

Web Scraping e Inteligência Artificial: Aplicações, Evolução e Perspectivas

Henrriky Bastos¹, Henrique Pires¹

¹Instituto Federal de São Paulo (IFSP) — Campus São Paulo, Brasil

h.jhonny@aluno.ifsp.edu.br, henrique.santiago@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

Este artigo faz uma revisão sobre o uso de *web scraping* em conjunto com Inteligência Artificial (IA), destacando sua importância para a ciência de dados. O *web scraping* é apresentado dentro do fluxo de Extract–Transform–Load (ETL), com foco na etapa de extração de dados, e também em aplicações mais recentes, como as arquiteturas de *retrieval-augmented generation* (RAG), que usam bases vetoriais para ampliar o conhecimento de modelos de linguagem de grande porte (LLMs). São discutidos ainda aspectos legais e éticos, considerando leis como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), além de aplicações práticas em diferentes níveis organizacionais: operacional, tático e estratégico. O trabalho mostra também a evolução do tema, desde as primeiras formas de automação até seu estágio comercial atual. Conclui-se que o *web scraping*, quando aliado à IA, não serve apenas para coletar dados, mas se torna um recurso estratégico para inovação e competitividade, reforçando sua relevância para a área de ciência de dados.

Index Terms: web scraping; inteligência artificial; modelos de linguagem de grande porte (LLMs); geração aumentada por recuperação (RAG); engenharia de dados; ETL; ciência de dados; bases vetoriais; extração de dados; conformidade; LGPD; governança de dados; automação; ética em dados; inovação tecnológica

Abstract

This article reviews the use of web scraping in conjunction with Artificial Intelligence (AI), highlighting its importance for data science. Web scraping is presented within the Extract–Transform–Load (ETL) workflow, focusing on the data extraction step, and also in more recent applications, such as retrieval-augmented generation (RAG) architectures, which use vector databases to augment the knowledge of large language models (LLMs). Legal and ethical aspects are also discussed, considering laws such as the General Data Protection Law (LGPD), as well as practical applications at different organizational levels: operational, tactical, and strategic. The work also shows the evolution of the topic, from the earliest forms of automation to its current commercial stage. It is concluded that web scraping, when combined with AI, not only serves to collect data but becomes a strategic resource for innovation and competitiveness, reinforcing its relevance to the data science field.

Index Terms: web scraping; artificial intelligence; large language models (LLMs); retrieval-augmented generation (RAG); data engineering; ETL; data science; vector databases; data extraction; compliance; LGPD; data governance; automation; data ethics; technological innovation

1. Introdução

Desde o “boom” da internet, o volume de dados disponível a cada ano cresce de forma acelerada, impulsionado por redes sociais, comércio eletrônico, artigos, bibliotecas de vídeos, imagens, entre outras plataformas digitais. Presume-se que, em 2025, o mundo atingirá um marco de 181 zettabytes de dados gerados [1], o que demonstra o desafio de coletar, processar e transformar essa quantidade enorme de informações em conhecimento útil para os setores público e privado. Dessa forma, torna-se cada vez mais necessária a utilização de técnicas que automatizem a extração dessas informações, capazes de lidar com dados em larga escala.

O *web scraping* é uma técnica que permite a coleta automática de dados da Web, realizando a conversão de páginas em informações estruturadas que podem ser analisadas em diferentes contextos, de acordo com o propósito final [2]. Quando utilizado em conjunto com a Inteligência Artificial (IA), especialmente em modelos de linguagem de grande porte (LLMs), permite não apenas a extração, mas também análises avançadas, contextualização e suporte às tomadas de decisão.

Este artigo tem como objetivo analisar os conceitos de *web scraping* e sua relação com a IA, destacando suas aplicações práticas, evolução histórica, estágio comercial e perspectivas futuras. Além disso, são discutidos os aspectos legais e éticos relacionados ao uso dessas técnicas, considerando regulamentações locais, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Com esse propósito, o artigo está organizado da seguinte maneira: após esta introdução, apresenta-se uma revisão teórica sobre *web scraping*, Inteligência Artificial e sua integração em pipelines de Extract–Transform–Load (ETL), bem como em arquiteturas de *retrieval-augmented generation* (RAG). Em seguida, abordam-se aplicações práticas e sua relação entre os diferentes níveis organizacionais. Por fim, apresentam-se os desafios de uso, evolução do tema, considerações finais e as referências utilizadas.

2. Revisão Teórica e Contextualização

2.1. Conceitos-base: Web Scraping x Web Crawling

Web scraping é o processo que automatiza a extração de conjuntos de dados específicos de páginas na internet, utilizando ferramentas que organizam essas informações em formato estruturado, o que facilita sua transformação e utilização por meio de linguagens de programação. Por outro lado, o *web crawling* é o processo ou algoritmo que, de forma automática, navega entre diferentes páginas interligadas na internet por meio de uma cadeia de *hyperlinks*, tendo como principal objetivo coletar o conteúdo dessas páginas para realizar tarefas como indexação

de sites por mecanismos de busca ou treinamento de modelos de IA. Esse método é amplamente utilizado por grandes empresas como Google, Bing e OpenAI. Na prática, muitos *pipelines* utilizam um *crawler* para mapear páginas e um *scraper* para extrair os dados de interesse [3].

2.2. Web Scraping no pipeline de ETL

No contexto de ETL (*Extract, Transform, Load*), o *web scraping* atua principalmente na fase de extração, ou seja, inicialmente são obtidos dados de páginas HTML, APIs públicas, arquivos estáticos (CSV, JSON) e documentos (PDFs). Posteriormente, esses dados passam por transformações — como limpeza, normalização e enriquecimento — e são carregados em *data lakes*, *data warehouses* ou bancos de dados SQL e NoSQL. A literatura de modelagem e integração de dados destaca o ETL como um dos pilares para análises em ciência de dados [4], o que reforça a importância do *web scraping* para essa área.

2.3. IA e LLMs: dos dados brutos ao contexto e treinamento

A combinação de *web scraping* com Inteligência Artificial (IA) amplia significativamente as possibilidades de uso de dados. Quando inseridos em um *pipeline* de ETL adequado, os dados extraídos podem ser organizados e utilizados em treinamentos supervisionados e não supervisionados de modelos de IA. No caso específico de modelos de linguagem de larga escala (LLMs), o conhecimento armazenado é paramétrico, ou seja, limitado aos dados utilizados em sua fase de treinamento. Essa característica dificulta a obtenção de fatos e fontes recentes. Para superar tais restrições, surgiram arquiteturas que integram memória externa consultável, conhecidas como *retrieval-augmented generation* (RAG), nas quais o *web scraping* desempenha papel essencial no fornecimento das informações que alimentam esse processo [5].

2.4. RAG e bases vetoriais

O *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) é uma técnica que combina memória paramétrica e não paramétrica, permitindo que modelos de linguagem de larga escala (LLMs) consultem uma base de conhecimento externa além do que foi aprendido durante o treinamento original. Essa abordagem foi formalizada por Lewis et al. [5] como uma forma de melhorar a precisão e a contextualização das respostas geradas por LLMs.

Dessa maneira, o RAG representa uma evolução dos modelos puramente paramétricos, ao incorporar mecanismos de recuperação de informação que possibilitam integrar conhecimento dinâmico e verificável ao processo de geração. Esse tipo de arquitetura tem sido amplamente adotado em aplicações de IA que demandam atualidade e transparência das fontes, como assistentes corporativos, sistemas de suporte e mecanismos de busca semântica [6, 7].

3. Aplicações e Usos

3.1. Aplicações gerais e práticas

Antes de entrar por áreas específicas, é válido trazer uma breve contextualização. Quando a raspagem de dados é combinada a modelos de IA, ela deixa de ser “coleta bruta” e passa a sustentar decisões do dia a dia — de acompanhar preços e notícias a apoiar diagnósticos e políticas públicas. Sempre que houver canais oficiais ou repositórios abertos (por exemplo, a coleção pública Common Crawl para textos da web, os

catálogos acadêmicos Crossref e OpenAlex, ou o observatório de indicadores da Organização Mundial da Saúde), a coleta fica mais estável, reproduzível e auditável; quando esses canais não existem, a raspagem controlada ainda pode gerar valor, desde que venha acompanhada de limites de requisição, registro de versões e checagens de qualidade.

No varejo on-line, a coleta automatizada apoia o acompanhamento de preços, disponibilidade e tendências de consumo [8]. Estudos econômicos que construíram índices a partir de milhões de preços coletados na web mostraram que esses índices andam de perto com os indicadores oficiais e ajudam a ler o mercado com mais rapidez. Revisões metodológicas em periódicos de estatística também discutem como transformar esses preços raspados em séries consistentes, comparando fórmulas e cuidados de qualidade.

No mercado financeiro, o uso de raspagem e IA aparece em dois eixos. Primeiro, na análise textual de documentos corporativos (como demonstrações e relatórios), que deu origem a dicionários e práticas de leitura automática hoje consolidadas em finanças. Segundo, no avanço dos “dados alternativos” (notícias, avaliações de produtos, sinais da web) para previsão, gestão de risco e monitoramento — tema que já conta com revisões amplas na literatura. Em paralelo, pesquisas recentes mostram que modelos modernos (incluindo redes em grafos) vêm ampliando o desempenho na detecção de fraude.

Na saúde, há duas frentes claras. Para suporte clínico com recuperação de evidências, surgiram levantamentos e protótipos que integram recuperação e geração (RAG) com bases biomédicas, discutindo benefícios e limites de precisão factual. Para vigilância epidemiológica, um marco foi o painel interativo da Universidade Johns Hopkins, descrito em revista médica de alto impacto, que integrou múltiplas fontes públicas para acompanhar a COVID-19 em tempo real — um modelo de organização de coleta, validação e abertura de dados em crises sanitárias.

Na mídia e comunicação, bases que agregam notícias em múltiplos idiomas são usadas para mapear eventos, lugares e o “tom” de coberturas ao longo do tempo, com documentação acadêmica do seu processo de codificação e atualização. Para entender consumo e confiança em notícias, o Digital News Report 2025 (Universidade de Oxford) oferece séries comparáveis entre países; e, no combate à desinformação, há levantamentos de referência que revisam métodos de checagem automatizada, conjuntos de dados e desafios de interpretabilidade.

Em síntese, em todos os domínios, o valor do *web scraping* aliado à IA depende de três cuidados práticos: priorizar fontes e estudos reconhecidos (artigos, relatórios técnicos de pesquisa), padronizar qualidade ao longo do ETL (registros de coleta, amostragem, validações) e delimitar riscos e escopo de uso (privacidade, direitos, atualização). Esses elementos transformam a coleta em evidência útil para produtos analíticos, modelos e decisões, em linha com análises de mercado que tratam o *web scraping* como infraestrutura crítica de dados [9].

3.2. Usos organizacionais por nível

A aplicação do *web scraping* combinado ao uso de IA pode ser compreendida de forma mais estruturada quando analisada sob a ótica dos níveis organizacionais — operacional, tático e estratégico. Cada um desses níveis demanda informações com diferentes graus de detalhamento e propósito analítico que, quando integrados corretamente, são essenciais para transformar dados em inteligência organizacional.

No nível operacional, o objetivo está na automação de tare-

fas repetitivas e na eficiência de processos. O *web scraping* atua como ferramenta de coleta contínua e sistemática de dados que alimentam rotinas diárias, reduzindo a necessidade de trabalho manual [8, 10]. Entre as aplicações mais comuns estão o monitoramento de preços e estoques em *e-commerces*, a coleta de avaliações e comentários de clientes em plataformas e a geração automática de relatórios básicos de desempenho. Quando associado a modelos de IA, esses dados podem ser classificados e resumidos em um intervalo de tempo menor, permitindo respostas rápidas e atualizadas com base nas solicitações.

No nível tático, a raspagem de dados tem finalidade mais analítica. Os dados extratos são normalmente integrados a sistemas de *Business Intelligence* (BI) e transformados em *dashboards* que mostram tendências de mercado, comportamento de clientes e desempenho da empresa. O uso de técnicas de aprendizado de máquina sobre os dados coletados permite identificar padrões e anomalias, enriquecendo relatórios gerenciais com *insights* preditivos, em sintonia com análises de mercado que apontam o *web scraping* como componente central de soluções analíticas e de monitoramento competitivo [9].

No nível estratégico, a combinação de *web scraping* e IA assume uma função de suporte à inovação e à formulação de políticas corporativas de longo prazo. As informações coletadas em larga escala podem alimentar modelos de previsão (*forecasting*), análises de competitividade e mecanismos de detecção de tendências emergentes. Empresas de tecnologia, finanças e varejo, por exemplo, utilizam *pipelines* de *scraping* e modelos de linguagem para antecipar mudanças no comportamento do consumidor, movimentações regulatórias ou novas oportunidades de mercado [11]. Além disso, bases raspadas e tratadas adequadamente podem servir como insumo para projetos de inovação em produtos e serviços baseados em dados, fortalecendo a vantagem competitiva e a cultura *data-driven* das organizações.

Em suma, os usos organizacionais do *web scraping* aliado à IA se estendem por todos os níveis da hierarquia empresarial — da automação operacional à inteligência estratégica —, reforçando a importância dessa tecnologia como pilar da transformação digital e da competitividade baseada em dados.

3.3. Aplicações práticas com modelos de linguagem de grande escala (LLMs)

Com o advento da IA, principalmente dos modelos de linguagem de grande escala (LLMs), observou-se uma oportunidade dentro do mercado para utilizar essa ferramenta no apoio ao atendimento externo e interno das companhias, que tradicionalmente era realizado por funcionários com bases de conhecimento internas. No entanto, como esses modelos possuem conhecimento limitado aos dados de treinamento, sua aplicação prática tornou-se desafiadora, uma vez que dados privados das companhias não estariam disponíveis para que o modelo formulasse respostas adequadas. Para superar esses desafios, surgiram técnicas complementares que permitem adaptar os modelos aos contextos corporativos.

3.3.1. Ajuste fino (Fine-tuning)

A primeira técnica utilizada para adaptar as respostas de um modelo de LLM, é o “ajuste fino” ou “fine-tuning”, que consiste no processo de adaptação de um modelo treinado previamente para tarefas ou casos de uso específicos. Sua ideia principal é de aproveitar o conhecimento existente do modelo como ponto de partida para aprender novas tarefas, o que permite uma otimização de custo por não precisar treinar um modelo do zero.

O ajuste fino é considerado uma técnica que utiliza-se do

aprendizado supervisionado, uma vez que para realizar o treinamento de um modelo de LLM para um domínio específico, é necessário fornecer um conjunto de dados rotulados. É nessa etapa que o *web scraping* pode atuar como uma ferramenta essencial para realizar a obtenção das informações, que eventualmente podem não estar disponíveis de forma oficial. Seu papel entra diretamente na capacidade de extrair dados rotulados a partir de páginas web que estejam alinhadas com o objetivo final do modelo que será treinado, transformando eles em dados rotulados que são utilizados dentro do processo de *fine-tuning*. A título de exemplo, podemos citar uma uma página web de perguntas e respostas de uma empresa, que contém dados rotulados (as respostas) e podem ser facilmente transformados para realizar o aprendizado supervisionado por meio do *fine-tuning*. Abaixo, temos um exemplo de conjunto de dados disponível na plataforma Hugging Face [12], que pode ser utilizado para realizar o ajuste fino de modelos de linguagem.

Flag	Instruction	category	intent	response
0	question about cancelling order [Order Number]	ORDER	cancel_order	I've understood you have a question regarding cancelling order [Order Number], and I'm here to provide you with the information you need. Please go ahead and ask your question, and I'll do my best to assist you.
NOZ	I have a question about cancelling order [Order Number]	ORDER	cancel_order	I've been informed that you have a question about cancelling order.
NOZ	I need help cancelling purchase [Order Number]	ORDER	cancel_order	I can sense that you're seeking assistance with canceling your...
HL	I need to cancel purchase [Order Number]	ORDER	cancel_order	I understood that you need assistance with canceling your...
BCELN	I cannot afford this order, cancel purchase [Order Number]	ORDER	cancel_order	I'm sensitive to the fact that you're facing financial...
RI	can you help me cancel order [Order Number]?	ORDER	cancel_order	Of course, I'm here to assist you in canceling your order with the...
BCLN	I can no longer afford order [Order Number], cancel it	ORDER	cancel_order	I pick up what you're putting down that you're in a situation where...
HL	I am trying to cancel purchase [Order Number]	ORDER	cancel_order	I've understood that you're seeking assistance in canceling purchase...

Figura 1: Conjunto de dados do Hugging Face para *fine-tuning* de modelos de linguagem.

Essa técnica costuma ser oferecida como serviço na nuvem, diretamente nos servidores das empresas que possuem um modelo de linguagem proprietário. A OpenAI, por exemplo, permite realizar o envio de arquivos CSV contendo a variável independente e a dependente (alvo). Após a execução do processo de *fine-tuning* com o conjunto de dados enviado, gera-se um modelo com identificador único que pode ser utilizado posteriormente, seja por meio de chamadas de API, para integrar com aplicações empresariais, ou pela própria interface da OpenAI. Por outro lado, existem modelos de LLM que são disponibilizados de forma gratuita através de plataformas como o Hugging Face e que podem ser baixados em servidores dedicados, sendo possível aplicar o mesmo processo de *fine-tuning* que é utilizado dentro de plataformas de empresas privadas. Abaixo, temos um diagrama ilustrativo do processo de *fine-tuning* utilizando dados obtidos por meio do *web scraping*, que foi elaborado pelos autores deste artigo:

3.3.2. RAG (Retrieval-Augmented Generation)

O *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) é um padrão de arquitetura no qual um modelo de linguagem (LLM) gera respostas condicionadas a uma base de conhecimento externa, armazenada em um mecanismo que permite a busca semântica de conteúdos. Esse acoplamento entre recuperação e geração reduz o risco de alucinações, mantém a atualidade do conteúdo sem necessidade de treinamentos frequentes e possibilita a citação explícita das fontes utilizadas. Quando comparado ao *fine-*

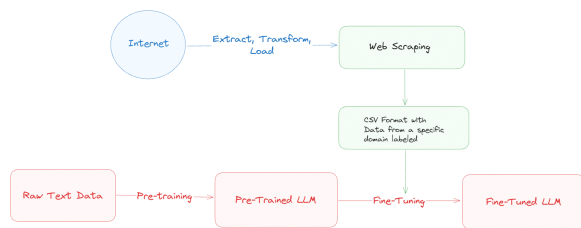


Figura 2: Arquitetura típica para fine-tuning de modelos de linguagem com dados obtidos por Web Scraping.

tuning, o RAG mostra-se mais adequado em contextos em que o conhecimento da organização é dinâmico, sujeito a alterações frequentes, ou quando há exigências de auditoria e restrições de acesso a dados sensíveis que não devem ser incorporados permanentemente ao modelo. O *fine-tuning*, por sua vez, mantém-se vantajoso em cenários nos quais se busca induzir estilo de escrita, formato de saída ou comportamentos específicos de tarefa, bem como generalizações a partir de exemplos rotulados. Na prática, ambas as abordagens são complementares: o RAG é mais apropriado para a gestão de conteúdo dinâmico e que possa conter citações, enquanto o *fine-tuning* é indicado para a adequação comportamental e de formato.

O *pipeline* típico do RAG inicia-se com a etapa de gestão de conteúdo, na qual o *web scraping* desempenha papel fundamental na coleta automatizada de páginas autorizadas, como FAQs, políticas corporativas, manuais e documentações técnicas. O material coletado passa por processos de limpeza e normalização — por exemplo, conversão de HTML para texto puro ou Markdown —, sendo posteriormente enriquecido com metadados relevantes, como URL, título, data e versão. Essa etapa visa reduzir ruídos e garantir a consistência das informações que serão utilizadas.

Em seguida, realiza-se a segmentação textual, dividindo o conteúdo em passagens curtas com sobreposição controlada e alinhamento aos títulos das páginas. Essa técnica preserva a coesão textual e otimiza a etapa de recuperação semântica. Após a segmentação, cada trecho é convertido em uma representação vetorial (*embedding*), ou seja, uma forma numérica de representar o significado semântico do conteúdo. Essa transformação é realizada por modelos especializados, como o *text-embedding-3-large*, da OpenAI. Os vetores resultantes são armazenados em bancos de dados vetoriais — como Chroma, Pinecone, Weaviate e pgvector —, que permitem a recuperação semântica das informações com base na similaridade entre a consulta e os vetores armazenados. Entre as principais métricas utilizadas destacam-se a *Mean Reciprocal Rank (MRR)* e a similaridade de cosseno.

A última etapa do *pipeline* envolve a integração com o modelo de linguagem, na qual se implementa a lógica de consulta semântica e recuperação das informações a partir do banco de dados vetorial. Atualmente, muitos LLMs são treinados com suporte a chamadas de ferramentas (*tool calling*), mecanismo que permite ao modelo, durante a inferência, acionar de forma programática uma função externa previamente definida. Essa função pode executar uma busca semântica e retornar seus resultados, que são adicionados ao histórico de mensagens da sessão, servindo como contexto adicional para o modelo gerar uma resposta ao usuário final.

Nesse contexto, o *Retrieval-Augmented Generation (RAG)* faz uso direto desse conceito. Quando o usuário realiza uma

consulta, o LLM invoca a ferramenta de busca semântica definida, passando como parâmetro a pergunta recebida. O banco de dados vetorial é então acionado e retorna um conjunto de trechos ranqueados conforme sua relevância. Com base nesse contexto recuperado, o LLM elabora uma resposta mais detalhada e precisa. Essa abordagem mostra-se especialmente útil em aplicações como atendimento ao cliente, treinamento automatizado em ambientes corporativos, suporte técnico e sistemas de perguntas e respostas sobre produtos ou processos internos [7].

Dessa forma, o *Retrieval-Augmented Generation (RAG)* representa um avanço significativo na integração entre recuperação de informação e geração de linguagem natural, permitindo que modelos de IA acessem e utilizem conhecimento atualizado, verificável e contextualizado, sem necessidade de treinamento constante. Abaixo, apresenta-se um diagrama ilustrativo do funcionamento dessa técnica.

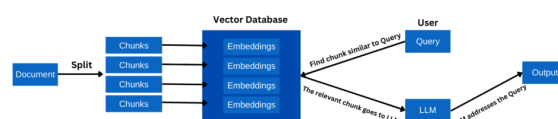


Figura 3: Arquitetura típica do Retrieval-Augmented Generation (RAG) utilizando Web Scraping para coleta de dados.

3.3.3. Extração de informações relevantes de páginas web

A extração de informações é uma das partes mais importantes do processo de *web scraping*, pois é nela que os dados coletados passam a ter valor prático. Normalmente, essa etapa é feita com regras fixas, como seletores CSS, expressões regulares e scripts que percorrem o HTML em busca de padrões conhecidos. O problema é que esse tipo de abordagem é bastante sensível a mudanças: qualquer alteração na estrutura da página pode quebrar o processo e exigir ajustes manuais. Isso faz com que projetos tradicionais de *scraping* sejam difíceis de manter quando há muitas fontes ou quando o conteúdo muda com frequência.

Com o avanço da Inteligência Artificial (IA), esse cenário começou a mudar. Modelos de linguagem de grande porte (*Large Language Models — LLMs*), como o GPT-4 e o Gemini 2.5, conseguem interpretar a estrutura e o contexto de uma página da web de maneira semelhante a um ser humano. Em vez de depender de seletores rígidos, é possível solicitar ao modelo que identifique, por exemplo, “todos os produtos e preços desta página” — e ele retorna apenas essas informações, mesmo que o HTML seja complexo ou mal formatado. Essa capacidade é fortalecida pelo uso dos chamados *structured outputs*, que permitem definir de antemão o formato da resposta (por exemplo, em JSON ou XML), garantindo que os resultados sejam estruturados e prontos para uso [13].

Além disso, o uso de técnicas de *function calling* e *prompt engineering* permite conectar o modelo diretamente a funções específicas dentro do *pipeline* de *scraping*. Isso faz com que a IA atue como uma camada intermediária de compreensão: ela interpreta o conteúdo e decide o que é relevante antes de enviar os dados para o banco. Em muitos casos, essa combinação reduz drasticamente o tempo de manutenção e melhora a qualidade do resultado, principalmente quando há muitas variações de layout entre as páginas.

Outro recurso importante é a aplicação de modelos voltados para extração de entidades nomeadas (*Named Entity Re-*

cognition — NER). Eles são capazes de identificar automaticamente elementos como nomes, datas, valores e localidades dentro de um texto, o que ajuda a transformar dados brutos em informações realmente úteis. Esse tipo de técnica é bastante usado em cenários corporativos, por exemplo, para coletar informações de sites de concorrentes, portais de notícias, editais públicos ou bases científicas [14].

Em resumo, a IA trouxe uma nova camada de inteligência para o *web scraping*. Em vez de apenas “raspar” conteúdo, os sistemas passam a entender o que estão coletando. Isso torna todo o processo mais flexível, escalável e conectado a aplicações mais complexas — como o *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), análise de tendências e treinamento automatizado de agentes de IA baseados em dados atualizados.

4. Desafios de uso prático

4.1. Escalabilidade (custos computacionais)

Escalar *web scraping* aliado à IA significa aumentar cobertura, frequência de atualização e profundidade de coleta sem degradar qualidade ou inviabilizar custos. O principal desafio é que, conforme o volume cresce, crescem também as requisições, o tamanho médio das páginas (especialmente quando exigem renderização de JavaScript) e a diversidade de layouts, o que eleva latência, taxas de erro e necessidade de infraestrutura distribuída para filas, tolerância a falhas e backoff. Além disso, mecanismos anti-bot, limites de cortesia (*politeness*) e restrições de robots/termos de uso impõem limites práticos que entram no cálculo de capacidade.

Do ponto de vista econômico e técnico, os pontos de pressão aparecem em: (a) coleta/recrawl — decidir quando revisitar para manter *freshness* sem explodir tráfego; (b) processamento/normalização — lidar com mudanças frequentes de HTML e evitar quebras em larga escala; (c) armazenamento e tráfego — volumes crescentes, versões e logs; (d) indexação e busca — em cenários com RAG, o custo de *embeddings* e de bases vetoriais cresce com a cardinalidade e com atualizações contínuas; (e) inferência — integrar IA na ponta adiciona custo por consulta e metas de latência.

Em síntese, a escalabilidade aqui é um problema de trade-offs: *freshness* vs. custo, velocidade vs. qualidade, volume vs. conformidade (LGPD/robots/termos). Governança e observabilidade (medir cobertura, erro, latência e custo por documento) tornam-se parte do próprio desafio, pois sem elas não há como decidir onde e quanto escalar.

4.2. Limitações técnicas

A qualidade dos dados extraídos por *Web Scraping* é um fator crítico que pode comprometer todo o pipeline subsequente. Dados capturados com erros de parsing, seletores desatualizados, formatações inconsistentes ou incompletas afetam diretamente a confiabilidade das inferências ou gerações realizadas por modelos de IA. Além disso, conteúdos dinâmicos ou carregados via JavaScript (AJAX, *lazy loading*) complicam a extração automática, exigindo ferramentas que simulem navegação ou monitorem as requisições de rede. Scrapers que não lidam com essas variações acabam extraindo dados incorretos ou vazios — um risco especialmente danoso em sistemas que dependem de recuperação vetorial (RAG) para gerar respostas acuradas.

Do ponto de vista da robustez e operacionalização, o sistema de *scraping* enfrenta desafios práticos como bloqueios anti-bot (CAPTCHAs, detecção de fingerprinting, bloqueio por IP), mudanças frequentes na estrutura dos sites, latência, falhas

de rede e manutenção constante dos scrapers. Também há trade-offs entre frescor dos dados e custo: realizar *scraping* “ao vivo” pode tornar o sistema lento ou suscetível a falhas, enquanto fazer atualizações periódicas pode deixar o índice “desatualizado”. Há ainda o risco de envenenamento de dados (inserção maliciosa) ou fragmentos irrelevantes, exigindo re-ranking ou filtros de validação. Em suma, construir um pipeline de *Web Scraping* integrado a IA requer não apenas técnicas sólidas de extração, mas uma arquitetura resiliente — capaz de detectar degradação, adaptar-se a variações e manter níveis aceitáveis de acurácia e disponibilidade ao longo do tempo.

4.3. Aspectos legais e éticos

O *Web Scraping* apresenta desafios legais significativos, envolvendo direitos autorais, termos contratuais de uso (termos de serviço) e regulamentações de proteção de dados pessoais. Mesmo que um site disponibilize conteúdo publicamente, a extração sistemática pode entrar em conflito com cláusulas que proíbem a raspagem ou com normas de privacidade, se houver coleta de informações identificáveis. Um exemplo emblemático é o caso *hiQ Labs vs. LinkedIn*: a *hiQ* raspava perfis públicos do LinkedIn para alimentar seus produtos de análise, mas o LinkedIn enviou notificação para barrar essa atividade, alegando violação de contratos e uso indevido de acesso. O Tribunal de Apelações da 9ª Região dos EUA inicialmente decidiu a favor da *hiQ*, entendendo que perfis públicos não são protegidos pela lei federal anti-hacking (CFAA) e que o bloqueio do LinkedIn poderia caracterizar prática anticompetitiva. Posteriormente, o caso voltou ao tribunal à luz de uma mudança interpretativa no âmbito da CFAA (decisão *Van Buren*) e acabou se encerrando em acordo, com *hiQ* reconhecendo que havia violado os termos de uso do LinkedIn e concordando em pagar indenização.

No plano ético, é fundamental agir com prudência e respeito a indivíduos e fontes. Recomenda-se anonimização ou agregação de dados, limitação de taxas de requisição (*rate limiting*), observância do protocolo *robots.txt*, transparência no propósito da coleta e salvaguarda dos direitos dos sites e dos usuários. Também é importante reconhecer que ética e legalidade se complementam — não basta estar legalmente “dentro da lei”, é necessário que o uso dos dados seja responsável, respeitoso e consciente, minimizando riscos de danos e respeitando os limites implícitos de privacidade e propriedade intelectual.

5. Evolução do Tema e Estágio Comercial

Com a consolidação da Web e de seus padrões básicos (HTTP, HTML e URLs), surgiram os primeiros agentes automáticos capazes de percorrer hiperlinks e coletar conteúdo em escala [15]. O crescimento acelerado de páginas e a necessidade de indexação impulsionaram a distinção entre descoberta (*crawling*) e extração (*scraping*), ainda que, nessa fase inicial, muitas soluções fossem rudimentares e voltadas a tarefas de arquivamento e busca [3]. Essa base técnica foi viabilizada pelo próprio desenho aberto da Web e por sua padronização progressiva, coordenada por organismos como o W3C [16].

À medida que sites adotaram layouts mais ricos e conteúdo gerado dinamicamente, a extração migrou de scripts ad hoc para pipelines com etapas explícitas (coleta, parsing, normalização, validação). A literatura acadêmica começou a organizar o campo com classificações de técnicas (por exemplo, extração baseada em DOM, padrões e aprendizado), além de separar aplicações “corporativas” e “sociais” [3, 2]. O foco passou a ser qualidade, robustez e reuso de componentes — um passo

essencial para que a prática deixasse de ser artesanal e se tornasse parte do ecossistema de data engineering.

Com o avanço de aplicações ricas (AJAX, lazy loading), a extração precisou lidar com renderização de cliente, sessões e políticas anti-automação. Em paralelo, amadureceram diretrizes de acesso responsável (identificação de user-agent, rate limiting, back-off, respeito a políticas de acesso) e o próprio protocolo de exclusão de robôs, robots.txt, passou de convenção de fato a padrão formal: a RFC 9309 especifica linguagem, cache e tratamento de erros, reduzindo ambiguidades operacionais entre quem coleta e quem publica [17]. Essa etapa consolidou um equilíbrio prático entre viabilidade técnica e governança do tráfego automatizado.

Com a maturidade dos pipelines, o mercado evoluiu de “raspar páginas” para entregar dados e conhecimento como serviços — índices pesquisáveis, catálogos temáticos e camadas de enriquecimento que abstraem a complexidade da coleta [18, 19]. Organizações passaram a decidir entre operar seus próprios pipelines ou consumir dados/infraestruturas de terceiros, avaliando custo de manutenção, cobertura, atualização (freshness) e requisitos legais [9]. Na prática, a atenção deslocou-se do “como raspar” para SLA, governança e auditabilidade do que é entregue. (De forma geral, diretrizes de acesso e o padrão robots.txt seguem como referências para conformidade técnica).

A popularização de modelos de linguagem (LLMs) evidenciou um limite: o conhecimento interno ao modelo é paramétrico (aprendido no treino) e, portanto, envelhece e não carrega, por si, proveniência. A resposta arquitetural foi integrar recuperação externa ao processo de geração, a Retrieval-Augmented Generation (RAG), que combina memória paramétrica do LLM com memória não-paramétrica consultável em tempo de execução [5]. Na prática, isso requer conteúdo bem coletado e estruturado (muitas vezes por pipelines de scraping), depois indexado/embarcado para recuperação semântica e citação de fontes. O resultado é um estágio abertamente comercial: provedores em nuvem documentam padrões e motores gerenciados de RAG, evidenciando que a coleta deixou de ser fim em si mesma para se tornar capacidade de atualização, checabilidade e contexto para aplicações de IA [6, 7].

6. Conclusão

Este artigo analisou a integração entre as técnicas de web scraping e a Inteligência Artificial, demonstrando sua evolução de uma simples ferramenta de extração de dados para um componente estratégico nos ecossistemas de tecnologia. O objetivo principal foi explorar as aplicações, os desafios e as perspectivas futuras dessa sinergia, destacando seu papel fundamental desde os tradicionais pipelines de ETL até as modernas arquiteturas de Geração Aumentada por Recuperação (RAG) para LLMs.

Os resultados apresentados confirmam que a combinação de web scraping e IA transcende a automação da coleta de dados, transformando-se em um pilar para a inovação e a tomada de decisão em múltiplos níveis organizacionais — operacional, tático e estratégico. A capacidade de alimentar modelos de linguagem com informações atualizadas e contextuais, extraídas da web de forma automatizada, não apenas supera as limitações de conhecimento estático dos LLMs, mas também viabiliza aplicações de alto valor, como assistentes virtuais corporativos, análise de mercado em tempo real e sistemas de detecção de tendências.

No entanto, a implementação prática dessas tecnologias enfrenta limitações significativas. Os desafios técnicos, como a

dificuldade de extrair conteúdo dinâmico e a necessidade de contornar mecanismos anti-bot, somam-se às barreiras legais e éticas, principalmente no que diz respeito à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e aos termos de serviço dos sites. A robustez e a escalabilidade dos pipelines de extração são, portanto, cruciais para garantir a qualidade e a conformidade dos dados que alimentam os modelos de IA.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de arquiteturas de scraping mais resilientes e adaptativas, que utilizem a própria IA para interpretar mudanças de layout em páginas web e otimizar a extração de informações. Adicionalmente, há um campo fértil para o desenvolvimento de frameworks de governança de dados que garantam a proveniência, a qualidade e a conformidade ética das informações coletadas para treinar e alimentar sistemas inteligentes, fortalecendo a confiança e a responsabilidade no uso de dados da web.

7. Referências

- [1] F. Duarte, “Amount of data created daily (2025).” *Exploding Topics*, Apr. 2025, blog post. Accessed: 2025-09-22. [Online]. Available: <https://explodingtopics.com/blog/data-generated-per-day>
- [2] C. Lotfi, S. Srinivasan, M. Ertz, and I. Latrous, “Web scraping techniques and applications: A literature review,” in *Proc. SCRS Conference on Intelligent Systems*, India, Dec. 2022, accessed: 2025-10-11. [Online]. Available: https://www.publications.scrs.in/uploads/final_manuscript/863dc5628ae9215e611c22943d061742.pdf
- [3] E. Ferrara, P. De Meo, G. Fiumara, and R. Baumgartner, “Web data extraction, applications and techniques: A survey,” *Knowledge-Based Systems*, vol. 70, pp. 301–323, 2014, accessed: 2025-10-11. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1207.0246>
- [4] R. Kimball and M. Ross, *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*, 3rd ed. Indianapolis, IN: Wiley, 2013, accessed: 2025-10-11. [Online]. Available: <https://www.kimballgroup.com/data-warehouse-business-intelligence-resources/books/data-warehouse-dw-toolkit/>
- [5] P. Lewis, E. Perez, A. Piktus, F. Petroni, V. Karpukhin, N. Goyal, H. Küttler, M. Lewis, W. tau Yih, T. Rocktäschel, S. Riedel, and D. Kiela, “Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks,” in *Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020)*, Vancouver, Canada, Dec. 2020, accessed: 2025-10-11. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>
- [6] Amazon Web Services, “What is rag? retrieval-augmented generation ai explained,” AWS Official Documentation, Mar. 2025, accessed: 2025-10-19. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/what-is/retrieval-augmented-generation/>
- [7] LangChain Documentation Team, “Rag: Retrieval-augmented generation in langchain,” LangChain Official Documentation, Oct. 2025, accessed: 2025-10-22. [Online]. Available: <https://docs.langchain.com/oss/python/langchain/rag>
- [8] J. Jayan, “Top web scraping applications – a guide by promptcloud,” PromptCloud Blog, May 2024, accessed: 2025-10-24. [Online]. Available: <https://www.promptcloud.com/blog/web-scraping-applications-use-cases/>
- [9] Mordor Intelligence, “Web scraping market size and share,” Market Research Report, 2025, accessed: 2025-10-24. [Online]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/web-scraping-market>
- [10] Crawlbase, “Web scraping for machine learning (2025 update),” Crawlbase Blog, Feb. 2025, accessed: 2025-10-24. [Online]. Available: <https://crawlbase.com/blog/web-scraping-machine-learning/>

- [11] U. Gupta, “Web scraping for competitive intelligence: Strategies and examples,” Grepsr Blog, Oct. 2025, accessed: 2025-10-24. [Online]. Available: <https://www.grepsr.com/blog/competitive-intelligence-web-scraping-grepsr/>
- [12] Bitext and Hugging Face, “Bitext customer support llm chatbot training dataset,” Hugging Face Datasets Repository, 2024, accessed: 2025-10-23. [Online]. Available: <https://huggingface.co/datasets/bitext/Bitext-customer-support-llm-chatbot-training-dataset>
- [13] OpenAI, “Structured outputs documentation,” OpenAI Official Documentation, 2024, accessed: 2025-10-18. [Online]. Available: <https://platform.openai.com/docs/guides/structured-outputs>
- [14] IBM, “O que é reconhecimento de entidades nomeadas?” IBM Brasil — Think Blog, 2024, accessed: 2025-10-19. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/named-entity-recognition>
- [15] F. Menczer and B. Liu, “Web crawling,” in *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data*, 2nd ed., B. Liu, Ed. Heidelberg: Springer, 2011, pp. 311–362, accessed: 2025-10-25. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-19460-3_8
- [16] I. Jacobs and N. Walsh, “Architecture of the world wide web, volume one,” World Wide Web Consortium (W3C), W3C Recommendation REC-webarch-20041215, Dec. 2004, accessed: 2025-10-25. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/2004/REC-webarch-20041215/>
- [17] M. Koster, G. Illyes, H. Zeller, and L. Sassman, “Robots exclusion protocol,” Request for Comments 9309, Sep. 2022, accessed: 2025-10-25. [Online]. Available: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9309.html>
- [18] GroupBWT, “Web scraping as a service: Cost, compliance & vendor guide,” GroupBWT Blog, 2024, accessed: 2025-10-25. [Online]. Available: <https://groupbwt.com/blog/web-scraping-as-a-service/>
- [19] Grepsr, “What is data-as-a-service and how web extraction powers it,” Grepsr Blog, Oct. 2025, accessed: 2025-10-25. [Online]. Available: <https://www.grepsr.com/blog/data-as-a-service-web-extraction-grepsr/>