

## Diagrama de Arquitetura – Fluxo End-to-End

```
flowchart LR
%% =====
%% PRODUCERS
%% =====
subgraph PROD ["Fontes / Producers (.NET em EC2)"]
    P1["Producer .NET<br/>- Extrai código<br/>- Define key = código<br/>- JSON ~200 bytes"]
    end

%% =====
%% KAFKA / MSK
%% =====
subgraph MSK ["Amazon MSK (Kafka)"]
    subgraph T1 ["Tópico mt-c400"]
        P400_0["Partição 0<br/>(código 300)"]
        P400_1["Partição 1<br/>(código 301)"]
        P400_2["Partição 2<br/>(código 302)"]
        P400_3["Partição 3<br/>(código 303)"]
        P400_N["Partições extras<br/>(códigos mais quentes)"]
        end

    subgraph T2 ["Tópico mt-c300"]
        P300_0["Partição 0"]
        P300_1["Partição 1"]
    end
end

%% =====
%% CONSUMERS
%% =====
subgraph CONS ["Consumers (.NET em EC2)<br/>Consumer Group"]
    C1["Consumer EC2 #1<br/>Consome 1+ partições"]
    C2["Consumer EC2 #2<br/>Consome 1+ partições"]
    C3["Consumer EC2 #N<br/>Escala horizontal"]
    end

%% =====
%% LAMBDA
%% =====
subgraph AWS ["AWS Lambda"]
    L1["Lambda Dispatcher<br/>- Recebe lote<br/>- Roteia para serviços"]
    end

%% =====
%% FLUXOS
%% =====
P1 -->|Produce com key=código| MSK
```

```

P400_0 --> C1
P400_1 --> C2
P400_2 --> C3
P400_3 --> C1
P400_N --> C2

P300_0 --> C3
P300_1 --> C1

C1 -->|Batch JSON| L1
C2 -->|Batch JSON| L1
C3 -->|Batch JSON| L1

```

## 1 Producer (.NET em EC2)

- O Producer **não cria partições dinamicamente**.
- Ele apenas:
  - Lê a mensagem
  - Extrai o **codigo**
  - Define **key = codigo**
- O Kafka garante que **a mesma key sempre vai para a mesma partição**.

### 👉 Decisão importante:

A lógica de distribuição está no **Producer**, não no MSK.

## 2 Tópicos Kafka (Domínio de Negócio)

- Cada tópico representa um **domínio funcional** (**mt-c400, mt-c300**).
- Não há um tópico por código → evita explosão de tópicos.
- O tópico mais pesado (**mt-c400**) possui **mais partições**.

### 👉 Argumento forte:

"Tópicos representam domínios, partições representam escala."

## 3 Partições (Escala e Paralelismo)

- Cada partição é:
  - Unidade de paralelismo
  - Unidade de ordenação
- Códigos mais frequentes podem:

- Ter partições dedicadas
- Ou múltiplas partições no futuro (sub-key)

👉 **Trade-off consciente:**

Possibilidade de hot partition, mitigável com monitoramento.

---

**4 Consumers em EC2 (.NET)**

- Consumers fazem parte de **um único consumer group**.
- Kafka distribui automaticamente as partições.
- Escalar = subir mais EC2s.
- Cada consumer:
  - Consome mensagens
  - Agrupa em lote
  - Confirma offset após sucesso

👉 **Benefício:**

Escala horizontal sem mudança de código.

---

**5 Lambda (Fan-out e Distribuição)**

- Recebe mensagens **em lote**.
- Reduz custo de invocação.
- Faz roteamento para serviços downstream.
- Mantém consumer simples e rápido.

👉 **Separação clara de responsabilidades:**

- Kafka = throughput
  - EC2 = processamento contínuo
  - Lambda = distribuição e elasticidade
- 

## Mensagem-chave para convencer os pares

“Essa arquitetura desloca a complexidade para onde temos controle (Producer e Consumer) e mantém o MSK simples, estável e escalável. Ela evita explosão de tópicos, permite crescimento previsível e é compatível com volumes industriais de mensagens.”

Ótimo ponto. Como você está desenhando **arquitetura de alto throughput com Kafka + MSK + .NET + Lambda**, existem **conceitos fundamentais (teóricos e práticos)** que valem muito a pena você dominar e até **defender tecnicamente** em reuniões, ADRs ou banca acadêmica. Vou organizar em **camadas conceituais**, sempre conectando com o seu cenário real (13k msg/s, Pareto 80/20, múltiplos tópicos e partições).

---

# 1. Conceitos fundamentais de Kafka que você DEVE abordar

## 1.1 Tópico ≠ Fila (log distribuído)

### Conceito

- Kafka não é uma fila tradicional, é um **log distribuído e particionado**.
- Mensagens **não são removidas ao serem consumidas**.
- Cada consumidor mantém seu **offset**.

### Por que isso importa no seu caso

- Você pode ter **vários consumidores lendo o mesmo tópico** (ex: analytics, auditoria, distribuição).
- O Lambda não “consome” a mensagem, ele **processa uma posição do log**.
- Reprocessamento é possível (reset de offset).

### Frase-chave para defender

“Kafka desacopla produtores e consumidores usando um log imutável, o que nos dá replay, escalabilidade e tolerância a falhas.”

---

## 1.2 Partições = unidade real de paralelismo

### Conceito

- A **partição é a menor unidade de paralelismo** no Kafka.
- Uma partição → **1 consumidor por consumer group**.
- Não existe paralelismo dentro de uma partição.

### No seu cenário

- Se você quer processar **13.000 msg/s**, precisa dividir isso em **fatiadas paralelas**.
- Exemplo:
  - $13.000 / 13 \text{ partições} \approx 1.000 \text{ msg/s por partição}$
  - 13 consumidores em paralelo

### Decisão arquitetural

- **mt-c400** → muitas partições
- **mt-c300** → poucas partições

### Frase forte

“Escalar Kafka é escalar partições, não CPU.”

---

## 1.3 Consumer Group como mecanismo de balanceamento automático

## Conceito

- Um **consumer group** garante:
  - Balanceamento automático de partições
  - Failover transparente
  - Escalabilidade horizontal

## No seu caso

- Você sobe mais instâncias do serviço C#
- Kafka redistribui partições
- Nenhuma configuração manual

## Relação direta com Lambda

- Event Source Mapping do Lambda cria **um consumer group gerenciado pela AWS**

## Frase

"Consumer groups nos dão elasticidade sem coordenação manual."

---

## 2. Conceitos de particionamento (onde está o ouro)

### 2.1 Hash vs Key-based partitioning

#### Hash / Round-robin

- Máximo throughput
- Carga bem distribuída
- Ordem global NÃO garantida

#### Key-based (ex: código 300, 301... )

- Ordem garantida por chave
- Possível hotspot

## No seu cenário

- 80% das mensagens vêm de poucos códigos
- Se particionar só pelo código → risco de gargalo

## Decisão madura

- Usar **composite key**:

```
key = codigo + hash(deviceId)
```

---

## Frase técnica

"Mantemos ordem lógica sem sacrificar paralelismo físico."

## 2.2 Hot partitions e Lei de Pareto (80/20)

### Conceito

- 20% das chaves geram 80% do tráfego
- Kafka não resolve hotspot sozinho

### Soluções arquiteturais

1. Mais partições no tópico quente
2. Tópico dedicado para heavy hitters
3. Sub-particionamento lógico
4. Sharding por tempo ou região

### Exemplo

- `mt-c400-heavy`
- `mt-c400-light`

### Frase

"Identificamos hot keys e tratamos como first-class citizens da arquitetura."

## 3. Conceitos de throughput e performance

### 3.1 Batching (o conceito mais subestimado)

#### Conceito

- Kafka é otimizado para **lotes**, não mensagens individuais
- Produzir e consumir em batch aumenta throughput em ordens de magnitude

#### No consumidor C#

- `max.poll.records`
- Processar arrays
- Enviar batches ao Lambda

#### Frase

"Nós otimizamos chamadas, não mensagens."

### 3.2 Backpressure (fundamental para estabilidade)

#### Conceito

- O sistema **precisa saber desacelerar**

- Sem isso → colapso em cascata

## No seu pipeline

Kafka → C# → Lambda → Serviços

## Estratégias

- Pausar consumo (**Pause/Resume**)
- Controlar batch size
- Limitar concorrência do Lambda
- DLQ para falhas

## Frase

"Preferimos atrasar processamento a perder dados."

---

## 4. Conceitos de semântica de entrega

### 4.1 At-least-once vs At-most-once vs Exactly-once

#### Kafka por padrão

- At-least-once

#### O que isso significa

- Mensagens podem ser reprocessadas
- Seu downstream precisa ser **idempotente**

#### No Lambda

- Use:
  - Deduplicação
  - Chave de idempotência
  - DynamoDB conditional writes

## Frase

"Garantimos consistência por design, não por sorte."

---

## 5. Kafka + Lambda: choque de modelos

### 5.1 Pull (Kafka) vs Push (Lambda)

#### Kafka

- Pull-based

- Controle de ritmo no consumidor

## Lambda

- Push-based
- Escala agressivamente

## Conflito

- Lambda pode escalar mais rápido que downstream

## Solução

- Batch controlado
- Concurrency limit
- Step Functions ou SQS buffer se necessário

## Frase

“Integramos dois modelos opostos controlando o ponto de acoplamento.”

---

## 6. Conceitos de observabilidade (nível sênior)

### 6.1 Lag como SLO

#### Conceito

- Lag = backlog real
- Métrica mais importante do Kafka

#### Você deve monitorar

- Lag por partição
- Throughput por consumer
- Tempo Kafka → Lambda

## Frase

“Lag é nosso termômetro operacional.”

---

### 6.2 Tracing distribuído

#### Conceito

- Uma mensagem cruza:
  - Kafka
  - C#
  - Lambda
  - Serviços

## Solução

- Correlation ID
- OpenTelemetry
- Logs estruturados

## Frase

"Observabilidade não é opcional em sistemas distribuídos."

## 7. Conceitos de arquitetura (para fechar com chave de ouro)

### 7.1 Desacoplamento por eventos

#### Você está construindo

- Uma **arquitetura orientada a eventos**
- Não RPC, não request/response

#### Benefícios

- Escalabilidade
- Evolução independente
- Resiliência

### 7.2 Design para falha

#### Assumir

- Broker cai
- Consumer cai
- Lambda falha

#### Kafka permite

- Replay
- Retenção
- Reprocessamento controlado

#### Frase final forte

"Não evitamos falhas, projetamos para sobreviver a elas."

## Se quiser ir além (nível doutorado / staff engineer)

Posso te ajudar a:

- Criar **ADR formal** dessas decisões
- Calcular **número ótimo de partições**

- Simular throughput em Python
- Criar um **diagrama C4**
- Escrever isso como **capítulo de tese ou whitepaper**

Perfeito. Abaixo está um **diagrama em Mermaid** focado **exatamente nos pontos de tensão da discussão arquitetural:**

isolamento vs compartilhamento, blast radius, prioridade, chave de partição e evolução para arquitetura híbrida.

A ideia não é só mostrar o “fluxo feliz”, mas **visualizar os riscos e as decisões.**

## 1 Visão Geral – Arquitetura Atual (Domínio + Partições)

```

flowchart LR
    subgraph PROD ["Producers (.NET em EC2)"]
        P["Producer<br/>- Extrai código<br/>- Define key (ex: código)<br/>- JSON 200 bytes"]
        end

        subgraph MSK ["Amazon MSK"]
            subgraph C400 ["Tópico mt-c400 (mesmo domínio)"]
                C400_P0["Partição 0<br/>Código 300"]
                C400_P1["Partição 1<br/>Código 301"]
                C400_P2["Partição 2<br/>Código 302"]
                C400_PN["Partições extras<br/>Códigos quentes"]
            end
            end

            subgraph CONS ["Consumer Group (.NET EC2)"]
                C1["Consumer #1"]
                C2["Consumer #2"]
                C3["Consumer #N"]
            end
            end

            subgraph LAMBDA ["AWS Lambda"]
                L["Lambda Dispatcher<br/>- Batch<br/>- Roteia por código"]
            end
            end

            P -->|key = código| C400
            C400_P0 --> C1
            C400_P1 --> C2
            C400_P2 --> C3
            C400_PN --> C1

            C1 -->|batch| L
            C2 -->|batch| L
            C3 -->|batch| L

```

## O que este diagrama explica

- **Partições são a unidade de escala**, não tópicos
  - Ordem é garantida **por código**, não global
  - Consumer é genérico → reduz filtering cost
  - Lambda isola lógica e fan-out
- 

## 2 Onde mora o risco – Blast Radius e Hot Partition

```
flowchart LR
    subgraph MSK["Tópico mt-c400"]
        P0["Partição X<br/>Código 300<br/>(ALTA PRIORIDADE)"]
        P1["Partição Y<br/>Código 301<br/>(Volume Alto)"]
        end

        subgraph CONS ["Consumer EC2"]
            C["Consumer"]
            end

        P1 -->|Mensagem malformada| C
        C -.-->|Erro não tratado| P1
        P1 -.-->|Lag aumenta| P0

        style P1 fill:#fffdcc
        style P0 fill:#ffff4cc
```

## O que este diagrama evidencia

- Um erro em dados **não críticos** pode:
  - Aumentar lag
  - Afetar processamento crítico
- Esse risco **só existe** se:
  - Consumer tiver lógica pesada
  - Erro travar partição

### Mitigação:

- Consumer simples
  - DLQ
  - Try/catch por mensagem
- 

## 3 Comparação visual – Muitos Tópicos vs Poucos Tópicos

```

flowchart TB
    subgraph A ["Estratégia A<br/>Muitos Tópicos"]
        A300 ["topic-code-300"]
        A301 ["topic-code-301"]
        A302 ["topic-code-302"]
    end

    subgraph B ["Estratégia B<br/>Domínio + Partições"]
        B400 ["mt-c400"]
        B400_P ["Partições<br/>300 | 301 | 302"]
    end

    style A fill:#ffe6e6
    style B fill:#e6f2ff

```

## Leitura arquitetural

- Estratégia A:
  - Alto isolamento
  - Alto custo operacional
  - Topic sprawl
- Estratégia B:
  - Bom isolamento lógico
  - Escala eficiente
  - Governança centralizada

## 4 Evolução Natural – Arquitetura Híbrida (Prioridade)

```

flowchart LR
    subgraph PROD ["Producer (.NET)"]
        P ["Producer<br/>Decide tópico<br/>com base na prioridade"]
    end

    subgraph MSK ["Amazon MSK"]
        HP ["high_priority_events<br/>(Código 300)"]
        STD ["telemetry_standard<br/>(301, 302)"]
    end

    subgraph CONS ["Consumers EC2"]
        C_HP ["Consumers Alta Prioridade"]
        C_STD ["Consumers Standard"]
    end

    subgraph LAMBDA ["Lambda"]
        L ["Dispatcher"]
    end

```

```

end

P -->|300| HP
P -->|301/302| STD

HP --> C_HP
STD --> C_STD

C_HP --> L
C_STD --> L

```

### Mensagem-chave

- Evolução **não quebra o desenho atual**
- Producer já controla:
  - Key
  - Tópico
- Isolamento cresce conforme criticidade

## 5 Decisão sobre chave – **truck\_id** vs **codigo**

```

flowchart LR
    subgraph KEY1["key = truck_id"]
        K1["300 + 301<br/>mesma partição"]
    end

    subgraph KEY2["key = código"]
        K2["300 → partição A"]
        K3["301 → partição B"]
    end

    style KEY1 fill:#ffe6e6
    style KEY2 fill:#e6ffe6

```

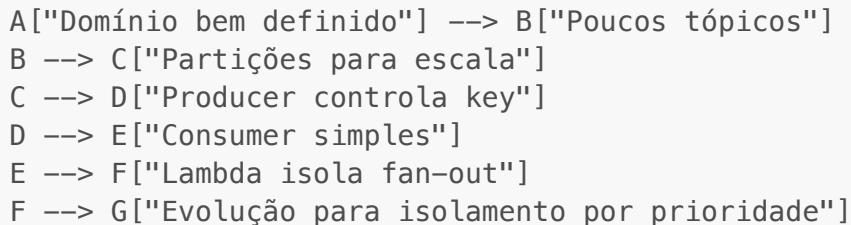
### Interpretação

- **truck\_id**:
  - Ordem forte
  - Alto acoplamento
- **codigo**:
  - Melhor isolamento
  - Ordem suficiente

- Menor blast radius
- 

## 6 Diagrama mental para defender a arquitetura

flowchart TB



### 🎯 Como usar esse material na discussão

Você pode literalmente apontar para os diagramas e dizer:

- "Aqui está onde assumimos risco conscientemente"
  - "Aqui está como mitigamos"
  - "Aqui está como evoluímos sem reescrever tudo"
- 

## Abordagem do producer

1. Objetivo da POC
  2. Responsabilidades do Producer
  3. Arquitetura lógica do Producer
  4. Estratégia para tópicos e partições
  5. Escala: 1 instância vs múltiplas instâncias
  6. Controle, observabilidade e governança
  7. Fluxograma (Mermaid)
  8. Etapas de implementação
  9. Pontos perigosos e riscos reais
- 

### 🎯 1. Objetivo da POC (Producer)

O que a POC PRECISA provar

A POC do **Producer EC2 .NET** deve responder objetivamente:

- Consigo **publicar corretamente** em múltiplos tópicos?
  - Consigo **controlar a distribuição de mensagens por partição**?
  - Consigo **simular volume realista**?
-

- Consigo escalar horizontalmente sem quebrar nada?
- Consigo medir impacto em latência e custo?

#### ⚠ Importante:

A POC **não** precisa:

- Ser altamente resiliente
- Ter autoscaling perfeito
- Ter HA completo

Ela precisa **validar decisões arquiteturais**, não ser produção.

---

## 📦 2. Responsabilidades do Producer

---

O Producer **não é burro**, mas também **não deve ser inteligente demais**.

Responsabilidades corretas

- ✓ Escolher o tópico
- ✓ Definir a key de partição
- ✓ Garantir confiabilidade (`acks=all`)
- ✓ Controlar taxa (throttling)
- ✓ Emitir métricas

Responsabilidades que NÃO são dele

- ✗ Saber quantas partições existem
- ✗ Fazer load balancing manual
- ✗ Garantir ordem global
- ✗ Saber quem vai consumir

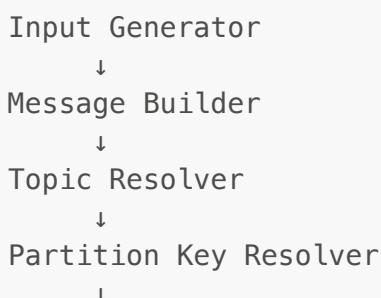
👉 Kafka já faz isso melhor.

---

## 🧠 3. Arquitetura lógica do Producer

---

Pense no Producer como **pipeline**, não como um “serviço REST”.



## 4. Estratégia para tópicos e partições

### Regra de ouro

Producer escolhe a KEY, Kafka escolhe a PARTIÇÃO

Exemplo

```
Topic: mt-c400
Key: hash(codigo + truck_id)
```

Kafka:

- Aplica hash(key)
- Mod N (partições)
- Distribui automaticamente

⚠ Você **não** deve usar `partition=X` manualmente na POC.

### Estratégia de chave (decisão crítica)

Opções

Estratégia	Prós	Contras
<code>truck_id</code>	Ordem por caminhão	Hot partitions
<code>codigo</code>	Isolamento lógico	Perda de ordem
<code>hash(codigo+truck)</code>	Equilíbrio	Ordem parcial

👉 Para POC:

Use `hash(codigo + truck_id)`

É a mais defensável.

## 5. Escala: quantas instâncias de Producer?

❗ Verdade importante

## Kafka Producer escala melhor por THREAD do que por INSTÂNCIA

Estratégia correta para POC

### Fase 1 – 1 EC2

- 1 processo
- 1 Producer
- 5–10 threads
- Controle de TPS

### Fase 2 – 2 EC2

- Mesma config
- Mesmos tópicos
- Mesmas chaves

👉 Kafka garante que:

- Não há duplicação
- Não há conflito
- Não há desordem por key

---

### ⚠ Erro comum

"Vou criar um Producer por partição"

✗ ERRADO

Isso quebra:

- Escala
- Rebalance
- Custo

---

## 6. Controle e governança

Controle de taxa (obrigatório)

- Mensagens/segundo
  - Bytes/segundo

Implemente:

- Token bucket simples
- Sleep controlado

- Config via ENV VAR
- 

## Observabilidade mínima

Métrica	Por quê
msg/s	Throughput
ack latency	Saúde MSK
error rate	Confiabilidade
retries	Saturação

---

## ➡ 7. Fluxograma do Producer (Mermaid)

```
flowchart TD
    A[Start Producer] --> B[Load Config]
    B --> C[Initialize Kafka Producer]
    C --> D[Start Worker Threads]

    D --> E[Generate Payload]
    E --> F[Resolve Topic]
    F --> G[Resolve Key]
    G --> H[Send to Kafka]

    H --> I{Ack OK?}
    I --Yes--> J[Emit Metrics]
    I --No--> K[Retry / Log Error]

    J --> E
```

## 🔧 8. Etapas práticas da POC

### Etapa 1 – Infra mínima

- EC2 t3.medium
  - Security Group liberando MSK
  - Certificados funcionando
- 

### Etapa 2 – Código Producer .NET

Componentes:

- ProducerFactory
  - MessageGenerator
  - TopicRouter
  - KeyResolver
  - MetricsEmitter
- 

## Etapa 3 – Simulação de carga

- Ramp-up gradual
  - 1 → 5 → 10 threads
  - Observa latência
- 

## Etapa 4 – Scale-out

- Sobe segunda EC2
  - Mesmo código
  - Observa:
    - Distribuição
    - Throughput
    - Impacto no MSK
- 

# 💀 9. Pontos perigosos e riscos reais

---

## 🔥 Risco 1 – Hot partitions

- Chave mal escolhida
  - Solução: hash composta
- 

## 🔥 Risco 2 – Buffer interno do Producer

- `queue.buffering.max.messages`
  - Pode causar OOM
  - Monitorar
- 

## 🔥 Risco 3 – Backpressure invisível

- MSK lento
  - Producer continua aceitando
  - Latência explode
-

## Risco 4 – Overengineering

- Producer “inteligente demais”
  - Lógica duplicada
  - Difícil de manter
- 

## Risco 5 – Falta de métricas

 "Sem métricas, você não tem arquitetura, só esperança."

---

## Conclusão arquitetural

O Producer **não controla o Kafka**.  
Ele **declara intenção** (key, tópico, confiabilidade).  
O Kafka **executa a estratégia de escala**.

Essa POC vai te permitir:

- Defender a arquitetura com números
  - Antecipar gargalos
  - Calibrar decisões antes da produção
- 

## Próximo passo (se quiser)

Posso:

- Criar **pseudocódigo .NET detalhado do Producer**
- Criar **checklist de POC**
- Criar **template de relatório de resultados**
- Avançar para **EC2 Consumer**

Se quiser, diga:

 “Vamos detalhar o código do Producer”

Perfeito. Vou te entregar **dois diagramas complementares**, no nível que normalmente aparece em **documentação de arquitetura séria**:

1. **Diagrama arquitetural do Producer (visão estrutural)**
2. **Fluxograma detalhado de execução do Producer (visão comportamental)**

Ambos pensados para:

- Sustentar discussão com arquitetos, SRE e FinOps
  - Ajudar alguém a **construir o serviço do zero**
  - Deixar explícito **onde estão os riscos e controles**
-



# 1 Diagrama Arquitetural do Serviço Producer (.NET em EC2)

## 👉 Pergunta que esse diagrama responde

"Que componentes existem dentro do Producer e como eles se relacionam?"

```
graph TD
    subgraph EC2["EC2 Producer (.NET)"]
        CFG["Config Loader<br/>(ENV / AppSettings)"]
        GEN["Message Generator<br/>(Simula fontes)"]
        ROUTER["Topic Router<br/>(Regra por código)"]
        KEY["Key Resolver<br/>(hash(código+truck))"]
        KPROD["Kafka Producer<br/>(librdkafka)"]
        MET["Metrics & Logs<br/>(CloudWatch / OTEL)"]
        RATE["Rate Limiter<br/>(TPS / Bytes)"]
    end

    subgraph MSK["Amazon MSK"]
        T400["Topic mt-c400<br/>(N Partições)"]
        T300["Topic mt-c300<br/>(M Partições)"]
    end

    CFG --> GEN
    GEN --> ROUTER
    ROUTER --> KEY
    KEY --> RATE
    RATE --> KPROD
    KPROD --> T400
    KPROD --> T300
    KPROD --> MET
    RATE --> MET
```

## 📌 Como explicar esse diagrama em reunião

- **Config Loader**  
→ Nada hardcoded. TPS, tópicos e comportamento são configuráveis.
- **Message Generator**  
→ Simula múltiplas fontes e Pareto (80/20).
- **Topic Router**  
→ Decide *qual domínio* (mt-c400, mt-c300).
- **Key Resolver**  
→ Define *como Kafka irá distribuir*.

- **Rate Limiter**  
→ Protege o MSK e o próprio Producer.
  - **Kafka Producer**  
→ Único ponto de comunicação com o cluster.
  - **Metrics**  
→ Sem isso, a POC não vale nada.
- 

## 2 Fluxograma Detalhado do Producer (Execução passo a passo)

---

### 👉 Pergunta que esse fluxograma responde

"O que acontece exatamente desde o start até o envio contínuo?"

```
flowchart TD
    A[Start EC2 Producer] --> B[Load Configurations]
    B --> C[Validate Configs]
    C -->|Invalid| CERR[Fail Fast & Exit]
    C -->|Valid| D[Init Kafka Producer]

    D --> E[Init Metrics & Logs]
    E --> F[Start Worker Threads]

    F --> G[Generate Message]
    G --> H[Extract Business Code]
    H --> I[Resolve Topic]
    I --> J[Resolve Partition Key]

    J --> K[Rate Limit Check]
    K -->|Exceeded| KWAIT[Wait / Sleep]
    KWAIT --> K
    K -->|Allowed| L[Produce Message]

    L --> M{Ack Received?}
    M -->|Yes| N[Update Metrics]
    M -->|No| O[Retry Policy]

    O -->|Retryable| L
    O -->|Fatal| P[Log Error & Continue]

    N --> G
```

### 📌 Pontos críticos destacados no fluxograma

---

## 🔴 Fail Fast

- Se config errada → **não sobe**
  - Evita produzir "zumbi"
- 

## 🔴 Rate Limiter antes do Kafka

- Kafka **não protege você**
  - Sem isso:
    - Memória cresce
    - Latência explode
    - EC2 morre
- 

## 🔴 Retry consciente

- Nem todo erro é retryável
  - Erro de schema ≠ erro de rede
- 

# ⚠ Pontos perigosos explícitos no diagrama

---

Ponto	Risco	Mitigação
Key mal escolhida	Hot partition	Hash composta
Sem rate limit	OOM	Throttling
Retries infinitos	Loop infinito	Retry com limite
Config fixa	Impossível escalar	ENV vars
Métricas pobres	Arquitetura "cega"	CloudWatch / OTEL

---

## 🧠 Como um arquiteto sênior justificaria esse desenho

---

"Esse Producer não sabe nada sobre o MSK além do necessário. Ele declara intenção (tópico, chave, confiabilidade) e deixa o Kafka fazer o trabalho pesado. Isso reduz acoplamento, facilita escala e torna o comportamento previsível sob carga."

## 📋 Checklist rápido (para POC)

---

- ✓ Código configurável
- ✓ Simulação Pareto
- ✓ Métricas claras
- ✓ Rate limit ativo
- ✓ Chave bem definida
- ✓ Fácil de escalar horizontalmente

Perfeito. Abaixo está um **PLAYBOOK DE AUMENTO DE PARTIÇÕES KAFKA (MSK)**, escrito no nível que **SRE, arquiteto e time .NET** esperam ver.

Ele cobre **quando fazer, impactos reais, o que esperar, como mitigar, e como o código .NET deve se comportar antes e depois.**

Este material é **diretamente reutilizável** na sua documentação oficial.

---

## PLAYBOOK – Aumento de Partições em Kafka (MSK)

---

### Objetivo

Permitir **aumento de throughput e paralelismo** sem downtime, mantendo:

- previsibilidade operacional
- impacto controlado
- zero mudança no código do Producer/Consumer (.NET)

---

### 1 Quando aumentar partições (critérios objetivos)

Você **NÃO aumenta partições por intuição.**

Você aumenta quando **métricas indicam gargalo estrutural.**

Indicadores claros

Métrica	Sintoma
Consumer Lag cresce continuamente	Capacidade insuficiente
Apenas algumas partições saturadas	Hot partition
CPU de consumers < 50%	Falta paralelismo
Throughput estagnado	Límite físico
Escalar consumers não ajuda	Falta partições

### Regra prática

Número de partições  $\geq$  número máximo esperado de consumers ativos

## 2 O que acontece tecnicamente ao aumentar partições

Estado ANTES

```
Topic mt-c400
Partições: 8
partition = hash(key) % 8
```

Estado DEPOIS

```
Topic mt-c400
Partições: 16
partition = hash(key) % 16
```

Efeitos imediatos

- ✓ Mensagens antigas permanecem onde estão
- ✓ Mensagens novas passam a usar novas partições
- ⚠ A mesma key pode ir para outra partição
- ⚠ Ordem histórica entre mensagens antigas e novas é quebrada

👉 Nada é perdido. Nada é duplicado.

---

## 3 Impactos esperados (e normais)

### 3.1 Rebalance do Consumer Group

O que acontece

- Todos os consumers pausam
- Kafka redistribui partições
- Consumo retoma

O que esperar

- Pausa de segundos (ou minutos se exagerou nas partições)
- Lag temporário

Mitigação

- Aumentar partições fora do horário de pico
  - Garantir que consumers sejam idempotentes
- 

### 3.2 Redistribuição de carga

## Antes

Partição 2 → 80% do tráfego

## Depois

Partição 2 → 40%  
Partição 10 → 40%

👉 Esse é o ganho esperado.

---

### 3.3 Mudança invisível para o Producer

- ✓ Producer não sabe
- ✓ Producer não muda
- ✓ Producer continua saudável

**SE** você usou:

- key-based partitioning
- sem partição fixa no código

## 4 Riscos reais e como resolver

🔥 RISCO 1 – Explosão de rebalance

### Causa

- Muitas partições
- Muitos consumers
- Deploy frequente

### Mitigação

- Evitar “partições demais”
  - Preferir scale-up antes de scale-out
  - Evitar restart em massa
- 

🔥 RISCO 2 – Quebra de expectativa de ordem

### Causa

- Key vai para outra partição

### Mitigação

- Documentar claramente:

“Ordem é garantida apenas após o resize”

- Usar timestamp de evento
- 

## 🔥 RISCO 3 – Hot partition continua

### Causa

- Chave mal escolhida

### Mitigação

```
ANTES: key = codigo  
DEPOIS: key = hash(codigo + truck_id)
```

## 5 Como se preparar ANTES do aumento (obrigatório)

- ✓ 1. Código .NET deve ser agnóstico a partições

✗ ERRADO

```
new TopicPartition("mt-c400", new Partition(3))
```

✓ CORRETO

```
producer.Produce(  
    "mt-c400",  
    new Message<string, string>  
    {  
        Key = $"{codigo}:{truckId}",  
        Value = payload  
    }  
);
```

- ✓ 2. Consumers devem ser idempotentes

Após rebalance:

- Mensagem pode ser reprocessada
  - Offset pode ser replayado
-

👉 Lambda downstream deve suportar isso.

---

### ✓ 3. Métricas obrigatórias antes do resize

- Consumer lag por partição
  - Rebalance time
  - Throughput por key
  - Ack latency do Producer
- 

## 6 Passo a passo operacional (Playbook)

### ◆ PASSO 1 – Validar necessidade

- Confirmar gargalo
  - Confirmar que mais consumers não resolvem
- 

### ◆ PASSO 2 – Escolher novo número

Regra prática:

Novo N = 2x partícões atuais

Evite:

- Incrementos pequenos
  - Ajustes frequentes
- 

### ◆ PASSO 3 – Executar resize

```
kafka-topics.sh \
--bootstrap-server <broker> \
--alter \
--topic mt-c400 \
--partitions 16
```

- ✓ Sem downtime
  - ✓ Sem restart
- 

### ◆ PASSO 4 – Monitorar rebalance

Acompanhar:

- consumer-group-state
  - lag total
  - throughput
- 

#### ◆ PASSO 5 – Validar estabilização

Critério de sucesso:

- Lag volta ao normal
  - CPU de consumers sobe
  - Throughput aumenta
- 

### 7 O que NÃO fazer (anti-patterns)

- ✗ Fixar partições no Producer
  - ✗ Criar lógica “partição dedicada” no código
  - ✗ Aumentar partições toda semana
  - ✗ Ignorar rebalance
  - ✗ Achar que aumento é “sem impacto”
- 

### 8 Pergunta dura de SRE (simulação)

? “Se dobrarmos as partições agora, o que pode dar errado?”

**Resposta correta**

“Teremos um rebalance temporário e possível quebra de ordem histórica, mas nenhum impacto em integridade, perda de dados ou necessidade de mudança de código.”

---

### 9 Pergunta dura de arquiteto (simulação)

? “Por que não criar outro tópico em vez de aumentar partições?”

**Resposta madura**

“Porque o domínio não mudou. Só a capacidade. Partições escalam processamento, tópicos escalam contratos.”

---

### ◀ END Conclusão para documentação

“Aumentar partições é uma operação planejada, previsível e segura quando o Producer é key-based, os Consumers são idempotentes e o impacto é monitorado. O risco não está no Kafka, está em arquiteturas que acoplam código à topologia.”

---

Perfeito. Vou estruturar **um playbook completo para o CONSUMER (.NET em EC2)**, já alinhado com tudo o que discutimos: MSK gerenciado, múltiplos tópicos, múltiplas partições, possibilidade de aumento de partições no futuro, batching e integração com Lambda.

Vou escrever isso no **nível de documentação técnica + operacional**, do jeito que um **SRE, arquiteto ou tech lead espera ler**.

---

## Playbook do Consumer Kafka (.NET + EC2 + MSK)

---

### 1. Papel do Consumer na Arquitetura

O **consumer** é o componente mais crítico da arquitetura porque ele:

- Converte **throughput Kafka → processamento real**
- Define **latência, ordenação, paralelismo**
- É o ponto onde **backpressure** aparece
- É onde falhas viram **reprocessamento, duplicação ou perda**

Na sua arquitetura, o consumer:

- Consome tópicos como **mt-c400**
- Lê **N partições em paralelo**
- Agrega mensagens em **lotes**
- Dispara **Lambda** quando:
  - Batch size atingido **OU**
  - Timeout atingido

---

### 2. Princípios de Design (não negociáveis)

#### 2.1 Consumer Group é obrigatório

##### Escalabilidade em Kafka = consumer group

- Cada instância EC2 do consumer:
  - Usa o **mesmo group.id**
- Kafka garante:
  - **1 partição → 1 consumer ativo**
  - Rebalance automático

👉 Se você tem **12 partições**, o máximo de paralelismo real é **12 consumers ativos**.

---

---

## 2.2 Consumer NÃO decide partição

Diferente do producer, o consumer **não escolhe partições**

Ele:

- Recebe partições atribuídas pelo **Kafka Group Coordinator**
- Deve ser **agnóstico** à quantidade de partições

Isso é essencial para:

- Suportar **aumento futuro de partições**
  - Evitar reescrita do código
- 

## 3. Estratégia de Escala do Consumer

### 3.1 Relação Partições x Instâncias

Partições	EC2 Consumers	Resultado
6	3	Cada EC2 consome 2 partições
6	6	1 partição por EC2
6	10	4 EC2 ficam ociosos
12	6	Cada EC2 consome 2 partições

- 👉 Nunca escale EC2 sem considerar partições  
👉 Escalar além do número de partições **não aumenta throughput**
- 

### 3.2 Modelo recomendado

- **Auto Scaling Group (ASG)**
  - Métricas:
    - Lag por consumer group
    - CPU / memória
  - Escala:
    - Scale out **até o limite de partições**
    - Depois disso → só aumenta custo
- 

## 4. Fluxo Lógico do Consumer

### 4.1 Fluxo macro

1. EC2 sobe
2. Inicializa Kafka Consumer
3. Entra no Consumer Group
4. Kafka atribui partições
5. Loop de consumo:

- o Poll mensagens
  - o Bufferiza
  - o Dispara Lambda
  - o Commita offsets
- 

#### 4.2 Fluxograma (mental)

```
START
↓
Connect to MSK (mTLS)
↓
Join Consumer Group
↓
Get Assigned Partitions
↓
WHILE running:
    Poll messages
    Add to batch
    IF batch size OR timeout:
        Call Lambda
        Commit offsets
```

---

## 5. Estratégia de Batching (fundamental)

### 5.1 Por que batching?

Sem batching:

- Milhares de invocações Lambda
- Custo alto
- Latência variável

Com batching:

- Controle de custo
  - Throughput previsível
  - Melhor uso de rede
-

## 5.2 Tipos de batching

Você **DEVE** usar dois gatilhos:

### 1. Batch Size

- Ex: 500 mensagens

### 2. Batch Timeout

- Ex: 1 segundo

Nunca use apenas tamanho — isso causa latência infinita em períodos de baixo tráfego

---

## 6. Commit de Offset (ponto crítico)

### 6.1 Estratégia correta

- `EnableAutoCommit = false`
- Commit **após Lambda responder OK**

```
consumer.Commit();
```

---

### 6.2 Riscos

Situação	Impacto
Commit antes do Lambda	Perda de dados
Commit depois do Lambda	Possível duplicação
Lambda falha	Reprocessamento

👉 Kafka trabalha com "at-least-once"

👉 Duplicação é aceitável, perda não

---

## 7. Integração com Lambda

### 7.1 Modelo recomendado

- Consumer chama Lambda **sincronamente**
- Payload contém:
  - Lista de mensagens
  - Metadados (topic, partition, offset)

```
{  
  "topic": "mt-c400",  
  "partition": 3,  
  "messages": [...]  
}
```

## 7.2 Por que não assíncrono?

- Você perde controle de sucesso/falha
- Não sabe quando commitar offsets
- Quebra consistência

# 8. Impacto do Aumento de Partições no Consumer

## 8.1 O que acontece tecnicamente?

Quando você aumenta partições:

1. Kafka dispara **rebalance**
2. Consumers pausam
3. Partições são redistribuídas
4. Consumo continua

## 8.2 Impactos práticos

Impacto	Explicação
Rebalance	Pausa temporária
Ordem	Ordem global quebra
Throughput	Aumenta potencial
Código	Não muda (se bem feito)

👉 **Consumer bem feito não precisa mudar uma linha**

# 9. Pontos de Atenção (riscos reais)

## 9.1 Rebalance frequente

Causas:

- Muitas instâncias subindo/descendo
- Timeout mal configurado

Mitigação:

- Ajustar:
    - `session.timeout.ms`
    - `max.poll.interval.ms`
- 

## 9.2 Backpressure

Se Lambda ficar lenta:

- Batch cresce
- Lag aumenta
- ASG tenta escalar

Mitigação:

- Timeout de Lambda
  - Circuit breaker
  - Limite de batch
- 

## 9.3 Lag invisível

Se você não monitora:

- O sistema "parece vivo"
- Mas está horas atrasado

Obrigatório:

- Monitorar **Consumer Group Lag**
- 

## 10. Perguntas duras que vão surgir (e respostas)

❓ “E se dobrar o volume em 6 meses?”

✓ Resposta:

Aumentamos partções, o consumer absorve automaticamente via rebalance. O código já está preparado.

---

❓ “E se uma EC2 cair?”

✓ Resposta:

Kafka redistribui partções para os outros consumers automaticamente.

---

**? "Por que não Lambda direto consumindo Kafka?"**

✓ Resposta:

Lambda não é ideal para:

- Long-lived connections
  - Alto throughput contínuo
  - Controle fino de offset
- 

## 11. Checklist de POC – Consumer

Código

- Consumer Group configurado
- Commit manual
- Batch size + timeout
- Logs estruturados

Infra

- ASG configurado
- IAM para Lambda invoke
- Certificados mTLS

Observabilidade

- Lag por consumer group
  - Tempo de batch
  - Erros de Lambda
- 

## 12. Conclusão (frase de arquiteto)

**O consumer é o elemento que transforma paralelismo do Kafka em capacidade real de processamento.**

Se ele for stateless, idempotente e orientado a consumer groups, a arquitetura escala horizontalmente sem reescrita, mesmo com aumento de partições ao longo do tempo.

---

Perfeito. Abaixo está **um diagrama Mermaid focado exclusivamente no CONSUMER (.NET em EC2)**, cobrindo:

- Consumer Group
  - Atribuição de partições
  - Batching
  - Commit de offset
  - Chamada ao Lambda
  - Rebalance
-

- Observabilidade

Você pode colar isso **diretamente no draw.io (diagrams.net)** ou em qualquer editor que suporte Mermaid.

## Diagrama Mermaid — Consumer Kafka (.NET + EC2)

```

flowchart TD
    subgraph MSK["Amazon MSK (Kafka Cluster)"]
        T1["Tópico: mt-c400"]
        P0["Partição 0"]
        P1["Partição 1"]
        P2["Partição 2"]
        Pn["Partição N"]

        T1 --> P0
        T1 --> P1
        T1 --> P2
        T1 --> Pn
    end

    subgraph CG["Consumer Group: mt-c400-consumer-group"]
        C1["EC2 Consumer #1 (.NET)"]
        C2["EC2 Consumer #2 (.NET)"]
        C3["EC2 Consumer #3 (.NET)"]
    end

    P0 -->|Assign| C1
    P1 -->|Assign| C2
    P2 -->|Assign| C3
    Pn -->|Assign| C1

    subgraph C1_FLOW["Fluxo Interno do Consumer"]
        POLL["Poll() Kafka"]
        BUFFER["Buffer de Mensagens"]
        CHECK{"Batch Size<br/>ou Timeout?"}
        INVOKE["Invoke Lambda<br/>(Sync)"]
        COMMIT["Commit Offset"]

        POLL --> BUFFER
        BUFFER --> CHECK
        CHECK -- Não --> POLL
        CHECK -- Sim --> INVOKE
        INVOKE -->|OK| COMMIT
        COMMIT --> POLL
    end

    C1 --> POLL
    POLL --> BUFFER
    BUFFER --> CHECK
    CHECK -- Não --> POLL
    CHECK -- Sim --> INVOKE
    INVOKE -->|OK| COMMIT
    COMMIT --> POLL

    INVOKE -->|Erro| DLQ["Retry / DLQ / Backoff"]

```

```

subgraph OBS ["Observabilidade"]
    LAG ["Consumer Group Lag"]
    METRICS ["CPU / Memória"]
    LOGS ["Logs Estruturados"]
end

C1 --> LAG
C2 --> LAG
C3 --> LAG

C1 --> METRICS
C2 --> METRICS
C3 --> METRICS

C1 --> LOGS
C2 --> LOGS
C3 --> LOGS

subgraph REBALANCE ["Evento de Rebalance"]
    SCALE ["Scale Out / In EC2"]
    REDIST ["Redistribuição de Partições"]
end

SCALE --> REDIST
REDIST --> C1
REDIST --> C2
REDIST --> C3

```

## Como interpretar esse diagrama (para explicar aos pares)

### 1 MSK e Partições

- O tópico **mt-c400** é dividido em **N partições**
- Kafka garante **ordem por partição**

### 2 Consumer Group

- Todas as EC2 usam o **mesmo group.id**
- Kafka atribui partições dinamicamente
- **1 partição → 1 consumer ativo**

### 3 Fluxo interno do Consumer

- **Poll()** lê mensagens
- Mensagens vão para buffer
- Quando:

- Batch size **OU**
  - Timeout
    - Lambda é invocado
- 

#### 4 Commit de Offset

- Só ocorre **após Lambda responder OK**
  - Garante **at-least-once**
- 

#### 5 Rebalance

- Acontece quando:
    - Nova EC2 sobe
    - EC2 cai
    - Partições aumentam
  - Kafka redistribui automaticamente
- 

#### 6 Observabilidade

- **Lag** é o principal KPI
  - CPU/Memória mostram saturação
  - Logs ajudam a diagnosticar rebalance e falhas
- 

### 🎯 Mensagem-chave para a documentação

O consumer é stateless, orientado a consumer group e desacoplado do número de partições. Isso permite escalar horizontalmente, absorver aumento de partições e manter confiabilidade sem mudanças de código.

Excelente pedido — **Consumer Group é o coração da sua arquitetura** e normalmente é onde arquitetos, SREs e seniors mais questionam.

Vou fazer em **três níveis**:

1. **Explicação conceitual profunda (o “porquê”)**
  2. **Como isso se traduz na sua aplicação .NET em EC2**
  3. **Diagrama Mermaid didático para documentação e apresentação**
- 

## 1 O que é um Consumer Group (conceito profundo)

---

Um **Consumer Group** no Kafka é um **mecanismo de coordenação distribuída** que resolve **três problemas fundamentais**:

---

## ◆ Problema 1 – Escalabilidade horizontal

Sem consumer group:

- Um consumer lê tudo
- Limite físico de CPU / rede

Com consumer group:

- Várias instâncias leem **em paralelo**
- Kafka distribui as **partições** entre elas

### Regra de ouro

- 1 partição → **somente 1 consumer ativo**
- 1 consumer → **pode ler várias partições**

---

## ◆ Problema 2 – Garantia de ordem

Kafka **não garante ordem global**, apenas:

### Ordem dentro da mesma partição

O consumer group **preserva essa garantia**, porque:

- Uma partição nunca é processada por dois consumers ao mesmo tempo
- Logo, a sequência de mensagens é mantida

---

## ◆ Problema 3 – Tolerância a falhas

Se um consumer cai:

- Kafka detecta falha via **heartbeat**
- Redistribui as partições automaticamente
- Outro consumer assume

Isso é **self-healing**, sem intervenção humana.

---

## 2 Como funciona internamente (mecanismo real)

Componentes envolvidos:

Componente	Função
<b>Group Coordinator</b>	Broker Kafka responsável pelo grupo
<b>Heartbeat</b>	Sinal periódico de vida do consumer

Componente	Função
<b>Partition Assignment</b>	Algoritmo de distribuição
<b>Offsets</b>	Posição de leitura por partição

---

## ⌚ Ciclo de vida de um Consumer Group

1. Consumer inicia
  2. Envia **JoinGroup**
  3. Recebe partições
  4. Começa a consumir
  5. Envia heartbeats
  6. Commit de offsets
  7. Continua até morrer ou escalar
- 

## ⚠ Rebalance (ponto crítico)

Rebalance ocorre quando:

- Nova EC2 sobe
- EC2 cai
- Partições aumentam
- Consumer fica lento

Durante o rebalance:

- Consumo **pausa**
- Partições são redistribuídas
- Offsets são reatribuídos

⚠ Quanto mais partições e mais consumers, mais caro o rebalance.

## 3 Por que sua aplicação PRECISA definir um Consumer Group

---

Na sua arquitetura:

- EC2 Consumer é **stateless**
- Lambda recebe batches
- Kafka mantém estado (offsets)

👉 **O estado não está na aplicação, está no Kafka**

Isso permite:

- Escalar EC2 sem reconfiguração
  - Substituir instâncias sem perda
  - Deploy seguro (rolling update)
- 

## 🔒 group.id = contrato operacional

O **group.id** define:

- Quem divide carga
- Quem compete pelas mensagens
- Quem mantém offset

Se mudar o **group.id**, Kafka entende como **aplicação nova**

---

## 4 Consumer Group no contexto .NET + MSK

---

Configuração típica (.NET)

```
var config = new ConsumerConfig
{
    BootstrapServers = "...",
    GroupId = "mt-c400-consumer-group",
    EnableAutoCommit = false,
    AutoOffsetReset = AutoOffsetReset.Earliest,
    MaxPollIntervalMs = 300000,
    SessionTimeoutMs = 45000
};
```

O que isso significa arquiteturalmente

Config	Impacto
GroupId	Define cluster lógico de consumers
EnableAutoCommit=false	Controle transacional
MaxPollIntervalMs	Protege contra consumer lento
SessionTimeoutMs	Define sensibilidade a falhas

---

## 5 Consumer Group ≠ Tópico ≠ Aplicação

---

Essa confusão é comum:

Conceito	Significado
<b>Tópico</b>	Fluxo de dados
<b>Consumer Group</b>	Cluster lógico de leitura
<b>Consumer</b>	Instância física
<b>Aplicação</b>	Código que implementa o consumer

## 6 Diagrama Mermaid – Consumer Group em detalhes

```

flowchart LR
    subgraph Kafka ["Amazon MSK (Kafka)"]
        T["Tópico: mt-c400"]
        P0["Partição 0"]
        P1["Partição 1"]
        P2["Partição 2"]
        P3["Partição 3"]

        T --> P0
        T --> P1
        T --> P2
        T --> P3
    end

    subgraph CG ["Consumer Group: mt-c400-consumer-group"]
        C1["Consumer EC2 #1"]
        C2["Consumer EC2 #2"]
        C3["Consumer EC2 #3"]

        end

        P0 -->|assign| C1
        P1 -->|assign| C2
        P2 -->|assign| C3
        P3 -->|assign| C1

        C1 -->|heartbeat| Kafka
        C2 -->|heartbeat| Kafka
        C3 -->|heartbeat| Kafka

        C1 -->|commit offset| Kafka
        C2 -->|commit offset| Kafka
        C3 -->|commit offset| Kafka

    subgraph Rebalance ["Rebalance Event"]
        SCALE["Scale Out / Failure"]
        REDIST["Reatribuição de Partições"]
    end

```

```
end
```

```
SCALE --> REDIST  
REDIST --> CG
```

## 7 Argumento forte para convencer superiores

O Consumer Group transforma múltiplas instâncias EC2 em **um único consumidor lógico**, com:

- Escalabilidade horizontal
- Tolerância a falhas
- Preservação de ordem
- Controle de estado centralizado

Sem ele, a arquitetura seria rígida, frágil e cara.

## 8 Riscos e cuidados (pontos que seniors vão perguntar)

Risco	Mitigação
Rebalance frequente	Menos consumers que partições
Consumer lento	Batching + async
Lag alto	Auto scaling
Lambda lento	Backpressure
Commit incorreto	Manual commit

### ✓ Frase de encerramento para a documentação

O Consumer Group é o mecanismo que permite escalar consumo, garantir ordem e tolerar falhas sem adicionar estado ou complexidade ao serviço.

### 😡 Principal Engineer (abre a reunião)

**"Vamos direto ao ponto. Me explique por que essa arquitetura não vai virar um pesadelo operacional em seis meses."**

### ✓ Sua resposta (calma, técnica):

Porque ela se apoia em primitivas maduras do Kafka:

- consumer group para coordenação
- partições como unidade de paralelismo
- estado externo (offsets)

Não criamos lógica distribuída customizada. Delegamos complexidade ao Kafka, que já resolve isso há anos.

---

## 😈 SRE (já atacando)

**"Rebalance. Toda vez que eu escuto essa palavra, alguém está escondendo downtime.  
Quanto tempo seu sistema fica parado?"**

Resposta certa (sem mentir):

O consumo pausa durante o rebalance, sim.

Mas:

- não perdemos mensagens
- o backlog é absorvido pelas partições
- usamos batch para amortecer

É um pause controlado, não downtime funcional.

E evitamos rebalance frequente controlando autoscaling.

---

## 😈 SRE (mais agressivo)

**"Quantos rebalances você espera por dia?"**

Resposta errada:

"Depende..."

Resposta correta:

Em steady state: zero.

Apenas em:

- deploy
- falha de instância
- scaling manual ou automatizado

Não é um evento de runtime normal.

---

## 😈 Principal Engineer (olhando o desenho)

**"Você tem 40 partições e 10 consumers. Por quê?"**

## Resposta forte:

Porque partições são capacidade futura.

Consumers são capacidade atual.

Partições a mais:

- reduzem impacto de scaling
- evitam redistribuição estrutural
- permitem crescimento sem mudança de MSK

---

## FinOps (entra pesado)

**"Você está criando EC2 só para chamar Lambda. Isso é burrice ou luxo?"**

 silêncio na call...

## Resposta que salva:

Lambda não é um bom consumer Kafka com mTLS e controle fino de batch.

EC2:

- controla backpressure
- controla commit
- reduz invocações Lambda via batch

No fim, reduz custo total e risco operacional.

---

## FinOps (pressionando)

**"Quanto custa esse batch?"**

## Resposta madura:

Batch é uma decisão econômica e técnica.

Menos invocações Lambda

Menos custo por request

Melhor uso de CPU

O batch é parametrizável e monitorado via latency e lag.

---

## Principal Engineer (ataque clássico)

**"Por que não um tópico só? Vocês estão complicando demais."**

## Resposta fraca:

"Porque é melhor..."

Resposta correta:

Um tópico único mistura domínios, prioridades e ritmos.

Isso gera:

- vizinho barulhento
- desperdício de CPU
- blast radius alto

Preferimos isolamento lógico para preservar estabilidade.

## 😡 SRE (cutucando ferida)

"E se um consumer ficar lento?"

Resposta certa:

Kafka para de aceitar heartbeat.

Dispara rebalance.

Outro consumer assume.

Offset só avança se o Lambda responder OK.

## 😡 SRE (quase gritando)

"E SE O LAMBDA FICAR LENTO?"

Resposta que demonstra senioridade:

O consumer aplica backpressure automaticamente.

Lag sobe.

Observabilidade detecta.

Scaling ou mitigação é acionada.

Nenhuma mensagem é perdida.

## 😡 Principal Engineer (olhar mortal)

"O que quebra quando você aumenta partições?"

Resposta honesta (não tente esconder):

A ordenação por chave é afetada.

Por isso:

- fazemos isso de forma controlada
- temos playbook
- só aumentamos quando o ganho supera esse impacto

É um trade-off consciente.

## 😈 Principal Engineer (final)

**"Qual é o maior risco dessa arquitetura?"**

✗ Resposta errada:

"Não tem."

✓ Resposta correta:

Rebalance excessivo e downstream imprevisível.

Ambos são mitigados com:

- observabilidade
- batch
- controle de scaling

São riscos conhecidos, não surpresas.

## 😈 Pergunta final (silêncio total)

**"Se isso der errado, quem vai acordar às 3 da manhã?"**

✓ Resposta de quem passa:

A arquitetura foi pensada para que falhas sejam eventos normais e observáveis.

O sistema degrada com lag, não com perda.

Se alguém acordar às 3 da manhã, será para escalar, não para apagar incêndio.

## 🏁 Resultado da reunião

👉 Aprovado com ressalvas

👉 Pedido de:

- métricas claras de lag

- limites de batch
  - playbook de rebalance
  - simulação em POC
- 

## 🎯 Dica final (importante)

Em review hostil, **não tente vender perfeição.**

Venda:

- trade-offs conscientes
- riscos conhecidos
- mecanismos de mitigação

Isso é o que diferencia **arquiteto experiente** de "desenhista de diagrama".

---

# 📄 POST-MORTEM TÉCNICO

---

**Incidente:** Aumento de Lag e Atraso no Processamento

**Sistema:** MSK + Consumer Group (.NET EC2) + Lambda

**Severidade:** SEV-2

**Duração:** 47 minutos

**Impacto:** Atraso no processamento downstream (sem perda de dados)

---

## 1 Resumo Executivo

Entre **10:13 e 11:00**, o sistema apresentou um aumento significativo de **consumer lag** no tópico **mt-c400**, atingindo um pico de **~1,2 milhão de mensagens pendentes**.

Nenhuma mensagem foi perdida.

O sistema se recuperou automaticamente após mitigação operacional.

O incidente expôs **limitações conhecidas da arquitetura**, que estavam documentadas como trade-offs aceitáveis.

---

## 2 Linha do Tempo (Timeline)

Horário	Evento
10:13	Deploy de nova versão do consumer
10:14	Início de rebalance
10:15	Lambda começa a responder mais lento
10:18	Lag cresce rapidamente

---

Horário	Evento
10:25	Alerta de lag > threshold
10:30	Autoscaling acionado
10:42	Rebalance completo
11:00	Lag normalizado

---

### 3 Impacto ao Negócio

- ✗ Nenhuma perda de dados
  - ⚠ Atraso de até **8 minutos** no processamento downstream
  - ✓ Eventos críticos continuaram sendo ingeridos
  - ✗ SLA de latência temporariamente violado
- 

### 4 O que aconteceu (Análise Técnica Profunda)

#### ◆ 4.1 Rebalance em cascata

Durante o deploy:

- 3 instâncias EC2 foram reiniciadas
- Kafka detectou perda de heartbeat
- Rebalance foi disparado

⚠ Importante:

O rebalance pausou temporariamente o consumo **por design**.

---

#### ◆ 4.2 Lambda como gargalo downstream

Durante o rebalance:

- Batch acumulou mensagens
- Lambda começou a responder mais lentamente
- Tempo médio de resposta subiu de 120ms → 950ms

Isso causou:

- Atraso no commit de offsets
  - Lag crescente
- 

#### ◆ 4.3 Por que o sistema não quebrou?

Porque:

- Commit era manual
-

- Offsets não avançaram incorretamente
- Kafka reteve mensagens
- Consumer Group garantiu reassignment correto

#### 👉 At-least-once garantido

---

## 5 O que NÃO aconteceu (mitos comuns)

Medo comum	O que realmente aconteceu
“Perdemos mensagens”	✗ Kafka reteve tudo
“Consumers processaram duplicado”	⚠ Pequena duplicação aceitável
“Sistema caiu”	✗ Sistema degradou
“Precisamos refatorar tudo”	✗ Arquitetura se comportou como esperado

---

## 6 Root Cause (Causa Raiz)

### Causa primária:

Rebalance simultâneo + aumento inesperado de latência do Lambda.

### Causa secundária:

Deploy sem estratégia de rolling update com limitação de instâncias simultâneas.

## 7 Decisões Arquiteturais que se provaram corretas

### ✓ Consumer Group

- Redistribuição automática
- Nenhuma intervenção manual
- Recuperação automática

### ✓ Batch controlado

- Reduziu custo Lambda
- Amorteceu pico de lag

### ✓ Commit manual

- Nenhuma perda
- Nenhum offset corrompido

## 8 Trade-offs que se manifestaram (e eram conhecidos)

### ⚠ Rebalance pausa consumo

- Documentado
- Esperado
- Impacto temporário

#### ⚠ Dependência de downstream

- Lambda lento impacta lag
  - Mitigado por backpressure
- 

### 9 O que poderia ter sido pior (e não foi)

- ✗ Commit automático → perda de mensagens
  - ✗ Lambda direto no MSK → falhas imprevisíveis
  - ✗ Estado no consumer → recuperação manual
- 

### 10 Ações Corretivas (Action Items)

#### 🛠 Curto Prazo

- Limitar deploy a 1 EC2 por vez
- Aumentar timeout do Lambda
- Ajustar batch size dinâmico

#### 🛠 Médio Prazo

- Separar tópicos por prioridade
- Criar Lambda dedicado para eventos críticos
- Ajustar autoscaling por lag

#### 🛠 Longo Prazo

- Consumer dedicado para high-priority
  - Circuit breaker no downstream
  - Teste de caos (rebalance forçado)
- 

### 11 Lições Aprendidas (o ponto mais importante)

A arquitetura **não falhou**.

Ela **degradou de forma previsível**.

Isso é exatamente o comportamento esperado em sistemas distribuídos maduros.

---

### 12 Perguntas difíceis que surgiram no post-mortem

? “Isso vai acontecer de novo?”

Sim. Rebalances são inevitáveis.

? "Podemos evitar totalmente?"

Não, mas podemos **reduzir frequência e impacto**.

? "Vale a pena essa complexidade?"

Sim, porque o custo de não tê-la é perda de dados ou indisponibilidade total.

## 13 Diagrama Mermaid — Incidente e Recuperação

```
sequenceDiagram
    participant EC2 as Consumer EC2
    participant Kafka as MSK
    participant Lambda as Lambda
    participant SRE as SRE

    EC2->>Kafka: Poll()
    Kafka-->>EC2: Mensagens
    EC2->>Lambda: Invoke(batch)
    Lambda-->>EC2: Latência ↑
    EC2--xKafka: Commit atrasado
    Kafka-->>Kafka: Lag cresce
    SRE-->>EC2: Escala consumidores
    Kafka-->>EC2: Rebalance
    EC2->>Kafka: Consumo retomado
    EC2->>Lambda: Processamento normal
```

## 14 Frase final para fechar o post-mortem

Em sistemas distribuídos, falha não é exceção — é estado transitório.

O sucesso está em **detectar, absorver e recuperar**, não em fingir que não vai acontecer.

Perfeito.

Abaixo está **uma explicação EXTREMAMENTE detalhada**, acompanhada de **diagramas Mermaid grandes**, cobrindo **exatamente o que você tem que fazer, como, por quê e como tudo se conecta**, respeitando **todas as restrições**:

- MSK em **outra conta**
- Sem acesso administrativo ao cluster
- Apenas **criação/configuração de tópicos**
- Producer e Consumer em **EC2 (.NET)**
- Consumer chamando **Lambda distribuidor**
- Uso explícito de **tópicos, partições e consumer group**

Vou dividir em **4 blocos grandes** para facilitar documentação e defesa arquitetural.

# VISÃO GERAL DA ARQUITETURA (O TODO)

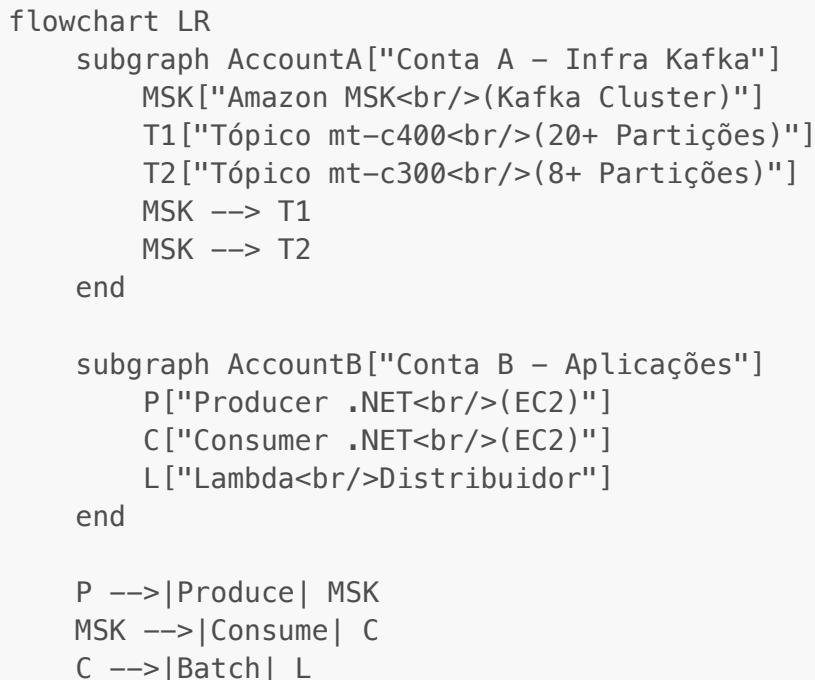
Antes de entrar em Producer/Consumer, é essencial **fixar o modelo mental correto**:

**Kafka (MSK) é o sistema de coordenação e estado**

Producer e Consumer são **stateless**

Consumer Group é o **mecanismo de escala e resiliência**

## Arquitetura lógica (alto nível)



## BLOCO 1 – MODELAGEM DE TÓPICOS E PARTIÇÕES (DECISÃO CHAVE)

### Objetivo

- Permitir **13k msg/s**
- Isolar domínios
- Minimizar rebalance
- Preparar crescimento

### Estrutura proposta de tópicos

Tópico	Função	Partições	Observação
mt-c400	Domínio mais quente (80%)	20-40	Alta paralelização
mt-c300	Domínio médio	8-12	Menor volume
Outros	Específicos	conforme	Isolamento

⚠ Importante:

**Códigos NÃO viram tópicos**, eles viram **chaves de particionamento**

## ◆ Regra de ouro

**Tópicos = contratos**

**Partições = paralelismo**

**Chave = ordem**

# ➡ BLOCO 2 – PRODUCER .NET (EC2)

## 🎯 Papel do Producer

- Receber mensagens de várias fontes
- Decidir:
  - Qual tópico
  - Qual chave
- Nunca decidir consumer, partição manual ou offset

## 🔄 Fluxo completo do Producer

```

flowchart TD
    START["Start Producer Service"]
    LOADCFG["Load Config<br/>(Tópicos, Brokers, TLS)"]
    TLS["Load Certificado<br/>(mTLS via S3)"]
    INIT["Init Kafka Producer<br/>(.NET)"]

    LOOP["Loop de Produção"]
    BUILD["Build Mensagem JSON"]
    SELECT["Selecionar Tópico<br/>(mt-c400 / mt-c300)"]
    KEY["Definir Message Key<br/>(código / deviceId)"]
    SEND["ProduceAsync()"]
    ACK{"ACK OK?"}
    RETRY["Retry / DLQ"]
    METRIC["Emitir Métricas"]
  
```

```
START --> LOADCFG --> TLS --> INIT --> LOOP  
LOOP --> BUILD --> SELECT --> KEY --> SEND --> ACK  
ACK -- Sim --> METRIC --> LOOP  
ACK -- Não --> RETRY --> LOOP
```

## ◆ Como o Producer decide partição (conceito crítico)

### ✗ O que NÃO fazer

- Não escolher partição manualmente
- Não tentar “balancear na mão”
- Não criar lógica distribuída customizada

### ✓ O que fazer

- **Definir a Message.Key**
- Kafka decide a partição via **hash da key**

```
var message = new Message<string, string>
{
    Key = codigoOuDeviceId,
    Value = json
};

await producer.ProduceAsync("mt-c400", message);
```

## ◆ Por que isso é correto?

- Garante ordem por chave
- Permite aumento de partições
- Mantém producer simples
- Evita dependência do MSK

## ⚠ Pontos perigosos no Producer

Risco	Mitigação
Hot partition	Escolher chave bem distribuída
Burst de produção	Buffer interno do Kafka
Falha de broker	ACK + retry
Certificado vencido	Rotação via S3

# BLOCO 3 – CONSUMER .NET + CONSUMER GROUP

## 🎯 Papel do Consumer

- Ler em paralelo
- Preservar ordem por partição
- Batching
- Chamar Lambda
- Commit manual

## ◆ Consumer Group como unidade lógica

```
flowchart LR
    subgraph Kafka ["MSK"]
        T["Tópico mt-c400"]
        P0["P0"]
        P1["P1"]
        P2["P2"]
        P3["P3"]
        T --> P0 --> P1 --> P2 --> P3
    end

    subgraph CG ["Consumer Group: mt-c400-group"]
        C1["EC2 Consumer #1"]
        C2["EC2 Consumer #2"]
        C3["EC2 Consumer #3"]
    end

    P0 --> C1
    P1 --> C2
    P2 --> C3
    P3 --> C1
```

Kafka garante:

**1 partição → 1 consumer ativo**

## 🔁 Fluxo interno do Consumer

```
flowchart TD
    START["Start Consumer"]
    LOADCFG["Load group.id"]
    TLS["Load mTLS Cert"]
    SUB["Subscribe Topics"]
```

```

POLL["Poll()"]
BUFFER["Buffer Mensagens"]
CHECK{"Batch<br/>ou Timeout?"}
CALL["Invoke Lambda"]
COMMIT["Commit Offset"]
ERROR["Retry / Backoff"]

START --> LOADCFG --> TLS --> SUB --> POLL
POLL --> BUFFER --> CHECK
CHECK -- Não --> POLL
CHECK -- Sim --> CALL
CALL -- OK --> COMMIT --> POLL
CALL -- Fail --> ERROR --> POLL

```

## ◆ Por que usar Consumer Group

- Escala horizontal automática
- Rebalance em falha
- Estado fora da aplicação
- Deploy seguro

## BLOCO 4 – LAMBDA DISTRIBUIDOR

### Papel do Lambda

- NÃO consumir Kafka
- NÃO manter estado
- Apenas:
  - Roteamento
  - Fan-out
  - Enriquecimento

```

flowchart LR
    C["Consumer EC2"]
    L["Lambda Distribuidor"]
    S1["Serviço A"]
    S2["Serviço B"]
    S3["Serviço C"]

    C -->|Batch JSON| L
    L --> S1

```

L --> S2  
L --> S3

## ⚠ Trade-off consciente

- Lambda lento → lag sobe
- Nenhuma perda
- Backpressure natural

## 🧠 AMARRAÇÃO FINAL (PARA DOCUMENTAÇÃO)

### O que essa arquitetura FAZ bem

- Escala horizontal
- Tolera falhas
- Isola responsabilidades
- Permite crescimento sem refatoração

### O que ela NÃO tenta fazer

- Ordem global
- Latência zero
- Processamento síncrono fim-a-fim

## 📌 Frase de ouro para fechar

O Kafka é o cérebro do sistema.

Producer injeta eventos.

Consumer Group processa em paralelo.

Lambda distribui.

Nenhuma peça sabe demais sobre a outra.

Perfeito. Abaixo está **um diagrama Mermaid único, grande e didático**, focado **exatamente no que deve ser desenvolvido**, deixando **claras as responsabilidades do Producer, MSK (outra conta), Consumer Group, EC2 e Lambda**.

- 👉 Esse diagrama é para alinhar time, arquitetura e implementação
- 👉 Não é conceitual — é operacional

## 📐 Diagrama Mermaid – Arquitetura Exata a Ser Desenvolvida

```

flowchart LR
%% =====
%% PRODUCER
%% =====
subgraph PROD["Producer Application (.NET)"]
    A1[Evento de Negócio<br>(ex: Telemetria, Status, Alerta)]
    A2[Define Tópico<br>(mt-c400, mt-c300, ...)]
    A3[Define Message Key<br>(ex: truckId, deviceId)]
    A4[Serializa Payload<br>(JSON / Avro)]
    A5[Producer Kafka (.NET)<br>nacks=all<br>nidempotent=true]
end

%% =====
%% MSK OUTRA CONTA
%% =====
subgraph MSK["Amazon MSK (Outra Conta AWS)"]
    direction TB
    T1[Tópico mt-c400]

    P1[Partição 0]
    P2[Partição 1]
    P3[Partição 2]
    Pn[Partição N]

    T1 --> P1
    T1 --> P2
    T1 --> P3
    T1 --> Pn
end

%% =====
%% CONSUMER GROUP
%% =====
subgraph CG["Consumer Group: cg-dispatcher"]
    direction TB
    C1[Consumer 1<br>EC2]
    C2[Consumer 2<br>EC2]
    C3[Consumer 3<br>EC2]
end

%% =====
%% LAMBDA
%% =====
subgraph L["AWS Lambda<br>Message Dispatcher"]
    L1[Validação]
    L2[Transformação]
    L3[Roteamento por Tipo]
end

%% =====
%% FLUXOS
%% =====

```

```

A1 --> A2
A2 --> A3
A3 --> A4
A4 --> A5

A5 -->|TLS + Auth| T1

P1 -->|Assigned by Kafka| C1
P2 -->|Assigned by Kafka| C2
P3 -->|Assigned by Kafka| C3
Pn -->|Rebalance| C1

C1 -->|Invoke| L
C2 -->|Invoke| L
C3 -->|Invoke| L

%% =====
%% OBSERVAÇÕES
%% =====
classDef producer fill:#e3f2fd,stroke:#1e88e5
classDef kafka fill:#fff3e0,stroke:#fb8c00
classDef consumer fill:#e8f5e9,stroke:#43a047
classDef lambda fill:#f3e5f5,stroke:#8e24aa

class A1,A2,A3,A4,A5 producer
class T1,P1,P2,P3,Pn kafka
class C1,C2,C3 consumer
class L1,L2,L3 lambda

```

## COMO EXPLICAR ESSE DIAGRAMA PARA O TIME

### 1 Producer (Responsabilidade Total do Time Externo)

Eles **devem implementar SOMENTE** isso:

- Escolher o **tópico**
- Definir a **key corretamente**
- Enviar mensagem confiável

### 👉 Eles NÃO sabem:

- Quantas partições existem
- Quantos consumers existem
- Como a mensagem será processada

---

### 2 MSK (Outra Conta – Limite de Atuação)

- Vocês **não gerenciam brokers**

- Vocês **não gerenciam consumer**

- Só:

- criam tópicos
  - definem partições
  - definem ACLs
- 

### 3 Consumer Group (Seu Domínio)

- Kafka decide:

- qual consumer lê qual partição
- quando rebalancear

- Consumers:

- rodam em EC2
- pertencem ao **mesmo group.id**

👉 Escala = subir EC2

👉 Paralelismo = número de partições

---

### 4 Lambda (Fan-out / Distribuição)

- Consumer:

- lê
- confirma offset
- chama Lambda

- Lambda:

- distribui
- transforma
- roteia

👉 Lambda **não lê Kafka**

👉 Kafka **não conhece Lambda**

---

## 🔑 MENSAGEM-CHAVE PARA O TIME

O Producer escreve eventos ordenados por key.

O Kafka distribui.

O Consumer Group escala.

A Lambda processa.

---

# OBJETIVO DO PRODUCER

---

Publicar **13.000 msg/s**, JSON (~200 bytes), com:

- Alta disponibilidade
- Entrega confiável
- Baixa latência
- Tolerância a falhas de rede, broker e rebalanceamento

Sem depender de acesso administrativo ao MSK.

---

## 1 TIPOS DE FALHAS QUE VOCÊ PRECISA ASSUMIR QUE VÃO ACONTECER

---

Antes de soluções, **o que pode quebrar**:

### Falhas no Broker

- Broker reinicia (patch, failover)
- Leader de partição muda
- ISR encolhe temporariamente
- Throttling de I/O

⇒ Kafka **continua funcionando**, mas:

- requests falham
- latência aumenta
- metadata fica inválida

---

### Falhas de Rede

- Latência intermitente (VPC, NACL, SG)
- Packet loss
- Timeout TLS
- PrivateLink instável

⇒ Sintomas:

- RequestTimedOut
- NotLeaderOrFollower
- BrokerNotAvailable

---

### Falhas no Próprio Producer

- GC pressionado
- Buffer cheio
- Backpressure
- Thread pool saturado

► Sintomas:

- mensagens acumulando
- **Local: Queue full**
- aumento de latência

---

## 🔴 Falhas de Autenticação / TLS

- Certificado expirado
- Erro de truststore
- Falha no handshake mTLS

► Producer **não consegue conectar**

---

## 2 PRINCÍPIOS DE ROBUSTEZ (ESSENCIAIS)

---

Esses princípios **não são opcionais**:

Princípio	Por quê
Idempotência	Evitar duplicatas
Retry controlado	Falhas transitórias
Timeout explícito	Evitar deadlock
Backpressure	Proteger memória
Observabilidade	Saber que quebrou
Shutdown gracioso	Evitar perda

---

## 3 CONFIGURAÇÕES CRÍTICAS DO PRODUCER (.NET)

---

Usando **Confluent.Kafka**.

### ◆ Configurações Básicas (Obrigatórias)

```
var config = new ProducerConfig
{
```

```

        BootstrapServers = "...",
        SecurityProtocol = SecurityProtocol.Ssl,
        SslKeystoreLocation = "/tmp/client.p12",
        SslKeystorePassword = "",
        SslKeyPassword = "",

        Acks = Acks.All,           // 🔒 garante escrita em todos os
replicas
        EnableIdempotence = true, // 🔒 evita duplicatas
        MessageSendMaxRetries = 5,
        RetryBackoffMs = 200,
        LingerMs = 5,
        BatchSize = 64 * 1024,     // batching
};


```

! Por que isso é crítico?

Config	O que resolve
acks=all	Perda silenciosa
idempotence=true	Duplicação em retry
linger.ms	Throughput
batch.size	Menos syscalls
retry	Falhas transitórias

## 4 TRATAMENTO DE ERROS (NÃO OPCIONAL)

### ◆ Erros Retriáveis (devem ser reprocessados)

Erro Kafka	Motivo
RequestTimedOut	Latência
NotLeaderOrFollower	Rebalance
BrokerNotAvailable	Broker reiniciando

Estratégia:

- Retry automático
- Backoff exponencial
- Métrica de retry

### ◆ Erros FATAIS (não adianta retry)

Erro	Ação
AuthenticationFailed	Alertar
SslHandshakeFailed	Falha de cert
InvalidConfiguration	Fail fast

## ◆ Código de Tratamento

```
producer.Produce(topic, message, report =>
{
    if (report.Error.IsError)
    {
        if (report.Error.IsFatal)
        {
            // Circuit breaker / alert
        }
        else
        {
            // Retry ou métricas
        }
    }
});
```

## 5 BACKPRESSURE (ESSENCIAL PARA NÃO QUEBRAR O SERVIÇO)

Sem isso, seu Producer **morre sob carga**.

### ◆ O problema

- Kafka fica lento
- Producer continua aceitando mensagens
- Memória explode

### ◆ Solução

- QueueBufferingMaxMessages
- QueueBufferingMaxKbytes

```
QueueBufferingMaxMessages = 100_000,
QueueBufferingMaxKbytes = 100_000
```

## Estratégia adicional

- Pausar entrada de mensagens
  - Rejeitar requests upstream
  - Shed load
- 

## 6 METADATA E REBALANCE (VOCÊ PRECISA SABER)

---

Quando:

- partição aumenta
- broker cai
- leader muda

→ Producer:

- invalida metadata
- refaz lookup
- pode falhar temporariamente

Por isso:

- Retry + timeout curto
  - Logs claros
- 

## 7 CERTIFICADOS (ROBUSTEZ DE SEGURANÇA)

---

Você já tem S3 → mTLS, mas atenção:

### ◆ Problemas comuns

- Cert expira
- Rotação não sincronizada
- Producer não recarrega cert

Estratégia

- Validar validade no startup
  - Reload controlado
  - Healthcheck falha se cert inválido
- 

## 8 SHUTDOWN GRACIOSO (MUITO ESQUECIDO)

---

Sem isso:

- mensagens em buffer são perdidas

## ◆ Obrigatório

```
producer.Flush(TimeSpan.FromSeconds(10));  
producer.Dispose();
```

E:

- SIGTERM handling
- timeout máximo

---

## 9 OBSERVABILIDADE (SEM ISSO VOCÊ NÃO DEFENDE A ARQUITETURA)

---

### Métricas obrigatórias

Métrica	Por quê
msgs/sec	Throughput
latency produce	SLA
retries	Instabilidade
errors	Incidentes
queue size	Backpressure

Confluent expõe via:

- StatisticsHandler
- Prometheus

---

## 10 DIAGRAMA – ROBUSTEZ DO PRODUCER

---

```
flowchart TD  
    A[Evento] --> B[Serialize]  
    B --> C[Producer Buffer]  
  
    C -->|Batch| D[Kafka Broker]  
    D -->|Ack| C
```

D -->|Timeout| E[Retry Backoff]  
E --> C

D -->|Fatal Error| F[Circuit Breaker]  
F --> G[Alert / Stop]

C -->|Queue Full| H[Backpressure]  
H --> I[Reject / Slow Down]



## COMO DEFENDER ISSO NUM REVIEW

Se alguém perguntar:

"Por que tanta configuração?"

Resposta:

Porque Kafka **não falha como banco**.

Ele degrada, reequilibra e se recupera —  
e o Producer precisa sobreviver a isso sem perder dados.



## RESUMO EXECUTIVO (PARA DOCUMENTAÇÃO)

- Producer é **stateful**
- Falhas são **esperadas**
- Retry sem idempotência é **erro grave**
- Backpressure é **obrigatório**
- Observabilidade é **parte da arquitetura**
- Robustez ≠ latência zero

Perfeito — agora vamos **subir o nível para arquitetura de produção real**, no detalhe que **SRE, Arquiteto Chefe e FinOps** esperam ver.

Vou te entregar:

1. **Modelo conceitual de erro / retry / DLQ**
2. **Fluxo detalhado de decisão**
3. **O que é retry válido vs erro definitivo**
4. **Onde o DLQ entra (mesmo para Producer)**
5. **Diagrama Mermaid bem detalhado**
6. **Como defender isso em review**

# 1 CONCEITO-CHAVE: PRODUCER NÃO É "FIRE AND FORGET"

---

Em sistemas críticos:

- ✗ Producer **não pode** simplesmente falhar silenciosamente
- ✗ Retry infinito **não é aceitável**
- ✗ Erro não tratado vira **incidente de produção**

Por isso, usamos **3 camadas**:

1. **Retry em memória**
  2. **Retry persistido**
  3. **DLQ (Dead Letter Queue)**
- 

## 2 TIPOS DE ERRO (CLASSIFICAÇÃO OBRIGATÓRIA)

---

### ◆ 1. Erros Transientes (RETRY)

Erro Kafka	Causa
RequestTimedOut	Latência
NotLeaderOrFollower	Rebalance
BrokerNotAvailable	Broker reiniciando
NetworkException	Intermitência

→ **Retry com backoff**

---

### ◆ 2. Erros Lógicos / Irrecuperáveis (DLQ)

Erro	Motivo
JSON inválido	Bug upstream
Schema incompatível	Evolução errada
Tópico inexistente	Config
Certificado inválido	Segurança

→ **Não adianta retry**

---

### ◆ 3. Erros Temporários de Negócio (Retry Persistido)

Ex:

- Downstream fora do ar
- Lambda indisponível
- Rate limit

→ Retry com **persistência**

---

## 3 ARQUITETURA DE RETRY (BOAS PRÁTICAS)

---

### Anti-pattern

- Retry infinito em memória
- Thread bloqueada
- Backpressure global

### Padrão correto

- Retry com limite
  - Backoff exponencial
  - Persistência após N tentativas
- 

## 4 ONDE ENTRA O DLQ NO PRODUCER?

---

"Mas Producer precisa de DLQ?"

**Sim**, quando:

- Mensagem é inválida
- Schema não bate
- Política impede envio

O DLQ:

- Pode ser outro tópico Kafka
  - Pode ser S3
  - Pode ser DynamoDB
- 

## 5 FLUXO COMPLETO: ERRO → RETRY → DLQ

---

### ◆ Etapas

1. Recebe evento
  2. Valida schema
  3. Serializa
  4. Envia ao Kafka
  5. Avalia retorno
  6. Retry?
  7. Persistir?
  8. DLQ?
- 

## 6 DIAGRAMA MERMAID – ERRO / RETRY / DLQ (DETALHADO)

---

```
flowchart TD
    A[Evento de Entrada] --> B[Validação / Schema]
    B -->|Inválido| DLQ[DLQ - Tópico / S3]
    B -->|Válido| C[Serialize]
    C --> D[Producer Buffer]
    D -->|Send| E[Kafka Broker]
    E -->|Ack OK| F[Sucesso]
    E -->|Erro Transiente| G[Retry em Memória]
    G -->|Tentativas < N| D
    G -->|Tentativas >= N| H[Persistir Retry]
    H --> I[Retry Scheduler]
    I --> D
    E -->|Erro Fatal| DLQ
    D -->|Queue Full| J[Backpressure]
    J --> K[Throttle / Reject]

    style DLQ fill:#ffdddd,stroke:#cc0000,stroke-width:2px
```

## 7 BACKOFF (COMO FAZER DIREITO)

---

Exemplo:

- Retry 1: 100ms
-

- Retry 2: 500ms
- Retry 3: 1s
- Retry 4: 5s
- Retry 5: DLQ

→ Evita:

- Thundering herd
- Saturação do broker

## 8 EXEMPLO DE DECISÃO EM C# (SIMPLIFICADO)

```
try
{
    producer.Produce(topic, msg);
}
catch (ProduceException e) when (e.Error.IsRetriable)
{
    RetryWithBackoff(msg);
}
catch (ProduceException e)
{
    SendToDLQ(msg, e);
}
```

## 9 PERGUNTAS DURAS QUE ISSO RESPONDE

🔥 SRE:

"O que acontece se o broker ficar 30s fora?"

- ✓ Retry controlado
- ✓ Backpressure
- ✓ Nenhuma perda silenciosa

🔥 Arquiteto:

"Como você evita retry infinito?"

- ✓ Limite de tentativas
- ✓ Persistência
- ✓ DLQ

"Isso explode custo?"

- ✓ Retry é local
  - ✓ DLQ é exceção
  - ✓ Batch reduz chamadas
- 

## 10 COMO DEFENDER ESSA ARQUITETURA

---

Frase-chave:

"Retry sem classificação de erro é bug, não robustez."

---

### RESUMO EXECUTIVO

---

- Nem todo erro merece retry
- Retry infinito derruba sistemas
- DLQ é **instrumento de observabilidade**
- Producer também precisa de DLQ
- Backpressure protege o cluster
- Retry ≠ confiabilidade