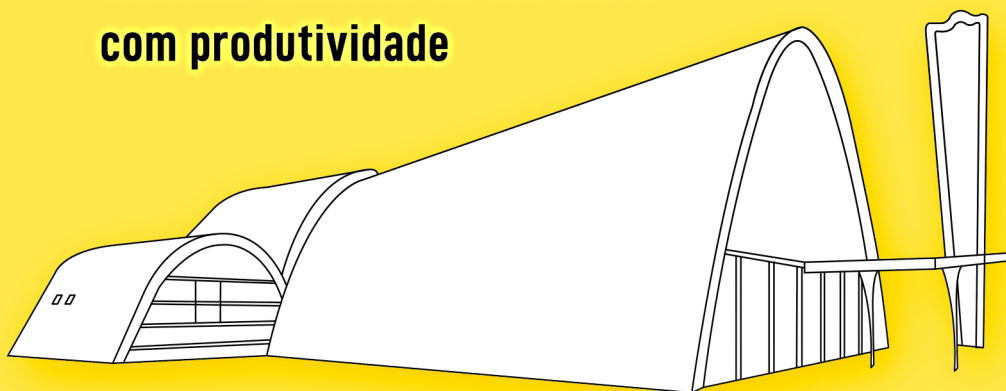


# ENGENHARIA *DE* SOFTWARE MODERNA

Princípios e práticas para  
desenvolvimento de software  
com produtividade



MARCO TULLIO VALENTE

# Engenharia de Software Moderna

Princípios e Práticas para Desenvolvimento de  
Software com Produtividade

Marco Tulio Valente

# Conteúdo

<b>Prefácio</b>	<b>i</b>
Público Alvo . . . . .	iii
Pré-requisitos . . . . .	iii
Website . . . . .	iii
Sobre o Autor . . . . .	iv
Agradecimentos . . . . .	v
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Definições, Contexto e História . . . . .	1
1.2 O que se Estuda em Engenharia de Software? . . . . .	6
1.3 Sistemas ABC: Acute, Business e Casuais . . . . .	22
1.4 Próximos Capítulos . . . . .	24
Bibliografia . . . . .	27
Exercícios de Fixação . . . . .	27
<b>2 Processos</b>	<b>29</b>
2.1 Importância de Processos . . . . .	29
2.2 Manifesto Ágil . . . . .	31
2.3 Extreme Programming . . . . .	36
2.4 Scrum . . . . .	54
2.5 Kanban . . . . .	62
2.6 Quando não Usar Métodos Ágeis? . . . . .	69
2.7 Outros Métodos Iterativos . . . . .	70
Bibliografia . . . . .	74
Exercícios de Fixação . . . . .	75
<b>3 Requisitos</b>	<b>79</b>
3.1 Introdução . . . . .	79
3.2 Engenharia de Requisitos . . . . .	81

3.3	Histórias de Usuários . . . . .	86
3.4	Casos de Uso . . . . .	92
3.5	Produto Mínimo Viável (MVP) . . . . .	97
3.6	Testes A/B . . . . .	104
	Bibliografia . . . . .	108
	Exercícios de Fixação . . . . .	108
<b>4</b>	<b>Modelos</b>	<b>111</b>
4.1	UML . . . . .	113
4.2	Diagramas de Classes . . . . .	118
4.3	Diagramas de Pacotes . . . . .	126
4.4	Diagramas de Sequência . . . . .	128
	Bibliografia . . . . .	134
	Exercícios de Fixação . . . . .	135
<b>5</b>	<b>Princípios de Projeto</b>	<b>138</b>
5.1	Introdução . . . . .	138
5.2	Integridade Conceitual . . . . .	141
5.3	Ocultamento de Informação . . . . .	143
5.4	Coesão . . . . .	149
5.5	Acoplamento . . . . .	150
5.6	Princípios de Projeto . . . . .	156
5.7	Métricas de Código Fonte . . . . .	170
	Bibliografia . . . . .	176
	Exercícios de Fixação . . . . .	176
<b>6</b>	<b>Padrões de Projeto</b>	<b>181</b>
6.1	Introdução . . . . .	181
6.2	Fábrica . . . . .	184
6.3	Singleton . . . . .	186
6.4	Proxy . . . . .	189
6.5	Adaptador . . . . .	191
6.6	Fachada . . . . .	193
6.7	Decorator . . . . .	195
6.8	Strategy . . . . .	199
6.9	Observador . . . . .	201
6.10	Template Method . . . . .	204
6.11	Visitor . . . . .	205
6.12	Outros Padrões de Projeto . . . . .	208
6.13	Quando Não Usar Padrões de Projeto . . . . .	209

Bibliografia . . . . .	211
Exercícios de Fixação . . . . .	212
<b>7 Arquitetura</b>	<b>216</b>
7.1 Introdução . . . . .	216
7.2 Arquitetura em Camadas . . . . .	219
7.3 Arquitetura MVC . . . . .	222
7.4 Microserviços . . . . .	227
7.5 Arquiteturas Orientadas a Mensagens . . . . .	233
7.6 Arquiteturas Publish/Subscribe . . . . .	236
7.7 Outros Padrões Arquiteturais . . . . .	238
7.8 Anti-padrões Arquiteturais . . . . .	239
Bibliografia . . . . .	240
Exercícios de Fixação . . . . .	241
<b>8 Testes</b>	<b>243</b>
8.1 Introdução . . . . .	243
8.2 Testes de Unidade . . . . .	247
8.3 Princípios e Smells . . . . .	256
8.4 Cobertura de Testes . . . . .	260
8.5 Testabilidade . . . . .	264
8.6 Mocks . . . . .	267
8.7 Desenvolvimento Dirigido por Testes (TDD) . . . . .	274
8.8 Testes de Integração . . . . .	279
8.9 Testes de Sistema . . . . .	280
8.10 Outros Tipos de Testes . . . . .	282
Bibliografia . . . . .	285
Exercícios de Fixação . . . . .	286
<b>9 Refactoring</b>	<b>291</b>
9.1 Introdução . . . . .	291
9.2 Catálogo de Refactorings . . . . .	294
9.3 Prática de Refactoring . . . . .	309
9.4 Refactorings Automatizados . . . . .	310
9.5 Code Smells . . . . .	313
Bibliografia . . . . .	322
Exercícios de Fixação . . . . .	322
<b>10 DevOps</b>	<b>326</b>
10.1 Introdução . . . . .	326

10.2 Controle de Versões . . . . .	330
10.3 Integração Contínua . . . . .	335
10.4 Deployment Contínuo . . . . .	342
Bibliografia . . . . .	348
Exercícios de Fixação . . . . .	348
<b>A Git</b>	<b>350</b>
A.1 Init & Clone . . . . .	350
A.2 Commit . . . . .	351
A.3 Add . . . . .	352
A.4 Status, Diff & Log . . . . .	354
A.5 Push & Pull . . . . .	354
A.6 Conflitos de Merge . . . . .	356
A.7 Branches . . . . .	358
A.8 Branches Remotos . . . . .	362
A.9 Pull Requests . . . . .	364
A.10 Squash . . . . .	366
A.11 Forks . . . . .	367
Bibliografia . . . . .	368
Exercícios de Fixação . . . . .	368
<b>Índice Remissivo</b>	<b>369</b>

# Capítulo 1

## Introdução

*Our civilization runs on software.* – Bjarne Stroustrup

Neste primeiro capítulo, vamos definir e contextualizar o que é Engenharia de Software (Seção 1.1) e dar uma visão geral dos principais assuntos estudados nesta área da Computação (Seção 1.2). O objetivo é propiciar ao leitor uma visão horizontal da área de Engenharia de Software, antes de nos aprofundarmos em temas específicos. Além disso, sendo Engenharia de Software uma área bastante ampla, vamos caracterizar os tipos de sistemas de software que podem se beneficiar das técnicas e conceitos apresentados neste livro (Seção 1.3). O objetivo é, logo no início, evitar falsas expectativas em relação ao conteúdo do trabalho. Por fim, iremos apresentar a estrutura e os assuntos tratados nos capítulos restantes do livro (Seção 1.4).

### 1.1 Definições, Contexto e História

No mundo moderno, tudo é software. Hoje em dia, por exemplo, empresas de qualquer tamanho dependem dos mais diversos sistemas de informação para automatizar seus processos. Governos também interagem com os cidadãos por meio de sistemas computacionais, por exemplo, para coletar impostos ou realizar eleições. Empresas vendem, por meio de sistemas de comércio eletrônico, uma gama imensa de produtos, diretamente para os consumidores. Software está também embarcado em diferentes dispositivos e produtos de engenharia, incluindo automóveis, aviões, satélites, robôs, etc. Por fim, software está contribuindo para

renovar indústrias e serviços tradicionais, como telecomunicações, transporte em grandes centros urbanos, hospedagem, lazer e publicidade.

Portanto, devido a sua relevância no nosso mundo, não é surpresa que exista uma área da Computação destinada a investigar os desafios e propor soluções que permitam desenvolver sistemas de software — principalmente aqueles mais complexos e de maior tamanho — de forma produtiva e com qualidade. Essa área é chamada de **Engenharia de Software**.

Engenharia de Software trata da aplicação de abordagens sistemáticas, disciplinadas e quantificáveis para desenvolver, operar, manter e evoluir software. Ou seja, Engenharia de Software é a área da Computação que se preocupa em propor e aplicar princípios de engenharia na construção de software.

Historicamente, a área surgiu no final da década de 60 do século passado. Nas duas décadas anteriores, os primeiros computadores modernos foram projetados e começaram a ser usados principalmente para resolução de problemas científicos. Ou seja, nessa época software não era uma preocupação central, mas sim construir máquinas que pudessem executar alguns poucos programas. Em resumo, computadores eram usados por poucos e para resolver apenas problemas científicos.

No entanto, progressos contínuos nas tecnologias de construção de hardware mudaram de forma rápida esse cenário. No final da década de 60, computadores já eram mais populares, já estavam presentes em várias universidades norte-americanas e europeias e já chegavam também em algumas grandes empresas. Os cientistas da computação dessa época se viram diante de um novo desafio: como os computadores estavam se tornando mais populares, novas aplicações não apenas se tornavam possíveis, mas começaram a ser demandadas pelos usuários dos grandes computadores da época. Na verdade, os computadores eram grandes no sentido físico e não em poder de processamento, se comparado com os computadores atuais. Dentre essas novas aplicações, as principais eram sistemas comerciais, como folha de pagamento, controle de clientes, controle de estoques, etc.

**Conferência da OTAN:** Em outubro de 1968, um grupo de cerca de 50 renomados Cientistas da Computação se reuniu durante uma semana em Garmisch, na Alemanha, em uma conferência patrocinada por um comitê científico da OTAN, a organização militar que congrega os países do Atlântico Norte (veja uma foto da reunião na próxima figura). O objetivo da conferência era chamar a atenção para um “problema crucial do uso de computadores, o chamado software”. A conferência produziu um relatório, com mais de 130 páginas, que afirmava a necessidade de que software fosse construído com base em princípios práticos e teóricos, tal como ocorre em ramos tradicionais e bem estabelecidos da Engenharia. Para deixar essa



proposta mais clara, decidiu-se cunhar o termo Engenharia de Software. Por isso, a Conferência da OTAN é considerada o marco histórico de criação da área de Engenharia de Software.



Figura 1.1: Cientistas na conferência da OTAN de 1968 sobre Engenharia de Software. Reprodução gentilmente autorizada pelo Prof. Robert McClure.

O comentário a seguir, de um dos participantes da Conferência da OTAN, ilustra os desafios que esperavam a recém criada área de pesquisa:

“O problema é que certas classes de sistemas estão colocando demandas sobre nós que estão além das nossas capacidades e das teorias e métodos de projeto que conhecemos no presente tempo. Em algumas aplicações não existe uma crise, como rotinas de ordenação e folhas de pagamento, por exemplo. Porém, estamos tendo dificuldades com grandes aplicações. Não podemos esperar que a produção de tais sistemas seja fácil.”

Passado mais de meio século da Conferência da OTAN, os avanços obtidos em técnicas e métodos para construção de software são notáveis. Hoje, já se tem conhecimento de que software — na maioria das vezes — não deve ser construído em fases estritamente sequenciais, como ocorre com produtos tradicionais de engenharia, tais como Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia Eletrônica, etc. Já existem também padrões que podem ser usados por Engenheiros de Software em seus novos sistemas, de forma que eles não precisem “reinventar a roda” toda vez que enfrentarem um novo problema de projeto. Bibliotecas e frameworks para os mais diversos fins estão largamente disponíveis, de forma que desenvolvedores de software podem reusar código sem se preocupar com detalhes inerentes a tarefas como implementar interfaces gráficas, criar estruturas de dados, acessar bancos de

dados, criptografar mensagens, etc. Prosseguindo, as mais variadas técnicas de testes podem (e devem) ser usadas para garantir que os sistemas em construção tenham qualidade e que falhas não ocorram quando eles entrarem em produção e forem usados por clientes reais. Sabe-se também que sistemas envelhecem, como outros produtos de engenharia. Logo, software também precisa de manutenção, não apenas corretiva, para corrigir bugs reportados por usuários, mas também para garantir que os sistemas continuem fáceis de manter e entender, mesmo com o passar dos anos.

## Não existe bala de prata

Como começamos a afirmar no parágrafo anterior, desenvolvimento de software é diferente de qualquer outro produto de Engenharia, principalmente quando se compara software com hardware. Frederick Brooks, Prêmio Turing em Computação (1999) e um dos pioneiros da área de Engenharia de Software, foi um dos primeiros a chamar a atenção para esse fato. Em 1987, em um ensaio intitulado *Não Existe Bala de Prata: Essência e Acidentes em Engenharia de Software* ([link](#)), ele discorreu sobre as particularidades da área de Engenharia de Software.

Segundo Brooks, existem dois tipos de dificuldades em desenvolvimento de software: **dificuldades essenciais** e **dificuldades acidentais**. As essenciais são da natureza da área e dificilmente serão superadas por qualquer nova tecnologia ou método que se invente.

Daí a menção à bala de prata no título do ensaio. Diz a lenda que uma bala de prata é a única maneira de matar um lobisomem, desde que usada em uma noite de lua cheia. Ou seja, por causa das dificuldades essenciais, não podemos esperar soluções milagrosas em Engenharia de Software, na forma de balas de prata. O interessante é que, mesmo conhecendo o ensaio de Brooks, sempre surgem novas tecnologias que são vendidas como se fossem balas de prata.

Segundo Brooks, as dificuldades essenciais são as seguintes:

- **Complexidade:** dentre as construções que o homem se propõe a realizar, software é uma das mais desafiadoras e mais complexas que existe. Na verdade, como dissemos antes, mesmo construções de engenharia tradicional, como um satélite, uma usina nuclear ou um foguete, são cada vez mais dependentes de software.
- **Conformidade:** pela sua natureza software tem que se adaptar ao seu ambiente, que muda a todo momento no mundo moderno. Por exemplo, se as leis para recolhimento de impostos mudam, normalmente espera-se que os sistemas sejam rapidamente adaptados à nova legislação. Brooks comenta

que isso não ocorre, por exemplo, na Física, pois as leis da natureza não mudam de acordo com os caprichos dos homens.

- **Facilidade de mudanças:** que consiste na necessidade de evoluir sempre, incorporando novas funcionalidades. Na verdade, quanto mais bem sucedido for um sistema de software, mais demanda por mudanças ele recebe.
- **Invisibilidade:** devido à sua natureza abstrata, é difícil visualizar o tamanho e consequentemente estimar o desafio de construir um sistema de software.

As dificuldades (2), (3) e (4) são específicas de sistemas de software, isto é, elas não ocorrem em outros produtos de Engenharia, pelo menos na mesma intensidade. Por exemplo, quando a legislação ambiental muda, os fabricantes de automóveis têm anos para se conformar às novas leis. Adicionalmente, carros não são alterados, pelo menos de forma essencial, com novas funcionalidades, após serem vendidos. Por fim, um carro é um produto físico e visível, possuindo peso, altura, largura, número de assentos, forma geométrica, etc, o que facilita sua avaliação e precificação por consumidores finais.

Ainda segundo Brooks, desenvolvimento de software enfrenta também dificuldades acidentais. No entanto, elas estão associadas a problemas tecnológicos, que os Engenheiros de Software podem resolver, se devidamente treinados e caso tenham acesso às devidas tecnologias e recursos. Como exemplo, podemos citar as seguintes dificuldades: um compilador que produz mensagens de erro obscuras, uma IDE que possui muitos bugs e frequentemente sofre crashes, um framework que não possui documentação, uma aplicação Web com uma interface pouco intuitiva, etc. Todas essas dificuldades dizem respeito à solução adotada e, portanto, não são uma característica inerente dos sistemas mencionados.

**Mundo Real:** Para ilustrar a complexidade envolvida na construção de sistemas de software reais, vamos dar alguns números sobre o tamanho desses sistemas, em linhas de código. Por exemplo, o sistema operacional Linux, em sua versão 4.1.3, de 2017, possui cerca de 25 milhões de linhas de código e contribuições de quase 1.700 engenheiros ([link](#)). Para mencionar um segundo exemplo, os sistemas do Google somavam 2 bilhões de linhas de código, distribuídas por 9 milhões de arquivos, em janeiro de 2015 ([link](#)). Nesta época, cerca de 40 mil solicitações de mudanças de código (commits) eram realizadas, em média, por dia, pelos cerca de 25 mil Engenheiros de Software empregados pelo Google nessa época.

## 1.2 O que se Estuda em Engenharia de Software?

Para responder a essa pergunta, vamos nos basear no *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*, também conhecido pela sigla SWEBOK ([link](#)). Trata-se de um documento, organizado pela IEEE Computer Society (uma sociedade científica internacional), com o apoio de diversos pesquisadores e de profissionais da indústria. O objetivo do SWEBOK é precisamente documentar o corpo de conhecimento que caracteriza a área que hoje chamamos de Engenharia de Software.

O SWEBOK define 12 áreas de conhecimento em Engenharia de Software:

1. Engenharia de Requisitos
2. Projeto de Software
3. Construção de Software
4. Testes de Software
5. Manutenção de Software
6. Gerência de Configuração
7. Gerência de Projetos
8. Processos de Software
9. Modelos de Software
10. Qualidade de Software
11. Prática Profissional
12. Aspectos Econômicos

Na verdade, o SWEBOK inclui mais três áreas de conhecimento: Fundamentos de Computação, Fundamentos de Matemática e Fundamentos de Engenharia. No entanto, sendo áreas de fronteira, elas não serão tratadas neste capítulo.

No restante desta seção, vamos brevemente discutir e comentar sobre cada uma das 12 áreas listadas acima. O nosso objetivo é propiciar ao leitor um panorama do conhecimento que se adquiriu ao longo dos anos em Engenharia de Software e, assim, informá-lo sobre *o que* se estuda nessa área.

### 1.2.1 Engenharia de Requisitos

Os requisitos de um sistema definem *o que* ele deve fazer e *como* ele deve operar. Assim, a Engenharia de Requisitos inclui o conjunto de atividades realizadas com o objetivo de definir, analisar, documentar e validar os requisitos de um sistema. Em uma primeira classificação, os requisitos podem ser **funcionais** ou **não-funcionais**.

Requisitos funcionais definem *o que* um sistema deve fazer; isto é, quais funcionalidades ou serviços ele deve implementar.

Já os requisitos não-funcionais definem *como* um sistema deve operar, sob quais restrições e com qual qualidade de serviço. São exemplos de requisitos não-funcionais: desempenho, disponibilidade, tolerância a falhas, segurança, privacidade, interoperabilidade, capacidade, manutenibilidade, usabilidade, dentre outros.

Por exemplo, suponha um sistema de *home-banking*. Neste caso, os requisitos funcionais incluem informar o saldo da conta, informar o extrato, realizar transferência entre contas, pagar um boleto bancário, cancelar um cartão de débito, dentre outros. Já os requisitos não-funcionais, dentre outros, incluem:

- Desempenho: informar o saldo da conta em menos de 5 segundos;
- Disponibilidade: estar no ar 99.99% do tempo;
- Tolerância a falhas: continuar operando mesmo se um centro de dados cair;
- Segurança: criptografar todos os dados trocados com as agências;
- Privacidade: não disponibilizar para terceiros dados de clientes;
- Interoperabilidade: integrar-se com os sistemas do Banco Central;
- Capacidade: ser capaz de armazenar dados de 1 milhão de clientes;
- Usabilidade: ter uma versão para deficientes visuais.

### 1.2.2 Projeto de Software

Durante o projeto de um sistema de software, são definidas suas principais unidades de código, porém apenas no nível de interfaces, incluindo **interfaces providas** e **interfaces requeridas**. Interfaces providas são aqueles serviços que uma unidade de código torna público, para uso pelo resto de sistema. Interfaces requeridas são aquelas interfaces das quais uma unidade de código depende para funcionar.

Portanto, durante o projeto de um sistema de software, não entramos em detalhes de implementação de cada unidade de código, tais como detalhes de implementação

dos métodos de uma classe, caso o sistema seja implementado em uma linguagem orientada a objetos.

Por exemplo, durante o projeto de um sistema de *home-banking*, pode-se propor uma classe para representar contas bancárias, como a seguinte:

```
class ContaBancaria {  
    private Cliente cliente;  
    private double saldo;  
    public double getSaldo() { ... }  
    public String getNomeCliente() { ... }  
    public String getExtrato (Date inicio) { ... }  
    ...  
}
```

Primeiro, é importante mencionar que a implementação acima é bem simples, pois o nosso objetivo é didático, isto é, diferenciar projeto de software de sua implementação. Para atingir esse objetivo, o importante é mencionar que *ContaBancaria* oferece uma interface para as demais classes do sistema, na forma de três métodos públicos, que constituem a interface provida pela classe. Por outro lado, *ContaBancaria* também depende de uma outra classe, *Cliente*; logo, a interface de *Cliente* é uma interface requerida por *ContaBancaria*. Muitas vezes, interfaces requeridas são chamadas de dependências. Isto é, *ContaBancaria* possui uma dependência para *Cliente*.

Quando o projeto é realizado em um nível mais alto e as unidades de código possuem maior granularidade — são pacotes, por exemplo — ele é classificado como um projeto arquitetural. Ou seja, **arquitetura de software** trata da organização de um sistema em um nível de abstração mais alto do que aquele que envolve classes ou construções semelhantes.

### 1.2.3 Construção de Software

Construção trata da implementação, isto é, codificação do sistema. Neste momento, existem diversas decisões que precisam ser tomadas, como, por exemplo: definir os algoritmos e estruturas de dados que serão usados, definir os frameworks e bibliotecas de terceiros que serão usados; definir técnicas para tratamento de exceções; definir padrões de nomes, layout e documentação de código e, por último, mas não menos importante, definir as ferramentas que serão usadas no desenvolvimento, incluindo compiladores, ambientes integrados de desenvolvimento (IDEs), depuradores, sistemas gerenciadores de bancos de dados, ferramentas para construção de interfaces, etc.

### 1.2.4 Testes de Software

Teste consiste na execução de um programa com um conjunto finito de casos, com o objetivo de verificar se ele possui o comportamento esperado. A seguinte frase, bastante famosa, de Edsger W. Dijkstra — também prêmio Turing em Computação (1982) — sintetiza não apenas os benefícios de testes, mas também suas limitações:

“Testes de software mostram a presença de bugs, mas não a sua ausência.”

Pelo menos três pontos podem ser comentados sobre testes, ainda nesta Introdução.

Primeiro, existem diversos tipos de testes. Por exemplo, **testes de unidade** (quando se testa uma pequena unidade do código, como uma classe), **testes de integração** (quando se testa uma unidade de maior granularidade, como um conjunto de classes), **testes de performance** (quando se submete o sistema a uma carga de processamento, para verificar seu desempenho), **testes de usabilidade** (quando o objetivo é verificar a usabilidade da interface do sistema), etc.

Segundo, testes podem ser usados tanto para verificação como para validação de sistemas. Verificação tem como o objetivo garantir que um sistema atende à sua especificação. Já com validação, o objetivo é garantir que um sistema atende às necessidades de seus clientes. A diferença entre os conceitos só faz sentido porque pode ocorrer de a especificação de um sistema não expressar as necessidades de seus clientes. Por exemplo, essa diferença pode ser causada por um erro na fase de levantamento de requisitos; isto é, os desenvolvedores não entenderam os requisitos do sistema ou o cliente não foi capaz de explicá-los precisamente.

Existem duas frases, muito usadas, que resumem as diferenças entre verificação e validação:

- **Verificação:** estamos implementando o sistema corretamente? Isto é, de acordo com seus requisitos.
- **Validação:** estamos implementando o sistema correto? Isto é, aquele que os clientes ou o mercado está querendo.

Assim, quando se realiza um teste de um método, para verificar se ele retorna o resultado especificado, estamos realizando uma atividade de verificação. Por outro lado, quando realizamos um teste funcional e de aceitação, ao lado do cliente, isto é, mostrando para ele os resultados e funcionalidades do sistema, estamos realizando uma atividade de validação.

Terceiro, é importante definir e distinguir três conceitos relacionados a testes: **defeitos**, **bugs** e **falhas**. Para ilustrar a diferença entre eles, suponha o seguinte código para calcular a área de um círculo, dependendo de uma condição:

```
if (condicao)
    area = pi * raio * raio * raio;
```

Esse código possui um defeito, pois a área de um círculo é “pi vezes raio ao quadrado”, e não ao cubo. Bug é um termo mais informal, usado com objetivos às vezes diversos. Mas, o uso mais comum é como sinônimo de defeito. Por fim, uma falha ocorre quando um código com defeito for executado — por exemplo, a condição do `if` do programa acima for verdadeira — e, com isso, levar o programa a apresentar um resultado incorreto. Portanto, nem todo defeito ou bug ocasiona falhas, pois pode ser que o código defeituoso nunca seja executado.

Resumindo: código defeituoso é aquele que não está de acordo com a sua especificação. Se esse código for executado e de fato levar o programa a apresentar um resultado incorreto, diz-se que ocorreu uma falha.

**Aprofundamento:** Na literatura sobre testes, às vezes são mencionados os termos **erro** e **falta (fault)**. Quando isso ocorre, o significado é o mesmo daquele que adotamos para *defeito* neste livro. Por exemplo, o *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology* ([link](#)) define que falta é um “passo, processo ou definição de dados incorretos em um programa de computador; os termos erro e bug são [também] usados para expressar esse significado”. Resumindo, *defeito*, *erro*, *falta* e *bug* são sinônimos.

**Mundo Real:** Existe uma lista enorme de falhas de software, com consequências graves, tanto em termos financeiros como de vidas humanas. Um dos exemplos mais famosos é a explosão do foguete francês Ariane 5, lançado em 1996, de Kourou, na Guiana Francesa. Cerca de 30 segundos após o lançamento, o foguete explodiu devido a um comportamento inesperado de um dos sistemas de bordo, causando um prejuízo de cerca de meio bilhão de dólares. Interessante, o defeito que causou a falha no sistema de bordo do Ariane 5 foi bem específico, relativamente simples e restrito a poucas linhas de código, implementadas na linguagem de programação ADA, até hoje muito usada no desenvolvimento de software militar e espacial. Essas linhas eram



responsáveis pela conversão de um número real, em ponto flutuante, com 64 bits, para um número inteiro, com 16 bits. Durante os testes e, provavelmente, lançamentos anteriores do foguete, essa conversão sempre foi bem sucedida: o número real sempre “cabia” em um inteiro. Porém, na data da explosão, alguma situação nunca testada previamente exigiu a conversão de um número maior do que o maior inteiro que pode ser representado em 16 bits. Com isso, gerou-se um resultado espúrio, que fez com que o sistema de controle do foguete funcionasse de forma errática, causando a explosão.

### 1.2.5 Manutenção e Evolução de Software

Assim como sistemas tradicionais de Engenharia, software também precisa de manutenção. Neste livro, vamos usar a seguinte classificação para os tipos de manutenção que podem ser realizadas em sistemas de software: **corretiva**, **preventiva**, **adaptativa**, **refactoring** e **evolutiva**.

Manutenção corretiva tem como objetivo corrigir bugs reportados por usuários ou outros desenvolvedores.

Por sua vez, manutenção preventiva tem como objetivo corrigir bugs latentes no código, que ainda não causaram falhas junto aos usuários do sistema.

**Mundo Real:** Um exemplo de manutenção preventiva foram as atividades de manutenção realizadas por diversas empresas antes da virada do último milênio, de 1999 para 2000. Nessa época, diversos sistemas armazenavam o ano de uma data com dois dígitos, isto é, as datas tinham o formato DD-MM-AA. As empresas ficaram receosas de que, em 2000 e nos anos seguintes, algumas operações envolvendo datas retornassem valores incorretos, pois uma subtração 00 - 99, por exemplo, poderia dar um resultado inesperado. As empresas montaram então grupos de trabalho para realizar manutenções em seus sistemas e converter todas as datas para o formato DD-MM-AAAA. Como essas atividades foram realizadas antes da virada do milênio, elas são um exemplo de manutenção preventiva.

Manutenção adaptativa tem como objetivo adaptar um sistema a uma mudança em seu ambiente, incluindo tecnologia, legislação, regras de integração com outros sistemas ou demandas de novos clientes. Como exemplos de manutenção adaptativa podemos citar:

- A migração de um sistema de Python 2.7 para Python 3.0.
- A customização de um sistema para atender a requisitos de um novo cliente — isto é, quando se instala um sistema em um cliente é comum ter que realizar algumas alterações, para atender a particularidades de seu negócio.
- A adaptação de um sistema para atender a uma mudança de legislação ou outra mudança contextual.

Refactorings são modificações realizadas em um software preservando seu comportamento e visando exclusivamente a melhoria de seu código ou projeto. São exemplos de refactorings operações como renomeação de um método ou variável (para um nome mais intuitivo e fácil de lembrar), divisão de um método longo em dois métodos menores (para facilitar o entendimento) ou movimentação de um método para uma classe mais apropriada.

Manutenção evolutiva é aquela realizada para incluir uma nova funcionalidade ou introduzir aperfeiçoamentos importantes em funcionalidades existentes. Sistemas de software podem ser usados por décadas exatamente porque eles sofrem manutenções evolutivas, que preservam o seu valor para os clientes. Por exemplo, diversos sistemas bancários usados hoje em dia foram criados nas décadas de 70 e 80, em linguagens como COBOL. No entanto, eles já sofreram diversas evoluções e melhorias. Hoje, esses sistemas possuem interfaces Web e para celulares, que se integram aos módulos principais, implementados há dezenas de anos.

**Sistemas legados** são sistemas antigos, baseados em linguagens, sistemas operacionais e bancos de dados tecnologicamente ultrapassados. Por esse motivo, a manutenção desses sistemas costuma ser mais custosa e arriscada. Porém, é importante ressaltar que legado não significa irrelevante, pois muitas vezes esses sistemas realizam operações críticas para seus clientes.

**Aprofundamento:** Na literatura, existem classificações alternativas para os tipos de manutenção de software. Uma delas, proposta por Lientz & Swanson, em 1978 ([link](#)), classifica manutenção nas seguintes categorias: (1) Corretiva, exatamente como usado e definido neste livro; (2) Perfectiva, refere-se à adição de novas funcionalidades; neste livro, optamos por chamá-la de manutenção evolutiva; (3) Adaptativa, refere-se a mudanças no ambiente operacional do software, como um novo hardware ou sistema operacional; logo, não inclui, por exemplo, customizações para novos clientes, como proposto neste livro; (4) Preventiva, refere-se a mudanças que visam incrementar a manutenibilidade

de um sistema; neste livro, optamos pelo termo mais comum hoje em dia, que é *refactoring*, e que iremos estudar no Capítulo 9.

### 1.2.6 Gerência de Configuração

Atualmente, é inconcebível desenvolver um software sem um sistema de controle de versões, como git. Esses sistemas armazenam todas as versões de um software, não só do código fonte, mas também de documentação, manuais, páginas web, relatórios, etc. Eles também permitem restaurar uma determinada versão. Por exemplo, se foi realizada uma mudança no código que introduziu um bug crítico, pode-se com relativa facilidade recuperar e retornar para a versão antiga, anterior à introdução do bug.

No entanto, gerência de configuração é mais do que apenas usar um sistema com o git. Ela inclui a definição de um conjunto de políticas para gerenciar as diversas versões de um sistema. Por exemplo, preocupa-se com o esquema usado para identificar as releases de um software; isto é, as versões de um sistema que serão liberadas para seus clientes finais. Um time de desenvolvedores pode definir que as releases de uma determinada biblioteca que eles estão desenvolvendo serão identificadas no formato  $x.y.z$ , onde  $x$ ,  $y$  e  $z$  são inteiros. Um incremento em  $z$  ocorre quando se lança uma nova release com apenas correções de bugs (normalmente, chamada de *patch*); um incremento em  $y$  ocorre quando se lança uma release da biblioteca com pequenas funcionalidades (normalmente, chamada de versão *minor*); por fim, um incremento em  $x$  ocorre quando se lança uma release com funcionalidades muito diferentes daquelas da última release (normalmente, chamada de versão *major*). Esse esquema de numeração de releases é conhecido como **versionamento semântico**.

### 1.2.7 Gerência de Projetos

Desenvolvimento de software requer o uso de práticas e atividades de gerência de projetos, por exemplo, para negociação de contratos com clientes (com definição de prazos, valores, cronogramas, etc), gerência de recursos humanos (incluindo contratação, treinamento, políticas de promoção, remuneração, etc), gerência de riscos, acompanhamento da concorrência, marketing, finanças, etc. Em um projeto, normalmente usa-se o termo **stakeholder** para designar todas as partes interessadas no mesmo; ou seja, os stakeholders são aqueles que afetam ou que são afetados pelo projeto, podendo ser pessoas físicas ou organizações. Por exemplo, stakeholders comuns em projetos de software incluem, obviamente, seus desenvolvedores e seus clientes; mas também, gerentes da equipe de desenvolvimento,

empresas subcontratadas, fornecedores de qualquer natureza, talvez algum nível de governo, etc.

Existe uma frase muito conhecida, também de Frederick Brooks, que captura uma peculiaridade de projetos de software. Segundo Brooks:

“A inclusão de novos desenvolvedores em um projeto que está atrasado contribui para torná-lo ainda mais atrasado.”

Essa frase ficou tão famosa, que ela é hoje conhecida como **Lei de Brooks**. Basicamente, esse efeito acontece porque os novos desenvolvedores terão primeiro que entender e compreender todo o sistema, sua arquitetura e seu projeto (*design*), antes de começarem a produzir código útil. Além disso, equipes maiores implicam em um maior esforço de comunicação e coordenação para tomar e explicar decisões. Por exemplo, se um time tem 3 desenvolvedores ( $d_1, d_2, d_3$ ), existem 3 canais de comunicação possíveis ( $d_1-d_2, d_1-d_3$  e  $d_2-d_3$ ); se ele cresce para 4 desenvolvedores, o número de canais duplica, para 6 canais. Se ele cresce para 10 desenvolvedores, passam a existir 45 canais de comunicação. Por isso, modernamente, software é desenvolvido em times pequenos, com uma dezena de engenheiros, se tanto.

**Tradução:** Em Português, a palavra *projeto* pode se referir tanto a *design* como a *project*. Por exemplo, em uma subseção anterior introduzimos questões de projeto de software, isto é, *software design*, tratando de conceitos como interfaces, dependências, arquitetura, etc. Na presente seção, acabamos de discutir questões de gerência de projetos de software, isto é, *software project management*, tais como prazos, contratos, Lei de Brooks, etc. No restante deste livro, iremos traduzir apenas o uso mais comum em cada capítulo e manter o uso menos comum em inglês. Por exemplo, no Capítulo 2 (Processos de Desenvolvimento), usaremos projeto com tradução de *project*, pois é o uso mais comum neste capítulo. Já no Capítulo 5 (Princípios de Projeto) e no Capítulo 6 (Padrões de Projeto), *design* será traduzido para projeto, pois é o uso mais comum nesses capítulos, aparecendo inclusive no título dos mesmos.

**Aprofundamento:** A Lei de Brooks foi proposta em um livro clássico do autor sobre gerenciamento de projetos de software, chamado *The Mythical Man-Month*, cuja primeira edição foi publicada em 1975 ([link](#)). Nesse livro, Brooks reporta as lições que aprendeu no início da sua carreira, como gerente responsável pelos primeiros sistemas operacionais da IBM. Em 1995, uma

segunda edição do livro foi lançada, em comemoração aos seus 20 anos. Essa edição incluiu um novo capítulo, com o artigo *No Silver Bullet Essence and Accidents of Software Engineering*, publicado originalmente em 1987 (e que já comentamos nesta Introdução). Em 1999, Frederick Brooks ganhou o Prêmio Turing, considerado o Prêmio Nobel da Computação.

### 1.2.8 Processos de Desenvolvimento de Software

Um processo de desenvolvimento define quais atividades e etapas devem ser seguidas para construir e entregar um sistema de software. Uma analogia pode ser feita, por exemplo, com a construção de prédios, que ocorre de acordo com algumas etapas: fundação, alvenaria, cobertura, instalações hidráulicas, instalações elétricas, acabamentos, pintura, etc.

Historicamente, existem dois grandes tipos de processos que podem ser adotados na construção de sistemas de software:

- **Processos Waterfall** (ou em cascata)
- **Processos Ágeis** (ou incrementais ou iterativos).

Processos Waterfall foram os primeiros a serem propostos, ainda na década de 70, quando a Engenharia de Software começava a ganhar envergadura. De forma compreensível, eles foram inspirados nos processos usados em engenharias tradicionais, os quais são largamente sequenciais, como ilustrado no exemplo do prédio, usado no parágrafo inicial desta seção. Processos Waterfall foram muito usados até a década de 1990 e grande parte desse sucesso deve-se a uma padronização lançada pelo Departamento de Defesa Norte-Americano, em 1985. Basicamente, eles estabeleceram que todo software comprado ou contratado pelo Departamento de Defesa deveria ser construído usando Waterfall.

Processos Waterfall — também chamados de **processos dirigidos por planejamento** (*plan-driven*) — propõem que a construção de um sistema deve ser feita em etapas sequenciais, como em uma cascata de água, onde a água vai escorrendo de um nível para o outro. Essas etapas são as seguintes: levantamento de requisitos, análise (ou projeto de alto nível), projeto detalhado, codificação e testes. Finalizado esse pipeline, o sistema é liberado para produção, isto é, para uso efetivo pelos seus usuários, conforme ilustrado na próxima figura.

No entanto, processos Waterfall, a partir do final da década de 90, passaram a ser muito criticados, devido aos atrasos e problemas recorrentes em projetos

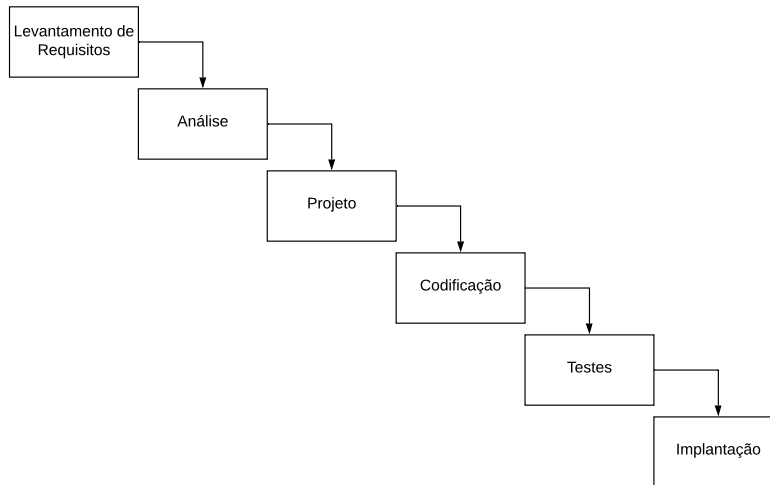


Figura 1.2: Fases de um processo Waterfall.

de software, que ocorriam com frequência nessa época. O principal problema é que Waterfall pressupõe um levantamento completo de requisitos, depois um projeto detalhado, depois uma implementação completa, etc. Para só então validar o sistema com os usuários, o que pode acontecer anos após o início do projeto. No entanto, neste período de tempo, o mundo pode ter mudado, bem como as necessidades dos clientes, que podem não mais precisar do sistema que ajudaram a especificar anos antes. Assim, reunidos em uma cidade de Utah, Estados Unidos, em fevereiro de 2001, um grupo de 17 Engenheiros de Software propôs um modo alternativo para construção de software, que eles chamaram de Ágil — nome do manifesto que eles produziram nesta reunião ([link](#)). Contrastando com processos Waterfall, a ideia de processos ágeis é que um sistema seja construído de forma incremental e iterativa. Pequenos incrementos de funcionalidade são produzidos, em intervalos de cerca de um mês e, logo em seguida, validados pelos usuários. Uma vez que o incremento produzido esteja aprovado, o ciclo se repete.

Processos ágeis tiveram um profundo impacto na indústria de software. Hoje, eles são usados pelas mais diferentes organizações que produzem software, desde pequenas empresas até as grandes companhias da Internet. Diversos métodos que concretizam os princípios ágeis foram propostos, tais como **XP**, **Scrum**, **Kanban** e **Lean Development**. Esses métodos também ajudaram a disseminar diversas práticas de desenvolvimento de software, como **testes automatizados**, **test-driven development** (isto é, escrever os testes primeiro, antes do próprio

código) e **integração contínua** (*continuous integration*). Integração contínua recomenda que desenvolvedores integrem o código que produzem imediatamente, se possível todo dia. O objetivo é evitar que desenvolvedores fiquem muito tempo trabalhando localmente, em sua máquina, sem integrar o código que estão produzindo no repositório principal do projeto. Quando o time de desenvolvimento é maior, isso aumenta as chances de conflitos de integração, que ocorrem quando dois desenvolvedores alteram em paralelo os mesmos trechos de código. O primeiro desenvolvedor a integrar seu código será bem sucedido; enquanto que o segundo desenvolvedor será informado de que o trecho já foi modificado pelo primeiro.

### 1.2.9 Modelos de Software

Um modelo oferece uma representação em mais alto nível de um sistema do que o seu código fonte. O objetivo é permitir que desenvolvedores possam analisar propriedades e características essenciais de um sistema, de modo mais fácil e rápido, sem ter que mergulhar nos detalhes do código.

Modelos podem ser criados antes do código, por exemplo, ainda na fase de projeto. Nesse caso, eles são usados para apoiar **Engenharia Avante** (*Forward Engineering*); isto é, primeiro cria-se um modelo para ter um entendimento de mais alto nível de um sistema, antes de partir para a implementação do código. Por outro lado, eles podem ser criados para ajudar a entender uma base de código existente; nesse caso, eles são um instrumento de **Engenharia Reversa** (*Reverse Engineering*). Em ambos os casos, modelos são uma forma de documentar o código de um sistema.

Frequentemente, modelos de software são baseados em notações gráficas. Por exemplo, **UML** (*Unified Modelling Language*) é uma notação que define mais de uma dezena de diagramas gráficos para representar propriedades estruturais e comportamentais de um sistema. Na próxima figura, mostra-se um diagrama UML — chamado Diagrama de Classes — para o exemplo de código usado na seção sobre Projeto de Software. Nesse diagrama, as caixas retangulares representam classes do sistema, incluindo seus atributos e métodos. As setas são usadas para denotar relacionamentos entre as classes. Existem editores para criar diagramas UML, que podem ser usados, por exemplo, em um cenário de Engenharia Avante.

### 1.2.10 Qualidade de Software

Qualidade é um objetivo recorrente em produtos de engenharia. Fabricantes de automóveis, celulares, computadores, empresas de construção civil, etc, todos almejam e dizem que possuem produtos de qualidade. Esse contexto não é diferente quando o produto em questão é um software. Segundo uma classificação

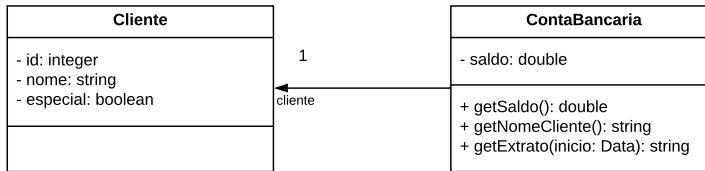


Figura 1.3: Exemplo de Diagrama de Classe UML com duas classes, `Cliente` e `ContaBancaria`.

inicialmente proposta por Bertrand Meyer [link](#), qualidade de software pode ser avaliada em duas dimensões: **qualidade externa** ou **qualidade interna**.

Qualidade externa considera fatores que podem ser aferidos sem analisar o código de um sistema. Assim, a qualidade externa de um software pode ser avaliada mesmo por usuários comuns, que não são especialistas em Engenharia de Software. Como exemplo, temos os seguintes fatores (ou atributos) de qualidade externa:

- Correção: o software atende à sua especificação? Nas situações normais, ele funciona como esperado?
- Robustez: o software continua funcionando mesmo quando ocorrem eventos anormais, como uma falha de comunicação ou de disco? Por exemplo, um software robusto não pode sofrer um *crash* (abortar) caso tais eventos anormais ocorram. Ele deve pelo menos avisar por qual motivo não está conseguindo funcionar conforme previsto.
- Eficiência: o software faz bom uso de recursos computacionais? Ou ele precisa de um hardware extremamente poderoso e caro para funcionar?
- Portabilidade: é possível portar esse software para outras plataformas e sistemas operacionais? Ele, por exemplo, possui versões para os principais sistemas operacionais, como Windows, Linux e Mac OS? Ou então, se for um app, ele possui versões para Android e iOS.
- Facilidade de Uso: o software possui uma interface amigável, mensagens de erro claras, suporta mais de uma língua, etc? Pode ser também usado por pessoas com alguma deficiência, como visual ou auditiva?
- Compatibilidade: o software é compatível com os principais formatos de dados de sua área? Por exemplo, se o software for uma planilha eletrônica, ele importa arquivos em formatos XLS e CSV?



Por outro lado, qualidade interna considera propriedades e características relacionadas com a implementação de um sistema. Portanto, a qualidade interna de um sistema somente pode ser avaliada por um especialista em Engenharia de Software e não por usuários leigos. São exemplos de fatores (ou atributos) de qualidade interna: modularidade, legibilidade do código, manutenibilidade e testabilidade.

Para garantir qualidade de software, diversas estratégias podem ser usadas. Primeiro, **métricas** podem ser usadas para acompanhar o desenvolvimento de um produto de software, incluindo métricas de código fonte e métricas de processo. Um exemplo de métrica de código é o número de linhas de um programa, que pode ser usado para dar uma ideia de seu tamanho. Métricas de processo incluem, por exemplo, o número de defeitos reportados em produção por usuários finais em um certo intervalo de tempo.

Existem ainda práticas que podem ser adotadas para garantir a produção de software com qualidade. Modernamente, por exemplo, diversas organizações usam **revisões de código**, isto é, o código produzido por um desenvolvedor somente entra em produção depois de ser revisado e inspecionado por um outro desenvolvedor do time. O objetivo é detectar possíveis *bugs* antecipadamente, antes de o sistema entrar em produção. Além disso, revisões de código servem para garantir a qualidade interna do código — isto é, sua manutenibilidade, legibilidade, modularidade, etc — e para disseminar boas práticas de Engenharia de Software entre os membros de um time de desenvolvimento.

A próxima figura mostra um exemplo de revisão de código, referente a um exemplo que usamos na seção sobre Testes de Software. Assumindo que a empresa que produziu esse código adotasse revisões de código, ele teria que ser analisado por um outro desenvolvedor, chamado de revisor, antes de entrar em produção. Esse revisor poderia perceber o bug e anotar o código com uma dúvida, antes de aprová-lo. Em seguida, o responsável pelo código poderia concordar que, de fato, existe um bug, corrigir o código e submetê-lo de novo para revisão. Finalmente, ele seria aprovado pelo revisor. Existem diversas ferramentas para apoiar processos de revisão de código. No exemplo, usamos a ferramenta fornecida pelo GitHub.

### 1.2.11 Prática Profissional

Como afirmado na frase de Bjarne Stroustrup que abre este capítulo, *nossa sociedade funciona a base de software*. Isso gera diversas oportunidades para os profissionais da área, mas também implica em responsabilidades e pontos de preocupação. Questões sobre a prática profissional em Engenharia de Software iniciam-se no momento da formação, em nível de graduação, envolvendo a definição de currículos de referência e a necessidade de cursos específicos para a área,



Figura 1.4: Exemplo de revisão de código, com um comentário procurando esclarecer um possível bug detectado no código.

que constituam alternativas aos cursos de Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Engenharia de Computação. Não menos importante, existem também questões sobre a formação em nível técnico e tecnológico, anterior à formação universitária. Após a etapa de formação, existem questões sobre a regulamentação da profissão, por exemplo.

Por fim, mas muito atual e relevante, existem questionamentos sobre o papel e a **responsabilidade ética** dos profissionais formados em Computação, em uma sociedade onde os relacionamentos humanos são cada vez mais mediados por algoritmos e sistemas de software. Neste sentido, as principais sociedades científicas da área possuem códigos que procuram ajudar os profissionais de Computação — não necessariamente apenas Engenheiros de Software — a exercer seu ofício de forma ética. Como exemplos, temos o Código de Ética da ACM ([link](#)) e da IEEE Computer Society ([link](#)). Esse último é interessante porque é específico para a prática de Engenharia de Software. Por exemplo, ele prescreve que:

“Engenheiros de Software devem se comprometer em fazer da análise, especificação, projeto, desenvolvimento, teste e manutenção de software uma profissão benéfica e respeitada.”

No Brasil, existe o Código de Ética da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), que por ser sintético, mas ao mesmo tempo claro, resolvemos reproduzir a seguir:

São deveres dos profissionais de Informática:

Art. 1º: Contribuir para o bem-estar social, promovendo, sempre que possível, a inclusão de todos setores da sociedade.

Art. 2º: Exercer o trabalho profissional com responsabilidade, dedicação, honestidade e justiça, buscando sempre a melhor solução.

Art. 3º: Esforçar-se para adquirir continuamente competência técnica e profissional, mantendo-se sempre atualizado com os avanços da profissão.

Art. 4º: Atuar dentro dos limites de sua competência profissional e orientar-se por elevado espírito público.

Art. 5º: Guardar sigilo profissional das informações a que tiver acesso em decorrência das atividades exercidas.

Art. 6º: Conduzir as atividades profissionais sem discriminação, seja de raça, sexo, religião, nacionalidade, cor da pele, idade, estado civil ou qualquer outra condição humana.

Art. 7º: Respeitar a legislação vigente, o interesse social e os direitos de terceiros.

Art. 8º: Honrar compromissos, contratos, termos de responsabilidade, direitos de propriedade, copyrights e patentes.

Art. 9º: Pautar sua relação com os colegas de profissão nos princípios de consideração, respeito, apreço, solidariedade e da harmonia da classe.

Art. 10º: Não praticar atos que possam comprometer a honra, a dignidade e privacidade de qualquer pessoa.

Art. 11º: Nunca apropriar-se de trabalho intelectual, iniciativas ou soluções encontradas por outras pessoas.

Art. 12º: Zelar pelo cumprimento deste código.

– Código de Ética da Sociedade Brasileira de Computação (SBC, 2013) ([link](#))

**Mundo Real:** O Stack Overflow realiza anualmente um survey com usuários da plataforma de perguntas e respostas. Em 2018, esse survey foi respondido por mais de 100 mil desenvolvedores, dos mais variados países. Dentre as perguntas, um grupo se referia a questões éticas ([link](#)). Uma delas perguntava se desenvolvedores têm a obrigação de considerar as implicações éticas do código que produzem. Quase 80% dos respondentes disseram que sim. Uma outra pergunta foi a seguinte: Quem, em última análise, é responsável por um código que colabora para um comportamento antiético? Nesse caso, 57.5% responderam que é a alta gerência da organização ou empresa, enquanto que 23% disseram que é o próprio desenvolvedor. Quando perguntados se

concordariam em escrever um código com dúvidas éticas, 58% responderam que não e 37% responderam que dependeria do código requisitado.

### 1.2.12 Aspectos Econômicos

Diversas decisões e questões econômicas se entrelaçam com o desenvolvimento de sistemas. Por exemplo, uma startup de software deve decidir qual o modelo de rentabilização pretende adotar, se baseado em assinaturas ou em anúncios. Desenvolvedores de apps para celulares têm que decidir sobre o preço que irão cobrar pela sua aplicação, o que, dentre outras variáveis, requer conhecimento sobre o preço das apps concorrentes. Por isso, não é surpresa que grandes companhias de software atualmente empreguem economistas, para avaliarem os aspectos econômicos dos sistemas que produzem.

Para discutir um caso mais concreto, em economia existe uma preocupação frequente com os custos de oportunidade de uma decisão. Isto é, toda decisão possui um custo de oportunidade, que são as oportunidades preteridas quando se descartou uma das decisões alternativas; em outras palavras, quando se descarta uma decisão Y em detrimento de uma decisão X, os eventuais benefícios de Y passaram a ser oportunidades perdidas. Por exemplo, suponha que o principal sistema de sua empresa tenha uma lista de bugs B para ser corrigida. Existem benefícios em corrigir B? Claro, isso vai deixar os clientes atuais mais satisfeitos; eles não vão pensar em migrar para sistemas concorrentes, etc. Porém, existe também um custo de oportunidade nessa decisão. Especificamente, em vez de corrigir B, a empresa poderia investir em novas funcionalidades F, que poderiam ajudar a ampliar a base de clientes. O que é melhor? Corrigir os bugs ou implementar novas funcionalidades? No fundo, essa é uma decisão econômica.

## 1.3 Sistemas ABC: Acute, Business e Casuais

Atualmente, como estamos ressaltando nesta Introdução, software permeia as mais distintas atividades humanas. Ou seja, temos software de todos os tamanhos, em todas as atividades, com os mais diferentes requisitos funcionais e não-funcionais, desenvolvidos por 1-2 desenvolvedores ou por grandes corporações da Internet, etc. O risco é então achar que existe um único modo de desenvolver software. Em outras palavras, que todo software deve ser construído usando o mesmo processo de desenvolvimento, os mesmos princípios de projeto, os mesmos mecanismos de garantia de qualidade, etc.

Uma classificação proposta por Bertrand Meyer ([link](#)) ajuda a distinguir e entender os diferentes sistemas de software que podem ser construídos e os princípios de Engenharia de Software mais recomendados para cada uma das categorias propostas. Segundo essa classificação, existem três tipos principais de software:

- **Sistemas A** (Acute)
- **Sistemas B** (Business)
- **Sistemas C** (Casuais)

Vamos discutir primeiro os Sistemas C e A (isto é, os sistemas em cada um dos extremos da classificação) e depois os Sistemas B.

Sistemas C (Casuais) não sofrem pressão para terem níveis altos de qualidade. São sistemas que podem ter alguns bugs, os quais não vão comprometer fundamentalmente o seu funcionamento. Como exemplo, podemos citar um script feito para um trabalho acadêmico, um programa de conversão de dados (que vai ser usado uma única vez, para converter os dados para um novo banco de dados que está sendo comprado pela empresa), um sistema para controlar os sócios do Diretório Acadêmico da universidade, um sistema para gerenciar as salas disponíveis para reuniões em uma empresa, etc. Por isso, Sistemas C não precisam ter níveis altos de qualidade interna; por exemplo, podem ter parte do código duplicado. Também não precisam ter desempenho ou uma boa interface. Em geral, são desenvolvidos por 1-2 programadores; ou seja, são sistemas pequenos e não críticos. Por tudo isso, eles não se beneficiam tanto das práticas, técnicas e processos estudados neste livro. Pelo contrário, no caso de Sistemas C, o maior risco é **over-engineering**, ou seja, o uso de recursos mais sofisticados em um contexto que não demanda tanta preocupação. Como se diz coloquialmente, Engenharia de Software nesse contexto equivale a “usar uma bala de canhão, para matar formigas”.

No outro extremo, temos os Sistemas A (de *acute*, ou de missão crítica). São sistemas onde qualquer falha pode causar um imenso prejuízo, incluindo a perda de vidas humanas. São sistemas para controlar um carro autônomo, uma usina nuclear, um avião, os equipamentos de uma UTI, um trem de metrô, etc. O exemplo do sistema de controle do foguete Ariane 5, usado na seção sobre Testes de Software, é um exemplo de Sistema A. O desenvolvimento desses sistemas deve ser feito de acordo com processos rígidos, incluindo rigorosa revisão de código e certificação por organizações externas. É comum exigir redundância não apenas em hardware, mas também no próprio software. Por exemplo, o sistema roda de forma paralela em duas máquinas e uma decisão somente é tomada caso ambas

instâncias cheguem ao mesmo resultado. Por fim, esses sistemas muitas vezes são especificados em uma linguagem formal, baseada em teoria de conjuntos ou lógica.

**Aviso:** Por tudo que foi afirmado no parágrafo anterior, **sistemas A (isto é, de missão crítica) não serão tratados neste livro.**

Sobram os sistemas B (Business), que são exatamente aqueles que vão se beneficiar dos conceitos estudados neste livro. Esses sistemas incluem as mais variadas aplicações corporativas (financeiras, recursos humanos, logística, vendas, contabilidade, etc), sistemas Web dos mais variados tipos, desde sistemas com poucas páginas até grandes redes sociais ou sistemas de busca. Outras aplicações incluem bibliotecas e frameworks de software, aplicações de uso geral (como editores de texto, planilhas, editores de imagens, etc) e sistemas de software básico (como compiladores, gerenciadores de bancos de dados, IDEs, etc). Nesses sistemas, as técnicas de Engenharia de Software estudadas neste livro podem contribuir com dois benefícios principais: (1) elas podem tornar mais produtivo o desenvolvimento de Sistemas B; (2) elas podem propiciar a construção de Sistemas B com melhor qualidade, tanto interna (por exemplo, sistemas mais fáceis de serem mantidos) como externa (por exemplo, sistemas com menor quantidade de bugs em produção).

## 1.4 Próximos Capítulos

Este livro possui **10 capítulos** e **um apêndice**:

**Capítulo 2: Processos**, com foco em processos ágeis de desenvolvimento, especificamente XP, Scrum e Kanban. Tomamos a decisão de focar em métodos ágeis porque eles são largamente usados hoje em dia no desenvolvimento dos mais variados tipos de sistemas, dos mais variados domínios e tamanhos. Tratamos também de processos tradicionais, como Waterfall e o Processo Unificado, porém de forma resumida e, também, para fazer o contraste com métodos ágeis.

**Capítulo 3: Requisitos**, que inicia com uma discussão sobre a importância de requisitos e os principais tipos de requisitos. Então, apresentamos duas técnicas para levantamento e validação de requisitos: Histórias de Usuário (usadas com métodos ágeis) e Casos de Uso (uma técnica tradicional, que é mais usada com métodos dirigidos por planejamento e documentação). Por fim, apresentamos dois assuntos que, apesar de importantes e atuais, não são ainda tratados nos livros tradicionais: Produto Mínimo Viável (MVPs) e Testes A/B. Argumentamos que

esses dois conceitos não são importantes apenas em startups, mas também em empresas que desenvolvem software para mercados mais estáveis.

**Capítulo 4: Modelos**, que tem foco no uso de UML para elaboração de esboços (*sketches*) de software. Modernamente, concordamos que UML não é mais usada para os fins que ela foi concebida na década de 90, ou seja, para criação de modelos detalhados de software. Praticamente, não existem mais casos de empresas que investem meses — ou anos — na elaboração de diagramas gráficos antes de começar a implementar qualquer linha de código. Porém, se não tratássemos de UML no livro ficaríamos com a sensação de que “após o banho, jogamos o bebê fora, junto com a água da bacia”. Se por um lado não faz sentido estudar todos os diagramas da UML em detalhes, por outro lado existem elementos importantes em alguns desses diagramas. Além disso, desenvolvedores, com frequência, elaboram pequenos esboços de software, por exemplo, para comunicar e discutir ideias de design com outros desenvolvedores. Assim, conhecimento básico de UML pode ser interessante para criar esses esboços, inclusive para evitar a criação de uma nova linguagem de modelagem.

**Capítulo 5: Princípios de Projeto**, que trata de dois temas que devem ser do conhecimento de todo projetista de software. São eles: (1) propriedades (ou considerações) importantes em projeto de software, incluindo integridade conceitual, ocultamento de informação, coesão e acoplamento; (2) princípios de projeto, os quais constituem recomendações mais específicas para construção de bons projetos de software, tais como responsabilidade única, prefira composição a herança, aberto/fechado, Demeter, etc.

**Capítulo 6: Padrões de Projeto**, os quais constituem um catálogo de soluções para problemas comuns de projeto de software. Neste capítulo, vamos estudar os principais padrões de projeto definidos no livro clássico sobre o tema. A discussão de cada padrão será dividida em três partes: (1) um contexto, isto é, um sistema onde o padrão pode ser útil; (2) um problema no projeto desse sistema; (3) uma solução para esse problema por meio padrões. Iremos também apresentar diversos exemplos de código, para facilitar o entendimento e a discussão prática do uso de cada padrão. O código completo de alguns exemplos mais complexos será disponibilizado no GitHub.

**Capítulo 7: Arquitetura**, que inicia com uma apresentação e discussão sobre Arquitetura de Software. O objetivo é deixar claro que arquitetura deve ser vista como projeto em alto nível, envolvendo pacotes, camadas ou serviços, em vez de classes individuais. Em seguida, discutimos cinco padrões arquiteturais: arquitetura em camadas (incluindo 3-camadas), arquitetura MVC (incluindo

single-page applications), microsserviços, arquiteturas orientadas por filas de mensagens e arquiteturas publish/subscribe. Essas duas últimas são comuns na construção de sistemas distribuídos fracamente acoplados. Por fim, apresentamos um anti-padrão arquitetural, chamado *big ball of mud*, que é um termo usado para designar sistemas sem organização arquitetural. Esses sistemas poderiam até possuir uma arquitetura no seu início, mas depois o projeto arquitetural deles foi sendo abandonado, transformando os sistemas em um “spaghetti” de dependências entre os seus módulos.

**Capítulo 8: Testes**, com ênfase em testes de unidade, usando frameworks como o JUnit. O capítulo inclui dezenas de exemplos de testes de unidade e também discute diversos aspectos desses testes. Por exemplo, discutimos bons princípios para escrita de testes de unidade e também test smells, isto é, padrões de testes que não são recomendados. Em seguida, tratamos de testabilidade, isto é, discutimos a importância de escrever código que possa ser facilmente testado. O capítulo inclui uma seção inteira sobre mocks e stubs, os quais são objetos que viabilizam o teste de unidade de código com dependências mais complexas, como dependências para bancos de dados e outros sistemas externos. Finalizada a discussão sobre testes de unidade, também discutimos, porém de forma mais resumida, dois outros tipos de testes: testes de integração e testes de sistema. Esses testes verificam propriedades de unidades maiores de código, como as classes responsáveis por um determinado serviço ou funcionalidade (testes de integração) ou mesmo todas as classes de um sistema (testes de sistema). Para terminar, incluímos uma discussão sobre outros testes, como testes caixa preta (ou testes funcionais), testes caixa branca (ou testes estruturais), testes de aceitação e também testes para verificar requisitos não-funcionais, como desempenho, falhas e usabilidade.

**Capítulo 9: Refactoring**, cujo principal conteúdo é uma apresentação dos principais refactorings que podem ser realizados para melhorar a qualidade interna de um sistema de software. A apresentação inclui vários exemplos de código fonte, alguns deles de refactorings reais, realizados em sistemas de código aberto. O objetivo é transmitir ao leitor uma experiência prática de refatoração, que o ajude a desenvolver o hábito de frequentemente alocar tempo para melhorar a qualidade interna do código que ele vai desenvolver. No capítulo, também apresentamos uma lista de code smells, isto é, indicadores de que uma estrutura de código não está “cheirando bem” e que, portanto, poderia ser objeto de uma refatoração.

**Capítulo 10: DevOps**, que é um movimento que tenta aproximar os times de desenvolvimento (Devs) e de operações (Ops) de uma empresa desenvolvedora de software. O time de operações é responsável por manter o software em funcionamento, sendo formado por administradores de rede, administradores de bancos



de dados, técnicos de suporte, etc. Em uma cultura tradicional, esses dois times tendem a atuar de forma independente. Ou seja, o time de desenvolvimento desenvolve o sistema e depois “joga ele por cima da parede” (*throw it over the wall*) que separa o departamento de desenvolvimento do departamento de operações. Ou seja, os dois times não conversam nem no momento da “passagem de bastão” de uma área para outra. Para resolver esse problema, DevOps propõe uma interação constante entre as áreas Devs e Ops, desde os primeiros dias do desenvolvimento. O objetivo é acelerar a entrada em produção de um sistema. Além de uma introdução a DevOps, vamos estudar no Capítulo 9 algumas práticas essenciais quando uma empresa adota essa cultura, incluindo Controle de Versões, Integração Contínua e Deployment/Entrega Contínua.

**Apêndice A: Git**, que apresenta e mostra exemplos de uso dos principais comandos do sistema git. Atualmente, é inconcebível não usar controle de versões em qualquer sistema, mesmo naqueles mais simples. Por isso, fizemos questão de acrescentar esse apêndice no livro. Git é o sistema de controle de versões mais usado atualmente.

## Bibliografia

Pierre Bourque, Richard Fairley. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0, IEEE Computer Society, 2014.

Armando Fox, David Patterson. Construindo Software como Serviço: Uma Abordagem Ágil Usando Computação em Nuvem. Strawberry Canyon LLC. 1a edição, 2014.

Frederick Brooks. O Mítico Homem-Mês. Ensaios Sobre Engenharia de Software. Alta Books, 1a edição, 2018.

## Exercícios de Fixação

1. Segundo Frederick Brooks, desenvolvimento de software enfrenta dificuldades essenciais (para as quais não há bala de prata) e acidentais (para as quais existe uma solução melhor). Dê um exemplo de dificuldade acidental que já tenha experimentado ao desenvolver programas, mesmo que pequenos. Sugestão: elas podem estar relacionadas a ferramentas que tenha usado, como compiladores, IDEs, bancos de dados, sistemas operacionais, etc.
2. Diferencie requisitos funcionais de requisitos não-funcionais.
3. Explique porque testes podem ser considerados tanto uma atividade de verificação como de validação de software. Qual tipo de teste é mais adequado se

o objetivo for verificação? Qual tipo de teste é mais adequado se o objetivo for validar um sistema de software?

4. Por que testes não conseguem provar a *ausência* de bugs?
5. Suponha um programa que tenha uma única entrada: um inteiro de 64 bits. Em um teste exaustivo, temos que testar esse programa com todos os possíveis inteiros (logo,  $2^{64}$ ). Se cada teste levar 1 nanossegundo ( $10^{-9}$  segundos), quanto tempo levará esse teste exaustivo? (Exercício baseado em um comentário do livro de Fox & Patterson, [link](#))
6. Se considerarmos seu contexto histórico, por que foi natural que os primeiros processos de desenvolvimento de software tivessem características sequenciais e que fossem baseados em planejamento e documentação detalhados?
7. Alguns estudos mostram que os custos com manutenção e evolução podem alcançar 80% ou mais dos custos totais alocados a um sistema de software, durante todo o seu ciclo de vida. Explique porque esse valor é tão alto.
8. Refactoring é normalmente definido como uma transformação de código que preserve comportamento. Qual o significado da expressão *preservar comportamento*? Na prática, qual restrição ela impõe a uma operação de refactoring?
9. Dê exemplos de sistemas A (*Acute*, ou críticos) e B (*Business*, ou comerciais) com os quais já tenha interagido.
10. Dê exemplos de sistemas C (casuais) que você já tenha desenvolvido.
11. Em 2015, descobriu-se que o software instalado em mais de 11 milhões de carros da Volkswagen detectava quando eles estavam sendo testados em um laboratório de certificação. Nessas situações, o carro emitia poluentes dentro das normas legais. Fora do laboratório, emitia-se mais poluentes, para melhorar o desempenho. Ou seja, o código provavelmente incluía uma estrutura de decisão como a seguinte (meramente ilustrativa, para fins deste exercício):

```
if "Carro sendo testado em um laboratório"
    "Emita poluentes dentro das normas"
else
    "Emita poluentes fora das normas"
```

O que você faria se seu chefe pedisse para escrever um *if* como o acima? (para mais informações sobre esse episódio com automóveis Volkswagen, consulte essa página da [Wikipedia](#)).

# Índice Remissivo

- Aberto/Fechado, 166
- Abstração, 139
- Acoplamento, 150
  - Estrutural, 154
  - Evolutivo, 154
  - Lógico, 154
- Adaptador, 191
- Administradores de Sistemas, 327
- Alexander, Cristopher, 181
- Amazon, 147
- Ambiente de Trabalho, 52
- Análise de Valor Limite, 284
- Anti-padrões Arquiteturais, 239
  - Big Ball of Mud, 239
- Ariane, Explosão do, 10
- Arquitetura de Software, 8, 216
  - Anti-padrões, 239
  - Cliente/Servidor, 238
  - Duas Camadas, 221
  - em Camadas, 219
  - Microserviços, 227
  - MVC (Model-View-Controller), 222
  - Orientada a Mensagens, 233
  - Peer-to-Peer, 239
  - Pipes e Filtros, 238
  - Publish/Subscribe, 236
  - Single Page Applications, 225
  - Três Camadas, 220
- Arquitetura Microkernel, 218
- Arquitetura Monolítica, 218
- Arquitetura Orientada a Eventos, 237
- Arquitetura Orientada a Mensagens, 233
- Arquitetura Orientadas a Mensagens
  - Desacoplamento no espaço, 234
  - Desacoplamento no tempo, 234
- Arquitetura Publish/Subscribe, 236
  - Broker, 237
  - Tópicos, 237
- Baby Steps, 39
- Backlog
  - Produto, 55
  - Sprint, 56
- Bad Smells, 313
- Batch, Processamento, 235
- Beck, Kent, 35, 154, 223, 248, 283, 293, 310, 338
- Bezos, Jeff, 147
- Big Ball of Mud, 239
- Big Design Upfront, 47
- BitKeeper, 333
- Blob, 316
- Boehm, Barry, 71

- Box, George, 112
- BPMN (Business Process Model and Notation), 134
- Branches, 358
  - Branch Master, 358
- Brechner, Eric, 66
- Brooks, Frederick, 4, 14, 80, 141
- Bug do Milênio, 11
- Bugs, 9
- Build Automatizado, 50
- Builder, 208
- Código de Ética, 20
- Código Duplicado, 313
- CakePHP, 225
- CASE (Computer-Aided Software Engineering), 72, 114
- Casos de Uso, 92
  - Ator, 92
  - Extensões, 93
  - Fluxo Normal, 93
- CBO (Coupling Between Objects), 174
- CHAOS Report, 31
- Chrome, navegador, 344, 346
- Chrysler, 40
- Classes de Equivalência, 283
- Clones de Código, 314
  - Classificação, 314
- Cobertura de Testes, 260
  - Branches, 263
  - Chamadas de Funções, 263
  - Comandos, 260
  - Funções, 263
- Cockburn, Alistair, 94
- Code Smells, 313
  - Blob, 316
  - Código Duplicado, 313
  - Classes de Dados, 320
  - Classes Grandes, 316
  - Clones de Código, 314
  - Comentários, 321
  - Feature Envy, 316
  - God Class, 316
  - Métodos com Muitos Parâmetros, 317
  - Métodos Longos, 316
  - Objetos Mutáveis, 319
  - Obsessão por Tipos Primitivos, 318
  - Variáveis Globais, 318
- Coesão, 149
- Comentários, 321
- Common Lisp, 206
- Complexidade Ciclomática, 175
- Complexidade de McCabe, 175
- Composição, 162
- Computação em Nuvem, 231
- Conferência da OTAN, 2
- Conflitos de Integração, 336
- Conflitos de Merge, 336, 356
- Construção de Software, 8
- Continuous Delivery, 344
- Continuous Integration, 335
- Contratos com Escopo Aberto, 53
- Controle de Versões, 330
- Conway, Melvin, 231
- CSIndexbr, 101
- CVS, 331
- Daily Scrum, 58
- Debate Tanenbaum-Torvalds, 218
- Decorador, 195
- Defeitos, 9
- Demeter, 163
- Deployment Contínuo, 342
- Desenvolvimento Baseado no Trunk, 341
- Desenvolvimento Dirigido por Testes (TDD), 50, 274

- Ciclo, 275
- Design for Change, 183
- Design Incremental, 47
- Design Sprint, 103
- Despacho Duplo, 206
- DevOps, 326
- DevOpsDay, 329
- Diagramas UML
  - Atividades, 130
  - Casos de Uso, 96
  - Classes, 118
  - Pacotes, 126
  - Sequência, 128
- Dificuldades
  - Acidentais, 4
  - Essenciais, 4
- Dijkstra, Edsger W., 9, 220
- Django, 225
- Dono do Produto, 54
- Double Dispatch, 206
- Dropbox, 101
- Duplicação de Código, 295
- Eclipse, 344
- Economia de Software, 22
- Engenharia Avante, 115
- Engenharia de Requisitos, 7
- Engenharia Reversa, 115
- Entrega Contínua, 344
  - Feature Flags, 345
  - Feature Toggles, 345
- Episódio do left-pad, 155
- Eric Ries, 97
- Escalabilidade, 229
- Escalabilidade Horizontal, 229
- Ética Profissional, 20
- Extreme Programming, 36
  - Ambiente de Trabalho, 52
  - Contratos com Escopo Aberto, 53
- Métricas de Processo, 53
- Práticas, 40
- Princípios, 38
- Releases, 42
- Representante dos Clientes, 40
- Valores, 37
- Fábrica, 184
- Facebook, 77, 107, 154, 255, 341, 343, 344
- Fachada, 193
- Falhas, 9
- Falhas Parciais, 231
- Feature Envy, 316
- Feature Flags, 345
- Feature Toggles, 345
- Fluxogramas, 134
- Foote, Brian, 239
- Fowler, Martin, 97, 114, 118, 223, 293, 310, 338, 340
- Frameworks, 205
- Gamma, Erich, 182, 248
- Gangue dos Quatro, 162, 182
- Gerência de Configuração, 13
- Gerência de Projetos, 13
  - Lei de Brooks, 14
- Getters, 147
- Git, 333, 350
  - Add, 352
  - Branches, 358
  - Branches Remotos, 362
  - Clone, 350
  - Commit, 351
  - Conflitos de Merge, 356
  - Diff, 354
  - Diretório de Trabalho, 352
  - Fork, 367
  - GitHub, 364, 367
  - Grafo de Commits, 360

- HEAD, 361
- Index, 352
- Init, 350
- Log, 354
- Master, 358, 361
- Merge, 360
- Pull, 354
- Pull Requests, 364
- Push, 354
- Squash, 366
- Stage, 352
- Status, 354
- GitHub, 333, 364, 367
- GMail, 225
- Go, 163
- Google, 5, 255, 262, 335, 341, 344
- Gráfico de Burndown, 57
- Grafo de Commits, 360
- Harley, David, 329
- Helm, Richard, 182
- Herança
  - de Classes, 161
  - de Interfaces, 161
- Histórias de Usuários, 40, 86
  - Épico, 90
  - Planning Poker, 41
  - Propriedades, 88
  - Story Points, 41
  - Velocidade, 46
  - Workshop de Escrita, 89
- Humble, Jez, 329
- IBM, 72
- Inception, 72
- Information Hiding, 143
- InfoSys, 239
- Integração Contínua, 51, 335
  - Boas Práticas, 338
  - Definição, 337
  - Desenvolvimento Baseado no Trunk, 341
  - Quando não Usar, 341
  - Servidores de Integração Contínua, 339
- Integration Hell, 337
- Integridade Conceitual, 141
- Inversão de Controle, 205
- Inversão de Dependências, 159
- Iterador, 208
- JavaScript, 226
- Johnson, Ralph, 182
- JUnit, 248, 250
- Kanban, 62
  - Lei de Little, 67
  - Limites WIP, 66
  - Working in Progress (WIP), 66
- Knuth, Donald, 30
- Latência, 233
- LCOM (Lack of Cohesion Between Methods), 172
- Lean Development, 97
- Lean Startup, 97
- Left-pad, 155
- Lehman, Meir, 292
- Lei de Brooks, 14
- Lei de Conway, 231
- Lei de Little, 67
- Leis da Evolução de Software, 292
- Leis de Lehman, 292
- Limites WIP, 66
- Linhas de Código (LOC), 171
- Linus Torvalds, 333
- Linux, 5, 30, 218
- Liskov, Barbara, 168
- Método Fábrica Estático, 185

- Métodos Ágeis, 15, 33, 69
- Métodos Formais, 113
- Métricas de Código Fonte, 170
  - Acoplamento, 174
  - CBO (Coupling Between Objects), 174
  - Coesão, 172
  - Complexidade Ciclomática, 175
  - Complexidade de McCabe, 175
  - LCOM (Lack of Cohesion Between Methods), 172
  - Linhas de Código (LOC), 171
  - Tamanho, 171
- Módulo, 144
- Mainframes, 220
- Manifesto Ágil, 15, 31
- Manutenção de Software, 11
  - Adaptativa, 11
  - Corretiva, 11
  - Evolutiva, 12
  - Preventiva, 11
- Martin, Robert, 156
- Mercurial, 331
- Merge Hell, 337
- Meszaros, Gerado, 271, 272
- Meyer, Bertrand, 22, 166
- Microsoft, 62, 107
- Microsoft Research, 49
- Microserviços, 227
  - Escalabilidade, 229
  - Gerenciamento de Dados, 231
  - Lei de Conway, 231
  - Monolitos, 227
  - Quando não Usar, 232
- Mockito, 270
- Mocks, 267
  - Frameworks, 270
  - Mockito, 270
  - Objetos Dummy, 272
  - Objetos Fake, 272
- Modelo em Espiral, 71
- Modelos de Software, 17, 111
- MVC (Model-View-Controller), 222
- MVP, 97
- Netflix, 107
- Null Object, 214
- Observador, 201
- Ocultamento de Informação, 143
- Opdyke, William, 293
- Ousterhout, John, 138, 148, 176, 210, 309
- Over-engineering, 23
- Padrões Arquiteturais, 217
- Padrões de Projeto, 181
  - Adaptador, 191
  - Builder, 208
  - Comportamentais, 184
  - Criacionais, 183
  - Decorador, 195
  - Estruturais, 183
  - Fábrica, 184
  - Fachada, 193
  - Iterador, 208
  - Método Fábrica Estático, 185
  - Null Object, 214
  - Observador, 201
  - Proxy, 189
  - Singleton, 186
  - Strategy, 199
  - Template Method, 204
  - Visitor, 205
- Parnas, David, 143
- Pirâmide de Testes, 244
- Planejamento do Sprint, 56
- Planning Poker, 41
- Prática Profissional, 19

- Prefira Composição a Herança, 161
- Prefira Interfaces a Classes, 159, 185
- Princípio do Menor Privilégio, 163
- Princípios de Projeto, 138, 140, 156
  - Aberto/Fechado, 166
  - Demeter, 163
  - Inversão de Dependências, 159
  - Prefira Composição a Herança, 161
  - Prefira Interfaces a Classes, 159
  - Responsabilidade Única, 157
  - Segregação de Interfaces, 158
  - SOLID, 156
  - Substituição de Liskov, 168
- Processo Unificado (UP), 72
- Processos de Software, 15, 29
- Product Owner, 54
- Produto Mínimo Viável (MVP), 97
  - CSIndexbr, 101
  - Design Sprint, 103
  - Dropbox, 101
  - Métricas de Funil, 100
  - Métricas de Vaidade, 99
  - Prototipação, 102
  - Zappos, 100
- Programação em Pares, 48
- Projeto de Software, 7, 138
- Projeto Orientado a Objetos, 141
- Propriedade Coletiva do Código, 49
- Propriedades de Projeto, 140
- Prototipação, 102
- Proxy, 189
- Publish/Subscribe, 236
- Quadro Scrum, 56
- Qualidade de Software, 17
  - Externa, 18
  - Interna, 19
- Rational Software, 72
- Rational Unified Process (RUP), 72
- Redes de Petri, 134
- Refactoring, 291
  - Automatizados, 310
  - Definição, 292
  - Extração de Classes, 304
  - Extração de Método, 294
  - Extração de Variáveis, 307
  - Inline de Método, 298
  - Movimentação de Método, 299
  - Oportunistas, 309
  - Planejados, 310
  - Pré-condições, 312
  - Pull Up Method, 302
  - Push Down Method, 302
  - Remoção de Código Morto, 308
  - Remoção de Flags, 307
  - Renomeação, 305
  - Substituição de Condicional por Polimorfismo, 308
- Release Canário, 346
- Requisitos, 79
  - Documento de Especificação, 82
  - Elicitação, 81
  - Engenharia de Requisitos, 7, 81
  - Funcionais, 7, 79
  - Gold Plating, 91
  - Não-Funcionais, 7, 79
  - Propriedades, 82
- Responsabilidade Única, 157
- REST, 232
- Retrospectiva do Sprint, 59
- Reunião Diária, 58
- Reuso
  - Caixa-Branca, 163
  - Caixa-Preta, 163
- Revisão de Código, 19, 49
- Revisão do Sprint, 58
- Ruby on Rails, 225



- Rust, 163
- Schwaber, Ken, 35, 54
- Scrum, 54
  - Backlog do Produto, 55
  - Backlog do Sprint, 56
  - Crêterios de Conclusão, 57
  - Daily Scrum, 58
  - Dono do Produto, 54
  - Gráfico de Burndown, 57
  - Papéis, 54
  - Planejamento do Sprint, 56
  - Product Owner, 54
  - Quadro Scrum, 56
  - Retrospectiva, 59
  - Reunião Diária, 58
  - Revisão, 58
  - Scrum Board, 56
  - Scrum Master, 55, 61
  - Sprint, 56
  - Time-box, 59
- Scrum Board, 56
- Scrum Master, 55
- Segregação de Interfaces, 158
- Selenium, 281
- Separação de Interesses, 149
- Servidores de Integração Contínua,
  - 339
- Servlet, 264
- Setters, 147
- Single Dispatch, 207
- Single Page Applications, 225
- Singleton, 186
- Sistema Operacional THE, 220
- Sistemas ABC, 22
- Sistemas Casuais, 23
- Sistemas de Controle de Versões, 331
  - Centralizados, 331
  - Distribuidos, 331
  - Monorepos, 334
  - Multirepos, 334
- Sistemas de Missão Crítica, 23
- Sistemas Legados, 12
- Slacks, 44
- Smalltalk, 222, 248
- Sommerville, Ian, 81
- Sprint, 56
- Squad, 60
- Stack Overflow survey, 36
- Stakeholders, 13
- Startups, 97
- Story Points, 41
- Strategy, 199
- Stubs, 191, 267, 271
- Substituição de Liskov, 168
- Subversion, 331
- Sutherland, Jeffrey, 35, 54
- SWEBOK, 6
- Tanenbaum, Andrew, 218
- Template Method, 204
- Test Driven Design (TDD), 50
- Teste Comportamental, 271
- Testes A/B, 104, 347
  - Testes A/A, 106
  - Versão de Controle, 104
  - Versão de Tratamento, 104
- Testes de Integração, 279
- Testes de Sistema, 280
  - Selenium, 281
- Testes de Software, 9, 50, 243
  - Aceitação, 284
  - Alfa, 285
  - Análise de Valor Limite, 284
  - Beta, 285
  - Caixa Branca, 282
  - Caixa Preta, 282
  - Classes de Equivalência, 283
  - Cobertura, 260
  - Comportamental, 271

- Estruturais, 282
- Funcional, 282
- Mocks, 267
- Pirâmide de Testes, 244
- Requisitos Não-Funcionais, 285
- Testabilidade, 264
- Testes de Integração, 279
- Testes de Sistema, 280
- Testes de Unidade, 247
- Tipos de Testes, 245
- Testes de Unidade, 247
  - Princípios e Smells, 256
  - assert, 250
  - Benefícios, 254
  - Casos de Teste, 253
  - Definições, 253
  - Fixture, 249, 253
  - Flaky, 256
  - JUnit, 248, 250
  - Número de asserts, 258
  - Princípios FIRST, 256
  - Quando Escrever, 253
  - Smells, 257
  - Suíte de Testes, 253
  - xUnit, 248
- Testes Flaky, 256
- TeX, 30
- Thompson, Ken, 171
- Time-box, 59
- Torvalds, Linus, 30, 218, 350
- Toyota, 62, 97
- Trunk Based Development, 341
- Two-Phase Commit, 233
- Two-way Data Binding, 227
- UML, 17, 113
  - Associações, 119
  - como Blueprint, 114
  - como Esboço, 115
  - como Linguagem de Programação, 115
  - Dependências, 125
  - Diagrama de Atividades, 130
  - Diagrama de Casos de Uso, 96
  - Diagrama de Classes, 118
  - Diagrama de Pacotes, 126
  - Diagrama de Sequência, 128
  - Diagramas Dinâmicos, 117
  - Diagramas Estáticos, 117
  - Engenharia Avante, 115
  - Engenharia Reversa, 115
  - Herança, 124
  - Multiplicidade, 120
  - Tipos de Diagramas, 117
- Unix, 331
- Variáveis Globais, 151, 318
- Velocidade, 46
- Versionamento Semântico, 13
- Visitor, 205
- Vlissides, John, 182
- Volkswagen, Escândalo, 28
- Vue.js, 226
- Waterfall, 15, 33
- Working in Progress (WIP), 66
- Wrapper, 192
- Yoder, Joseph, 239
- Zappos, 100