



[Página principal do livro](#)

Compre na [Amazon](#) ou [UmLivro](#)

Veja também nosso [curso de extensão](#) a distância, com certificados emitidos pelo DCC/UFMG.

Engenharia de Software Moderna

7 Arquitetura

“

Architecture is about the important stuff. Whatever that is. – Ralph Johnson

Este capítulo inicia com uma introdução ao conceito de arquitetura de software. Em seguida, discutimos diversos padrões arquiteturais, incluindo: Arquitetura em Camadas e, especificamente, Arquitetura em Três Camadas (Seção 7.2), Arquitetura MVC (Seção 7.3) e Arquitetura baseada em Microsserviços (Seção 7.4). No caso de microsserviços, procuramos mostrar o contexto que levou ao surgimento desse padrão arquitetural, bem como discutimos seus principais benefícios e desafios. Em seguida, discutimos dois padrões arquiteturais usados para garantir escalabilidade e desacoplamento em sistemas distribuídos: Filas de Mensagens (Seção 7.5) e Publish/Subscribe (Seção 7.6). Terminamos o capítulo discutindo outros padrões arquiteturais (Seção 7.7) e dando um exemplo de anti-padrão arquitetural (Seção 7.8).

7.1 Introdução

Existe mais de uma definição para arquitetura de software. Uma das mais comuns considera que arquitetura preocupa-se com “projeto em mais alto nível”. Ou seja, o foco deixa de ser a organização e interfaces de classes individuais e passa a ser em unidades de maior tamanho, sejam elas pacotes, componentes, módulos, subsistemas, camadas ou serviços — o nome não importa tanto neste primeiro momento. De forma genérica, os termos que acabamos de mencionar devem ser entendidos como conjuntos de classes relacionadas.

Além de possuírem um “maior tamanho”, os componentes arquiteturais devem ser relevantes para que um sistema atenda a seus objetivos. Por exemplo, suponha que você trabalhe em um sistema de informações. Certamente, esse sistema inclui um módulo de persistência, que faz a interface com o banco de dados. Esse módulo é fundamental em sistemas de informações, pois eles têm como objetivo principal automatizar e persistir informações relativas a processos de negócio. Por outro lado, suponha agora que você trabalhe em um sistema que usa técnicas de inteligência artificial para diagnosticar doenças. O sistema também possui um módulo de persistência para armazenar dados das doenças que são diagnosticadas. Porém, esse módulo, além de simples, não é relevante para o objetivo principal do sistema. Logo, ele não faz parte da sua arquitetura.

Existe ainda uma segunda definição para arquitetura de software. Tal como expresso na frase de Ralph Johnson que abre esse capítulo, ela considera que arquitetura de software inclui as decisões de projeto mais importantes em um sistema. Essas decisões são tão importantes que, uma vez tomadas, dificilmente poderão ser revertidas no futuro. Portanto, essa segunda forma de definir arquitetura é mais ampla do que a primeira que apresentamos. Ela considera que arquitetura não é apenas um conjunto de módulos, mas um conjunto de decisões. É verdade que dentre essas decisões, inclui-se a definição dos módulos principais de um sistema. Mas outras decisões também são contempladas, como a escolha da linguagem de programação e do banco de dados que serão usados no desenvolvimento. De fato, uma vez que um sistema é implementado com um determinado banco de dados, dificilmente consegue-se migrar para um outro banco de dados. Prova disso é que ainda hoje temos exemplos de sistemas críticos que funcionam com bancos de dados não-relacionais e que são implementados em linguagens como COBOL.

Padrões arquiteturais propõem uma organização de mais alto nível para sistemas de software, incluindo seus principais módulos e as relações entre eles. Essas relações definem, por exemplo, que um módulo A pode (ou não pode) usar os serviços de um módulo B. Neste capítulo, vamos estudar padrões arquiteturais que dão origem às seguintes arquiteturas: Arquitetura em Camadas (Seção 7.2), Arquitetura Model-View-Controller ou MVC (Seção 7.3), Microsserviços (Seção 7.4), Arquitetura Orientada a Mensagens (Seção 7.5) e Arquitetura Publish/Subscribe (Seção 7.6).

Para finalizar, iremos apresentar de forma breve outros padrões arquiteturais, como pipes e filtros (Seção 7.7). Vamos também dar um exemplo de um anti-padrão arquitetural, conhecido como *big ball of mud* (Seção 7.8).

Aprofundamento: Alguns autores — como Taylor et al. ([link](#)) — fazem uma distinção entre padrões e **estilos arquiteturais**. Segundo eles, padrões focam em soluções para problemas específicos de arquitetura; enquanto estilos arquiteturais propõem que os módulos de um sistema devem ser organizados de uma determinado modo, o que não necessariamente ocorre visando resolver um problema específico. Assim, para esses autores, MVC é um padrão arquitetural que resolve o problema de separar apresentação e modelo em sistemas de interfaces gráficas. Por outro lado, Pipes & Filtros constituem um estilo arquitetural. Neste capítulo, porém, não vamos fazer essa distinção. Em vez disso, chamaremos todos eles de padrões arquiteturais.

7.1.1 Debate Tanenbaum-Torvalds

No início de 1992, um debate acalorado sobre a arquitetura de sistemas operacionais tomou conta de um grupo de discussão da Internet. Apesar de vários desenvolvedores e pesquisadores terem participado da discussão, ela ficou conhecida como **Debate Tanenbaum-Torvalds** ([link](#), apêndice A, página 102). Tanenbaum (Andrew) é um pesquisador da área de sistemas operacionais, autor de livros-texto na área e professor da Vrije Universiteit, em Amsterdã, na Holanda. E Torvalds (Linus) na época era estudante de Computação na Universidade de Helsinki, na Finlândia.

A discussão começou quando Tanenbaum postou uma mensagem no grupo com o título “Linux está obsoleto”. O seu principal argumento era que o Linux seguia uma **arquitetura monolítica**, na qual todas as funções do sistema operacional — como gerenciamento de processos, gerenciamento de memória e sistemas de arquivos, por exemplo — são implementadas em um único arquivo executável, que roda em modo supervisor. Desde essa época, Tanenbaum argumentava que a melhor solução para sistemas operacionais era uma **arquitetura microkernel**, na qual o kernel fica responsável apenas pelas funções mais básicas do sistema. As demais funções rodam como processos independentes e fora do kernel. Linus respondeu à mensagem de forma enfática, alegando que pelo menos o Linux já era uma realidade na época, enquanto que o sistema baseado em um microkernel que estava sendo desenvolvido por Tanenbaum apresentava diversos problemas e bugs. A discussão continuou forte e Tanenbaum chegou a declarar que Torvalds tinha sorte por não ter sido seu aluno; se fosse, ele certamente não teria obtido uma boa nota com o projeto monolítico do Linux. Um comentário interessante foi feito em seguida por Ken Thompson, um dos projetistas das primeiras versões do Unix:

“

“Na minha opinião, é mais fácil implementar um sistema operacional com um kernel monolítico. Mas é também mais fácil que ele se transforme em uma bagunça à medida que o kernel é modificado.”

Na verdade, Thompson previu o futuro, pois em 2009, Linus declarou o seguinte em uma conferência:

“

“Não somos mais o kernel simples, pequeno e hiper-eficiente que imaginei há 15 anos. Em vez disso, nosso kernel está ficando grande e inchado. E sempre que adicionamos novas funcionalidades, o cenário piora.”

Esse comentário consta de uma página da Wikipédia ([link](#)) e foi objeto de diversas matérias em sites de tecnologia na época. Ele revela que arquitetura não são apenas decisões importantes e difíceis de reverter. Muitas vezes, são também decisões que levam anos para que seus efeitos negativos fiquem mais claros e comecem a causar problemas.

7.2 Arquitetura em Camadas

Arquitetura em camadas é um dos padrões arquiteturais mais usados, desde que os primeiros sistemas de software de maior porte foram construídos nas décadas de 60 e 70. Em sistemas que seguem esse padrão, as classes são organizadas em módulos de maior tamanho, chamados de **camadas**. As camadas são dispostas de forma hierárquica, como em um bolo. Assim, uma camada somente pode usar serviços — isto é, chamar métodos, instanciar objetos, estender classes, declarar parâmetros, lançar exceções, etc. — da camada imediatamente inferior.

Dentre outras aplicações, arquiteturas em camadas são muito usadas na implementação de protocolos de rede. Por exemplo, HTTP é um protocolo de aplicação, que usa serviços de um protocolo de transporte; por exemplo, TCP. Por sua vez, TCP usa serviços de um protocolo de rede; por exemplo, IP. Finalmente, a camada IP usa serviços de um protocolo de comunicação; por exemplo, Ethernet.

Uma arquitetura em camadas particiona a complexidade envolvida no desenvolvimento de um sistema em componentes menores (as camadas). Como uma segunda vantagem, ela disciplina as dependências entre essas camadas. Como dissemos, a camada n somente pode usar serviços da camada $n-1$. Isso ajuda no entendimento, manutenção e evolução de um sistema. Por exemplo, torna-se mais fácil trocar uma camada por outra (por exemplo, mudar de TCP para UDP). Fica mais fácil também o reúso de uma camada por mais de uma camada superior. Por exemplo, a camada de transporte pode ser usada por vários protocolos de aplicação, como HTTP, SMTP, DHCP, etc.

Aprofundamento: Uma das primeiras propostas de arquitetura em camadas foi elaborada por Edsger W. Dijkstra, em 1968, para um sistema operacional denominado THE ([link](#)). As camadas propostas por Dijkstra foram as seguintes: multiprogramação (camada 0), alocação de memória (camada 1), comunicação entre processos (camada 2), gerenciamento de entrada/saída (camada 3) e programas dos usuários (camada 4). Dijkstra conclui o artigo destacando que os benefícios de uma estrutura hierárquica são mais importantes ainda em projetos de maior porte.

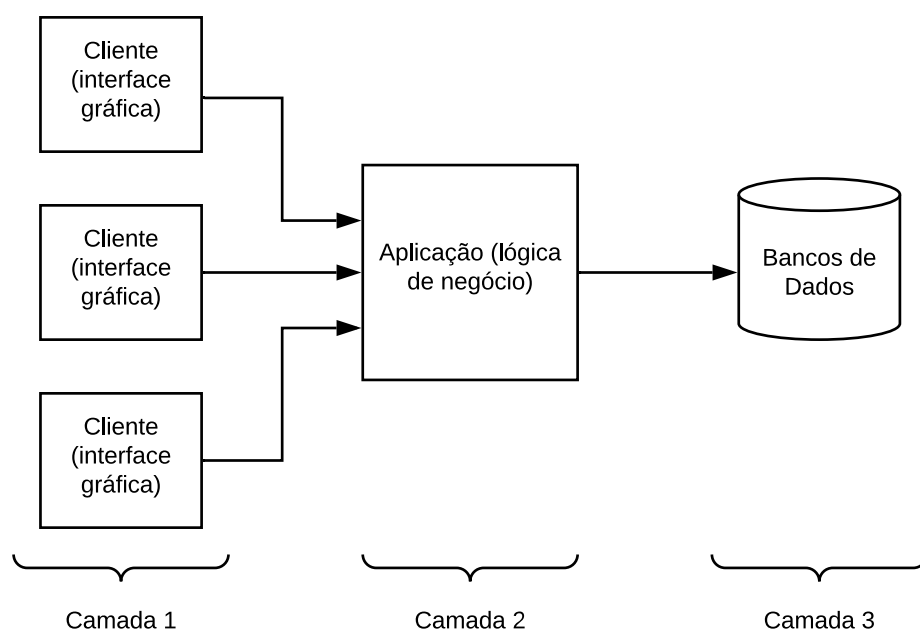
7.2.1 Arquitetura em Três Camadas

Esse tipo de arquitetura é comum na construção de sistemas de informação corporativos. Até o final da década de 80, aplicações corporativas — como folhas de pagamento, controle de estoque ou sistemas financeiros — executavam em **mainframes**, que eram computadores fisicamente grandes e também muito caros. As aplicações eram monolíticas e acessadas por meio de “terminais burros”, isto é, sem qualquer capacidade de processamento e com uma interface totalmente textual. Com o avanço nas tecnologias de rede e de hardware, foi possível migrar esses sistemas de mainframes para outras plataformas. Foi nessa época que arquiteturas em três camadas se tornaram uma alternativa muito comum.

As três camadas dessa arquitetura são as seguintes:

- Interface com o Usuário, também chamada de camada de apresentação, é responsável por toda interação com o usuário. Ela trata tanto da exibição de informação, como da coleta e processamento de entradas e eventos de interfaces, tais como cliques em botões, marcação de texto, etc. A camada de interface pode ser uma aplicação desktop, em Windows ou outro sistema operacional com interface gráfica, como também Web. Por exemplo, um sistema acadêmico deve prover uma interface para os professores lançarem as notas de suas disciplinas. O elemento principal dessa interface pode ser um formulário com duas colunas: nome do aluno e nota. O código que implementa esse formulário deve estar na camada de interface.
- Lógica de Negócio, também conhecida como camada de aplicação, implementa as regras de negócio do sistema. No sistema acadêmico que estamos usando como exemplo, podemos ter a seguinte regra de negócio: as notas são maiores ou iguais a zero e menores ou iguais ao valor da avaliação. Quando um professor solicitar o lançamento das notas de uma disciplina, cabe à camada de lógica verificar se essa regra é obedecida. Uma outra regra de negócio pode ser a seguinte: após o lançamento de qualquer nota, os alunos devem ser avisados por meio de um e-mail.
- Banco de Dados, que armazena os dados manipulados pelo sistema. Por exemplo, no nosso sistema acadêmico, após lançamento e validação das notas, elas são salvas em um banco de dados.

Normalmente, uma arquitetura em três camadas é uma arquitetura distribuída. Isto é, a camada de interface executa na máquina dos clientes. A camada de negócio executa em um servidor, muitas vezes chamado de servidor de aplicação. E, por fim, temos o banco de dados. A figura da próxima página mostra um exemplo, que assume que a interface oferecida aos clientes é uma interface gráfica.



Arquitetura em três camadas

Em sistemas três camadas, a camada de aplicação pode ter diversos módulos, incluindo uma fachada, para facilitar o acesso ao sistema pelos clientes, e um módulo de persistência, com a

função de isolar o banco de dados dos demais módulos.

Por fim, gostaríamos de mencionar que é possível ter sistemas em **duas camadas**. Nesses casos, as camadas de interface e de aplicação são unidas em uma única camada, que executa no cliente. A camada restante continua sendo o banco de dados. A desvantagem de arquiteturas em duas camadas é que todo o processamento ocorre nos clientes, que, portanto, devem ter um maior poder de computação.

7.3 Arquitetura MVC

O padrão arquitetural MVC (Model-View-Controller) foi proposto no final da década de 70 e, em seguida, usado na implementação de Smalltalk-80, que é considerada uma das primeiras linguagens orientadas a objetos. Além de utilizarem conceitos de orientação a objetos, programas em Smalltalk foram pioneiros no uso de interfaces gráficas, com janelas, botões, scroll bars, mouse, etc. Isso em uma época em que os sistemas operacionais ofereciam apenas interfaces de linha de comando e os programas tinham uma interface textual, isto é, as telas eram uma matriz de caracteres, com, por exemplo, 25 linhas e 80 colunas.

MVC foi o padrão arquitetural escolhido pelos projetistas de Smalltalk para implementação de interfaces gráficas. Especificamente, MVC define que as classes de um sistema devem ser organizadas em três grupos:

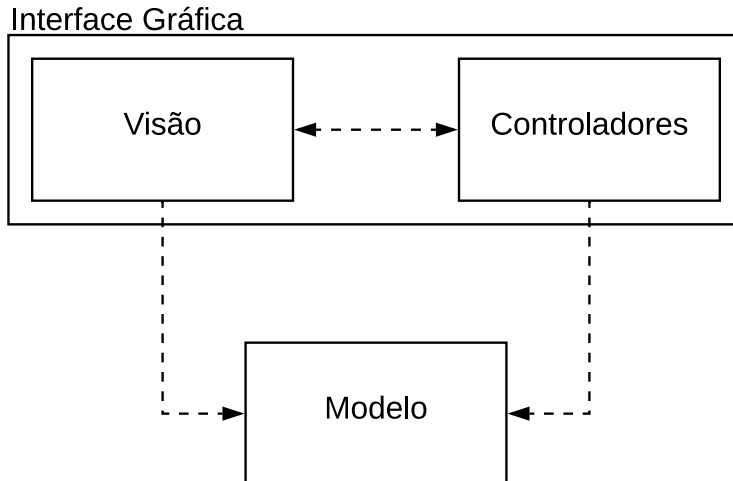
- Visão: classes responsáveis pela apresentação da interface gráfica do sistema, incluindo janelas, botões, menus, barras de rolagem, etc.
- Controladoras: classes que tratam e interpretam eventos gerados por dispositivos de entrada, como mouse e teclado. Como resultado de tais eventos, Controladoras podem solicitar uma alteração no estado do Modelo ou da Visão. Suponha, por exemplo, uma Calculadora. Quando o usuário clica em um botão "+", uma classe Controladora deve capturar esse evento e chamar um método do Modelo. Como um segundo exemplo, quando o usuário clicar no botão "Dark UI", cabe também a uma classe Controladora solicitar à Visão para mudar as cores da interface gráfica para tons mais escuros.
- Modelo: classes que armazenam os dados manipulados pela aplicação e que têm a ver com o domínio do sistema em construção. Assim, classes de modelo não têm qualquer conhecimento ou dependência para classes de Visão e Controladoras. Além de dados, classes de modelo podem conter métodos que alteram o estado dos objetos de domínio.

Portanto, em uma arquitetura MVC, a interface gráfica é formada por objetos de visão e por controladores. Porém, em muitos sistemas não existe uma distinção clara entre Visão e Controladores. Segundo Fowler ([link](#), página 331), mesmo a maioria das versões de Smalltalk não separa esses dois componentes. Por isso, fica mais fácil entender da seguinte forma:

$MVC = (Visão + Controladores) + Modelo = Interface Gráfica + Modelo$

A próxima figura mostra as dependências entre as classes de uma arquitetura MVC. A figura primeiro reforça que a interface gráfica é composta pela Visão e por Controladores. Podemos observar também que a Interface Gráfica pode depender do Modelo. Porém, classes de Modelo não têm dependências para classes da Interface Gráfica. Na verdade, podemos

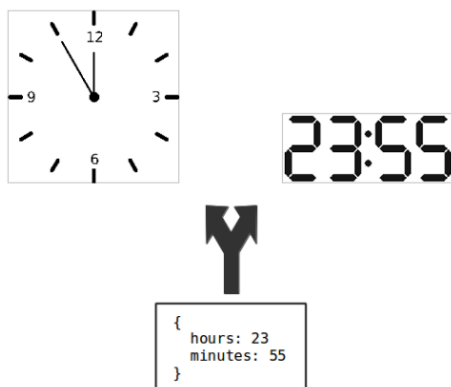
entender a Interface Gráfica como sendo observadora do Modelo. Quando o estado dos objetos do Modelo é alterado, deve-se atualizar automaticamente a interface do sistema.



Arquitetura MVC

Dentre as vantagens de arquiteturas MVC, podemos citar:

- MVC favorece a especialização do trabalho de desenvolvimento. Por exemplo, pode-se ter desenvolvedores especialistas na implementação de interfaces gráficas, os quais são chamados de desenvolvedores de front-end. Por outro lado, desenvolvedores de classes de Modelo não precisam conhecer e implementar código de interface com usuários.
- MVC permite que classes de Modelo sejam usadas por diferentes Visões, como ilustrado na próxima figura. Neste exemplo, um objeto de Modelo armazena dois valores: hora e minutos. Esses dados são apresentados em duas visões diferentes. Na primeira, como um relógio analógico. Na segunda, como um relógio digital.



Sistema MVC com mais de uma visão (interface gráfica)

- MVC favorece testabilidade. Como veremos no próximo capítulo, é mais fácil testar objetos não-visuais, isto é, não relacionados com a implementação de interfaces gráficas. Por isso, ao separar objetos de apresentação de objetos de Modelo, fica mais fácil testar esses últimos.

Vamos concluir com um resumo sobre MVC, na visão de Fowler e Beck ([link](#), Cap. 12, pág. 370):

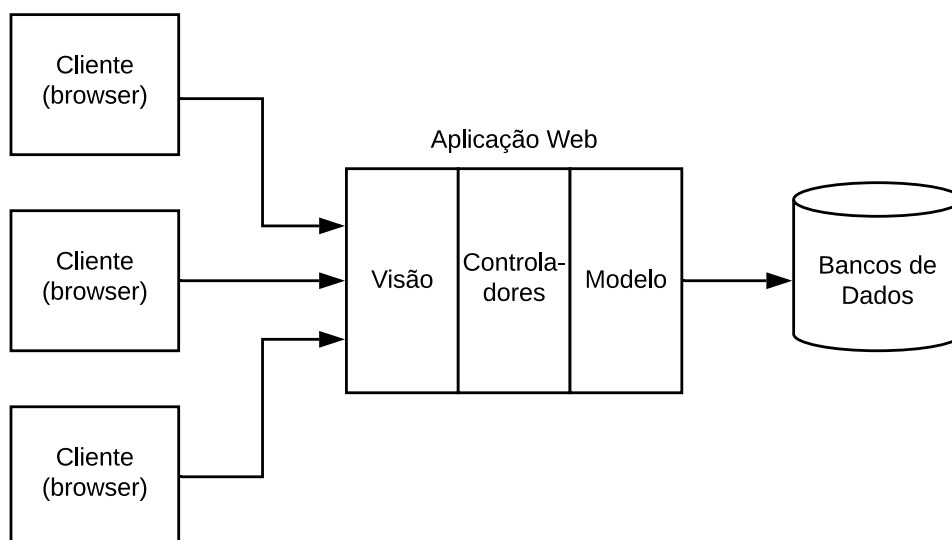


“O coração e a parte mais preciosa de MVC está na separação entre código de interface com o usuário (a Visão, também chamada de apresentação) e a lógica do

domínio (o Modelo). As classes de apresentação implementam apenas a lógica necessária para lidar com a interface do usuário. Por outro lado, objetos de domínio não incluem código visual, mas apenas lógica de negócios. Isso separa duas partes complexas de sistemas de software em partes que são mais fáceis de se modificar. Também permite várias apresentações da mesma lógica de negócio.”

Pergunta Frequente: Qual a diferença entre MVC e três camadas? A resposta vai ser um pouco longa e vamos nos basear na evolução histórica dessas arquiteturas:

- Como comentamos, MVC surgiu no final da década de 70, para ajudar na construção de interfaces gráficas. Isto é, aplicações que incluem uma interface com janelas, botões, caixas de texto, etc. Como exemplo, podemos citar um pacote de escritório, com aplicações como Word, Excel e Powerpoint, no caso do sistema operacional Windows.
- Na década de 90, as tecnologias de redes, sistemas distribuídos e bancos de dados se tornaram comuns. Viabilizou-se então a construção de aplicações distribuídas com três camadas. Nesse caso, MVC pode ser usado na implementação da camada de interface, que pode, por exemplo, ser uma aplicação nativa em Windows, implementada usando-se linguagens como Visual Basic ou Java (neste último caso, usando-se frameworks como Swing). Resumindo, a aplicação, como um todo segue, uma arquitetura em três camadas, mas usa MVC na camada de interface com o usuário.
- No início dos anos 2000, a Web se popularizou e a interface das aplicações migrou para HTML e, depois, para HTML e JavaScript. A confusão entre os termos MVC e três camadas surgiu então nessa época, principalmente devido ao aparecimento de frameworks para implementação de sistemas Web que se denominaram frameworks MVC. Como exemplo, podemos citar Spring (para Java), Ruby on Rails, Django (para Python) e CakePHP. Na verdade, esses frameworks expandiram e adaptaram o conceito de MVC para Web. Por exemplo, eles forçam a organização de um sistema Web em três partes (veja também na próxima figura): visão, composta por páginas HTML; controladores, que processam uma solicitação e geram uma nova visão como resposta e modelo, que é a camada que persiste os dados em um banco de dados.



Logo, apesar de sistemas Web serem parecidos com sistemas três camadas, os frameworks Web mais populares optaram por usar termos típicos de MVC para nomear seus componentes. Portanto, a melhor maneira de responder à pergunta é afirmar que existem duas vertentes de sistemas MVC: a vertente clássica, que surgiu com Smalltalk-80 e a vertente Web, que se tornou comum na década de 90 e início dos anos 2000. Essa última vertente lembra bastante sistemas três camadas.

7.3.1 Exemplo: Single Page Applications

Em uma aplicação Web tradicional, com formulários, menus e botões, toda vez que o usuário gera um evento — por exemplo, clica em um botão “Gravar” — ocorre uma interação entre o navegador e o servidor Web. Isto é, o navegador envia informações para o servidor Web, que as processa e devolve uma nova página para ser exibida para o usuário. Essas aplicações são então menos interativas e responsivas, devido ao atraso da comunicação entre navegador e servidor Web.

Recentemente, surgiu um novo tipo de sistema Web, chamado de **Single Page Applications (SPAs)**. Essas aplicações são mais parecidas com aplicações desktop do que com aplicações Web tradicionais. Ao se entrar em uma SPA, ela carrega para o navegador todo o código, incluindo páginas HTML e scripts em CSS e JavaScript. Com isso, apesar de usar um navegador, o usuário tem a impressão de que ele está usando uma aplicação local, pois não ocorre mais uma atualização da página do navegador toda vez que ele gera certos eventos. Diversas aplicações modernas são SPAs, sendo o GMail, provavelmente, o exemplo mais conhecido. Evidentemente, continua existindo uma parte da aplicação no servidor, com a qual a SPA comunica-se frequentemente. Por exemplo, quando chega um novo e-mail o GMail atualiza a lista de mensagens na caixa de entrada. Para que isso ocorra de forma automática, a comunicação entre a SPA e o servidor deve ser assíncrona.

Existem diversos frameworks — todos em JavaScript — para implementação de SPAs. A seguir, mostramos um exemplo usando Vue.js.

```
<html>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue"></script>

<body>

<h3>Uma Simples SPA</h3>

<div id="ui">
  Temperatura: {{ temperatura }}
  <p><button v-on:click="incTemperatura">Incrementa
  </button></p>
</div>

<script>
var model = new Vue({
  el: '#ui',
```

```
data: {  
  temperatura: 60  
},  
methods: {  
  incTemperatura: function() {  
    this.temperatura++;  
  }  
}  
})  
</script>  
  
</body>  
</html>
```

Essa aplicação apresenta uma temperatura na tela do navegador e um botão para incrementá-la (veja figura a seguir).

Uma Simples SPA

Temperatura: 60

Incrementa

Interface da Single-Page Application do exemplo

Código Fonte: O código do exemplo está disponível neste [link](#). Se quiser executar a aplicação no seu navegador, basta usar esse [link](#).

O interessante é que SPAs seguem uma arquitetura parecida com MVC. No exemplo mostrado, a interface da SPA, contendo visão e controle, é implementada em HTML, mais precisamente no código delimitado pela tag `<div>`. O modelo é implementado em JavaScript, usando-se Vue.js. O código do modelo está delimitado pela tag `<script>`.

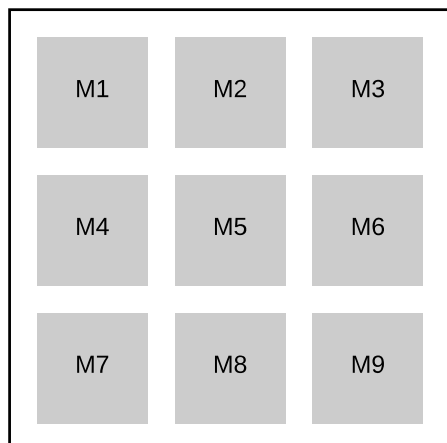
Um segundo ponto interessante é que o framework Vue.js se encarrega de propagar para a visão qualquer alteração no modelo. Por exemplo, quando o método `incTemperatura` é executado, o valor da temperatura é automaticamente atualizado na interface. O processo contrário também é verdadeiro, apesar de não ser exercitado em nosso exemplo, que é bem simples. Esse recurso de frameworks para construção de SPAs é chamado de **two-way data binding**.

7.4 Microsserviços

Como discutimos no Capítulo 2, métodos ágeis preconizam iterações rápidas, com entregas frequentes de novas releases, a fim de obter feedback e, se for preciso, efetuar mudanças de rumo. Porém, mesmo que uma empresa adote um método ágil — como Scrum — ela vai enfrentar um “gargalo” arquitetural quando precisar lançar novas releases de um produto de forma frequente.

Esse gargalo ocorre porque sistemas, via de regra, seguem em tempo de execução uma arquitetura monolítica. Ou seja, mesmo que o desenvolvimento tenha sido particionado em

módulos M1, M2, M3, ..., Mn, em tempo de execução esses módulos são executados, pelo sistema operacional, como um processo único. Assim, todos os módulos compartilham o mesmo espaço de endereçamento. Em outras palavras, em tempo de execução o sistema é um grande **monolito**, como ilustra a próxima figura.



Monolito com nove módulos. Em tempo de execução, o sistema executa como um único processo, representado pelo quadrado que delimita os 9 módulos.

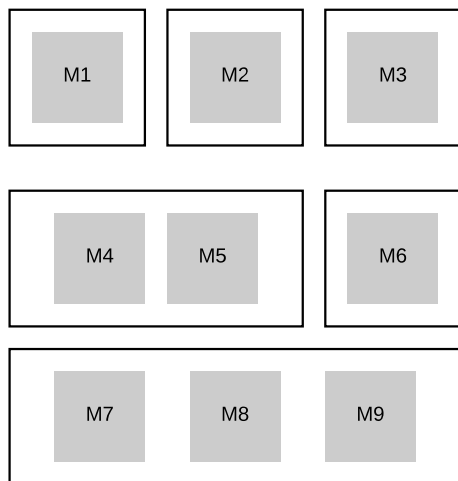
Em um monolito, sempre existe o risco de que uma mudança realizada por um time T em um módulo M_i cause um efeito colateral em um módulo M_j . Por exemplo, M_i e M_j podem compartilhar uma variável global ou um atributo estático. Uma mudança nessa variável, realizada em M_i , pode comprometer o funcionamento de M_j . Na realidade, esse risco é maior do que um leitor iniciante em desenvolvimento de sistemas pode imaginar.

Para evitar que os clientes sejam surpreendidos com bugs inesperados em seus sistemas, as empresas que usam arquiteturas monolíticas adotam um processo rigoroso e “burocrático” para o lançamento de novas releases. Esse processo pode incluir até mesmo testes manuais antes da liberação do sistema para produção. Por testes manuais, queremos dizer um testador usar as funcionalidades mais críticas do sistema, de forma a simular uma sessão de uso por um cliente final.

Para resolver esse gargalo — o desenvolvimento passou a ser ágil, mas a entrada em produção permanece burocrática —, recentemente, algumas empresas passaram a migrar os seus monolitos para uma arquitetura baseada em **microserviços**. A ideia é simples: certos grupos de módulos são executados em processos independentes, sem compartilhamento de memória. Ou seja, o sistema é decomposto em módulos não apenas em tempo de desenvolvimento, mas também em tempo de execução. Com isso, as chances de que mudanças em um módulo causem problemas em outros módulos ficam bem menores.

Quando os módulos são separados em processos distintos não há mais possibilidade de que um módulo acesse um recurso interno de outro módulo, como uma variável global, um atributo estático ou uma interface interna. Em vez disso, por construção, toda comunicação tem que ocorrer via interfaces públicas dos módulos. Assim, microserviços são um instrumento para garantir que os times de desenvolvimento somente usem interfaces públicas de outros sistemas. A obediência à essa regra é garantida pelo sistema operacional.

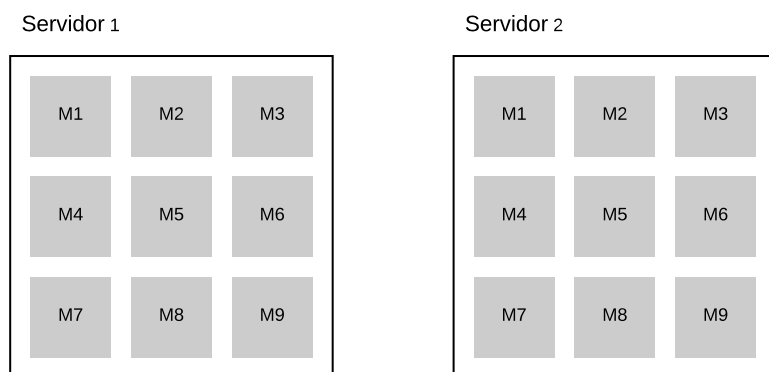
A próxima figura mostra uma versão baseada em microsserviços do nosso exemplo. Nela, continuam existindo nove módulos. Mas eles são executados por seis processos independentes, representados pelos quadrados ou retângulos em volta dos módulos. Os módulos M1, M2, M3 e M6 são executados, cada um deles, em um processo independente. Os módulos M4 e M5 são executados em um quinto processo. Por fim, os módulos M7, M8 e M9 são executados, em conjunto, em um sexto processo.



Servidor com seis microsserviços: M1, M2, M3, M4-M5, M6, M7-M8-M9. Cada microsserviço executa como um processo autônomo.

Até esse ponto da explicação, usamos o termo processo, mas o nome do padrão refere-se a eles como **serviços**. Ainda, os serviços são micro porque não implementam funcionalidades complexas. Lembre-se que eles são desenvolvidos por times ágeis, que como dissemos no Capítulo 2, são times pequenos, com cerca de cinco desenvolvedores, por exemplo. Consequentemente, times pequenos não têm capacidade para implementar grandes serviços.

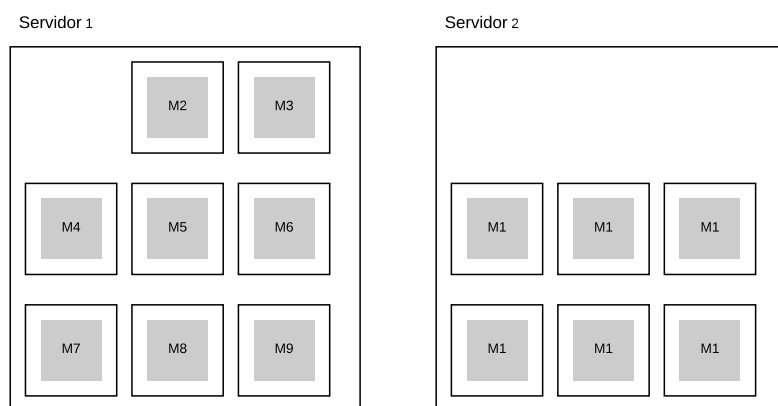
Uma segunda vantagem de microsserviços é **escalabilidade**. Quando um monolito enfrenta problemas de performance, uma solução consiste em disponibilizar instâncias do sistema em máquinas diferentes, como mostra a próxima figura. Essa solução é chamada de **escalabilidade horizontal**. Por exemplo, ela permite dividir os clientes do sistema entre as duas instâncias mostradas na figura. Como se trata de um monolito, as duas instâncias são idênticas, isto é, possuem os mesmos módulos.



Servidor 1, executando o monolito em um único processo. E Servidor 2, executando uma réplica do monolito.

Porém, os problemas de performance podem ser causados por serviços específicos; por exemplo, apenas pelo serviço de autenticação de usuários. Então, microsserviços permitem

replicar apenas os componentes diretamente relacionados com tais problemas de performance. A próxima figura mostra uma nova instalação do nosso sistema baseado em microsserviços.



Servidor 1, com todos os microsserviços, exceto M1. Servidor 2, executando seis processos, todos eles relativos a M1.

O segundo servidor que foi disponibilizado inclui apenas instâncias do serviço M1. A suposição é que M1 é responsável pela maior parte dos problemas de performance da instalação inicial. Na primeira instalação, tínhamos uma única instância de M1. Agora, temos seis instâncias, todas elas rodando em um novo servidor.

Até o momento, listamos duas vantagens de microsserviços: (1) eles permitem a evolução mais rápida e independente de um sistema, permitindo que cada time tenha seu próprio regime de liberação de novas releases; (2) eles permitem escalar um sistema em um nível de granularidade mais fino do que é possível com monolitos. Mas existem pelo menos mais duas vantagens:

- Como os microsserviços são autônomos e independentes eles podem ser implementados em tecnologias diferentes, incluindo linguagens de programação, frameworks e bancos de dados. O microsserviço de cadastro de clientes em um sistema de comércio eletrônico, por exemplo, pode ser implementado em Java com um banco de dados relacional. Já o microsserviço de recomendação de novas compras pode ser implementado em Python com um banco de dados NoSQL.
- Quando se usa um monolito, falhas são totais. Se o banco de dados cair, todos os serviços ficam fora do ar. Por outro lado, em arquiteturas baseadas em microsserviços podemos ter **falhas parciais**. Por exemplo, suponha que o microsserviço de recomendação de compras do exemplo do item anterior fique fora do ar. Os clientes ainda conseguirão pesquisar por produtos, fazer compras, etc. Mas eles irão receber uma mensagem na área de recomendação da página dizendo que as recomendações estão desabilitadas; ou então, essa área ficará vazia; ou ainda, ela não será apresentada para os usuários durante o período em que o microsserviço de recomendações estiver fora do ar.

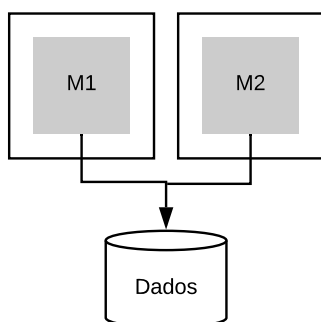
Arquiteturas baseadas em microsserviços tornaram-se possíveis devido ao aparecimento de plataformas de **computação em nuvem**. Com essas plataformas, empresas não precisam mais comprar e manter hardware e software básico, como sistema operacional, bancos de dados e servidores Web. Em vez disso, elas podem alugar uma máquina virtual em uma plataforma de

computação em nuvem e pagar por hora de utilização da máquina. Com isso, fica mais fácil escalar um microsserviço horizontalmente, acrescentando novas máquinas virtuais.

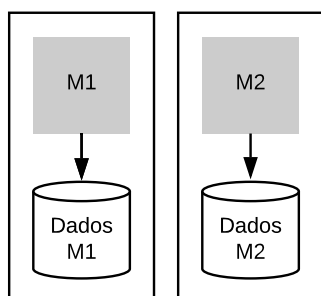
Aprofundamento: Microsserviços constituem um exemplo de aplicação da **Lei de Conway**. Formulada em 1968 por Melvin Conway, ela é uma das leis empíricas sobre desenvolvimento de software, assim como a Lei de Brooks, que estudamos no Capítulo 1. A Lei de Conway afirma o seguinte: empresas tendem a adotar arquiteturas de software que são cópias de suas estruturas organizacionais. Em outras palavras, a arquitetura dos sistemas de uma empresa tende a espelhar seu organograma. Por isso, não é coincidência que microsserviços sejam usados, principalmente, por grandes empresas de Internet que possuem centenas de times de desenvolvimento distribuídos em diversos países. Além de descentralizados, esses times são autônomos e sempre incentivados a produzir inovações.

7.4.1 Gerenciamento de Dados

Pelo menos na sua forma pura, microsserviços devem ser autônomos também do ponto de vista de dados. Isto é, eles devem gerenciar os dados de que precisam para prover o seu serviço. Logo, o cenário ilustrado pela figura a seguir — no qual dois microsserviços compartilham o mesmo banco de dados — não é recomendável em uma arquitetura baseada em microsserviços.



O ideal é que M1 e M2 sejam independentes também do ponto de vista de bancos de dados, como mostrado na próxima figura. O principal motivo é que quando se tem um único banco de dados ele também pode se transformar em um gargalo à evolução do sistema.



Por exemplo, equipes e arquiteturas tradicionais de desenvolvimento costumam ter um administrador de dados, a quem cabe cuidar das tabelas do banco de dados. Qualquer mudança no banco de dados — como a criação de uma coluna em uma tabela — precisa da aprovação do administrador de dados. Logo, essa autoridade central tem que conciliar os

interesses, muitas vezes conflitantes, das diversas equipes de desenvolvimento. Por isso, suas decisões podem se tornar lentas e burocráticas, atrasando a evolução do sistema.

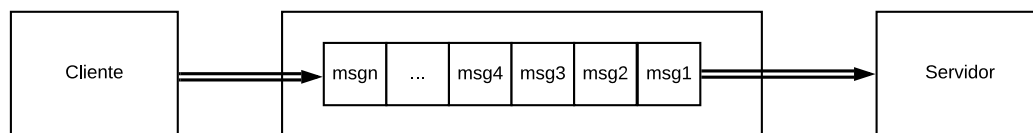
7.4.2 Quando Não Usar Microsserviços?

Até esse momento, apresentamos as vantagens e benefícios de microsserviços. Mas é importante dizer que essa arquitetura é mais complexa do que uma arquitetura monolítica. O motivo é que microsserviços são processos independentes, isto é, eles por construção dão origem a sistemas distribuídos. Logo, ao usar microsserviços, temos que enfrentar todos os desafios que aparecem quando se implementa um sistema distribuído. Dentre eles, podemos citar:

- **Complexidade:** quando dois módulos executam em um mesmo processo, a comunicação entre eles é por meio de chamadas de métodos. Quando esses módulos estão em máquinas diferentes, a comunicação entre eles deve usar algum protocolo de comunicação, como **HTTP/REST**. Ou seja, os desenvolvedores terão que dominar e usar um conjunto de tecnologias para comunicação em redes.
- **Latência:** a comunicação entre microsserviços também envolve um atraso maior, que chamamos de **latência**. Quando um cliente chama um método em um sistema monolítico, a latência é mínima. Por exemplo, é raro um desenvolvedor deixar de usar uma chamada de método apenas para melhorar o desempenho de seu sistema. Porém, esse cenário muda quando o serviço chamado está em uma outra máquina, talvez do outro lado do planeta no caso de uma empresa global. Nessas situações, existe um custo de comunicação que não é desprezível. Qualquer que seja o protocolo de comunicação usado, essa chamada terá que passar pelo cabo da rede — ou pelo ar e pela fibra ótica — até chegar à máquina de destino.
- **Transações Distribuídas:** Como vimos, microsserviços devem ser autônomos também do ponto de vista de dados. Isso torna mais complexo garantir que operações que operam em dois ou mais bancos de dados sejam atômicas, isto é, ou elas executam com sucesso em todos os bancos ou então falham. Suponha, por exemplo, dois microsserviços de pagamento via cartão de crédito, que vamos chamar de X e Y. Suponha que uma loja virtual permita dividir o valor da compra entre os dois cartões. Por exemplo, uma compra de R\$ 2.000,00 pode ser paga debitando-se R\$ 1.500,00 no cartão X e R\$ 500,00 no cartão Y. Porém, essas transações devem ser atômicas: ou os dois cartões são debitados ou nenhum deles é debitado. Por isso, em arquiteturas baseadas em microsserviços, protocolos de transações distribuídas, como **two-phase commit**, podem ser necessários para garantir uma semântica de transações em operações que escrevem em mais de um banco de dados.

7.5 Arquiteturas Orientadas a Mensagens

Neste tipo de arquitetura, a comunicação entre clientes e servidores é mediada por um terceiro serviço que tem a única função de prover uma **fila de mensagens**, como mostra a próxima figura.



Arquitetura Orientada a Mensagens

Os clientes atuam como produtores de informações, isto é, eles inserem mensagens na fila. E os servidores atuam como consumidores de mensagens, isto é, eles retiram mensagens da fila e processam a informação contida nelas. Uma mensagem é um registro (ou um objeto) com um conjunto de dados. E uma fila de mensagens é uma estrutura do tipo FIFO (*first in, first out*), isto é, a primeira mensagem a entrar na fila é a primeira a ser consumida pelo servidor.

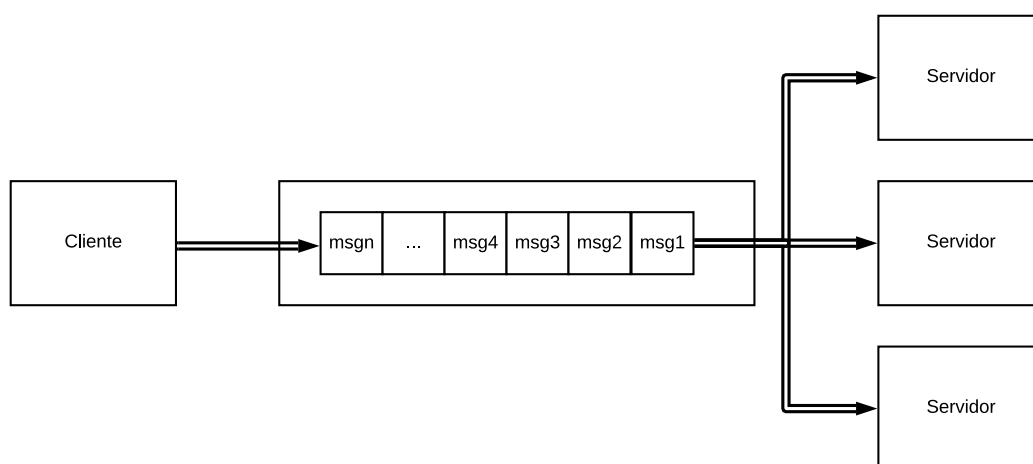
Com o uso de filas de mensagens, a comunicação pelo lado do cliente torna-se **assíncrona**, pois uma vez que a informação seja colocada na fila, o cliente está liberado para continuar seu processamento. Por isso, é importante que o serviço de mensagens seja instalado em uma máquina estável e com alto poder de processamento. Também é importante que a fila de mensagens seja persistente. Se o servidor que gerencia a fila cair, os dados não podem ser perdidos. Como filas de mensagens são muito usadas na construção de sistemas distribuídos, existem soluções prontas no mercado. Ou seja, provavelmente você não vai implementar sua própria fila de mensagens, mas usar soluções de empresas conhecidas ou então mantidas por fundações de desenvolvimento de sistemas de código aberto. Algumas vezes, filas de mensagens são chamadas também de **brokers** de mensagens.

Além de permitirem comunicação assíncrona entre clientes e servidores, filas de mensagens viabilizam duas formas de desacoplamento entre os componentes de uma aplicação distribuída:

- **Desacoplamento no espaço:** clientes não precisam conhecer os servidores e vice-versa. Em outras palavras, o cliente é exclusivamente um produtor de informações. Mas ele não precisa saber quem vai consumir essa informação. O raciocínio inverso vale para servidores.
- **Desacoplamento no tempo:** clientes e servidores não precisam estar simultaneamente disponíveis para se comunicarem. Se o servidor estiver fora do ar, os clientes podem continuar produzindo mensagens e colocando-as na fila. Quando o servidor voltar a funcionar, ele irá processar essas mensagens.

Desacoplamento no espaço torna soluções baseadas em filas de mensagens bastante flexíveis. Os times de desenvolvimento — tanto do sistema cliente, como do sistema servidor — podem trabalhar e evoluir seus sistemas com autonomia. Atrasos de um time não travam a evolução de outros times, por exemplo. Para isso, basta que o formato das mensagens permaneça estável ao longo do tempo. Já desacoplamento no tempo torna a solução robusta a falhas. Por exemplo, quedas do servidor não têm impacto nos clientes. No entanto, é importante que o broker de mensagens seja estável e capaz de armazenar uma grande quantidade de mensagens. Para garantir a disponibilidade desses brokers, eles costumam ser gerenciados pelos times de infraestrutura básica das empresas.

Filas de mensagens permitem também escalar mais facilmente um sistema distribuído. Para isso, basta configurar múltiplos servidores consumindo mensagens da mesma fila, como mostra a próxima figura.



Fila de Mensagens com vários consumidores

7.5.1 Exemplo: Empresa de Telecomunicações

Suponha que uma empresa de telecomunicações tenha dois sistemas principais: vendas e engenharia. O sistema de vendas é responsável pela interação com os clientes da empresa, incluindo vendas de pacotes de voz, dados e TV a cabo. Por outro lado, o sistema de engenharia é responsável por ativar e configurar os serviços contratados, interagindo para isso com os equipamentos da empresa, tais como centrais telefônicas, estações de celulares, roteadores, etc. Portanto, quando um serviço é contratado no sistema de vendas, ele tem que ser provisionado no sistema de engenharia.

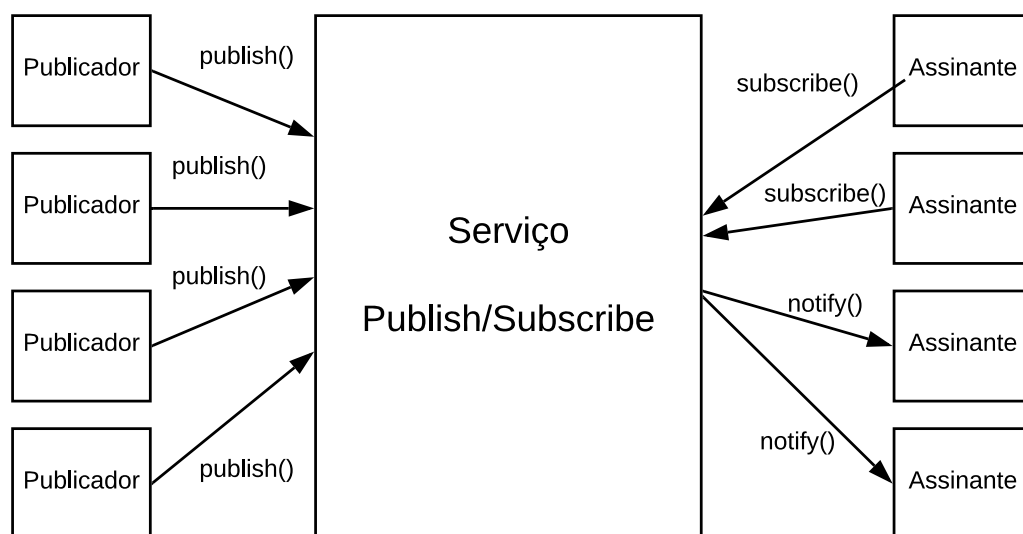
Essa empresa de telecomunicações pode usar uma fila de mensagens para mediar a comunicação entre o sistema de vendas e o sistema de engenharia. Ao se vender um novo pacote de serviços, o sistema de vendas irá depositar uma mensagem na fila de mensagens, com as informações do pacote. Cabe ao sistema de engenharia ler essa mensagem e ativar o serviço que foi vendido.

Ao optar por uma fila de mensagens, a integração entre os sistemas de vendas e de engenharia pode não ocorrer em tempo real. Por exemplo, se o serviço de engenharia estiver ocupado, com várias ativações complexas de serviços pendentes, pode demorar um pouco até que um determinado serviço seja ativado. Por outro lado, a solução com fila de mensagens permite ativar os serviços mais rapidamente do que por meio de uma solução **batch**. Nesse tipo de solução, o sistema de vendas geraria ao final de cada dia um arquivo com todos os pacotes vendidos. Esse arquivo seria processado durante a noite pelo sistema de engenharia. Portanto, um cliente poderia ter que esperar quase 24 horas para ter seu serviço ativado.

7.6 Arquiteturas Publish/Subscribe

Em arquiteturas publish/subscribe, as mensagens são chamadas de **eventos**. Os componentes da arquitetura são chamados de **publicadores** (*publishers*) e **assinantes** (*subscribers*) de eventos. Publicadores produzem eventos e os publicam no serviço de publish/subscribe, que

normalmente executa em uma máquina separada. Assinantes devem previamente assinar eventos de seu interesse. Quando um evento é publicado, os seus assinantes são notificados, conforme mostra a próxima figura.



Arquitetura Publish/Subscribe

Assim como ocorre quando se usa filas de mensagens, arquiteturas publish/subscribe também oferecem desacoplamento no espaço e no tempo. No entanto, existem duas diferenças principais entre publish/subscribe e sistemas baseados em filas de mensagens:

- Em publish/subscribe, um evento gera notificações em todos os seus assinantes. Por outro lado, em filas de mensagens, as mensagens são sempre consumidas — isto é, retiradas da fila — por um único servidor. Portanto, em publish/subscribe temos um estilo de comunicação de 1 para n , também conhecido como **comunicação em grupo**. Já em filas de mensagens, a comunicação é 1 para 1, também chamada de **comunicação ponto-a-ponto**.
- Em publish/subscribe, os assinantes são notificados assincronamente. Primeiro, eles assinam certos eventos e, então, continuam seu processamento. Quando o evento de interesse ocorre, eles são notificados por meio da execução de um determinado método. Por outro lado, quando se usa uma fila de mensagens, os servidores — isto é, os consumidores das mensagens — têm que “puxar” (*pull*) as mensagens da fila.

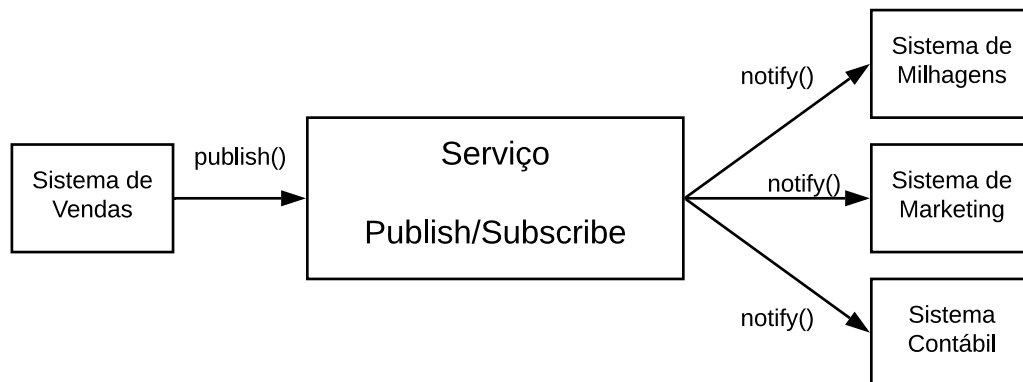
Em alguns sistemas publish/subscribe, eventos são organizados em **tópicos**, que funcionam como categorias de eventos. Quando um publicador produz um evento, ele deve informar seu tópico. Assim, clientes não precisam assinar todos os eventos que ocorrem no sistema, mas apenas eventos de um determinado tópico.

Arquiteturas publish/subscribe são, às vezes, chamadas de **arquiteturas orientadas a eventos**. O serviço de publish/subscribe, às vezes, é chamado também de **broker de eventos**, pois ele funciona como um barramento por onde devem trafegar todos os eventos. É importante mencionar ainda que um sistema publish/subscribe lembra o padrão de projeto **Observador**, que estudamos no Capítulo 6. No entanto, publish/subscribe é uma solução para implementação de sistemas distribuídos. Ou seja, produtores e assinantes são processos

distintos e, na maioria das vezes, distribuídos. Por outro lado, o padrão de projeto Observador não foi proposto no contexto de arquiteturas distribuídas.

7.6.1 Exemplo: Companhia Aérea 🌀

Vamos agora usar os sistemas de uma companhia aérea para ilustrar uma arquitetura publish/subscribe. Suponha que essa companhia tem um sistema de vendas, que é usado pelos clientes para comprar passagens aéreas. Após efetuar uma venda, esse sistema pode gerar um evento com todos os dados da operação, tais como data, horário, número do voo e dados do passageiro. A figura a seguir ilustra a arquitetura proposta para o sistema.



Arquitetura Pub/Sub em uma companhia aérea

O evento “venda” será então assinado por três sistemas da companhia aérea: (1) sistema de milhagens, pois as milhas relativas à passagem devem ser creditadas na conta do passageiro; (2) sistema de marketing, que pode usar os dados da venda para fazer ofertas para o cliente, como aluguel de carros ou promoção para classe executiva; (3) Sistema de contabilidade, pois a venda que foi realizada precisa ser incluída na contabilidade da empresa.

Essa arquitetura tem as seguintes características interessantes: (1) comunicação em grupo, pois o mesmo evento é assinado por três sistemas; (2) desacoplamento no espaço, pois o sistema de vendas não tem conhecimento dos sistemas interessados nos eventos que ele publica; (3) desacoplamento no tempo, pois o sistema de publish/subscribe reenvia os eventos caso os sistemas assinantes estejam fora do ar; (4) notificação assíncrona, pois os assinantes são notificados assim que um evento ocorre; isto é, eles não precisam consultar periodicamente o sistema publish/subscribe sobre a ocorrência dos eventos de interesse.

7.7 Outros Padrões Arquiteturais 🌀

Pipes e Filtros é um tipo de arquitetura orientada a dados, na qual os programas — chamados de **filtros** — têm como função processar os dados recebidos na entrada e gerar uma nova saída. Os filtros são conectados por meio de **pipes**, que agem como buffers. Isto é, pipes são usados para armazenar a saída de um filtro, enquanto ela não é lida pelo próximo filtro da sequência. Com isso, os filtros não precisam conhecer seus antecessores e sucessores, o que torna esse tipo de arquitetura bastante flexível, permitindo as mais variadas combinações de programas. Além disso, por construção, filtros podem ser executados em paralelo. O exemplo

clássico de arquitetura baseada em pipes e filtros são os comandos de sistemas Unix. Por exemplo, a linha de comando:

```
ls | grep csv | sort
```

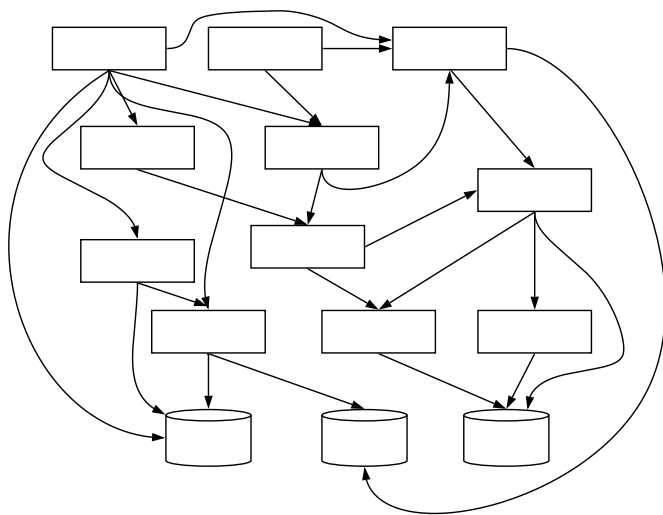
especifica a execução de três comandos (filtros) que são conectados por dois pipes (barras verticais). No caso dos comandos Unix, as entradas e saídas são sempre arquivos texto.

Cliente/Servidor é uma arquitetura muito usada na implementação de serviços básicos de rede. Clientes e servidores são os dois únicos módulos desse tipo de arquitetura e eles se comunicam por meio de uma rede. Os clientes solicitam serviços ao módulo servidor e aguardam o processamento. Arquiteturas cliente/servidor são usadas para implementar serviços como os seguintes: (1) serviço de impressão, que possibilita que clientes imprimam em uma impressora remota, que não está fisicamente conectada à máquina deles; (2) serviço de arquivos, que possibilita que clientes acessem o sistema de arquivos (isto é, o disco) de uma máquina servidora; (3) serviço de bancos de dados, que permite que clientes acessem um banco de dados instalado em uma outra máquina; (4) serviço Web, que permite que clientes (no caso, navegadores) acessem recursos (no caso, páginas HTML) armazenadas e providas por um servidor Web.

Arquiteturas **peer-to-peer** são arquiteturas distribuídas nas quais os módulos da aplicação podem desempenhar tanto o papel de cliente, como o papel de servidor. Em outras palavras, esses módulos — chamados de **pares** — são tanto consumidores como provedores de recursos. Por exemplo, BitTorrent é um protocolo peer-to-peer para compartilhamento de arquivos na Internet. Aplicações que implementam o protocolo podem tanto prover arquivos como realizar o download de arquivos disponíveis na rede.

7.8 Anti-padrões Arquiteturais

Vamos encerrar este capítulo com a descrição de um **anti-padrão** arquitetural, isto é, uma organização de sistemas que não é recomendada. Talvez, o mais conhecido anti-padrão é chamado de **big ball of mud** (ou “grande bola de lama”). Esse anti-padrão — proposto por Brian Foote e Joseph Yoder ([link](#)) — descreve sistemas nos quais qualquer módulo comunica-se com praticamente qualquer outro módulo, como mostra a próxima figura. Ou seja, um “big ball of mud” não possui uma arquitetura definida. Em vez disso, o que existe é uma explosão no número de dependências, que dá origem a um espaguete de código. Consequentemente, a manutenção do sistema torna-se muito difícil e arriscada.



Anti-padrão *big ball of mud*

Mundo Real: Em um artigo publicado em 2009 na revista IEEE Software ([link](#)), Santonu Sarkar e mais cinco colegas — na época consultores da empresa indiana InfoSys — descrevem uma experiência de modularização de um grande sistema bancário. O sistema nasceu no final da década de 90 e desde então aumentou seu tamanho em 10 vezes: passou de 2.5 milhões para mais de 25 milhões de linhas de código! Segundo os autores, os times de desenvolvimento do sistema contavam com “várias centenas de engenheiros”. Apesar de não usarem o termo, o artigo caracteriza a arquitetura desse sistema bancário como uma “big ball of mud”. Por exemplo, os autores mencionam que apenas um diretório, chamado “sources”, possuía quase 15 mil arquivos. Em seguida, eles analisam o problema que era manter esse sistema: (1) o tempo de aprendizado de novos engenheiros só aumentava, passando de três para sete meses, no intervalo de cinco anos; (2) frequentemente, a correção de bugs introduzia novos bugs no sistema; (3) o tempo de implementação de novas funcionalidades, mesmo que simples, também estava aumentando muito.

Pode parecer que sistemas como esse — analisado no artigo da IEEE Software — são exceções. Porém, eles são mais comuns do que se pode imaginar. E a origem do problema reside na transformação do código em uma “big ball of mud”. De forma interessante, os autores citam que o banco tentou contornar o problema adotando práticas como documentação detalhada, revisões de código e programação em pares. Porém, todas se mostraram incapazes de atenuar os problemas causados pela arquitetura em forma de “big ball of mud”.

Bibliografia

James Lewis, Martin Fowler. Microservices: a definition of this new architectural term. Blog post, 2014.

Martin Fowler. Patterns of Enterprise Application Architecture, Addison-Wesley, 2002.

Martin Fowler. Who Needs an Architect, IEEE Software, vol. 20, issue 5, p. 11-13, 2003.

Patrick Eugster et al. The many faces of publish/subscribe. ACM Computing Surveys, vol. 35, issue 2, p. 114-131, 2003.

Glenn Krasner, Stephen Pope. A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in Smalltalk-80. Journal of Object-Oriented Programming, vol. 1, issue 3, p. 26-49,

1988.

Kevlin Henney, Frank Buschmann, Douglas Schmidt. Pattern-Oriented Software Architecture: A Pattern Language for Distributed Computing, vol. 4, John Wiley & Sons, 2007.

Exercícios de Fixação

1. Dada a sua complexidade, sistemas de bancos de dados são componentes relevantes na arquitetura de qualquer tipo de sistema. Verdadeiro ou falso? Justifique a sua resposta.
2. Descreva três vantagens de arquiteturas MVC.
3. Qual a diferença entre classes Controladoras em uma Arquitetura MVC tradicional e classes Controladoras de um sistema Web implementado usando um framework MVC como Ruby on Rails?
4. Descreva resumidamente quatro vantagens de microsserviços.
5. Por que microsserviços não são uma bala de prata? Isto é, descreva pelo menos três desvantagens do uso de microsserviços.
6. Explique a relação entre a Lei de Conway e microsserviços.
7. Explique o que significa desacoplamento no espaço e desacoplamento no tempo. Por que arquiteturas baseadas em filas de mensagens e arquiteturas Publish/Subscribe oferecem essas formas de desacoplamento?
8. Quando uma empresa deve considerar o uso de uma arquitetura baseada em filas de mensagens ou uma arquitetura publish/subscribe?
9. Explique o objetivo do conceito de tópicos em uma arquitetura publish/subscribe.
10. (POSCOMP, 2019, adaptado) Marque V ou F.
() O padrão MVC é uma adaptação do padrão arquitetural Camadas. A Camada Visão lida com a apresentação e a manipulação da interface, a Camada Modelo organiza os objetos específicos da aplicação, e a Camada Controle posiciona-se entre estas duas com as regras do negócio.
() O padrão Broker é voltado a problemas de ambientes distribuídos. Sugere uma arquitetura na qual um componente (broker) estabelece uma mediação que permite um desacoplamento entre clientes e servidores.
() Mesmo que um dado padrão arquitetural ofereça uma solução para o problema sendo resolvido, nem sempre ele é adequado. Fatores como contexto e o sistema de forças que afeta a solução fazem também parte do processo de avaliação e da escolha de padrões adequados.

Perguntas Frequentes

Veja também o [FAQ](#) deste capítulo.

Modo noturno

Direitos autorais reservados. Versão para uso pessoal. Para reportar quaisquer erros, incluindo pequenos erros de ortografia, use este [formulário](#).