

Relatório do Desafio Final

Automatização do processamento e análise de documentos fiscais

Curso: Agentes Autônomos com Redes

Generativas

Nome do Grupo: Código_B:

Componentes:

Arsénio António Monjane

(monjearse@hotmail.com)

Data: 03 de Novembro de 2025



Versão: 1.0

1. Índice

1. Índice	2
2. Descrição do Tema Escolhido	3
3. Público-Alvo	4
3.1. <i>Partes Interessadas Principais</i>.....	4
3.2. <i>Personas de Usuários e Casos de Uso</i>	5
3.3. <i>Segmentação de Mercado</i>	6
3.4. <i>Necessidades e Pontos de Dor dos Usuários</i>	7
4. Justificativa para o Tópico Escolhido	8
4.1. <i>Significância de Mercado e Impacto Econômico</i>	8
4.2. <i>Avanço Tecnológico e Valor de Inovação</i>	9
4.3. <i>Abordando Desafios Empresariais Críticos</i>	10
4.4. <i>Valor Educacional e de Pesquisa</i>.....	11
4.5. <i>Benefícios Sociais e Econômicos</i>	11
4.6. <i>Preparação para o Futuro e Evolução Tecnológica</i>	12
4.7. <i>Agentes de Processamento</i>.....	13
4.8. <i>Fluxo de Dados e Controlo</i>	13
5. Como a solução foi construída.....	14

2. Descrição do Tema Escolhido

Este projeto apresenta uma solução inteligente para **validação, análise, correção e integração de documentos fiscais eletrónicos (NFe/NFCe)**, utilizando **Agentes Autónomos baseados em LLMs (Large Language Models)**.

A arquitetura combina:

1. Frontend Inteligente (EDDF – Streamlit)

- Valida XML pela XSD oficial NFe 4.00
- Analisa erros com Agentes LLM
- Sugere XML corrigido
- Envia dados para o ERP
- Mantém histórico em SQLite

2. Pipeline Multi-Agente

- **Validator Agent** — valida contra schema
- **Tax Interpreter Agent** — explicar erros fiscais
- **Fixer Agent** — sugerir correções
- **Integrator Agent** — enviar documento ao ERP
- **Coordinator Agent** — orquestra todo o fluxo

3. ERP.Api – Backend .NET Core

- Recebe XML validado
- Extrai dados fiscais
- Armazena em SQL Server
- Garante atomicidade via UnitOfWork

4. Bases de Dados

- **SQLite (EDDF)** — histórico de validações e integrações
- **SQL Server (ERP)** — armazenamento definitivo dos documentos fiscais

3. Público-Alvo

3.1. *Partes Interessadas Principais*

O sistema autônomo de processamento de documentos fiscais atende às necessidades de múltiplos grupos de partes interessadas dentro do ecossistema empresarial brasileiro, cada um enfrentando desafios únicos relacionados à conformidade fiscal e gestão de documentos.

- a) **Empresas de Médio a Grande Porte:** Empresas que processam centenas ou milhares de documentos fiscais mensalmente representam o público-alvo principal para esta solução. Essas organizações tipicamente lutam com o esforço manual necessário para processar notas fiscais, recibos e formulários fiscais, levando a custos operacionais significativos e potenciais riscos de conformidade. A complexidade do sistema tributário multi-jurisdicional do Brasil, com diferentes alíquotas e regulamentações entre estados e municípios, cria desafios particulares para empresas operando em múltiplas localidades [4].

Essas empresas frequentemente mantêm departamentos de contabilidade dedicados que gastam tempo considerável em tarefas de entrada e validação de dados. O sistema de agentes autônomos proposto permitiria que essas organizações redirecionassem recursos humanos para atividades de maior valor, como análise financeira, planejamento estratégico e atendimento ao cliente, enquanto garantem conformidade fiscal precisa e oportuna.

- b) **Empresas de Contabilidade e Consultoria Fiscal:** Empresas de serviços profissionais que gerenciam conformidade fiscal para múltiplos clientes enfrentam desafios únicos de escalabilidade. Essas organizações devem lidar com diversos formatos de documentos de vários clientes enquanto mantêm

precisão entre diferentes jurisdições fiscais e requisitos regulamentares. O sistema de agentes autônomos fornece a essas empresas a capacidade de escalar suas operações sem aumentar proporcionalmente o pessoal, mantendo os altos padrões de precisão necessários para serviços fiscais profissionais.

- c) **Fornecedores de Software ERP e Contábil:** Empresas de tecnologia desenvolvendo soluções de planejamento de recursos empresariais e software de contabilidade representam um público secundário importante. Esses fornecedores podem integrar as capacidades de agentes autônomos em suas plataformas existentes, fornecendo valor aprimorado aos seus clientes e diferenciando seus produtos em um mercado competitivo.
- d) **Autoridades Fiscais Governamentais:** Embora não sejam usuários diretos do sistema, as autoridades fiscais se beneficiam da melhoria na conformidade e qualidade dos dados que resulta do processamento automatizado. Relatórios fiscais mais precisos e consistentes reduzem a carga nos processos de auditoria governamental e melhoram a eficiência geral da arrecadação de impostos.

3.2. Personas de Usuários e Casos de Uso

- a) **Controladora Financeira - Maria Santos:** Maria gerencia o departamento de contabilidade para uma empresa de manufatura de médio porte com operações em três estados brasileiros. Sua equipe atualmente processa aproximadamente 500 documentos fiscais mensalmente, requerendo esforço manual significativo para extrair dados e garantir conformidade com regulamentações fiscais estaduais variadas. Maria precisa de uma solução que possa lidar com a complexidade dos cálculos de ICMS entre diferentes estados enquanto mantém trilhas de auditoria e garante precisão nos relatórios fiscais.
- b) **Consultor Fiscal - Carlos Rodriguez:** Carlos opera uma empresa de consultoria fiscal atendendo mais de 50 pequenas e médias empresas. Seu desafio está em processar eficientemente diversos formatos de documentos de diferentes

clientes enquanto se mantém atualizado com mudanças regulamentares frequentes. O sistema de agentes autônomos permitiria que Carlos atendesse mais clientes sem comprometer a qualidade do serviço, enquanto as capacidades de aprendizado adaptativo do sistema o ajudam a manter conformidade com requisitos fiscais em evolução.

- c) **Diretora de TI - Ana Oliveira:** Ana lidera iniciativas de tecnologia para uma grande rede de varejo com centenas de localizações. Ela precisa integrar capacidades de processamento de documentos fiscais no sistema ERP existente da empresa enquanto garante escalabilidade e confiabilidade. A arquitetura de agentes autônomos fornece a flexibilidade e capacidades de integração necessárias para implantação em escala empresarial.

3.3. Segmentação de Mercado

- a) **Por Tamanho da Empresa:** - **Grandes Empresas (500+ funcionários):** Requerem capacidades de processamento de alto volume, recursos de integração empresarial e relatórios de conformidade avançados - **Médias Empresas (50-500 funcionários):** Necessitam soluções custo-efetivas com volumes moderados de processamento e implantação simplificada - **Pequenas Empresas (10-50 funcionários):** Beneficiam-se de soluções baseadas em nuvem com requisitos mínimos de infraestrutura de TI;
- b) **Por Setor Vertical:** - **Manufatura:** Cadeias de suprimento complexas com múltiplas jurisdições fiscais e classificações de produtos - **Varejo:** Processamento de transações de alto volume com categorias diversas de produtos e alíquotas fiscais - **Serviços Profissionais:** Processamento de documentos para múltiplos clientes com requisitos variados - **Importação/Exportação:** Documentação de comércio internacional com cálculos complexos de alfândega e impostos
- c) **Por Região Geográfica:** - **São Paulo e Rio de Janeiro:** Alta concentração de grandes empresas com requisitos fiscais complexos - **Centros Industriais:**

Regiões de manufatura com necessidades específicas de processamento de ICMS e IPI - **Regiões Fronteiriças:** Zonas de comércio internacional com considerações adicionais de alfândega e impostos de importação

3.4. Necessidades e Pontos de Dor dos Usuários

- a) **Requisitos de Precisão e Conformidade:** Usuários requerem precisão extremamente alta no processamento de documentos fiscais devido às implicações legais e financeiras de erros. Sistemas OCR tradicionais alcançando apenas 98-99% de precisão criam sobrecarga significativa de verificação manual e riscos de conformidade [5]. O sistema de agentes autônomos aborda essa necessidade através de validação multi-etapas e compreensão contextual que pode alcançar precisão quase perfeita.
- b) **Adaptabilidade a Variações de Documentos:** Documentos fiscais vêm em numerosos formatos, layouts e níveis de qualidade. Usuários precisam de sistemas que possam lidar com essa diversidade sem requerer configuração extensa ou criação de templates.

As capacidades de aprendizado do agente autônomo permitem adaptação automática a novos formatos de documentos e variações de layout.

- c) **Gestão de Mudanças Regulamentares:** O sistema fiscal do Brasil passa por mudanças frequentes, incluindo ajustes de alíquotas, novos códigos fiscais e modificações procedimentais. Usuários precisam de sistemas que possam adaptar-se a essas mudanças rapidamente sem requerer customização cara ou atualizações do sistema. As capacidades de consciência regulamentar do agente autônomo abordam essa necessidade crítica.
- d) **Requisitos de Integração e Fluxo de Trabalho:** Usuários precisam de integração perfeita com sistemas de contabilidade existentes, plataformas ERP e fluxos de trabalho empresariais. A arquitetura de agentes autônomos

fornecer opções flexíveis de integração e pode adaptar-se a vários requisitos de sistema sem interromper processos existentes.

- e) **Escalabilidade e Desempenho:** Conforme empresas crescem, suas necessidades de processamento de documentos aumentam proporcionalmente. Usuários requerem soluções que possam escalar eficientemente sem degradar o desempenho ou requerer investimentos significativos em infraestrutura. A arquitetura multi-agente fornece vantagens inerentes de escalabilidade sobre sistemas monolíticos.
- f) **Custo-Efetividade:** Embora precisão e funcionalidade sejam críticas, usuários também precisam de soluções custo-efetivas que forneçam retorno claro sobre o investimento. O sistema de agentes autônomos reduz custos de processamento manual enquanto melhora precisão e conformidade, entregando valor empresarial mensurável.

4. Justificativa para o Tópico Escolhido

4.1. Significância de Mercado e Impacto Econômico

O sistema tributário brasileiro representa um dos ambientes regulamentares mais complexos do mundo, com empresas obrigadas a navegar múltiplas jurisdições fiscais, alíquotas variadas e mudanças regulamentares frequentes. A Receita Federal processa mais de 150 milhões de declarações fiscais anualmente apenas nos Estados Unidos [6], e o sistema do Brasil envolve complexidade ainda maior devido à sua estrutura multi-jurisdicional com impostos federais, estaduais e municipais operando simultaneamente.

O impacto econômico do processamento manual de documentos fiscais é substancial. Estudos indicam que empresas gastam em média 23% dos recursos de seus departamentos de contabilidade em tarefas de entrada de dados e processamento de documentos [7]. Para uma empresa de médio porte com uma equipe de contabilidade de cinco pessoas, isso se traduz em mais de um

funcionário equivalente em tempo integral dedicado exclusivamente à entrada manual de dados. Quando multiplicado pelo ecossistema empresarial do Brasil, o custo agregado do processamento manual de documentos fiscais atinge bilhões de reais anualmente.

O sistema de agentes autônomos proposto aborda essa ineficiência econômica automatizando os aspectos mais intensivos em tempo do processamento de documentos fiscais enquanto melhora precisão e conformidade. Estimativas conservadoras sugerem que empresas podem reduzir custos de processamento de documentos em 60-80% enquanto simultaneamente melhoram a qualidade dos dados e reduzem riscos de conformidade [8].

4.2. Avanço Tecnológico e Valor de Inovação

A integração de agentes autônomos com redes gerativas representa um avanço tecnológico significativo sobre soluções existentes de processamento de documentos. Sistemas OCR tradicionais, embora úteis, sofrem de limitações fundamentais que os impedem de alcançar a precisão e adaptabilidade necessárias para processamento complexo de documentos fiscais.

- a) **Além das Limitações do OCR Tradicional:** Sistemas OCR convencionais alcançam taxas máximas de precisão de 98-99%, o que se traduz em 200 erros por 10.000 caracteres [9]. No contexto de documentos fiscais, onde um único dígito mal lido pode resultar em consequências financeiras e legais significativas, essa taxa de erro é inaceitável. O sistema de agentes autônomos proposto aborda essa limitação através de compreensão contextual e processos de validação multi-etapas que podem alcançar precisão quase perfeita.
- b) **Capacidades de Aprendizado Adaptativo:** Diferentemente de sistemas OCR estáticos que requerem reconfiguração manual para novos formatos de documentos, agentes autônomos podem aprender e adaptar-se

automaticamente. Essa capacidade é particularmente valiosa no ambiente regulamentar dinâmico do Brasil, onde formulários fiscais, alíquotas e procedimentos mudam frequentemente. A capacidade do sistema de adaptar-se a essas mudanças sem intervenção humana fornece vantagens operacionais significativas.

- c) **Processamento Multi-Modal:** A integração de redes generativas permite que o sistema processe não apenas texto, mas também compreenda as relações entre diferentes elementos do documento, interprete estruturas de tabelas e até mesmo lide com documentos parcialmente danificados ou pouco claros gerando interpretações prováveis baseadas em contexto e padrões aprendidos.

4.3. Abordando Desafios Empresariais Críticos

- a) **Mitigação de Riscos de Conformidade:** Erros de conformidade fiscal podem resultar em multas significativas, juros e complicações legais. A complexidade do sistema fiscal brasileiro aumenta a probabilidade de erros quando o processamento é realizado manualmente. O sistema de agentes autônomos reduz riscos de conformidade através de validação sistemática, consciência regulamentar e capacidades de trilha de auditoria que garantem relatórios fiscais precisos e defensáveis.
- b) **Escalabilidade e Suporte ao Crescimento:** Conforme empresas expandem suas operações, seus requisitos de processamento de documentos fiscais crescem proporcionalmente. Abordagens de processamento manual não escalam eficientemente, requerendo aumentos lineares em pessoal e custos associados. O sistema de agentes autônomos fornece capacidades de processamento escaláveis que podem lidar com volumes aumentados de documentos sem aumentos proporcionais de custos.
- c) **Vantagem Competitiva:** Organizações que podem processar documentos fiscais de forma mais eficiente e precisa ganham vantagens competitivas

através de custos operacionais reduzidos, relatórios financeiros mais rápidos e gestão de fluxo de caixa melhorada. O sistema de agentes autônomos permite que empresas redirecionem recursos de tarefas de processamento manual para atividades de valor agregado como análise financeira e planejamento estratégico.

4.4. Valor Educacional e de Pesquisa

- a) **Avanço da Educação em IA:** Este projeto fornece uma excelente oportunidade educacional para estudantes trabalharem com tecnologias de IA de ponta em um contexto de aplicação do mundo real. A combinação de agentes autônomos, redes gerativas e aplicações empresariais práticas oferece experiências de aprendizado abrangentes que preparam estudantes para carreiras em IA e automação empresarial.
- b) **Contribuições de Pesquisa:** O projeto aborda várias questões importantes de pesquisa em design de agentes autônomos, incluindo coordenação multi-agente, aprendizado adaptativo em contextos de processamento de documentos e a integração de IA generativa com tecnologias OCR tradicionais. Os achados deste projeto podem contribuir para o entendimento acadêmico mais amplo de aplicações de agentes autônomos.
- c) **Oportunidades de Colaboração Industrial:** A natureza prática do projeto cria oportunidades para colaboração com empresas, firmas de contabilidade e fornecedores de tecnologia. Essas parcerias fornecem aos estudantes experiência do mundo real enquanto geram feedback valioso para melhoria e validação do sistema.

4.5. Benefícios Sociais e Econômicos

- a) **Democratização de Tecnologia Avançada:** Ao desenvolver soluções

acessíveis de agentes autônomos para processamento de documentos fiscais, este projeto ajuda a democratizar tecnologias avançadas de IA, tornando-as disponíveis para empresas menores que anteriormente não podiam pagar soluções sofisticadas de processamento de documentos.

- b) **Eficiência Econômica:** A adoção generalizada de processamento autônomo de documentos fiscais pode contribuir para a eficiência econômica geral reduzindo os recursos necessários para tarefas administrativas e permitindo que empresas foquem em atividades produtivas. Esse ganho de eficiência beneficia toda a economia através de produtividade e competitividade melhoradas.
- c) **Melhoria da Conformidade Regulamentar:** Melhor conformidade com regulamentações fiscais beneficia tanto empresas quanto agências governamentais. Relatórios fiscais precisos e oportunos melhoram a arrecadação de receitas governamentais enquanto reduzem a carga administrativa nas autoridades fiscais.

4.6. Preparação para o Futuro e Evolução Tecnológica

- a) **Preparação para Transformação Digital:** Conforme empresas adotam cada vez mais iniciativas de transformação digital, processamento automatizado de documentos torna-se uma capacidade crítica. Este projeto posiciona organizações para aproveitar oportunidades de automação mais amplas e as prepara para desenvolvimentos tecnológicos futuros.
- b) **Fundação para Análises Avançadas:** Dados fiscais precisos e estruturados extraídos por agentes autônomos fornecem a fundação para análises financeiras avançadas, inteligência empresarial e modelagem preditiva. Essa capacidade permite que empresas obtenham insights mais profundos sobre seu desempenho financeiro e tomem decisões estratégicas mais informadas.

c) **Integração com Tecnologias Emergentes:** A arquitetura de agentes autônomos fornece uma base flexível para integração com tecnologias emergentes como blockchain para trilhas de auditoria, IoT para coleta automatizada de dados e análises avançadas para monitoramento preditivo de conformidade.

4.7. Agentes de Processamento

Estes são os módulos internos que realizam as operações de transformação e análise de dados, orquestrados pela interface do utilizador.

- Validator Agent
 - Executa validação técnica com XSD
 - Extrai contexto mínimo do XML
- Tax Interpreter Agent
 - Explica erros fiscais usando linguagem simples e profissional
 - Destaca campos obrigatórios e relações legais
- Fixer Agent
 - Gera XML corrigido (quando possível)
 - Segue restrições do schema NFe 4.00
- Integrator Agent
 - Reúne informações
 - Envia o XML ao ERP
 - Classifica resultado
 - Regista logs no SQLite
- Coordinator Agent
 - Orquestra todos os agentes
 - Consolida respostas
 - Garante fluxo determinístico

4.8. Fluxo de Dados e Controlo

1. Abrir o EDDF (Streamlit)
2. Carregar ficheiros XML
3. Processar
4. Ver diagnósticos e XML corrigido
5. Se válido → clicar **Enviar para ERP**
6. Confirmar integração no dashboard
7. Ver histórico detalhado de logs

5. Como a solução foi construída

Foram usadas as seguintes ferramentas:

Ferramenta / URL	Finalidade / Uso Principal	Função
manus.im	Interpretação do problema, identificação de possíveis agentes, criação de <i>skeleton</i> inicial, documentação e diagramas de arquitetura/processo.	Interpretação / Design / Documentação
ChatGPT	Validação e correção das regras, melhorias de processo e/ou funcionalidades.	Validação / Otimização
Gemini	Reforço do entendimento do negócio e validação da estrutura de resolução do problema.	Contexto / Negócio
Google AI Studio	Obtenção das chaves da API.	Integração / Configuração
Visual Studio Code (v1.100.3)	Desenvolvimento da solução.	Implementação / Execução

I2A2_Agentes_Inteligentes_Projeto_Final – Estracção de Dados Fiscais

SQL Server Management Studio	Gestão de Base de Dados	
-------------------------------------	-------------------------	--