

Construindo Microsserviços Orientados a Eventos

Utilizando dados organizacionais em escala

Segunda Edição

Adam Bellemare

Apresentação de Martin Kleppmann

O'REILLY®
Novatec

Authorized Portuguese translation of the English edition of Building Event-Driven Microservices, 2E ISBN 97898341622197 © 2025 Adam Bellemare. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

Tradução em português autorizada da edição em inglês da obra Building Event-Driven Microservices, 2E ISBN 97898341622197 © 2025 Adam Bellemare. Esta tradução é publicada e vendida com a permissão da O'Reilly Media, Inc., detentora de todos os direitos para publicação e venda desta obra.

© Novatec Editora Ltda. [2026].

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998. É proibida a reprodução desta obra, mesmo parcial, por qualquer processo, sem prévia autorização, por escrito, do autor e da Editora.

Editor: Rubens Prates

Tradução: Márcio Martins

ISBN do impresso: 978-85-7522-992-7

ISBN do ebook: 978-85-7522-993-4

Novatec Editora Ltda.

Rua Luís Antônio dos Santos 110

02460-000 – São Paulo, SP – Brasil

Tel.: +55 11 2959-6529

Email: novatec@novatec.com.br

Site: <https://novatec.com.br>

Twitter: twitter.com/novateceditora

Facebook: facebook.com/novatec

LinkedIn: <https://linkedin.com/company/novatec-editora/>

GRA20260209

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bellemare, Adam
Construindo microserviços orientados a eventos :
utilizando dados organizacionais em escala / Adam
Bellemare ; [tradução Márcio Martins]. -- 2. ed. --
São Paulo : Novatec Editora, 2026.

Título original: Building event-driven
microservices
ISBN 978-85-7522-992-7

1. Arquitetura de computador 2. Empresas
3. Gestão empresarial 4. Microserviços 5. Sistemas de
informação 6. Tecnologia da informação I. Título.

26-334684.0

CDD-658.4038

Índices para catálogo sistemático:

1. Sistemas de informação : Gestão : Administração
658.4038

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Sumário

Apresentação	13
Prefácio	15
PARTE I: Introdução a microsserviços orientados a eventos	19
CAPÍTULO 1: Por que microsserviços orientados a eventos?	20
O que são microsserviços orientados a eventos?.....	20
Introdução ao design orientado a domínio e contextos delimitados	23
Microsserviços, fronteiras e estruturas de comunicação.....	26
Estruturas de comunicação de negócio	26
Estruturas de comunicação de implementação	27
Estruturas de comunicação de dados.....	27
Lei de Conway e estruturas de comunicação	28
Estruturas de comunicação na computação tradicional	29
Opção 1: Criar um novo serviço.....	30
Opção 2: Adicioná-lo ao serviço existente.....	30
Vantagens e desvantagens de cada opção	30
Cenário da equipe (continuação)	31
Comunicação de dados orientada a eventos.....	32
Exemplo de equipe utilizando microsserviços orientados a eventos	33
Microsserviços de solicitação-resposta.....	34
Desvantagens dos microsserviços de solicitação-resposta	35
Vantagens dos microsserviços de solicitação-resposta	37
Resumo	37
CAPÍTULO 2: Fundamentos de eventos e fluxos de eventos	38
O que é um evento?	38
O que é um fluxo de eventos?	39

Sistemas de mensageria efêmeros	41
Enfileiramento.....	42
Filas por meio de brokers de filas modernos	43
Filas via Apache Kafka	44
Estrutura de um evento	46
Eventos sem chave	47
Eventos com chave.....	47
Eventos de entidade.....	49
Reparticionamento de fluxos de eventos.....	50
Coparticionamento de fluxos de eventos	51
Agregando estado a partir de eventos com chave	52
Materializando o estado a partir de eventos de entidade.....	52
Exclusão de eventos e compactação de fluxos de eventos.....	53
Arquitetura kappa	55
Arquitetura lambda.....	58
Definições de dados de eventos e esquemas	61
Impulsionando microsserviços com o broker de eventos.....	61
Escolhendo um broker de eventos	62
Ferramentas de suporte.....	62
Serviços hospedados.....	62
Bibliotecas de cliente e frameworks de processamento	63
Suporte da comunidade	63
Armazenamento indefinido e em camadas	63
Resumo	64
CAPÍTULO 3: Fundamentos de microsserviços orientados a eventos.....	65
Conceitos básicos de microsserviços orientados a eventos	65
Produtor/consumidor básico	67
Microsserviço orientado a eventos baseado em processamento de fluxo.....	69
Consulta SQL em streaming	71
Aplicação legada	73
Topologias e microsserviços orientados a eventos.....	73
Topologia de microsserviço.....	74
Topologia de negócio	74
Responsabilidades de microsserviços orientados a eventos	75
Qual deve ser o tamanho de um microsserviço?	77
Gerenciando microsserviços em escala.....	78
Colocando microsserviços em contêineres	79
Colocando microsserviços em máquinas virtuais.....	79
Gerenciando contêineres e máquinas virtuais	80
Arcando com o custo estrutural dos microsserviços.....	81
Contratos de serviço	82
Resumo	83

PARTE II: Eventos e fluxos de eventos.....84**CAPÍTULO 4: Esquemas e contratos de dados.....85**

Breve introdução sobre serialização e desserialização.....	86
O que é um esquema?	87
Quais são as opções de tecnologia de esquemas?.....	91
Protocol Buffers do Google, também conhecido como Protobuf	91
Apache Avro	93
JSON Schema	95
Evolução de esquemas: alterando esquemas ao longo do tempo	96
O que é um contratos de dados?.....	99
Negociando uma mudança drástica de esquema	101
1ª Etapa: Projetar o novo esquema	102
2ª Etapa: Consultar os consumidores existentes e obter aprovação	103
3ª Etapa: Planejar o lançamento, a migração e a descontinuação.....	103
4ª Etapa: Disponibilizar os novos fluxos de eventos	103
Papel do registro de esquemas	104
Criptografia em nível de campo	107
Integração com catálogos de dados.....	108
Resumo	109

CAPÍTULO 5: Projetando eventos.....110

Introdução a tipos de eventos	110
Eventos de estado e transferência de estado transportada por eventos	111
Eventos de estado atual	113
Eventos de estado antes/depois	114
Eventos delta	117
Eventos delta para event sourcing	117
Problemas com eventos delta	120
Em que contextos utilizar eventos delta e eventos de estado?	128
Eventos híbridos: eventos de estado com um pouco de delta	130
Eventos de medição.....	132
Eventos de medição viabilizam agregações	133
Fontes de eventos de medição podem ser suscetíveis a perdas.....	133
Eventos de medição podem sustentar aplicações sensíveis ao tempo	133
Eventos de notificação	134
Design de eventos para privacidade de dados e o direito ao esquecimento	135
Resumo	137

CAPÍTULO 6: Integrando arquiteturas orientadas a eventos com sistemas existentes.....139

O que é liberação de dados?	140
Antipadrão de escrita dupla	140
Padrões de liberação de dados	142

Frameworks de liberação de dados	142
Liberação de dados utilizando captura de dados de mudança (CDC).....	143
Criando um snapshot do estado inicial do conjunto de dados.....	145
Vantagens da captura de dados de mudança utilizando logs do repositório de dados.....	146
Desvantagens da captura de dados de mudança utilizando logs do repositório de dados	147
Liberação de dados com consulta por meio de polling.....	147
Atualização incremental	149
Vantagens da atualização baseada em consultas.....	149
Desvantagens da atualização baseada em consultas.....	150
Liberação de dados utilizando tabelas outbox transacionais.....	151
Considerações de desempenho	154
Isolando modelos de dados internos.....	154
Garantindo compatibilidade de esquemas	155
Capturando dados de mudança utilizando triggers	158
Realizando mudanças de definição de dados em conjuntos de dados sob captura.....	162
Concessões na liberação de dados.....	163
Destinando dados de eventos para repositórios de dados	165
Impactos da destinação e da extração em um negócio	166
Resumo	167
CAPÍTULO 7: Desnormalização e eventificação.....	169
Eventificação na tabela outbox transacional.....	172
Eventificação em um serviço dedicado	174
O que deve entrar no evento? E o que deve ficar de fora?	176
Dimensões de mudança lenta	178
Tipo 1: Sobrescreve com o novo valor	178
Tipo 2: Adiciona o novo valor	179
Resumo	180
CAPÍTULO 8: Microsserviços com estado orientados a eventos.....	181
Partições de fluxos de eventos e atribuições de consumidores	182
Reparticionamento de fluxos de eventos	183
Coparticionamento de fluxos de eventos	184
Atribuindo partições dentro de um grupo de consumidores	185
Selecionando um repositório de estado para o microsserviço	186
Materializando estado em um repositório de estado interno.....	187
Utilizando um fluxo de eventos de changelog para recuperação de estado.....	188
Materializando estado global	190
Vantagens dos repositórios de estado internos	190
Desvantagens dos repositórios de estado internos	192
Escalonamento e recuperação de estado interno.....	192
Materializando estado em um repositório de estado externo	196
Vantagens do estado externo.....	197

Desvantagens do estado externo	197
Escalonamento e recuperação com repositórios de estado externos	199
Reconstruindo o repositório de estado externo	200
Transações e processamento do tipo effectively once.....	202
Exemplo: para um serviço de contabilidade de estoque	203
Processamento do tipo effectively once com transações cliente-broker	204
Processamento do tipo effectively once sem transações cliente-broker	205
Resumo	210
CAPÍTULO 9: Processamento determinístico de fluxos.....	211
Determinismo com fluxos de trabalho orientados a eventos	212
Timestamps	212
Sincronizando timestamps distribuídos	214
Agendamento de eventos e processamento determinístico	216
Agendadores de eventos personalizados	216
Processamento com base no tempo do evento, de processamento e de ingestão.....	216
Extração de timestamps pelo consumidor	217
Chamadas de solicitação-resposta a sistemas externos	217
Watermarks	217
Watermarks no processamento paralelo	218
Tempo do fluxo.....	220
Eventos fora de ordem e eventos que chegam atrasados.....	222
Eventos que chegam atrasados com watermarks e tempo do fluxo	223
Causas e impactos de eventos fora de ordem.....	224
Funções sensíveis ao tempo e janelamento	225
Tratando eventos que chegam atrasados	227
Reprocessamento versus processamento quase em tempo real	229
Falhas intermitentes e eventos que chegam atrasados.....	230
Problemas de conectividade entre produtor e broker de eventos	230
Resumo e leituras adicionais recomendadas	232
CAPÍTULO 10: Construindo fluxos de trabalho com microsserviços.....	233
Padrão de coreografia	234
Modificando um fluxo de trabalho coreografado	235
Monitorando um fluxo de trabalho coreografado.....	236
Padrão de orquestração	238
Exemplo simples de orquestração orientada a eventos	239
Exemplo simples de orquestração por solicitação-resposta.....	240
Modificando um fluxo de trabalho de orquestração.....	241
Monitorando um fluxo de trabalho de orquestração	242
Orquestração por solicitação-resposta <i>versus</i> orientada a eventos	242
Transações distribuídas e padrão saga	243
Sagas por meio de coreografia	243
Sagas por meio de orquestração.....	246

Padrão de fluxo de trabalho de compensação	248
Implementando orquestração por meio de um mecanismo de execução durável	249
Event sourcing por meio de log durável do tipo append-only.....	252
Considerações adicionais sobre execução durável	253
Resumo	254

PARTE III: Frameworks de microsserviços orientados a eventos 255

CAPÍTULO 11: Microsserviços de produtor/consumidor básico 256

Cenários em que os BPCs funcionam bem.....	257
Integração com sistemas existentes utilizando o padrão sidecar.....	257
Lógica de negócio com estado que não depende da ordem dos eventos	258
Quando o repositório de dados executa grande parte do trabalho.....	260
Escalonamento independente do processamento e do repositório de dados	260
Resumo	261

CAPÍTULO 12: Microsserviços com frameworks pesados 262

Evolução dos frameworks pesados.....	263
Exemplo: janelamento de sessão de cliques e visualizações.....	264
Funcionamento interno de frameworks pesados	269
Vantagens e desvantagens.....	271
Opções de configuração de cluster e modos de execução.....	273
Utilizar um serviço hospedado	273
Construir e gerenciar o próprio cluster	274
Modos de submissão de aplicações	276
Modo driver.....	276
Modo cluster.....	276
Tratando estado e utilizando checkpoints.....	276
Escalonando aplicações e tratando partições de fluxo de eventos.....	278
Escalonando uma aplicação por meio de reinicialização	279
Escalonando uma aplicação enquanto ela está em execução	280
Escalonamento automático de aplicações.....	282
Recuperando-se de falhas.....	282
Considerações sobre multitenancy	283
Linguagens e sintaxe	283
Escolhendo um framework.....	284
Resumo	284

CAPÍTULO 13: Microsserviços com frameworks leves 285

Exemplo: join de dados de Product com dados de Brand utilizando uma chave estrangeira.....	286
Funcionalidades internas dos frameworks leves	288
Shuffle e reparticionamento de eventos.....	288
Tratando estado e utilizando changelogs.....	289

Escalonando e recuperando-se de falhas	290
Atribuição de estado.....	291
Replicação de estado e réplicas quentes.....	291
Resumo	292
CAPÍTULO 14: SQL em streaming.....	293
Conceitos básicos de consulta contínua	294
Transformando fluxos em tabelas para consultas SQL em streaming.....	294
Exemplo: enriquecimento de dados com Flink SQL	295
Executando código SQL em streaming	298
Executando código SQL pela interface de linha de comando	298
Executando código SQL dentro da aplicação.....	298
Executando código SQL a partir de um notebook.....	299
Executando código SQL por meio de um gateway.....	301
SQL como sidecar	302
Chamadas a funções definidas pelo usuário.....	303
Resumo	303
CAPÍTULO 15: Microsserviços utilizando funções como serviço (FaaS).....	305
Por que utilizar funções como serviço?	306
Construindo microsserviços com funções.....	307
Inicializações a frio e inicializações a quente.....	308
Encerramento e desligamento	309
Escolhendo um provedor de FaaS.....	309
Iniciando funções com triggers	310
Acionamento baseado em novos eventos: o listener de fluxo de eventos	311
Acionamento baseado no lag do grupo de consumidores.....	312
Acionamento baseado em agendamento	314
Acionamento utilizando webhooks.....	314
Acionamento baseado em eventos de recursos.....	314
Escalonando soluções de FaaS	314
Mantendo estado	315
Funções chamando outras funções	316
Padrão de comunicação assíncrona orientada a eventos.....	316
Padrão de chamada direta	317
Tratando falhas de funções de FaaS	320
Orquestradores de funções duráveis.....	322
Codificando o orquestrador em um documento proprietário	323
Codificando o orquestrador em um código-fonte	326
Resumo	328

PARTE IV: Consistência, dados incorretos e ferramentas de apoio	329
CAPÍTULO 16: Consistência eventual.....	330
Convergindo para a consistência, um evento por vez	332
Estratégias para lidar com a consistência eventual	336
Utilizar tipos de eventos de estado	336
Expor a consistência eventual na resposta do servidor	336
Utilizar comunicação orientada a eventos em vez de solicitação-resposta.....	338
Prevenir falhas para evitar inconsistências.....	338
Resumo	339
CAPÍTULO 17: Integrando microsserviços orientados a eventos e de solicitação-resposta	340
Transformando solicitações em eventos.....	341
Transformando solicitações em eventos utilizando um proxy REST	343
Integrando APIs de solicitação-resposta de terceiros	345
Disponibilizando dados por meio de uma API de solicitação-resposta	348
Atendendo a solicitações com repositórios de estado internos	348
Atendendo a solicitações com repositórios de estado externos.....	352
Tratando solicitações em um fluxo orientado a eventos	354
Processando eventos para interfaces de usuário	356
Exemplo: fluxo de trabalho de publicação de um jornal	357
Exemplo: separando serviços de aprovação do editor e do anunciante.....	360
Micro-frontends para aplicações de solicitação-resposta	362
Exemplo: aplicação de busca e avaliação de atrações.....	364
Vantagens dos micro-frontends	366
Desvantagens dos micro-frontends.....	367
Resumo	368
CAPÍTULO 18: Lidando com dados incorretos em fluxos de eventos.....	369
Principais tipos de dados incorretos em fluxos de eventos	370
Tipo 1: Dados corrompidos.....	370
Tipo 2: Evento sem esquema	370
Tipo 3: Evento com esquema inválido	371
Tipo 4: Evolução de esquema incompatível	371
Tipo 5: Valor logicamente inválido em um campo.....	372
Tipo 6: Valor logicamente válido, mas semanticamente incorreto.....	372
Tipo 7: Eventos ausentes	373
Tipo 8: Eventos que não deveriam ter sido produzidos.....	373
Prevenindo dados incorretos com esquemas, validação e testes.....	374
Prevenindo dados incorretos dos Tipos 1 a 5 com esquemas e evolução de esquemas	374
Regras de qualidade de dados: lidando com o Tipo 6: (logicamente válido, mas semanticamente incorreto)	375
Realizando testes: lidando com os Tipos 7 (dados ausentes) e 8 (dados que não deveriam ter sido produzidos).....	376

Papel do design de eventos na correção de dados incorretos	376
Corrija uma vez e corrija corretamente com eventos de estado	378
Construir para frente: desfazendo deltas incorretos com novos deltas	380
Último recurso: retroceder, reconstruir e tentar novamente	381
Retroceder, reconstruir e tentar novamente a partir de fonte externa	381
Retroceder, reconstruir e tentar novamente com o tópico como fonte	383
Resumo	383
CAPÍTULO 19: Ferramentas de suporte	385
Escolhendo a infraestrutura: construir versus comprar	386
Infraestrutura como código para clusters e serviços	386
Gerenciamento de identidade e acesso	388
Sistema de atribuição de microsserviços para equipes	388
Criação e modificação de fluxos de eventos	389
Marcação de metadados de fluxos de eventos e microsserviços	389
Cotas	391
Registro de esquemas	391
Gerenciando permissões de fluxos de eventos	392
Notificações de criação e modificação de esquemas	394
Gerenciamento de offsets de consumidores	394
Gerenciamento de estado e redefinição da aplicação	395
Monitoramento de lag de offset do consumidor	396
Simplificando o processo de criação de microsserviços	396
Controles de gerenciamento de contêineres	397
Implantações multicluster e replicação de fluxos de eventos	398
Rastreamento de dependências e visualização de topologia	399
Resumo	403
CAPÍTULO 20: Realizando testes em microsserviços orientados a eventos	404
Princípios gerais de realização de testes	404
Realizando testes unitários em funções de microsserviços	405
Realizando testes unitários em funções sem estado	405
Realizando testes unitários em funções com estado	406
Realizando testes na topologia completa orientada a eventos	407
Realizando testes de evolução e compatibilidade de esquemas	410
Realizando testes de integração em microsserviços orientados a eventos	412
Realizando testes de integração local	413
Criando um ambiente de teste dentro do tempo de execução do código de teste	415
Criando um ambiente de teste com contêineres	417
Integrando serviços hospedados, gerenciados e SaaS	418
Testes utilizando serviços de nuvem totalmente remotos	420
Criar de forma programática um ambiente temporário de testes single-tenant	420
Realizando testes em um ambiente multitenant durável	424
Realizando testes utilizando o ambiente de produção	425

Escolhendo uma estratégia de testes de integração totalmente remota	426
Resumo	427
CAPÍTULO 21: Implantando microsserviços orientados a eventos.....	428
Princípios da implantação de microsserviços.....	428
Componentes arquiteturais da implantação de microsserviços.....	430
Sistemas de integração contínua, entrega contínua e implantação contínua.....	430
Sistemas de gerenciamento de contêineres e hardware de commodity	431
Padrão básico de implantação com parada total	431
Padrão Rolling Update.....	433
Padrão de mudança drástica de esquema	434
Variante 1: Gravar os eventos com mudança drástica no mesmo fluxo antigo	434
Variante 2: Gravar os eventos com mudança drástica em um novo fluxo	435
Variante 3: Gravar os eventos antigos e novos em paralelo.....	436
Reprocessando dados históricos para mudanças drásticas de esquema.....	438
Padrão de implantação azul-verde	439
Resumo	441
CAPÍTULO 22: Conclusão	442
Estrutura de comunicação de dados	442
Domínios de negócio e contextos delimitados.....	443
Ferramentas, infraestrutura e custo estrutural dos microsserviços	443
Design de eventos	444
Eventos esquematizados	445
Liberação de dados é a única fonte da verdade	446
Microsserviços	446
Opções de implementação de microsserviços	447
Realização de testes	448
Implantação	448
Considerações finais	449
Índice remissivo	453

ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Todos os esforços foram feitos para assegurar o fornecimento de informações as mais precisas, completas e exatas possíveis neste livro. Contudo, tais informações são fornecidas “como estão” e sem nenhuma garantia, seja expressa, seja implícita. O autor, a editora, os distribuidores e qualquer entidade envolvida direta ou indiretamente na sua comercialização não assumirão responsabilidade alguma por eventual prejuízo ou dano, direto ou indireto, em razão dos dados contidos neste livro.