

As Cinzas do Brasil

Análise Multidimensional de Queimadas

Primeiro Trabalho Prático

Clara Ernesto de Carvalho • 14559479

Felipe Carneiro Machado • 14569373

Lívia Lelis • 12543822

Profa. Cristina Dutra de Aguiar

Outubro de 2025

Contexto do Problema

30,8 milhões de hectares queimados no Brasil em 2024

- Área maior que toda a Itália

Objetivo: Criar um Data Warehouse para análise de:

- Correlações entre queimadas e clima
- Padrões espaciais e temporais
- Impactos na qualidade do ar

Volume de Dados

Grande volume de dados:

- Queimadas: **17.542.900 tuplas** (desde 2003)
- Clima: **158.705.816 tuplas** (desde 2000)
- Total: **+15 GB**

Fontes de Dados

Queimadas - INPE

- Focos de incêndio detectados por satélite
- Localização geográfica (lat/long), bioma
- FRP, dias sem chuva, risco de fogo

Clima - SISAM/INPE

- Dados meteorológicos e qualidade do ar
- Temperatura, umidade, precipitação
- Poluentes: PM2.5, CO, NO₂, O₃, SO₂

Fontes de Dados

Geográficos - IBGE

- Diretórios de UFs e municípios
- Hierarquias administrativas e regiões

Processos de Negócio

1. Monitoramento de Focos de Incêndio

- **Grão:** Um foco por ponto geográfico e minuto
- **Fatos:** FRP (aditivo), dias sem chuva (semi-aditivo), risco (não-aditivo)
- **Uso:** Combate ao fogo, fiscalização, políticas de prevenção

Processos de Negócio (cont.)

2. Monitoramento de Condições Climáticas

- **Grão:** Medições por município e hora
- **Fatos:** Temperatura, umidade, precipitação, poluentes
- **Uso:** Análise de fatores propícios a queimadas, saúde pública

3. Análise de Correlação Queimadas-Clima

- **Integração** via dimensões conformadas
- **Uso:** Validação de hipóteses, modelos preditivos

Modelo Dimensional: Dimensões Conformadas

dim_data (Temporal)

dia → mês → trimestre → semestre → ano
+ estação, dia_da_semana, fim_de_semana

dim_local (Geográfica - Município)

município → estado → região

dim_horario (Hora do Dia)

minuto → hora

Dimensão Específica: Queimadas

dim_ponto (Ponto Geográfico)

ponto → município → estado → região

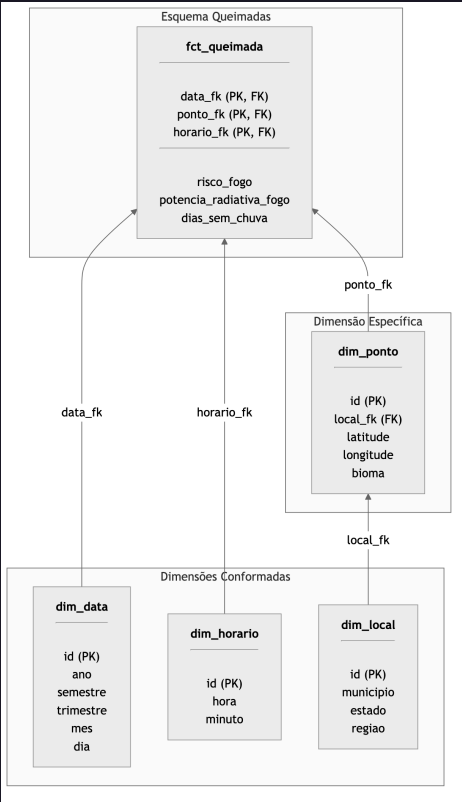
Atributos:

- Latitude, longitude
- **Bioma** (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, etc.)
- Referência para `dim_local` (hierarquia estendida)

Importância da Dimensão de Ponto

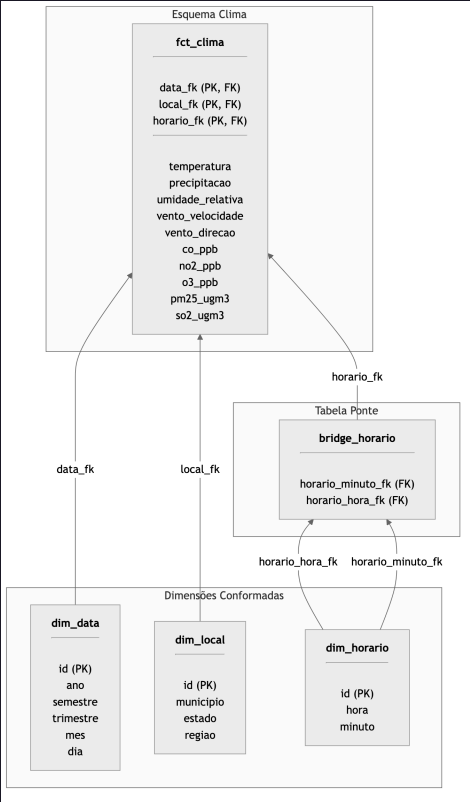
- Análises por tipo de ecossistema
- Estratégias diferenciadas por bioma
- Priorização de unidades de conservação

Esquema Estrela: Queimadas



Grão: Um foco de incêndio por ponto geográfico e minuto

Esquema Estrela: Clima



Grão: Medições climáticas agregadas por município e hora

Constelação de Fatos

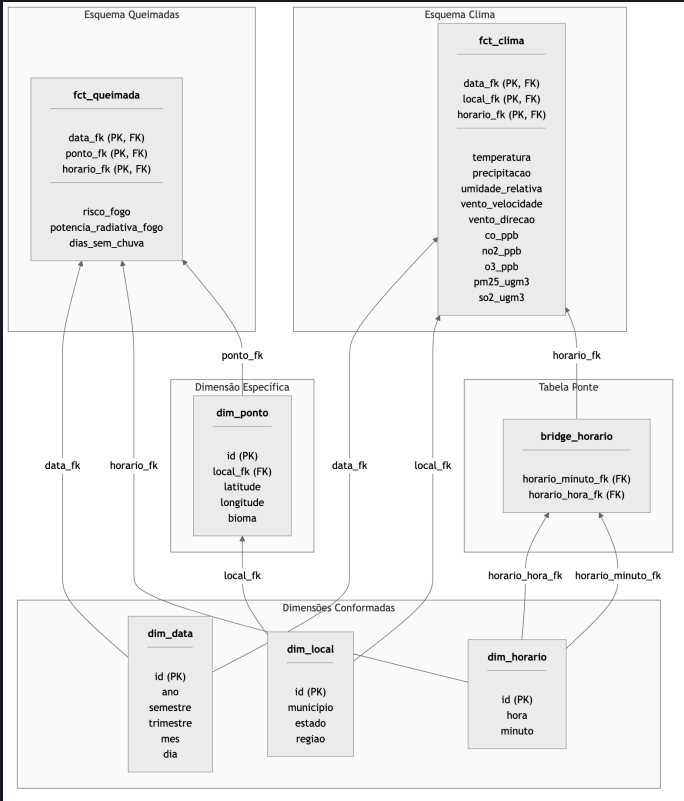


Tabela Ponte: **bridge_horario**

Problema: Granularidades Diferentes

- Queimadas: grão de **minuto** (ex: foco às 14:23)
- Clima: grão de **hora** (ex: condições 14:00-14:59)

Solução: Tabela Ponte

- Mapeamento **60:1** (cada hora → 60 minutos)
- Permite **drill-across** entre fatos
- Integração consistente sem duplicação

Exemplo de Uso da Tabela Ponte

Focos detectados às 14:23, 14:37, 14:54

- Agregados para hora 14:00
- Correlação com temperatura e PM2.5 da hora 14:00

Processo de Projeto da Constelação

Etapa 1: Identificação dos Processos de Negócio

- Monitoramento de queimadas
- Monitoramento climático

Etapa 2: Projeto dos Esquemas Estrela

- Definição de grãos e métricas
- Esquemas independentes

Processo de Projeto (cont.)

Etapa 3: Conformação de Dimensões

- `dim_data`, `dim_local`, `dim_horario` compartilhadas
- Garantia de consistência semântica

Etapa 4: Resolução de Granularidades

- Introdução da `bridge_horario`
- Suporte a análises multi-granularidade

Consultas OLAP: Drill-Down

Visão Geral → Específica

```
Focos por Estado por Ano  
  ↓ [drill-down na hierarquia geográfica]  
Focos por Município por Ano
```

Importância:

- Identificar municípios críticos dentro de estados problemáticos
- Direcionar brigadas e fiscalização IBAMA
- Comparar tendências ano-a-ano

Exemplo: Mato Grosso tem alta incidência → quais municípios?

Consultas OLAP: Roll-Up

Específico → Visão Macro

```
Precipitação por Estado por Mês  
  ↑ [roll-up em ambas hierarquias]  
Precipitação por Região por Ano
```

Importância:

- Identificar tendências climáticas de longo prazo
- Detectar mudanças climáticas regionais
- Planejamento estratégico nacional
- Suavizar ruído estatístico

Consultas OLAP: Pivot

Mudança de Perspectiva

Potência Radiativa por Estado × Mês
↕ [pivot – reorientação]
Potência Radiativa por Mês × Estado

Uso:

- **Original:** "Como variam queimadas em SP ao longo do ano?"
- **Pivotada:** "Quais estados mais sofrem em Setembro?"

Benefício do Pivot

Mesmos dados, perguntas diferentes

- Gestores estaduais → quando intensificar ações
- Coordenação federal → para onde direcionar recursos

Consultas OLAP: Slice

Isolamento de uma Dimensão

```
Precipitação por Estado por Mês  
[slice: mês = Setembro]  
Precipitação por Estado para Setembro
```

Justificativa:

- Setembro = final da estação seca
- Período crítico para queimadas
- Análise focada em momento mais relevante

Aplicação: Identificar estados com déficit hídrico severo

→ Priorizar recursos de prevenção

Consultas OLAP: Dice

Corte Multi-dimensional

```
Poluentes por Município × Dia × Hora  
[dice: Norte + Jul-Set + 12h-18h]  
PM2.5, CO, O3 – Norte, Jul-Set, 12h-18h
```

Isolamento Simultâneo:

- **Geográfico:** Região Norte (Amazônia)
- **Temporal:** Julho-Setembro (seca)
- **Horário:** 12h-18h (pico térmico)

Importância do Dice

Identificar situação mais crítica:

- Alertas de saúde para grupos de risco
- Previsão de demanda hospitalar
- Evidências para políticas ambientais

Consultas OLAP: Drill-Across

Integração Cross-Fact

```
[Umidade por Região × Trimestre] (Clima)
      +
[Potência Radiativa por Região × Trimestre] (Queimadas)
      =
Correlação Umidade ↔ Intensidade de Queimadas
```

Poder das Dimensões Conformadas

- Mesma semântica: "Região Norte" = "Região Norte"
- Mesma temporalidade: "3º Trimestre 2024" consistente
- Bridge resolve granularidades diferentes

Aplicações:

- Validação de hipóteses científicas
- Alimentar modelos de machine learning
- Justificar alocação orçamentária

Análise por Bioma

Drill-Down com Dimensão Adicional

```
Risco de Fogo por Estado  
  ↓ [drill-down + bioma]  
Risco por Município × Bioma
```

Importância da Análise por Bioma

Bioma	Características	Impacto
Amazônia	Biodiversidade alta	Emissões CO ₂ críticas
Cerrado	Vegetação propícia ao fogo	2º mais afetado
Pantanal	Devastação em 2020	Monitoramento prioritário

Municípios podem ter múltiplos biomas → Estratégias diferenciadas

Análise Temporal: Bridge Table

Padrões Circadianos de Queimadas

Contagem de Focos por Município × Hora
+
Temperatura e PM2.5 por Município × Hora

Funcionamento da Ponte

1. Focos detectados: 14:23, 14:37, 14:54
2. Bridge agrega: 3 focos na hora 14:00
3. Correlação com clima da hora 14:00

Insights:

- Horários de pico de incidência (tarde)
- Impacto imediato na qualidade do ar
- Dimensionamento de equipes por turno

Obrigado!

Perguntas?