# Artificial Intelligence for Aviation Data Analysis





# Equipe





**Marcelo Xavier Guterres** 



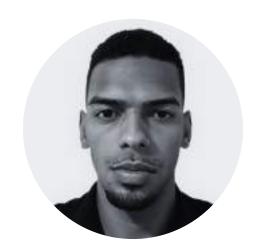
Flávio Mendes Neto



**Dimas Betioli Ribeiro** 



Jean Phelipe de Oliveira Lima



**Guilherme Trindade Tolentino Bernardo** 



João Basílio Tarelho Szenczuk



Vitor Lucas Kohls Correa



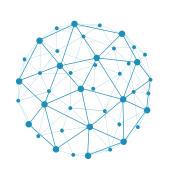
# Agradecimentos







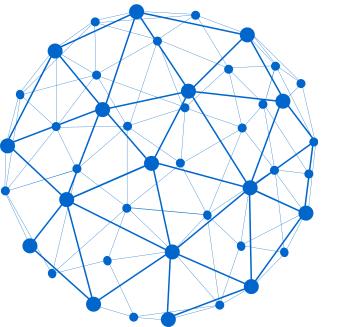












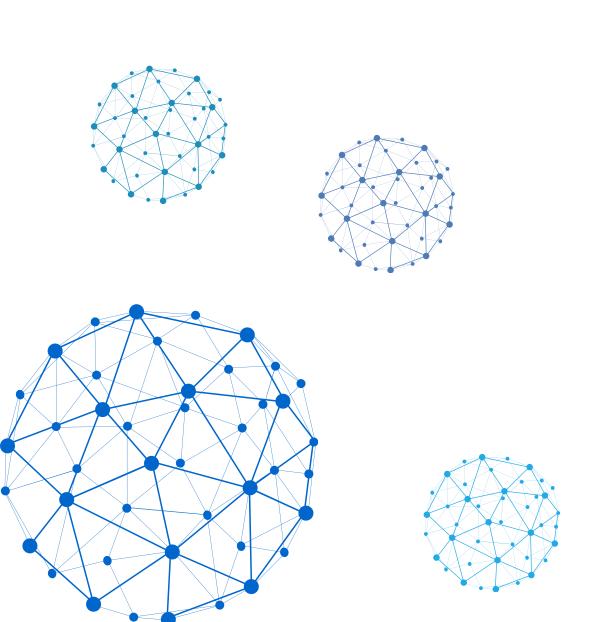


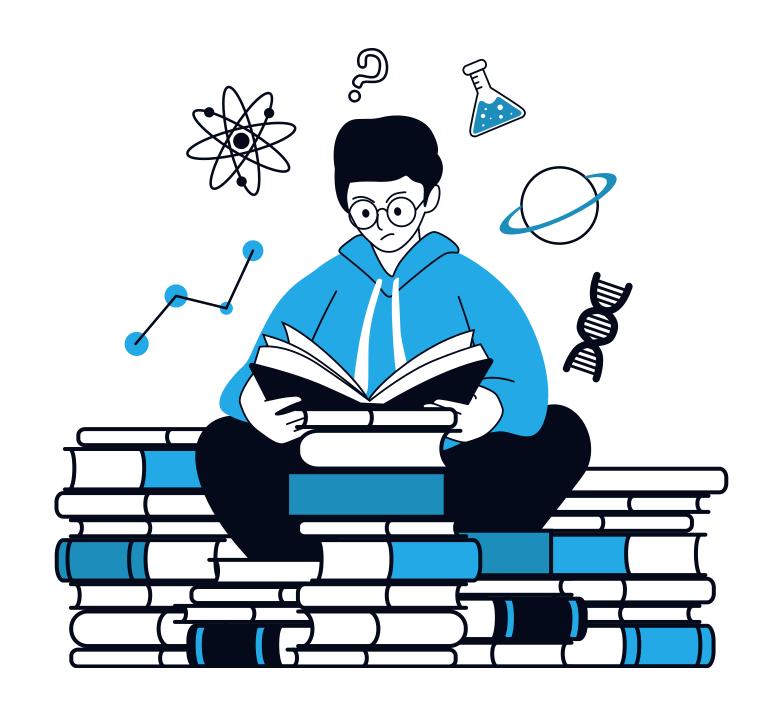


Departamento de Controle do Espaço Aéreo

# Motivação







## Motivação



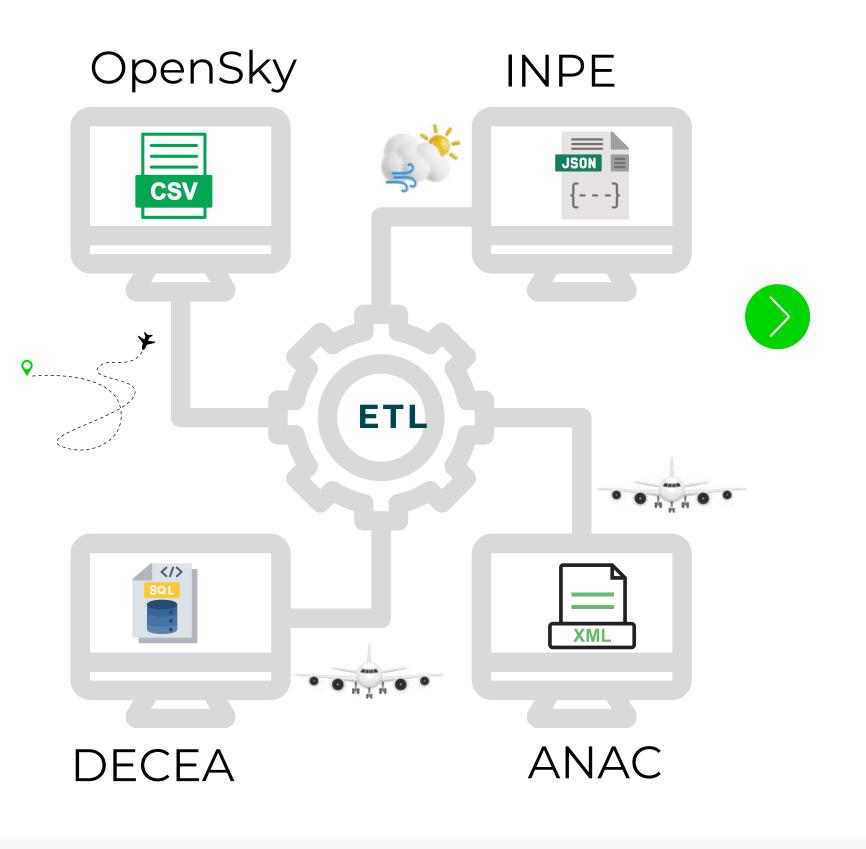
Resultado esperado - que chatbot seja capaz de responder perguntas como:

#### Por que o LATAM 5411 atrasou?

- Consulta o RDF → atraso de 45min por motivo X;
- Consulta o KB → cláusula da ICA 100-12 sobre nevoeiro em SBGR;
- Responde: "Segundo o histórico de voo, o atraso de 45min foi causado por condições meteorológicas (visibilidade reduzida). De acordo com a ICA 100-12, tais condições exigem aumento no espaçamento mínimo entre pousos."

### Base de Dados Analíticos



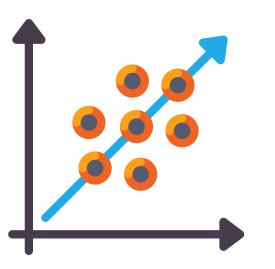


Base de Dados

Analíticos



Análises Descritivas e Preditivas

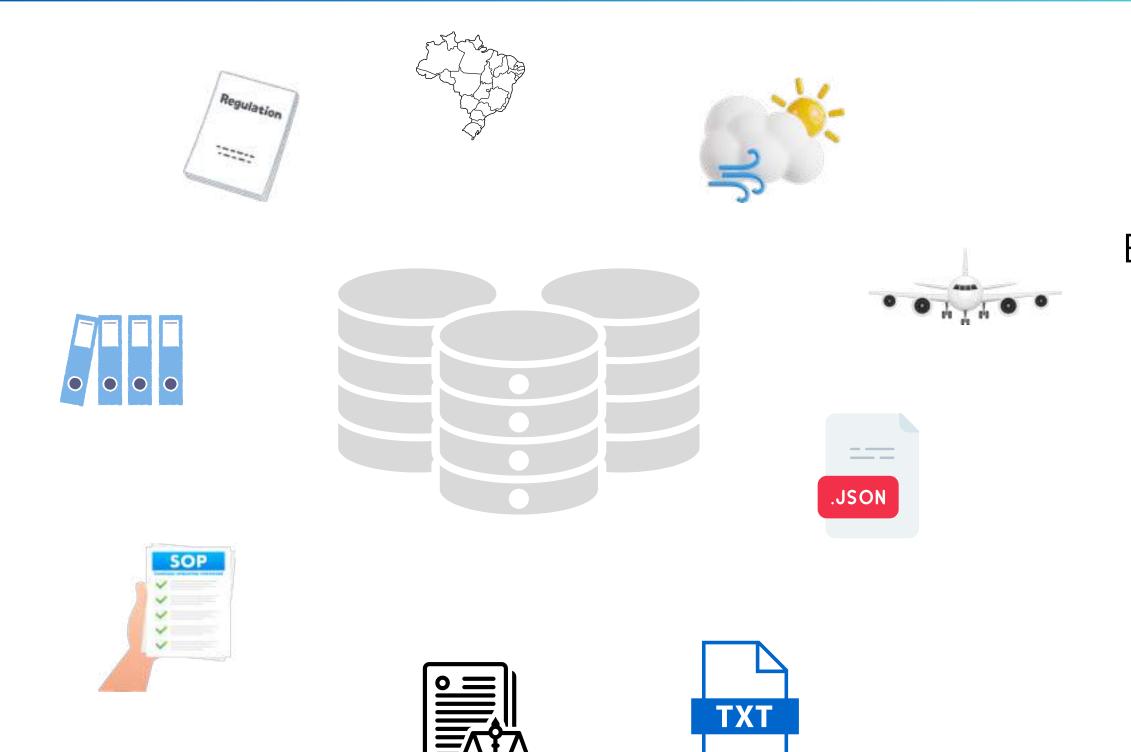


- Machine Learning;
- Econometria;
- Análise bayesiana

Transformar múltiplas fontes heterogêneas em análises preditivas confiáveis requer superar barreiras de interoperabilidade, qualidade e alinhamento semântico

### Base de Conhecimento Semântica

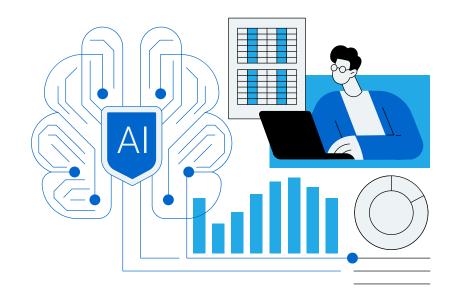




Essa base não trata apenas de dados numéricos, mas de informações contextuais e semânticas sobre o setor.

### Problema







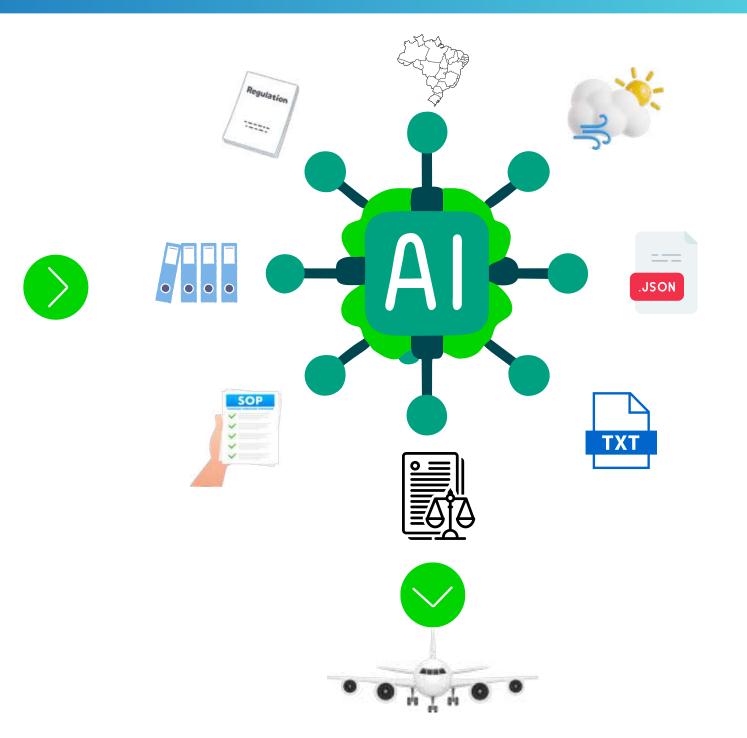
Como harmonizar e transformar dados fragmentados, complexos e distribuídos, oriundos de múltiplas fontes com formatos, semânticas e níveis de qualidade distintos, em uma base analítica universal, confiável e interoperável, que sirva de alicerce para o desenvolvimento de uma inteligência artificial especializada e efetiva na gestão do transporte aéreo brasileiro, considerando a alta sensibilidade regulatória, a diversidade operacional e a constante atualização normativa do setor?

# Objetivo



### Base de dados Analíticos





# Base de Conhecimentos



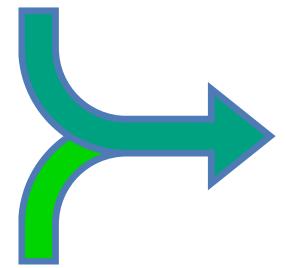
Como usar uma IA para dar contexto, explicabilidade e suporte inteligente à decisão e gestão na aviação civil?

### Trilhas



### 1° TRILHA — ONTOLOGIA + GRAFO DE CONHECIMENTO ANALÍTICO

**Objetivo**: transformar dados operacionais fragmentados (ANAC, DECEA, OpenSky, etc.) em um grafo semanticamente estruturado e consultável.



#### 2° TRILHA — BASE DE CONHECIMENTO SEMÂNTICA

**Objetivo:** criar um repositório semântico e vetorial de conhecimento normativo e contextual sobre aviação civil (ICA, RBAC, manuais, IATA, EUROCONTROL, etc.) para alimentar modelos de linguagem (LLMs).

#### PONTO DE CONVERGÊNCIA: INTEGRAÇÃO VIA RAG

#### **III** O QUE O GRAFO RDF RESPONDE:

- "QUEM": LATAM VOO 5411 "
- O QUÊ": ATRASO DE 45 MINUTOS
- "QUANDO": 17/07/2025 ÀS 13:30
- "ONDE": SBGR → SBPA

#### **O QUE A BASE VETORIAL RESPONDE:**

- "POR QUÊ": Condições meteorológicas (nevoeiro)
- "REGRA": ICA 100-12, seção 4.2.3
- "CONTEXTO": "Visibilidade < 600m exige espaçamento mínimo de 3nm"

#### O que o LLM irá entregar:

"O voo LATAM 5411 (SBGR→SBPA) teve atraso de 45min devido a nevoeiro em Guarulhos. Segundo a ICA 100-12, visibilidade reduzida exige aumento no espaçamento entre aeronaves, impactando a capacidade do aeroporto e gerando atrasos operacionais.

# Convergência

ONTOLOGIA + GRAFO DE CONHECIMENTO ANALÍTICO Trilha 01
AirData
Trilha 02

BASE DE CONHECIMENTO SEMÂNTICA



# Semântica X Ontologia

### Trilha 01



Conceito	Semântica	Ontologia
* Definição	É o <b>significado</b> de um termo, conceito ou estrutura	É uma <b>estrutura formal</b> que representa conceitos, relações e regras
► O que é	Uma propriedade geral da linguagem	Um <b>modelo de conhecimento</b> de um domínio
<b>%</b> Como funciona	Dá <b>sentido ou interpretação</b> a um dado, campo ou texto	Organiza esse conhecimento em <b>classes</b> , <b>propriedades e relações</b>
•• Exemplo	Saber que aero_dep = "aeroporto"	Criar uma classe Aeroporto com codigo_icao, nome etc.
Papel no Airdata	Traduz nomes e valores para o que eles realmente significam	Modela tudo isso em um <b>grafo estruturado e consultável</b>

# Semântica X Ontologia

### Trilha 01



#### Dados de diversas fontes:

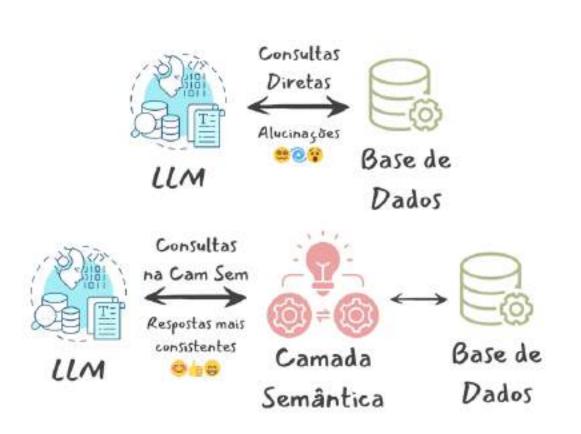
- \* ANAC chama de aero\_dep,
- N DECEA chama de id\_airport,
- **Z** OpenSky usa **id\_iata**.
- 🗲 A semântica expressa: tudo isso quer dizer 'aeroporto'.
- A ontologia expressa: "Aeroporto é uma entidade que tem propriedades codigo\_icao, nome, e está relacionada a voos, localizações etc."

# Semântica X Ontologia

### Trilha 01



**LLMs** precisam de uma **Camada Semântica** para extrair o máximo de valor a partir de dados armazenados.



- 1. LLMs não "entendem" dados estruturados nativamente.
- 2. A semântica dá contexto e significado real aos dados
- 3. Facilita inferências e explicações mais ricas.
- 4. Permite integração com fontes múltiplas e heterogêneas.
- 5. É a base para **RAG** (**Retrieval-Augmented Generation**) eficiente.
- 6. Gera rastreabilidade e transparência.

### Trilhas

### Trilha 01





■ Owl:Thing ■ Aerodrome	
O Gate O Runway O Aircraft O Aircraft Operator O Date Time ▼ O Flight ▼ O ArrivalOperations O InBlock Landing ▼ O DepartureOperations O OffBlock O TakeOff O TransportOperations ▼ O InformationManagement O CodeServiceInformationType ▼ O WeatherCondition ○ RunwayCondition O AirspaceCondition O Cloud O CodeWeatherPhenomenonType	owl:Thing
<ul> <li>Runway</li> <li>Aircraft</li> <li>Aircraft Operator</li> <li>DateTime</li> <li>Flight</li> <li>ArrivalOperations         <ul> <li>InBlock</li> <li>Landing</li> </ul> </li> <li>DepartureOperations         <ul> <li>OffBlock</li> <li>TakeOff</li> <li>TransportOperations</li> </ul> </li> <li>InformationManagement         <ul> <li>CodeServiceInformationType</li> </ul> </li> <li>WeatherCondition         <ul> <li>AerodromeCondition</li> <li>RunwayCondition</li> <li>AirspaceCondition</li> <li>Cloud</li> <li>CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul> </li> </ul>	▼ O Aerodrome
<ul> <li>Aircraft</li> <li>Aircraft Operator</li> <li>DateTime</li> <li>▼ Flight</li> <li>▼ ArrivalOperations</li> <li>InBlock</li> <li>Landing</li> <li>▼ DepartureOperations</li> <li>OffBlock</li> <li>TakeOff</li> <li>TransportOperations</li> <li>▼ InformationManagement</li> <li>CodeServiceInformationType</li> <li>▼ WeatherCondition</li> <li>▼ AerodromeCondition</li> <li>RunwayCondition</li> <li>AirspaceCondition</li> <li>Cloud</li> <li>CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	O Gate
O Aircraft Operator O Date Time ▼ O Flight ▼ O Arrival Operations O In Block U Landing ▼ O Departure Operations Off Block Take Off O Transport Operations ▼ O Information Management Code Service Information Type ▼ O Weather Condition ■ Aerodrome Condition O Runway Condition O Airspace Condition O Cloud O Code Weather Phenomenon Type	Runway
<ul> <li>▶ Clight</li> <li>▼ ArrivalOperations</li> <li>□ InBlock</li> <li>□ Landing</li> <li>▼ DepartureOperations</li> <li>□ OffBlock</li> <li>□ TakeOff</li> <li>□ TransportOperations</li> <li>▼ □ InformationManagement</li> <li>□ CodeServiceInformationType</li> <li>▼ ○ WeatherCondition</li> <li>▼ ○ AerodromeCondition</li> <li>□ RunwayCondition</li> <li>○ AirspaceCondition</li> <li>○ Cloud</li> <li>○ CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	O Aircraft
▼ ○ ArrivalOperations	Aircraft Operator
■ ArrivalOperations	O DateTime
<ul> <li>□ InBlock</li> <li>□ Landing</li> <li>▼ ○ DepartureOperations</li> <li>○ OffBlock</li> <li>○ TakeOff</li> <li>○ TransportOperations</li> <li>▼ ○ InformationManagement</li> <li>○ CodeServiceInformationType</li> <li>▼ ○ WeatherCondition</li> <li>▼ ○ AerodromeCondition</li> <li>○ RunwayCondition</li> <li>○ AirspaceCondition</li> <li>○ Cloud</li> <li>○ CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	▼ ○ Flight
■ Landing  ■ DepartureOperations  ■ OffBlock ■ TakeOff ■ TransportOperations ■ InformationManagement ■ CodeServiceInformationType ■ WeatherCondition ■ AerodromeCondition ■ RunwayCondition ■ RunwayCondition ■ Cloud ■ CodeWeatherPhenomenonType	▼ O ArrivalOperations
<ul> <li>▼ ○ DepartureOperations</li> <li>○ OffBlock</li> <li>○ TakeOff</li> <li>○ TransportOperations</li> <li>▼ ○ InformationManagement</li> <li>○ CodeServiceInformationType</li> <li>▼ ○ WeatherCondition</li> <li>▼ ○ AerodromeCondition</li> <li>○ RunwayCondition</li> <li>○ AirspaceCondition</li> <li>○ Cloud</li> <li>○ CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	OlnBlock
OffBlock TakeOff TransportOperations  InformationManagement CodeServiceInformationType  WeatherCondition AerodromeCondition RunwayCondition AirspaceCondition Cloud CodeWeatherPhenomenonType	<ul><li>Landing</li></ul>
TakeOff ○ TransportOperations  ▼ ○ InformationManagement ○ CodeServiceInformationType  ▼ ○ WeatherCondition  ▼ ○ AerodromeCondition ○ RunwayCondition ○ AirspaceCondition ○ Cloud ○ CodeWeatherPhenomenonType	▼ O DepartureOperations
<ul> <li>TransportOperations</li> <li>InformationManagement</li> <li>CodeServiceInformationType</li> <li>WeatherCondition</li> <li>AerodromeCondition</li> <li>RunwayCondition</li> <li>AirspaceCondition</li> <li>Cloud</li> <li>CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	OffBlock
<ul> <li>▼ OInformationManagement</li> <li>CodeServiceInformationType</li> <li>▼ OWeatherCondition</li> <li>▼ AerodromeCondition</li> <li>ORunwayCondition</li> <li>OAirspaceCondition</li> <li>Cloud</li> <li>CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	○ TakeOff
<ul> <li>CodeServiceInformationType</li> <li>WeatherCondition</li> <li>AerodromeCondition</li> <li>RunwayCondition</li> <li>AirspaceCondition</li> <li>Cloud</li> <li>CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	TransportOperations
<ul> <li>▼ ○ WeatherCondition</li> <li>▼ ○ AerodromeCondition</li> <li>○ RunwayCondition</li> <li>○ AirspaceCondition</li> <li>○ Cloud</li> <li>○ CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	▼ O InformationManagement
<ul> <li>▼ ○ AerodromeCondition</li> <li>○ RunwayCondition</li> <li>○ AirspaceCondition</li> <li>○ Cloud</li> <li>○ CodeWeatherPhenomenonType</li> </ul>	CodeServiceInformationType
<ul><li>RunwayCondition</li><li>AirspaceCondition</li><li>Cloud</li><li>CodeWeatherPhenomenonType</li></ul>	▼ ○ WeatherCondition
<ul><li>AirspaceCondition</li><li>Cloud</li><li>CodeWeatherPhenomenonType</li></ul>	▼ ○ AerodromeCondition
Cloud CodeWeatherPhenomenonType	RunwayCondition
CodeWeatherPhenomenonType	<ul> <li>AirspaceCondition</li> </ul>
	Cloud
A 6 - 11-11/4	CodeWeatherPhenomenonType
Visibility	Visibility
O Wind	○ Wind



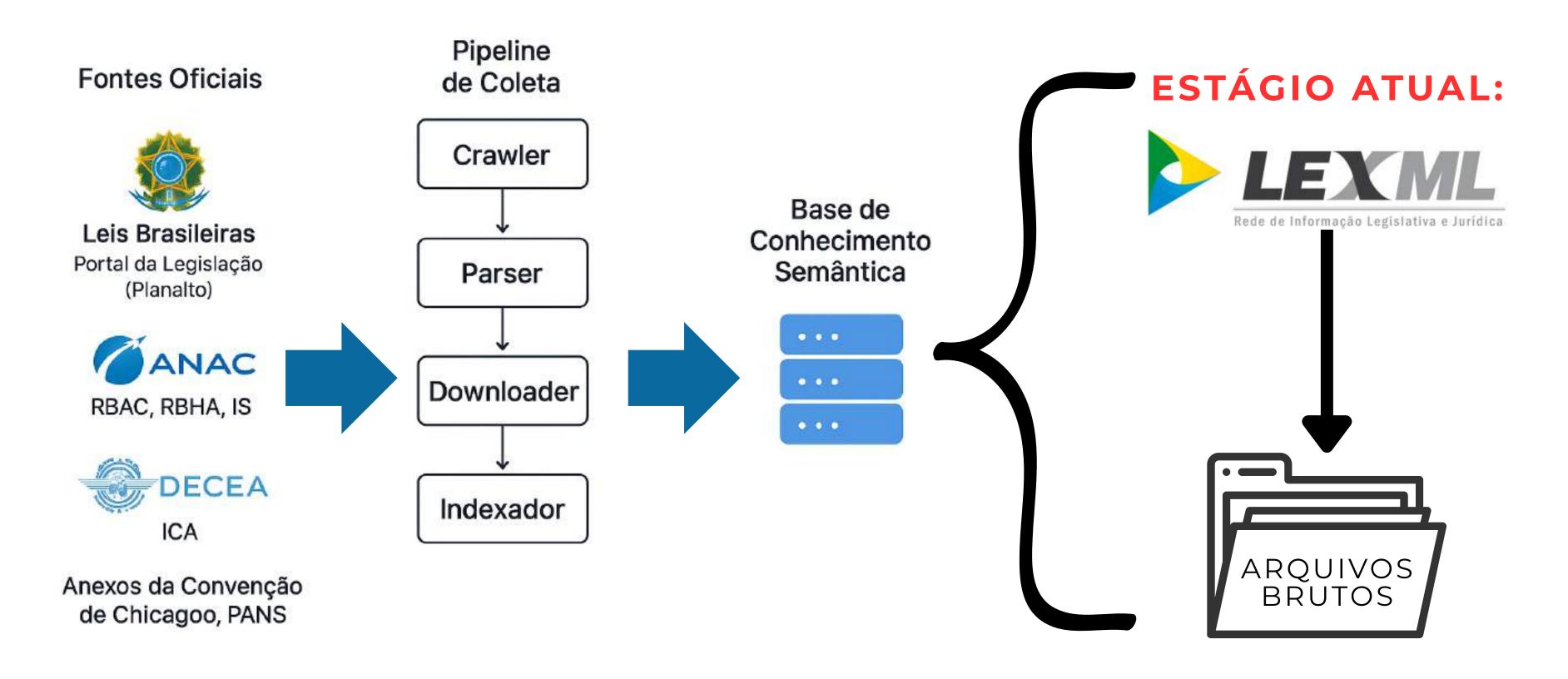


- ry Tondonou

# Legislações

### Trilha 02





# Equipe





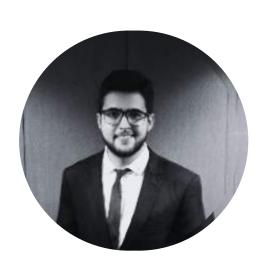




Flávio Mendes Neto



**Dimas Betioli Ribeiro** 



João Basílio Tarelho Szenczuk

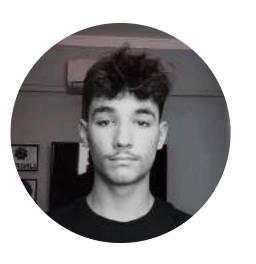




**Guilherme Trindade Tolentino Bernardo** 



Jean Phelipe de Oliveira Lima



Vitor Lucas Kohls Correa