

# I2A2

## Relatório **DESAFIO FINAL**

### EQUIPE

Alice - [lh.alice.macedo@gmail.com](mailto:lh.alice.macedo@gmail.com)

David - [david.parede@meta.com.br](mailto:david.parede@meta.com.br)

# APRESENTAÇÃO

A composite image featuring a man in a dark suit and a robotic head. The man is shown from the side, looking towards the right. On the right side of the image, there is a large, detailed robotic head with glowing blue and white internal components. The background is a blurred indoor setting with warm lighting.

Este relatório apresenta o Projeto Final para automatizar o processamento e análise de documentos fiscais, utilizando Inteligência Artificial para extração de dados.

# SUMÁRIO

<b>01</b>	<b>Escopo do projeto</b>	03
1.1	Descrição do tema	03
1.2	Público-alvo	04
1.3	Justificativa do projeto	04
<b>02</b>	<b>Workflow</b>	04
2.1	Detalhamento técnico	06
2.2	Capacidade técnica da aplicação	08
2.3	Estrutura Extrator Autonometa	11
2.4	Elementos adicionais	15
2.5	Link de acesso	16
<b>03</b>	<b>Considerações finais</b>	17

# 01

# Escopo do Projeto

## 1.1 DESCRIÇÃO DO TEMA

O projeto **Extrator AutonoMeta** foi desenvolvido ao longo de seis meses dentro do curso de Agentes Inteligentes do I2A2, com o objetivo de aplicar os conceitos de inteligência artificial, automação e processamento de linguagem natural em um contexto de alta aplicabilidade empresarial: a leitura, interpretação e auditoria automatizada de documentos fiscais eletrônicos.

Para isso, o **agente inteligente de extração de dados fiscais** foi desenvolvido para ser capaz de reconhecer automaticamente documentos fiscais (XML, PDF, imagem), processar seu conteúdo, identificar e estruturar os campos relevantes (emitente, destinatário, valores, impostos, CFOP, etc.) e apresentar uma análise visual e auditável.

A iniciativa surgiu da percepção de que, embora os sistemas de **emissão de notas fiscais** (como NF-e e NFC-e) estejam amplamente digitalizados, o processo de leitura, conferência e integração desses dados com os sistemas contábeis e fiscais ainda depende fortemente da atuação humana.

Isso gera gargalos operacionais, riscos de erro e lentidão no fechamento contábil.

O projeto, portanto, buscou desenvolver um agente autônomo capaz de compreender documentos fiscais, estruturando as informações de forma confiável e auditável, baseado em visão computacional (OCR), processamento semântico de linguagem natural e regras lógicas de consistência fiscal.

### 1.2 PÚBLICO-ALVO

O sistema é voltado principalmente para profissionais e organizações que lidam com documentos fiscais e buscam soluções eficientes para processá-los. Entre os principais usuários potenciais destacam-se:

- Contadores e escritórios de contabilidade.
- Departamentos financeiros e fiscais de pequenas e médias empresas.
- Consultores fiscais e tributários.
- Profissionais autônomos com demandas contábeis periódicas.
- Startups e empresas de tecnologia que desenvolvem soluções de automação fiscal.

Esses usuários poderão se beneficiar da automação de tarefas repetitivas, da redução de custos com ferramentas comerciais e da capacidade de análise rápida e acessível dos dados fiscais.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

A área fiscal brasileira é uma das mais complexas do mundo, com milhares de códigos tributários, layouts variáveis e obrigações acessórias. Profissionais contábeis e auditores dedicam grande parte de seu tempo à conferência de informações repetitivas, que poderiam ser automatizadas.

A escolha desse tema está diretamente relacionada à aplicabilidade prática do aprendizado obtido no curso: construir um agente inteligente que une interpretação de linguagem, análise lógica e automação de processos.

O projeto também reflete uma tendência crescente de transformação digital nas áreas administrativas, em que agentes autônomos e sistemas de IA são integrados a ERPs e softwares contábeis.

## ESCOPO

Além disso, a proposta atende à exigência de criar uma solução com relevância real, conectando aprendizado acadêmico e necessidade corporativa, alinhando-se aos princípios de IA aplicada e agentes cognitivos abordados na disciplina.

Embora existam no mercado soluções comerciais que automatizam parte dessas tarefas, elas geralmente apresentam custos elevados e baixa flexibilidade. O projeto se propõe a preencher essa lacuna com uma solução baseada em código aberto, acessível via Streamlit, e que integra tecnologias avançadas de leitura e compreensão de linguagem natural.

Entre os principais benefícios esperados estão:

- **Redução significativa no tempo de processamento.**
- **Diminuição de erros manuais**, com maior confiabilidade dos dados extraídos.
- **Facilidade de uso**, com interface de consulta em linguagem natural.
- **Acesso gratuito e escalável**, sem necessidade de infraestrutura local.
- **Aprimoramento da tomada de decisões**, com base em análises mais rápidas e precisas.

Este projeto, portanto, não apenas moderniza um processo crítico do setor fiscal, como também contribui para a democratização do acesso à inteligência de dados.

# 02

# Workflow

## 2.1 DETALHAMENTO TÉCNICO

O Extrator Autonometa é uma aplicação web interativa construída sobre uma pilha de tecnologia moderna, focada em processamento de linguagem natural (LLM) e análise de documentos (OCR/XML) para estruturação de dados fiscais.

Categoria	Tecnologia	Versão (Implícita)	Função na Aplicação
<b>Framework Web</b>	<b>Streamlit</b>	> 1.18	Framework principal para construção da interface de usuário (UI) e gerenciamento de estado (st.session_state).
<b>Linguagem</b>	<b>Python</b>	> 3.9	Linguagem de programação central para toda a lógica de negócios, processamento de dados e integração de bibliotecas.
<b>Modelo de IA (LLM)</b>	<b>Google Gemini</b>	-	Responsável pela leitura, interpretação contextual e extração estruturada de dados a partir do texto bruto (OCR).

# WORKFLOW

Categoria	Tecnologia	Versão (Implícita)	Função na Aplicação
Orquestração LLM	<b>LangChain / LangChain Core</b>	-	Facilita a criação de cadeias de comandos (prompt), integração com o LLM do Gemini e aplicação do parser de saída Pydantic.
Estrutura de Dados	<b>Pydantic</b>	> 2.x	Define o schema estrito (classes BaseModel) para a saída do JSON, garantindo que os dados extraídos possuam o tipo e o formato corretos.
Processamento OCR	<b>PyTesseract</b>	-	Biblioteca Python para interação com o motor OCR Tesseract, responsável pela conversão de imagens e PDFs para texto bruto.
Processamento PDF/Imagem	<b>pdf2image, PIL, cv2 (OpenCV)</b>	-	Bibliotecas auxiliares para conversão de PDFs em imagens e pré-processamento de imagens (ex: melhoria de contraste/resolução).
Análise de Dados	<b>Pandas</b>	-	Manipulação, limpeza, tipagem e agregação eficiente dos dados extraídos para geração de relatórios e gráficos.
Visualização	<b>Plotly Express</b>	-	Geração de gráficos interativos e dinâmicos para visualização da distribuição de CFOP, proporção de custos e ranking de itens.

## 2.2 CAPACIDADE TÉCNICA DA APLICAÇÃO

A aplicação Extrator Autonomeia não é apenas um conversor, mas sim um pipeline inteligente e robusto de análise fiscal, com as seguintes capacidades técnicas:

### 2.2.1 Processamento e Fontes de Dados

- **Multiformato Robusto:** Capacidade de inferir e processar dados de múltiplas fontes:
  - XML: Extração direta, rápida e precisa de Notas Fiscais Eletrônicas (NF-e) a partir do arquivo XML.
  - Imagens/PDFs (DANFE): Processamento via OCR para extração de dados de documentos não estruturados (DANFE, Faturas, etc.).
- **Tratamento de Layout de Tabela (OCR):** Configuração otimizada do Tesseract (--psm 4) para maximizar a extração de todos os itens em layouts de tabela complexos, comum em DANFEs.
- **Limpeza de Dados LLM:** Utilização de um *System Prompt* de alta complexidade para instruir o LLM (Gemini) a:
  - Correção Ortográfica Contextual: Corrigir erros comuns de OCR na descrição dos produtos/serviços.
  - Tipagem Robusta: Forçar a conversão de formatos numéricos brasileiros (1.234,56) para o formato float padrão (1234.56) para garantir a integridade dos cálculos.

### 2.2.2 Governança e Validação de Dados

- **Validação Pydantic:** Aplicação de um *schema* Pydantic estrito para validar *cada* campo extraído do LLM, garantindo que a saída JSON seja sempre previsível, completa e tipada corretamente (Ex: datas no formato 'AAAA-MM-DD', valores como float).

- **Auditoria de Inconsistências:** Implementação de lógica para identificar e alertar o usuário sobre campos-chave (como a Chave de Acesso) que estão fora do padrão esperado, mesmo após a validação inicial.
- **Controle de Fluxo de Sessão:** Implementação de controle de estado e chaves dinâmicas para:
  - Forçar o recomeço da análise sempre que um novo arquivo é carregado.
  - Permitir o reset completo da sessão por botão (limpeza de cache e *file uploader*).

## 2.2.3 Capacidades Analíticas e de Visualização

- **Análise de Agrupamento Dinâmico:** Apresentação de três visualizações cruciais, alternáveis:
  - Distribuição por CFOP: Agrupamento categórico e soma do valor total por Código Fiscal de Operações e Prestações (CFOP).
  - Proporção de Custos (Com Tributos): Gráfico de Rosca que decompõe o valor total da nota em: Valor dos Produtos/Serviços, Impostos (com lógica de *fallback* para Valor Aproximado dos Tributos se os destacados forem zero), e Outras Despesas/Frete.
  - Ranking de Itens: Gráfico de barras com os 10 produtos/serviços de maior valor na nota.
- **Exportação em Padrão Brasileiro:** Geração de arquivo CSV para exportação dos dados da tabela de itens, formatado no padrão ABNT (vírgula como separador decimal).

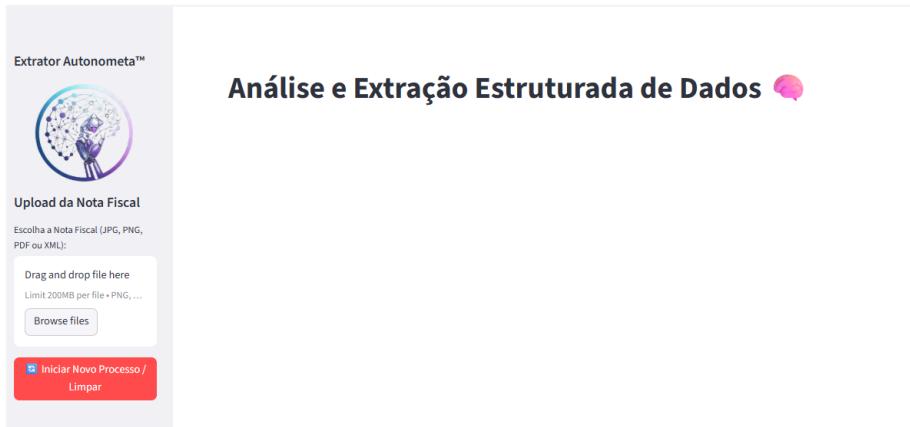
## 2.2.4 Chatbot de Consulta Contextual (RAG Simples)

Esta é a capacidade mais avançada da aplicação, transformando a extração em uma base de conhecimento.

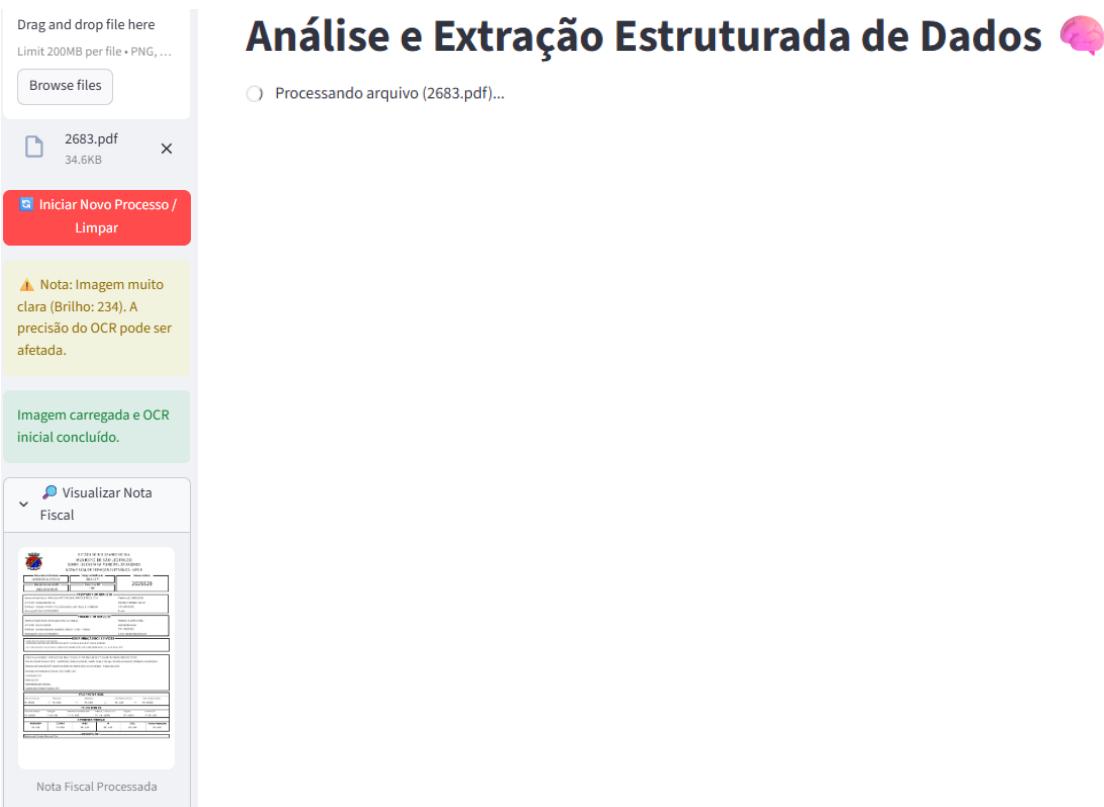
- **Interrogatório Baseado em Documento:** O chatbot opera sob o princípio da Geração Aumentada de Recuperação (RAG) Simples. O LLM (Gemini) é instruído a responder a perguntas do usuário (st.chat\_input) exclusivamente usando o conteúdo da nota fiscal atual.
- **Contexto Definido:** O prompt do chatbot inclui:
  - O JSON Estruturado da Nota Fiscal (para dados precisos e numéricos).
  - O Texto OCR Bruto (para fornecer contexto adicional em caso de falha na extração de JSON).
- **Restrições de Resposta:** O modelo é rigorosamente instruído a:
  - Responder somente com fatos contidos na nota (JSON ou OCR).
  - Rejeitar educadamente perguntas cujas respostas não estejam no documento.
- **Funcionalidade de Auditoria:** Permite que o usuário peça explicações sobre a composição de impostos, o significado de um CFOP específico, ou valores de itens, sem sair do ambiente da aplicação.

## 2.3 ESTRUTURA EXTRATOR AUTONOMETA

O projeto Extrator Autonometa pode ser acessado pelo Streamlit (<https://extrator-autonometa.streamlit.app>), cuja tela inicial permite que o usuário possa efetuar o upload do arquivo, seja ele uma imagem (JPG e PNG), PDF ou XML:



Em seguida, o processamento do arquivo inicia-se, e o agente já avalia a qualidade da imagem, confirmando que a imagem foi carregada e até permitindo uma visualização prévia da nota fiscal.



# WORKFLOW

Com o processamento concluído, o agente avalia a consistência do arquivo e já efetua a verificação de qualidade, identificando se o arquivo possui alguma informação crítica obrigatória faltando, como exemplo o Emitente, Destinatário, Valor e Itens.

## Análise e Extração Estruturada de Dados 🧠

### Resultado da Extração Estruturada (LLM/OCR)

#### 🛠 Enriquecimento e Auditoria Pós-Extração

Iniciando enriquecimento heurístico para códigos fiscais (CFOP, CST/CSOSN).

Iniciando pós-validação de consistência de totais.

✓ 🚨 Consistência Aprovada! O somatório dos itens é consistente com o Valor Total da Nota. | Soma dos Itens: R190,00|TotalNF : R 190,00

💡 Verificação de Qualidade concluída: Nenhuma informação crítica obrigatória faltando (Emitente, Destinatário, Valor, Itens).

Em seguida, é possível ter o resumo fiscal e ter acesso às informações principais, como a data de emissão, o valor total da nota, o modelo fiscal e a natureza da operação.

#### 📊 Resumo Fiscal (KPIs)

Valor Total da NF

190,00

V. Aprox. Tributos

17,35

Total ICMS/IPI

0,00 / 0,00

Nº de Itens

1

#### Informações Principais

Data de Emissão

2025-10-10

Valor Total da Nota

190,00

Modelo Fiscal

NFS-e

Natureza da Operação

Imposto recolhido pelo regime único de arrecadação -  
Simples Nacional.

# WORKFLOW

Após a análise destes dados, o usuário pode visualizar a chave de acesso da NF-e e identificar as informações do Emitente e Destinatário, além de todos os itens da nota fiscal.

💡 Chave de Acesso da NF-e

...

🕒 Detalhes do Emitente

```
{
  "cnpj_cpf": "39826815000168",
  "nome_razao": "MANUELA AUTO PEÇAS E AUTO ELETRICA LTDA",
  "endereco_completo": "AVENIDA IMPERATRIZ LEOPOLDINA, 2347 SALA 2 - PINHEIRO, SÃO LEOPOLDO/RS, CEP:93042-165",
  "inscricao_estadual": ""
}
```

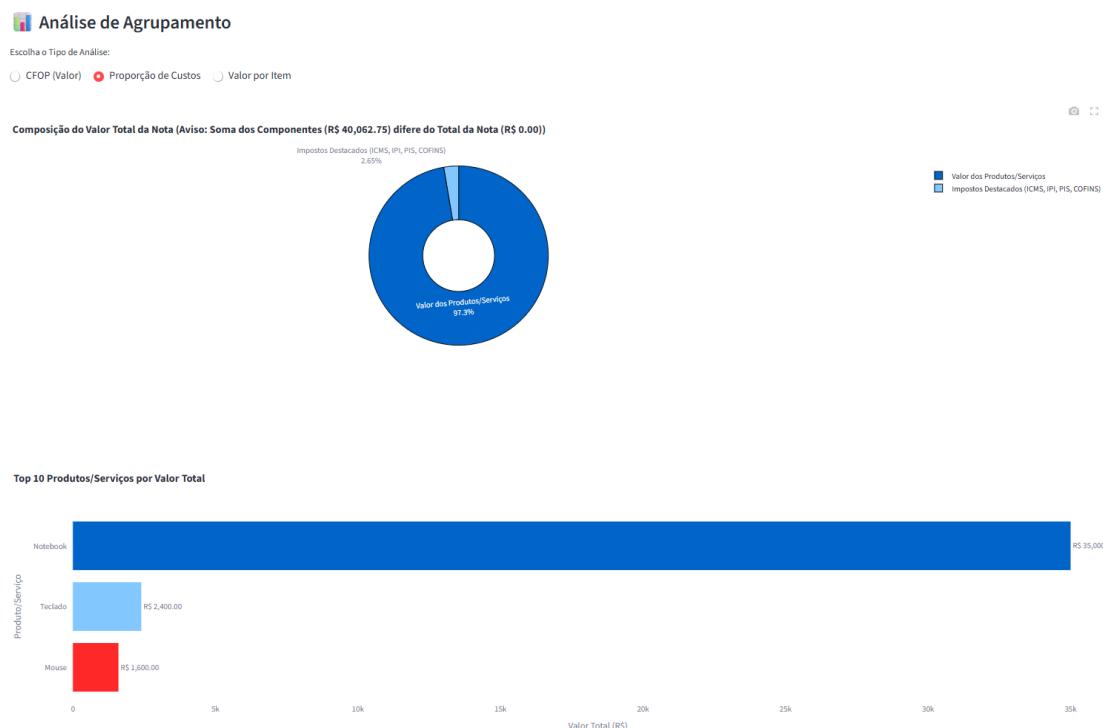
🕒 Detalhes do Destinatário

```
{
  "cnpj_cpf": "018273290884",
  "nome_razao": "DAVID DOS SANTOS PAREDE",
  "endereco_completo": "Avenida Imperatriz Leopoldina, 1900 APTO 343 - Pinheiro, SAO LEOPOLDO/RS, CEP: 93042-165",
  "inscricao_estadual": ""
}
```

🛒 Itens da Nota Fiscal

Descrição do Item	Qtd	Valor Unit.	Valor Total	CFOP	CST/CSOSN	V. Aprox. Tributos
LIMPEZA SISTEMA ARREFECIMENTO E TROCA RESERVATÓRIO	1	R\$ 190,00	R\$ 190,00			R\$ 17,35

No dashboard, o usuário possui a visibilidade de alguns gráficos, como o CFOP (Valor), Proporção de Custos e Valor por Item.



# WORKFLOW

Além desses dados, o usuário também tem a percepção do total de impostos e despesas previstas na nota, além de poder efetuar a edição manual destes impostos, para posterior download do arquivo em CSV, inclusive visualizar e baixar o JSON completo da extração.

💰 **Totais de Impostos e Despesas** ↗

Base ICMS	Total IPI	Total PIS	Total COFINS	Outras Despesas	Total V. Aprox. Tributos
R\$ 3.900,00	R\$ 0,00	R\$ 64,35	R\$ 296,40	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total ICMS					
R\$ 702,00					

---

🔥 **Edição Manual de Impostos**

O Agente LLM não conseguiu extrair os valores detalhados. Se a nota contém esses valores, insira-os abaixo.

ICMS	IPI	PIS	COFINS
702,0	0,0	64,35	296,4

Valores de impostos atualizados para o JSON de download.

---

⬇️ **Downloads**

[Baixar JSON COMPLETO da Extração](#) [Baixar Itens em CSV \(Formato ABNT\)](#)

› Ver JSON Bruto Completo (DEBUG)

Para proporcionar uma experiência de uso mais completa, o Extrator AutonoMeta integra um chatbot que auxilia o usuário na interação com os dados da nota fiscal. O recurso permite esclarecer dúvidas, obter informações específicas sobre o arquivo e compreender melhor os resultados gerados pela extração.

⌚ **Chatbot de Análise Fiscal (Gemini)** ↗

Pergunte algo sobre esta nota (Ex: Qual o valor do ICMS? Qual a descrição do item mais caro)? »

⌚ **Chatbot de Análise Fiscal (Gemini)**

💡 Qual o item mais caro e o seu valor?

💡 O item mais caro é "Notebook" com o valor unitário de 3500,00.

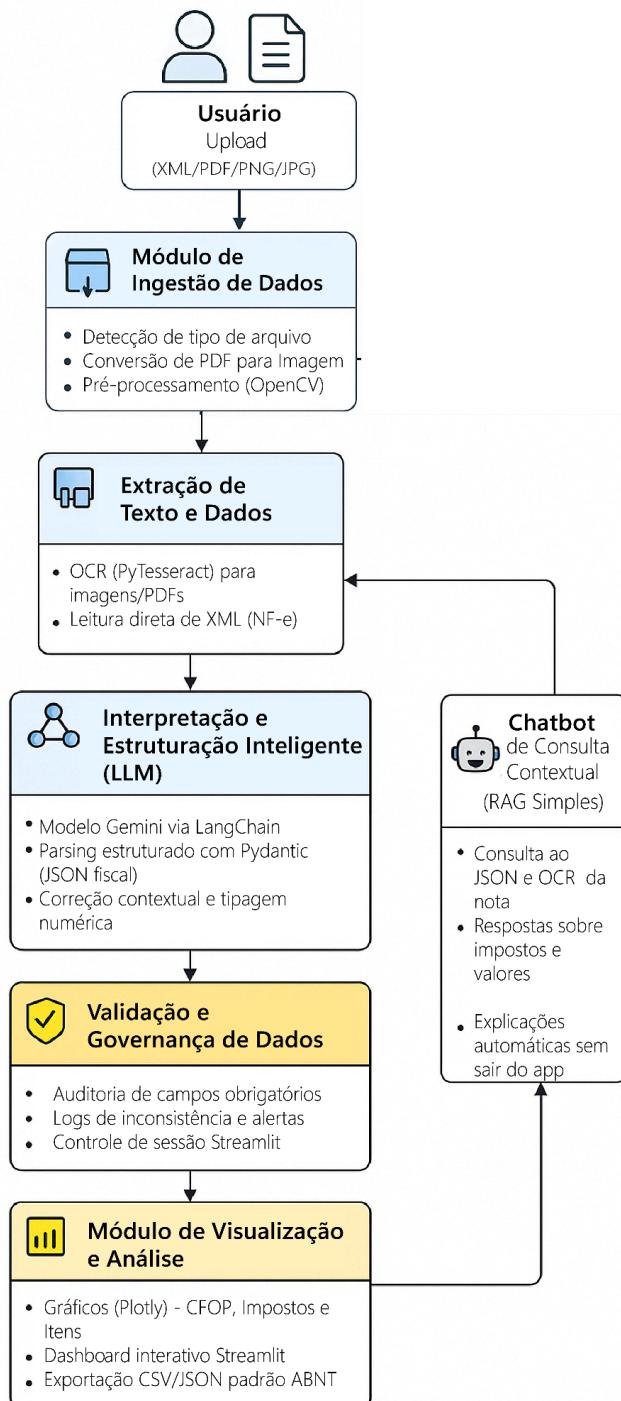
## 2.4 ELEMENTOS ADICIONAIS

### 2.3.1 Análise de viabilidade

- **Tempo médio de emissão manual de notas fiscais:** A emissão manual de uma nota fiscal pode levar de 8 a 12 minutos, enquanto sistemas automatizados reduzem esse tempo para cerca de 45 segundos.  
[emitirnotafiscal.com](http://emitirnotafiscal.com)
- **Taxa de erro na entrada manual de dados fiscais:** Processos manuais apresentam uma taxa de erro de aproximadamente 15%, ao passo que sistemas automatizados reduzem essa taxa para cerca de 0,5%.  
[emitirnotafiscal.com](http://emitirnotafiscal.com)
- **Benefícios da análise fiscal em tempo real:** A análise de dados em tempo real permite que gestores tomem decisões mais embasadas e estratégicas, considerando o impacto fiscal de cada ação. [asisprojetos.com.br](http://asisprojetos.com.br)
- **Vantagens do uso de tecnologias open-source:** A adoção de tecnologias open-source promove benefícios como simplificação da conformidade fiscal e maior eficácia na gestão pública. [valor.globo.com](http://valor.globo.com)
- **Potencial de automação em tarefas financeiras:** Estudos indicam que até 42% das atividades financeiras de uma empresa podem ser automatizadas, trazendo benefícios como redução de custos e aumento da produtividade.  
[blog.botcity.dev+1newsroom.accenturebr.com](http://blog.botcity.dev+1newsroom.accenturebr.com)
- **Contribuição reconhecida da GenAI nos processos fiscais:** Pesquisa da EY Brasil indica que 87% dos profissionais de finanças e impostos acreditam que GenAI trará maior eficiência para suas funções.  
[https://www.ey.com/pt\\_br/insights/tax/tfo-survey](https://www.ey.com/pt_br/insights/tax/tfo-survey)

# WORKFLOW

## 2.3.2 Diagrama do Extrator Autonometa



## 2.5 LINK DE ACESSO

Aplicação: <https://extrator-autonometa.streamlit.app/>

Github: [https://github.com/DSP35/autonometa\\_extrator](https://github.com/DSP35/autonometa_extrator)

# 03

# Considerações Finais

## O desenvolvimento do **Extrator AutonoMeta**

representou a consolidação de seis meses de aprendizado em inteligência artificial, visão computacional e automação de processos. O projeto evoluiu de um simples extrator de dados para um agente inteligente completo, capaz de compreender, validar e explicar documentos fiscais em múltiplos formatos (XML, PDF e imagem), com suporte a interação conversacional via chatbot.

Essa evolução demonstra o domínio dos pilares dos Agentes Autônomos com Redes Generativas, combinando:

- **OCR + LLMs** (para leitura e interpretação semântica),
- **Validação via Pydantic** (garantia de consistência fiscal),
- **Visualização analítica** (gráficos CFOP, custos e itens),
- e **Chatbot contextual (RAG)**, que transforma o relatório em uma base de conhecimento interativa.

Mais do que um projeto acadêmico, o Extrator AutonoMeta se conecta diretamente ao cenário atual de transformação fiscal brasileira. Com a Reforma Tributária (IBS e CBS) em andamento, as empresas precisarão lidar com novos códigos, estruturas e validações, exigindo soluções automatizadas e inteligentes para garantir conformidade, agilidade e redução de riscos.

## CONSIDERAÇÕES

Nesse contexto, o AutonoMeta antecipa o futuro da automação fiscal, mediante a oferta de agentes cognitivos capazes de interpretar documentos, validar tributos e apoiar a decisão contábil em tempo real. Com isto, o aprendizado foi multifacetado:

- **Técnico**, ao dominar OCR, NLP e frameworks de IA (LangChain, Streamlit, Pydantic).
- **Cognitivo**, ao estruturar prompts, fluxos de validação e modelos de decisão.
- **Estratégico**, ao compreender como a automação fiscal pode impulsionar competitividade e transparência no setor.

Durante o desenvolvimento, observou-se o potencial de evolução do agente. Entre as recomendações para versões futuras, destacam-se:

- **Integração com APIs oficiais da SEFAZ** para consulta de chaves de acesso e validação em tempo real de NF-e.
- **Expansão semântica do chatbot**, permitindo que ele atue como assistente contábil proativo, oferecendo alertas sobre inconsistências, vencimentos e créditos tributários.
- **Aprendizado contínuo supervisionado**, onde o agente assimila correções do usuário e aprimora sua acurácia ao longo do uso.
- **Conexão direta com ERPs e planilhas inteligentes**, automatizando a escrituração fiscal e a geração de DREs consolidadas.
- **Dashboard avançado de insights preditivos**, aplicando IA generativa para detectar padrões de risco fiscal e sugerir ações preventivas.

Esses aprimoramentos apontam para um cenário de evolução do Extrator AutonoMeta como um agente fiscal autônomo, capaz não apenas de extrair e interpretar dados, mas de apoiar estrategicamente a gestão tributária em tempo real.