente* o que o seu programa deverá fazer.

**Algoritmo:** o programa precisa ser planejado antes de ser implementado, partir da especificação diretamente para a programação e torcer para que funcione não é uma estratégia de muito sucesso. Estes erros podem ser minimizados com um planejamento adequado do algoritmo, considerando que estratégia utilizar, como gerar o código, quais as estruturas de dados e como elas devem ser usadas. Um tempo maior gasto em um planejamento cuidadoso quase sempre é recompensado com menos refatorações.

**Codificação:** a tradução do algoritmo em código não é uma ciência exata (quem nunca confundiu = com ==?), e alguns destes erros podem ser tão simples que nem são considerados quando se busca a origem do erro (prolongando o processo). Podem ser minimizados pela simples releitura do código, tanto pelo autor quanto por outro desenvolvedor. Por incrível que pareça, o pato de borracha sabe das coisas.

Ainda assim, o erros persistem, então é preciso considerar outras estratégias para mitigá-los...

"*Se depurar é o processo de remover bugs, então programar deve ser o processo de inserí-los.*"

**Edsger W. Dijkstra**

Em termos genéricos, a *depuração* serve para lidar com um problema conhecido no programa, e os *testes* servem para tentar, sistematicamente, verificar situações que "quebrem" um programa [que você acha que funciona] para analisar se ele tem o comportamento esperado.

# 1 Depuração

"*bug: defeito ou falha em uma máquina, plano, ou similar.*"

**Dicionário Oxford**

"*A partir daí, sempre que alguma coisa dava errado com um computador, nós dizíamos que tinha um bug nele.*"

**Grace Hopper**

A *depuração* é feita quando se sabe que o programa não funciona (erros de execução, de segmentação de memória), não tem o desempenho desejado, ou simplesmente não tem o comportamento esperado.

Consertar um programa com *bugs* é um processo de confirmar, uma a uma, que as suas crenças sobre o seu código são, de fato, verdadeiras [3]. Quando algo não é confirmado, você pelo menos tem uma dica da natureza ou de onde está o problema. A situação começa a complicar com a propagação de *bugs* no código (um *bug* acaba gerando outro(s) e assim sucessivamente). Eventualmente se descobre um *bug* no meio da cadeia, e é preciso ir retrocedendo até encontrar o *bug* original. A maioria das vezes isto não é um processo óbvio, nem simples, certamente demorado[1], e potencialmente caro. A execução de testes sobre código tende a diminuir consideravelmente a quantidade de *bugs* presentes, e quanto antes são descobertos, menor será o esforço para removê-los.

> *Uma das melhores práticas de programação é realizar pequenas alterações no código e testá-las adequadamente a medida que são feitas.*

Se o código funcionava antes da última mudança no código, e os testes mostraram um erro, fica claro que esta mudança provocou o problema e, portanto, que o código novo tem um *bug*, ou expôs um *bug* existente. Os passos de depuração tendem a ser simples:

1. *Teste* o código para descobrir quais problemas existem.
2. *Defina* as condições que o erro pode ser reproduzido.
3. *Encontre* onde no código está a instrução que causa o erro.
4. *Corrija* a instrução;
5. *Verifique* que a correção funciona (com testes).

[1] Uma vez certo profissional de programação passou 8 dias inteiros rastreando um *bug*, passando por diversas GUIs, alguns *forks* e muitas definições inconsistentes, apenas para descobrir um ponteiro não inicializado...

A *depuração* é inevitável, mas há diferentes formas de avaliar a execução do programa ao longo deste processo. A primeira, e mais eficiente, é *pensar* a respeito do que está sendo feito.

"*Todos sabem que depurar é duas vezes mais difícil que programar. Se você gera um programa usando toda a sua esperteza, como vai depurá-lo?*"

**Brian W. Kernighan**

Caso não tenha conseguido achar o problema, é preciso investigar um pouco mais a fundo, e as ferramentas mais simples são o bom e velho `printf` em uma busca binária, tentando localizar em que ponto do código as coisas começas a dar errado.

"*A ferramenta de depuração mais eficaz ainda é pensamento cuidadoso, juntamente com instruções de impressão bem colocadas.*"

**Brian Kernighan**

Se mesmo assim não foi possível encontrar o problema, ferramentas mais poderosas - os depuradores - são necessárias. Um depurador é um programa de computador usado para testar outros programas, e geralmente têm funcionalidades mais sofisticadas como: execução passo a passo do programa; a suspensão do programa para examinar seu estado atual, em pontos predefinidos, chamados pontos de parada; o acompanhamento do valor de variáveis que podem ser usadas inclusive para gerar uma suspensão, ou ativar um ponto de parada.

## 1.1 The GNU Project Debugger

O `gdb` é o depurador padrão para ambientes GNU/Linux, e permite que você veja o que está acontecendo "dentro" de outro programa enquanto este é executado - ou o que outro prograna estava fazendo no momento que falhou [6]. As principais funções do `gdb` são:

1. iniciar o programa, especificando qualquer coisa que possa influenciar seu comportamento;
2. interromper a execução do programa sob condições específicas;
3. examinar o que aconteceu quando o programa foi interrompido; e
4. alterar coisas no programa, permitindo que você experimente com as correções do *bug* (e aprenda sobre outro).

O `gdb` é usado iterativamente pela linha de comando, mas há diversas interfaces com ele. É preciso indicar ao compilador que gere um executável depurável, utilizando a opção `-g`:

```
$ gcc [flags] -g <arquivo> -o <saída>
```

A interação com o depurador é simples, basta ter familiaridade com os comandos (ou seja, pratique). Há diversos exemplos disponíveis para estudar.

"*Se você quer programadores mais eficientes, descobrirá que eles não deveriam gastar tempo depurando, eles não deveriam gerar* bugs *para começar.*"

**Edsger W. Dijkstra**

O `gdb` é uma ferramenta fundamental para análise de código com gerenciamento de memória (outra muito interessante é Valgrind) e, portanto, para a depuração. Mas este processo é custoso, e uma das formas de tentar minimizar os gastos é evitando a propagação de *bugs*.

"*Testes são tão importantes que você deveria estar fazendo isso o tempo todo.*"

**Jeff Canna**

# 2 Testes

O processo de testar um programa é planejado para garantir que o código de computador faça o que foi projeto para fazer e, contrariamente, que não faz o que não deveria [5]. A ideia, mais que ter um comportamento definido, é "garantir" que o a execução do programa não tenha resultados/consequências imprevisíveis.

Os testes buscam investigar a qualidade do programa no contexto em que ele deve operar. Mais especificamente, podem detectar erros no código, de modo que as falhas do programa possam ser encontradas e corrigidas. Esta investigação afeta diretamente a *qualidade de software* (veja também a ISO/IEC 25010). É fácil ver como isto pode ser traduzido em termos financeiros, no valor cobrado pelo produto de maior qualidade gerado, mas o verdadeiro impacto está nos custos de desenvolvimento.

"*Em um típico projeto de programação, 50% do tempo e mais de 50% do custo total são gastos em testes do programa ou sistema em desenvolvimento.*"

**Myers, Badgett & Sandler**

A única forma de mostrar que um programa é correto é testar *todas* as possibilidades de execução [1] (é possível provar a corretude de um algoritmo, mas isso não tem implicações em sua implementação). Como isto é inviável, na prática o que se tenta é maximizar as possibilidades testadas (minimizando a quantidade de testes), portanto a qualidade do testes depende da qualidade dos profissionais que definem *o que testar*. Testar também é um trabalho criativo e difícil, o responsável pelos testes deve ser experiente e conhecedor de técnicas mais úteis. Por fim, testar é uma tarefa complexa, testes efetivos dependem de conhecimento detalhado do sistema, que geralmente não é simples e nem de fácil entendimento.

"*Testes de programas podem ser usados para revelar a existência de erros, mas nunca para mostrar sua ausência!*"

**Edsger W. Dijkstra**

## 2.1 Testes de Caixas

Os testes podem ser divididos um duas categorias básicas: *caixa-preta* e *caixa-branca*. Um teste de caixa-preta visa testar a funcionalidade do programa sem analisar sua implementação: a ideia é verificar pares de entrada/saída de dados. Neste caso, quanto mais abrangentes as entradas (em função das especificações), melhor será a qualidade do teste. As entradas testadas são definidas a partir das especificações/requisitos, e focam nas funcionalidades projetadas.

```
1 /* Testes de Caixa-Preta */
2 assert(min(1, 2, 3) == 1);
3 assert(min(1, 3, 2) == 1);
4 assert(min(2, 1, 3) == 1);
5 assert(min(2, 3, 1) == 1);
6 assert(min(3, 1, 2) == 1);
7 assert(min(3, 2, 1) == 1);
8 assert(min(1, 1, 1) == 1);
9 assert(min(1, 1, 2) == 1);
10 assert(min(1, 2, 2) == 1);
11 assert(min(-1, 2, 3) == -1);
12 assert(min(1, -2, 3) == -2);
13 assert(min(1, 2, -3) == -3);
```

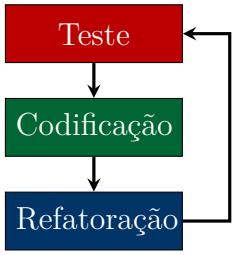
```
1 /* Implementação */
2 if(A > 1 && B == 0)
3     x /= A;
4 if(A == 2 || x > 1)
5     ++x;
```

```
1 /* Testes de Caixa-Branca */
2 A=2, B=0; /* todos os processos */
3
4 A=3, B=0, X=3; /* todas decisões e */
5 A=2, B=1, X=1; /* todas as condições */
```

Um teste de caixa-branca considera a implementação para definir os casos de teste, buscando analisara execução de todos os fluxos de possíveis. Este tipo de teste é mais custoso que o de caixa-preta, pois exige conhecimento interno do sistema, e precisa ser ajustado em caso de alterações na implementação; além da "limitação" de testar o programa como ele está implementado (ou seja, não detecta ausência de funcionalidades). Entretanto, como a estrutura interna é usada como referência, é mais fácil definir os valores de entrada mais úteis para os testes.

## 2.2 Test Driven Development

TDD é uma técnica para desenvolvimento de software baseada em um ciclo curto de repetições em que a evolução do programa é guiado pelos testes gerados.




1. Escreva um caso de teste que define uma melhoria desejada ou uma nova funcionalidade *ainda não implementada*.
2. Escreva o mínimo código seja validado pelo teste.
3. Refatore o código para padrões adequados ao projeto.

Os procedimentos são simples, e baseiam-se em 3 regras:

1. Você não pode criar código antes de ter criado um teste que falhe.
2. Você não pode criar mais em um teste além do necessário para falhar, e a não compilação'é uma falha.
3. Você não pode criar mais código que o necessário para passar no teste que está falhando..

Esta abordagem implica em uma série de coisas (a mais óbvia é uma grande quantidade de código gerada para os testes), mas também tem efeitos na qualidade do programa gerado. Para *adicionar um teste*, o desenvolvedor precisa entender bem as especificações e requisitos da funcionalidade. Ao *executar o [novo] teste*, o desenvolvedor verifica um aspecto de funcionalidade que ainda não havia sido avaliado. Ao *gerar código [para passar o teste]*, ele está efetivamente incluindo a funcionalidade sendo avaliada, mesmo que sem se preocupar com a qualidade deste código. Ao *repetir todos os testes*, ele verifica que o código atende a nova funcionalidade e não quebra as funcionalidades existentes. Caso haja algum problema, cada apenas o código suficiente para resolver este novo erro é gerado até que não haja mais erros. Por fim, ao *refatorar o código* o resultado será código limpo (repita os passos até que todas as funcionalidades sejam implementadas).

As principais vantagens são que os diversos testes fornecem uma forma simples de validar o código, potencialmente gera apenas o código realmente necessário (de forma mais modular) e, principalmente, diminuem a quantidade de defeitos e assim o tempo total de desenvolvimento (mais codificação, menos depuração).

Entretanto, TDD não se aplica a todos os projetos e apresenta uma série de dificuldades (necessidade de suporte gerencial, dificuldade de ser incorporado a um projeto em andamento, cobertura parcial de funcionalidades, etc.).

# Referências

[1] Luis Joyanes Aguilar. *Fundamentos de Programação: Algoritmos, estruturas de dados e objetos*. McGraw-Hill, 3a edition, 2008.

[2] Watts S Humphrey. The software quality profile. *Fundamental Concepts for the Software Quality Engineer*, page 1, 2002.

[3] Norman Matloff and Peter Jay Salzman. *The Art of Debugging with GDB, DDD, and Eclipse*. No Starch Press, San Francisco, CA, USA, 2008.

[4] Neil Matthew and Richard Stones. *Beginning Linux programming*. Wrox programmer to programmer. Wrox ; John Wiley [distributor], Indianapolis, Ind. : Chichester, 4th ed edition, 2008.

[5] Glenford J. Myers, Tom Badgett, Todd M. Thomas, and Corey Sandler. *The art of software testing*. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J, 2nd ed edition, 2004.

[6] Richard Stallman, Roland Pesch, Stan Shebs, et al. Debugging with gdb. *Free Software Foundation*, 2015.

[7] Bjarne Stroustrup. *Programming: principles and practice using C++*. Pearson Education, 2014.