



# Governança algorítmica no Poder Judiciário e sua aplicação aos processos ambientais: evidências empíricas do CNJ e proposição do Protocolo Operacional de Prova Algorítmica Ambiental

*Algorithmic governance in the Judiciary and its application to environmental proceedings: empirical evidence from the CNJ and proposition of the Operational Protocol for Algorithmic Environmental Evidence*

SILVANIA GONÇALVES DE CARVALHO<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil)

[silvania.goncalves@mail.uft.edu.br](mailto:silvania.goncalves@mail.uft.edu.br)

DANIELA MASCARENHAS DE QUEIROZ TREVISAN<sup>1,\*\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil)

[danielatrevisan@uft.edu.br](mailto:danielatrevisan@uft.edu.br)

\* Doutoranda em Governança e Transformação Digital pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil). Mestre em Prestação Jurisdicional e Direitos Humanos pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil). Graduada em Direito pelo Centro Universitário Católica do Tocantins (Palmas, TO, Brasil).

\*\* Docente do Programa de Pós-Graduação em Governança e Transformação Digital pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil). Doutora em Modelagem Computacional de Sistemas pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil). Analista de Tecnologia da Informação da Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil).

\*\*\* Docente da Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil). Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil).

DAVID NADLER PRATA<sup>1,\*\*\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO, Brasil)

ddnprata@uft.edu.br

**Como citar:** CARVALHO, Sylvania Gonçalves de; TREVISAN, Daniela Mascarenhas de Queiroz; PRATA, David Nadler. Governança algorítmica no Poder Judiciário e sua aplicação aos processos ambientais: evidências empíricas do CNJ e proposição do Protocolo Operacional de Prova Algorítmica Ambiental. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, Curitiba, v. 17, n. 2, e699, mai./ago. 2026. DOI: <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v17i2.33848>

**Recebido/Received:** 22.11.2025 / 11.22.2025

**Aprovado/Approved:** 17.12.2025 / 12.17.2025

---

## Resumo

Este estudo analisa as condições para o uso ético e processualmente seguro da Inteligência Artificial Generativa no Poder Judiciário brasileiro, com foco específico na persecução penal ambiental. Investiga-se em que medida o marco normativo do Conselho Nacional de Justiça oferece salvaguardas suficientes para a utilização de provas algorítmicas ambientais e como tais exigências podem ser operacionalizadas de forma verificável. Parte-se da hipótese de que, embora o arcabouço regulatório vigente esteja fundado em princípios de governança algorítmica, ele ainda carece de uma sistematização operacional capaz de assegurar a rastreabilidade das inferências e o efetivo contraditório técnico. A pesquisa adota abordagem qualitativa e exploratória, com base em análise documental de atos normativos e relatórios institucionais do Conselho Nacional de Justiça, no contexto da política judiciária nacional contemporânea. Os resultados indicam que a expansão do uso de sistemas algorítmicos no Judiciário é acompanhada por riscos de opacidade, vieses e fragilidades na cadeia de custódia digital, com impactos relevantes sobre a integridade probatória em processos ambientais. Como contribuição, propõe-se o Protocolo Operacional de Prova Algorítmica Ambiental, destinado a preencher a lacuna entre a normatização abstrata e a aplicação prática da inteligência artificial generativa no contencioso penal ambiental.

**Palavras-chave:** inteligência artificial generativa; governança algorítmica; prova ambiental; processo penal ambiental; cadeia de custódia digital.

## Abstract

*This study examines the conditions for the ethical and procedurally secure use of Generative Artificial Intelligence within the Brazilian Judiciary, with a specific focus on environmental criminal prosecution. It investigates the extent to which the normative framework established by the National Council of Justice provides sufficient safeguards for the use of algorithmic environmental evidence and how such requirements may be operationalized in a verifiable manner. The analysis is grounded in the premise that, although the current regulatory framework is based on principles of algorithmic governance, it still lacks an operational systematization capable of ensuring the traceability of inferences and the effective exercise of technical adversarial review. The research adopts a qualitative and exploratory approach, based on documentary analysis of normative acts and institutional reports issued by the National Council of Justice, within the context of contemporary national judicial policy. The findings indicate that the expansion of algorithmic systems in the Judiciary is accompanied by risks related to opacity, bias, and weaknesses in the digital chain of custody, with significant impacts on evidentiary integrity in environmental cases. As a contribution, the study proposes an Operational Protocol for Algorithmic Environmental Evidence, aimed at bridging the gap between abstract regulation and the practical application of generative artificial intelligence in environmental criminal litigation.*

**Keywords:** generative artificial intelligence; algorithmic governance; environmental evidence; environmental criminal procedure; digital chain of custody.

---

## Sumário

1. Introdução. 2. Metodologia. 3. Resultado e discussão. 3.1. Análise das fontes. 3.1.1. Marco regulatório e diretrizes éticas aplicáveis à IAG no Judiciário. 3.1.2. Achados empíricos do CNJ sobre IAG no Judiciário. 3.1.3. Crimes ambientais, especificidades probatórias e processuais. 3.1.4. IAG e fluxos processuais, oportunidades e riscos. 3.1.5. Integração ciência de dados no processo penal ambiental. 3.2. Proposta de aplicabilidade e implicações para o uso da IAG no contencioso ambiental. 3.3. Exemplo ilustrativo de aplicação do POPA e implementação incremental. 4. Considerações finais. 5. Referências.

---

## 1. Introdução

O avanço da tecnologia e a disseminação da Inteligência Artificial Generativa (IAG) têm impactado profundamente o funcionamento das instituições públicas, e o Poder Judiciário brasileiro não é exceção. No âmbito da política judiciária nacional contemporânea, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ) tem consolidado diretrizes e diagnósticos institucionais sobre a adoção de soluções algorítmicas, incluindo sistemas capazes de gerar textos, sínteses e classificações a partir de grandes volumes de dados, conforme descrito em seus relatórios de pesquisa (CNJ, 2024a; CNJ, 2024b). Compreender o uso ético e seguro da IAG no ciclo de produção, organização e controle de informações processuais em processos que apuram crimes ambientais, é condição essencial para preservar a integridade e a legitimidade do sistema jurídico. A relevância científica e jurídica do tema decorre do fato de que a IAG, quando incorporada a rotinas de triagem documental, elaboração assistida de minutas e apoio à gestão probatória, pode alterar as condições de produção, organização e contestação das evidências no processo, exigindo parâmetros verificáveis de governança e de controle.

Para o escopo deste estudo, adota-se a IAG como categoria de sistemas algorítmicos aptos a produzir, a partir de insumos fornecidos pelo usuário e de bases de dados, saídas textuais e analíticas que podem apoiar tarefas de triagem, sumarização e sistematização de informações, sem substituir, contudo, o juízo humano, a atividade técnico-pericial e as garantias processuais, conforme enfatizado nas diretrizes institucionais do CNJ (CNJ, 2024a; CNJ, 2025). Essa delimitação conceitual é operacional, e orienta o recorte do artigo para usos em que a saída gerada atua como insumo informacional submetido a validação humana e controle processual. Fundamentado em evidências recentes, especialmente nos Relatórios de Pesquisa do CNJ (2024a; 2024b) e nas Resoluções CNJ nº 332/2020 (como base histórica) e na Resolução CNJ nº 615/2025, este estudo examina as condições, limites e oportunidades da IAG no Judiciário, com ênfase na proteção de direitos, na governança responsável e na construção de um protocolo operacional de prova algorítmica ambiental (CNJ, 2024; CNJ, 2020; CNJ, 2025).

O recorte constitucional e garantista da problemática, adotado aqui como pressuposto de análise, exige compatibilizar inovação com devido processo, ampla defesa e contraditório técnico, sobretudo quando a IAG é mobilizada para organizar evidências, apoiar a redação de peças e estruturar sínteses que influenciam a compreensão do acervo probatório. No campo ambiental, tais cautelas se intensificam: a persecução penal ambiental opera com acervos probatórios heterogêneos e tecnicamente densos, como imagens de satélite, séries temporais de sensores, amostragens laboratoriais e cruzamentos com bases administrativas e financeiras, além de cadeias de custódia extensas, conforme evidenciado pelo CNJ (CNJ, 2024b). Essa complexidade, associada ao volume e à natureza técnica das evidências, amplia o risco de assimetrias informacionais e de fragilidades na rastreabilidade quando a organização e a síntese do material probatório são realizadas com auxílio de sistemas algorítmicos.

A pesquisa é orientada pela seguinte pergunta: em que medida o marco normativo do Conselho Nacional de Justiça e os achados empíricos institucionais disponíveis delineiam condições e salvaguardas suficientes para o uso ético, seguro e processualmente aceitável da Inteligência Artificial Generativa na persecução penal ambiental, e como tais exigências podem ser operacionalizadas em um protocolo de prova algorítmica ambiental.

A lacuna que o artigo busca enfrentar consiste na falta de sistematização operacional, com procedimentos verificáveis de governança de risco, custódia algorítmica e transparência aplicáveis ao tratamento de evidências ambientais assistidas por IAG, de modo a fortalecer a rastreabilidade, a auditabilidade e o contraditório técnico. Assim, embora o CNJ avance ao formular princípios e deveres, e ao relatar empiricamente a expansão dessas tecnologias,

permanece o problema metodológico e institucional de transformar diretrizes abstratas em rotinas operacionais verificáveis, capazes de demonstrar, em cada caso, como a evidência foi tratada, registrada, validada e disponibilizada para controle pelas partes (CNJ, 2024a; CNJ, 2025). Em termos de estilo normativo-operacional, o ponto crítico não é a ausência de diretrizes, mas a ausência de uma sequência mínima de registros e validações que permita reconstruir o uso da IAG no contexto probatório, com documentação suficiente para contestação técnica.

Considere-se, outrossim, que a adoção institucional da IAG é acompanhada por riscos estruturais já identificados nos achados empíricos e no marco regulatório, incluindo opacidade decisória, vieses, alucinações, fragilidades na cadeia de custódia digital, e riscos informacionais associados a dados sensíveis e a ambientes de processamento, o que exige controles, documentação e supervisão humana efetiva ao longo do ciclo de vida do sistema (CNJ, 2024a; CNJ, 2025). No recorte ambiental, esses riscos se projetam diretamente sobre a integridade probatória, pois a confiabilidade do material técnico depende da preservação de metadados, do registro de versões de bases e modelos e da possibilidade de reconstrução do percurso analítico, para fins de auditoria e contestação técnica. Por isso, a discussão não se limita ao desempenho de ferramentas, mas à conformidade procedimental do seu emprego, isto é, ao modo como o uso é registrado, controlado e tornado contestável nos autos.

O presente estudo se estrutura em torno de marcos regulatórios e diretrizes éticas pertinentes, achados empíricos consolidados pelo CNJ, especificidades probatórias e processuais inerentes aos crimes ambientais, oportunidades e riscos nos fluxos processuais, integração da ciência de dados ao processo penal ambiental, identificação de boas práticas, mapeamento de lacunas de pesquisa, e discussão de tendências emergentes, com proposta de agenda prática para a área. A delimitação do escopo é, portanto, intencionalmente restrita à persecução penal ambiental e ao uso de IAG em tarefas que incidam sobre a organização, a triagem e a sistematização de evidências, bem como sobre a elaboração assistida de insumos textuais, sempre sob supervisão humana, afastando-se qualquer pretensão de substituição do juízo jurisdicional ou de automatização de decisões.

Partindo dessas premissas, a presente pesquisa tem por objetivo examinar, à luz dos achados empíricos do CNJ (2024a; 2024b; 2025) e das diretrizes das Resoluções CNJ nº 332/2020 e nº 615/2025, as condições para o uso ético e seguro da IAG na persecução penal ambiental. A partir da análise documental dos relatórios e atos normativos do Conselho Nacional de Justiça, busca-se delinear diretrizes de governança, custódia algorítmica e transparência que subsidiem a construção de um protocolo operacional para o uso responsável da IAG no âmbito do Poder Judiciário brasileiro, especialmente no julgamento de processos ambientais. Nessa linha, justifica-se a proposta de protocolo operacional como resposta direta à lacuna identificada, ao oferecer um instrumento orientado à verificabilidade, capaz de organizar procedimentos mínimos de registro, validação, auditoria e comunicação processual do uso da IAG, em estrita observância às exigências normativas e com os riscos empíricos reportados pelo CNJ (CNJ, 2024a; CNJ, 2025).

## 2. Metodologia

A pesquisa adota a análise documental como método central, de natureza qualitativa, com caráter exploratório e comparativo, seguindo as diretrizes metodológicas de Alves *et al* (2021) e Lima Junior (2021). Tal abordagem justifica-se pela necessidade de compreender, de forma aprofundada, as condições para o uso ético e seguro da Inteligência Artificial Generativa (IAG) no Poder Judiciário brasileiro, com ênfase na persecução penal de crimes ambientais.

O viés comparativo é empregado para acompanhar a evolução normativa entre a extinta Resolução CNJ nº 332/2020, considerada a linha de base histórica do marco ético da IA no Judiciário, e a Resolução CNJ nº 615/2025, que atualiza e densifica as diretrizes para governança e uso responsável dessas tecnologias. Essa perspectiva permite identificar continuidades, rupturas e adensamento normativo ocorrido no período.

No que se refere ao corpus e escopo, a pesquisa se estrutura em duas camadas complementares de fontes. A camada primária (base empírica), abrange os atos e relatórios oficiais do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) diretamente relacionados à IA/IAG e à jurisdição ambiental, notadamente: a Resolução CNJ nº 615/2025; a Resolução CNJ nº 332/2020; a Portaria 271/2020; o Relatório “O uso da Inteligência Artificial Generativa no Poder Judiciário

Brasileiro” (CNJ, 2024a) e o Relatório “Crimes ambientais na Amazônia Legal: a atuação da Justiça nas cadeias de lavagem de bens e capitais, corrupção e organização criminosa” (CNJ, 2024b).

Em suporte, a camada secundária (fundamentação teórica), integra artigos científicos revisados por pares, publicados nos últimos dez anos, que tratam de regulação baseada em risco, supervisão humana, prova algorítmica, explicabilidade e impactos ambientais da IA. Essas fontes exercem a função interpretativa e crítica, em diálogo com os documentos institucionais, destacando-se as contribuições de Frazão (2024); Socol de la Osa e Remolina (2024); Casimiro e Teixeira (2024); Santos (2022); Valle et al. (2023); e Karakaş e Özdemir (2025).

Os critérios de inclusão compreenderam, na dimensão primária, atos normativos e relatórios oficiais do CNJ relativos à IA/IAG, e, na dimensão secundária, artigos científicos revisados por pares diretamente vinculados à governança algorítmica, custódia probatória e supervisão humana. Foram excluídos documentos não oficiais, literatura sem revisão por pares, duplicações e textos sem acesso integral. A janela temporal privilegiou o período de 2022 a 2025, mantendo-se 2020 como referência histórica para análise evolutiva.

O percurso investigativo delimitou duas unidades de análise: i) dispositivos normativos (princípios, deveres, classificação de risco, avaliação de impacto algorítmico, transparência, explicabilidade, supervisão e auditorias); e, ii) achados empíricos constantes dos relatórios institucionais, incluindo padrões de adoção da IAG, riscos identificados, lacunas operacionais, iniciativas de capacitação e integração com bases como DataJud e SireneJud.

A análise dos documentos oficiais seguiu procedimento sistemático de leitura integral, fichamento analítico e codificação temática, sob abordagem dedutivo-indutiva. As categorias iniciais derivaram dos eixos normativos do CNJ, sendo posteriormente refinadas a partir dos achados empíricos, conforme orientam Alves *et al* (2021) e Lima Junior (2021). A triangulação entre normas e evidências institucionais buscou aferir o grau de aderência entre o marco regulatório formal e as práticas efetivamente descritas pelo próprio órgão regulador.

Para assegurar consistência interpretativa, os documentos foram submetidos à dupla leitura independente, com reconciliação de divergências e registro das decisões analíticas. O possível viés institucional, inerente à análise de documentos produzidos pelo próprio CNJ, foi mitigado mediante o confronto analítico com a produção acadêmica independente. Por se tratar de documentos públicos, a pesquisa não envolve dados pessoais nem risco aos participantes, observando-se, todavia, os parâmetros da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018), quando mencionadas bases sensíveis.

Ressalta-se que a pesquisa limita-se à análise documental, não abrangendo validação empírica de desempenho algorítmico nem mensurações quantitativas. Admite-se que o campo ainda carece de métricas padronizadas de explicabilidade, protocolos nacionais de custódia algorítmica ambiental e indicadores empíricos de impacto material da IA no contexto judicial, os quais permanecem como dimensões abertas para investigações futuras.

## 3. Resultado e discussão

### 3.1 Análise das fontes

#### 3.1.1 Marco regulatório e diretrizes éticas aplicáveis à IAG no Judiciário

A incorporação da Inteligência Artificial Generativa no Poder Judiciário brasileiro ultrapassa o campo da inovação instrumental e projeta-se como fenômeno institucional com implicações diretas sobre transparência, responsabilidade decisória e tutela de direitos fundamentais. Nesse contexto, a definição de balizas normativas específicas constitui requisito estrutural para assegurar a legitimidade do uso de sistemas algorítmicos em atividades jurisdicionais, especialmente quando tais sistemas incidem sobre a organização e o tratamento de informações relevantes ao processo judicial (CNJ, 2024a).

A Resolução CNJ nº 332/2020, posteriormente revogada, representou o primeiro marco sistemático de regulação ética da inteligência artificial no Judiciário. Seu conteúdo normativo estabelecia princípios como compatibilidade com direitos fundamentais, não discriminação, publicidade, transparência, governança, segurança da informação e controle humano das decisões assistidas por sistemas algorítmicos (CNJ, 2020). Entre seus comandos centrais, destacava-se a vedação à

substituição do julgamento humano, bem como a exigência de explicações compreensíveis e passíveis de controle por autoridade competente, acompanhadas de mecanismos de auditoria e revisão.

Esse cenário regulatório foi substancialmente densificado pela Resolução CNJ nº 615/2025, que passou a estruturar a governança da inteligência artificial no Judiciário sob uma lógica explícita de gestão de riscos. A norma consolidou princípios como transparência, explicabilidade, contestabilidade, auditabilidade e confiabilidade, associando-os à observância do devido processo legal, da ampla defesa e da razoável duração do processo (CNJ, 2025). Inova, sobretudo, ao tornar obrigatória a classificação prévia dos sistemas por nível de risco e, nos casos de maior impacto, a realização de Avaliação de Impacto Algorítmico, acompanhada de auditorias regulares, monitoramento contínuo e divulgação institucional de resultados.

Com o objetivo de conferir maior objetividade analítica às exigências normativas incidentes sobre a IAG no Judiciário, a Tabela 1 sintetiza os requisitos estruturantes extraídos das resoluções e dos relatórios institucionais do CNJ, evidenciando convergências, avanços regulatórios e mecanismos de controle aplicáveis ao uso dessas tecnologias em ambiente jurisdicional.

**Tabela 1 – Requisitos normativos (IAG no Judiciário)**

Fonte Normativa	Princípios	Obrigações	Transparência/Explicabilidade	AIA – Avaliação de Impacto Algorítmico	Auditorias	Supervisão humana
Res. CNJ nº 332/2020 (linha de base histórica, segundo síntese do relatório CNJ/2024a)	Compatibilidade com direitos fundamentais; segurança jurídica e isonomia; cautelas com dados sensíveis e segredo de justiça.	Homologação/modelos para identificar e mitigar vieses; medidas de governança alinhadas a direitos fundamentais.	Medidas de transparência e documentação de riscos; explicação adequada das decisões do modelo ao usuário/autoridade competente.	Análise de impacto por matrizes de risco e avaliações éticas quando pertinente.	Mecanismos de auditoria previstos e reforçados na Portaria 271/2020-CNJ (rastreadabilidade das predições; feedback/auditoria).	Informação clara de que a proposta de IA não é vinculante e está sujeita à análise da autoridade competente.
Res. CNJ nº 615/2025 (marco atual)	Transparência, explicabilidade, contestabilidade, auditabilidade, confiabilidade; devido processo, ampla defesa, razoável duração; supervisão humana efetiva.	Governança com identificação, classificação e mitigação de riscos; curadoria de dados rastreáveis/auditáveis; segurança da informação e cibernética; capacitação contínua.	Indicadores e relatórios públicos; medidas corretivas quando houver baixa transparência/explicabilidade, inclusive descontinuidade.	AIA contínua com publicação de resultados no relatório anual do Comitê Nacional de IA.	Auditorias e monitoramento proporcionais ao impacto; protocolos padronizados; publicação de relatórios de impacto/desempenho.	Supervisão humana efetiva, periódica e adequada ao risco em todo o ciclo de vida.
Relatório CNJ “IAG no PJ” (2024) + Portaria 271/2020 (Sinapses)	Diretrizes de organização e transparência; padronização (TPUs) e coordenação interinstitucional da IA no Poder Judiciário.	Governança de dados (anonimização; disponibilização de dados/metadados de treinamento), documentação dos projetos na plataforma; treinamento de servidores.	Transparência/explicabilidade como eixo: divulgação responsável, documentação de riscos/mitigações, explicação satisfatória das decisões do modelo.	Recomenda análise de impacto por matrizes de risco e avaliações éticas; prioriza uso institucional controlado e registro.	Exige rastreabilidade/ auditoria das predições e feedback para melhoria contínua.	Declaração expressa de não-vinculação das saídas da IA e submissão à autoridade competente.

Fonte: Autores, 2025 a partir do CNJ (2020; 2024a; 2025).

O arcabouço normativo brasileiro, consolidado a partir da transição da Resolução CNJ n. 332/2020 para a Resolução n. 615/2025, estabelece um conjunto coerente de obrigações voltadas à governança responsável da inteligência artificial no Judiciário. Essas diretrizes priorizam a proteção de direitos fundamentais, a preservação da autonomia decisória do magistrado e a garantia de mecanismos de controle técnico e institucional. Todavia, a existência de um regime normativo denso não assegura, por si só, sua efetividade prática. Torna-se necessário, portanto, examinar como tais comandos se materializam no cotidiano institucional, o que demanda a análise dos achados empíricos produzidos pelo próprio CNJ acerca da adoção e do uso da IAG no sistema de justiça.

### 3.1.2 Achados empíricos do CNJ sobre IAG no Judiciário

O Relatório “O uso da Inteligência Generativa no Poder Judiciário” (CNJ, 2024a) constitui a principal base empírica institucional para compreender o estágio de adoção, os padrões de uso e os riscos associados à incorporação de sistemas generativos no sistema de justiça brasileiro. O documento oferece um diagnóstico abrangente, que ultrapassa descrições pontuais de ferramentas e passa a mapear implicações organizacionais, técnicas e éticas decorrentes dessa incorporação.

Os dados consolidados pelo CNJ evidenciam que a adoção de soluções algorítmicas no Judiciário já se encontra em estágio avançado de disseminação institucional. Em 2024, estavam registrados 147 sistemas de inteligência artificial na plataforma Sinapses, ambiente colaborativo e de código aberto destinado ao gerenciamento e compartilhamento de soluções desenvolvidas no âmbito dos tribunais (CNJ, 2024a). Essas aplicações distribuem-se tanto nas atividades-meio, como automação administrativa e gestão processual, quanto nas atividades-fim, incluindo apoio à análise de precedentes, organização de acervos documentais e elaboração assistida de minutas.

O relatório identifica usos recorrentes da IAG em tarefas como triagem de documentos, sumarização de informações, apoio à redação de peças e interação com usuários por meio de balcões virtuais, ressaltando que tais funcionalidades operam como instrumentos de apoio, sem caráter vinculante, permanecendo subordinadas à supervisão humana (CNJ, 2024a). Ao mesmo tempo, o CNJ estabelece diretrizes operacionais mínimas, como registro sistemático de uso, manutenção de logs, documentação técnica e transparência suficiente para permitir interpretação e contestação dos resultados produzidos pelos sistemas.

No que se refere ao grau de utilização efetiva, os dados empíricos indicam adesão significativa, ainda que heterogênea, entre magistrados e servidores. O relatório aponta que aproximadamente 49,5% desses profissionais declararam já utilizar ferramentas de inteligência artificial em atividades profissionais ou acadêmicas, revelando tanto a capilaridade da tecnologia quanto a assimetria no domínio técnico e na frequência de uso (CNJ, 2024a, p. 52). Esse cenário é acompanhado por uma demanda expressiva por capacitação institucional, considerada condição necessária para reduzir riscos operacionais e assegurar uso consistente com as diretrizes normativas.

Entre os principais riscos identificados, o CNJ destaca preocupações relacionadas à segurança da informação, especialmente quanto ao tratamento de dados sigilosos e sensíveis em ambientes não controlados. O uso inadequado de ferramentas generativas pode resultar em vazamentos, reidentificação indevida de dados e comprometimento da confidencialidade processual, com impactos diretos sobre a confiança pública no sistema de justiça (CNJ, 2024a). Essas constatações convergem com as advertências formuladas por Casimiro e Teixeira (2024), que enfatizam a necessidade de políticas sólidas de segurança, anonimização e controle de acesso no uso institucional da IAG.

Além dos riscos informacionais, o relatório do CNJ incorpora preocupações estruturais amplamente discutidas na literatura especializada, como vieses algorítmicos, opacidade dos modelos e ocorrência de alucinações, fenômenos que podem comprometer a integridade do processo decisório quando não submetidos a verificação rigorosa (CNJ, 2024a). Socol de la Osa e Remolina (2024) reforçam essa leitura ao sustentar que a legitimidade do uso da inteligência artificial no sistema de justiça depende da existência de mecanismos prévios de verificação, licenciamento e divulgação proporcional ao risco, sempre sob supervisão humana efetiva.

Em termos institucionais, os achados empíricos indicam que a simples disponibilização de tecnologias não é suficiente para garantir sua utilização responsável. A ausência de protocolos padronizados de validação e revisão das saídas geradas pela IAG pode resultar em uso acrítico, com potencial erosão da integridade procedimental e da motivação

das decisões judiciais (CNJ, 2024a). Nesse sentido, a governança algorítmica delineada pelo CNJ assume caráter preventivo, ao enfatizar a necessidade de controles contínuos, capacitação técnica e responsabilização institucional.

Os dados consolidados pelo CNJ revelam um cenário de adoção crescente da inteligência artificial generativa no Judiciário, acompanhado por riscos operacionais, informacionais e ético-processuais que exigem respostas estruturadas. A coexistência entre expansão tecnológica e fragilidades procedimentais evidencia a necessidade de instrumentos capazes de transformar diretrizes normativas em práticas verificáveis, especialmente em contextos de elevada complexidade probatória, como o dos processos ambientais, o que fundamenta a proposição de um protocolo operacional específico para esse domínio.

### 3.1.3 Crimes ambientais: especificidades probatórias e processuais

A persecução penal ambiental apresenta singularidades probatórias que a distinguem de outros ramos do processo penal, especialmente pela natureza técnica, multidimensional e frequentemente indireta das evidências produzidas. Os crimes ambientais envolvem, de modo recorrente, provas geoespaciais, imagens de satélite, séries temporais oriundas de sensores remotos, análises laboratoriais, dados administrativos e financeiros, além de cadeias de custódia extensas e interinstitucionais, conforme evidenciado pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ, 2024b).

O Relatório CNJ sobre crimes ambientais na Amazônia Legal (CNJ, 2024b) demonstra que a complexidade investigativa nesses casos decorre não apenas da materialidade difusa do dano ambiental, mas também da necessidade de integrar informações provenientes de múltiplas fontes e órgãos, como autos de infração, laudos técnicos, registros cartográficos e dados econômicos. Esse arranjo probatório impõe elevados requisitos de rastreabilidade, integridade e representatividade dos dados, sob pena de fragilização da prova em juízo.

Sob essa ótica, a utilização da Inteligência Artificial Generativa pode oferecer ganhos operacionais relevantes, sobretudo nas fases de pré-processamento, organização e sistematização de grandes volumes de informação técnica. A IAG pode auxiliar na triagem de documentos, na consolidação de dados dispersos e na identificação preliminar de padrões relevantes. Todavia, tais aplicações não substituem a atividade pericial nem a apreciação judicial, ao contrário, ampliam a necessidade de documentação rigorosa, registros de execução e trilhas de auditoria que permitam reconstruir o percurso analítico adotado (CNJ, 2024a; CNJ, 2024b).

Os relatórios do CNJ ressaltam que, em processos ambientais, as fragilidades na cadeia de custódia digital assumem especial gravidade. A confiabilidade da prova depende da preservação de metadados, do versionamento das bases utilizadas, do registro de transformações aplicadas aos dados e da possibilidade de verificação independente pelas partes e pelo juízo (CNJ, 2024b). A ausência desses elementos compromete não apenas a admissibilidade probatória, mas também o exercício do contraditório técnico.

A dimensão ambiental da própria tecnologia também integra o debate. O funcionamento e a expansão de sistemas baseados em IAG implicam consumo intensivo de energia, demanda por infraestrutura computacional e impactos ambientais associados à produção e ao descarte de equipamentos. Embora esses efeitos ainda careçam de métricas consolidadas no âmbito judicial, a literatura aponta para a necessidade de incorporar essa variável à governança tecnológica, especialmente em áreas sensíveis como a tutela ambiental (Karakas; Özdemir, 2025). Essa preocupação converge com a abordagem sistêmica adotada pelo CNJ ao tratar da relação entre tecnologia, sustentabilidade e política judiciária (CNJ, 2024b).

Do ponto de vista normativo, as Resoluções CNJ nº 332/2020 e nº 615/2025 estabelecem salvaguardas relevantes para o uso de dados sensíveis, exigindo cautela no tratamento de informações submetidas a sigilo, curadoria de dados rastreáveis e auditáveis, fortalecimento da segurança cibernética e publicidade qualificada de relatórios de impacto, em consonância com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018). Essas exigências assumem centralidade no processo penal ambiental, dada a interdependência entre dados técnicos, informações territoriais e direitos fundamentais (CNJ, 2020; CNJ, 2025).

O CNJ também enfatiza o potencial da integração entre inteligência artificial, ciência de dados e bases institucionais como DataJud e SireneJud para aprimorar o monitoramento ambiental, fortalecer a cooperação interinstitucional e ampliar a efetividade das políticas públicas ambientais (CNJ, 2022). Contudo, tal potencial somente

se concretiza quando acompanhado de mecanismos de governança capazes de assegurar transparência, auditabilidade e controle jurisdicional.

Os crimes ambientais configuram um campo particularmente sensível à aplicação de sistemas algorítmicos, em razão da complexidade técnica das provas, da extensão das cadeias de custódia e da relevância dos bens jurídicos tutelados. Os desafios éticos e técnicos relacionados à auditabilidade e à verificabilidade da prova assumem, nesse domínio, centralidade normativa e processual. Por essa razão, a incorporação da IAG à persecução penal ambiental exige protocolos específicos que assegurem a reconstrução do percurso probatório, a contestabilidade técnica e a preservação da confiança pública no sistema de justiça, conforme apontado pelos achados empíricos e normativos do CNJ (CNJ, 2024a; CNJ, 2024b).

### **3.1.4 IAG e fluxos processuais: oportunidades e riscos**

A implementação da IAG no contexto dos fluxos processuais do Judiciário introduz possibilidades operacionais relevantes, ao mesmo tempo em que acentua riscos institucionais e processuais que demandam controle rigoroso, especialmente no âmbito da persecução penal ambiental. Não se trata apenas de incremento tecnológico, mas de reorganização de etapas procedimentais sensíveis, com impacto direto sobre a formação, o tratamento e a circulação das informações processuais.

Entre as oportunidades concretas, destaca-se a capacidade da IAG de apoiar a pré-análise de peças processuais, a organização preliminar de acervos documentais volumosos, a identificação de padrões recorrentes e a sistematização de informações técnicas complexas, contribuindo para a redução de retrabalho, padronização de minutas e racionalização do tempo processual. Esses ganhos dialogam diretamente com o princípio da razoável duração do processo, previsto no art. 5º, inciso LXXVIII, da Constituição Federal, sem afastar a exigência de fundamentação própria e controle humano das decisões.

Todavia, a mesma integração tecnológica que potencializa a eficiência processual pode introduzir fragilidades relevantes, caso não seja acompanhada de parâmetros claros de governança, transparência e supervisão humana. A utilização acrítica da IAG nos fluxos processuais pode gerar opacidade na lógica de priorização, riscos de reprodução de vieses, automatização excessiva de tarefas decisórias e fragilização do contraditório, afetando a legitimidade do processo penal ambiental.

Para mitigar esses riscos, o Conselho Nacional de Justiça recomenda expressamente o uso institucional controlado da IAG, preferencialmente por meio de interfaces programadas e ambientes supervisionados, de modo a assegurar o registro das interações, a documentação técnica e a possibilidade de auditoria posterior (CNJ, 2024a). Essa orientação afasta o uso informal ou pessoal da tecnologia em casos sensíveis, reforçando a necessidade de rastreabilidade e responsabilização institucional.

No plano normativo, a Resolução CNJ nº 615/2025 densifica essas exigências, ao impor a identificação, a classificação, o monitoramento e a mitigação de riscos sistêmicos, bem como a realização de avaliação de impacto algorítmico contínua, proporcional ao nível de risco do uso pretendido. A norma prevê, inclusive, a possibilidade de suspensão ou descontinuidade de sistemas que não apresentem níveis adequados de transparência ou explicabilidade, reafirmando a centralidade da supervisão humana efetiva ao longo de todo o ciclo de vida da tecnologia (CNJ, 2025).

No âmbito processual, a Resolução nº 615/2025 vincula expressamente a adoção da IAG ao respeito ao devido processo legal, à ampla defesa e ao contraditório, afastando qualquer hipótese de decisão automatizada de mérito e preservando a identidade física do juiz. Essas salvaguardas normativas evidenciam que a eficiência procedimental não pode ser perseguida em detrimento das garantias processuais, especialmente em matérias de alta complexidade técnica e elevado impacto social, como os crimes ambientais.

A análise dos fluxos processuais evidencia que a IAG pode atuar como instrumento de apoio qualificado, desde que limitada a funções auxiliares, devidamente documentadas, submetidas à verificação humana e integradas a protocolos institucionais claros. A harmonização entre inovação tecnológica e garantismo processual emerge, assim, como condição indispensável para a legitimidade do uso da IAG no processo penal ambiental, conforme delineado pelo CNJ e pela literatura especializada já mobilizada neste estudo.

### 3.1.5 Integração ciência de dados no processo penal ambiental

A ciência de dados constitui o alicerce técnico que viabiliza a aplicação prática da IAG e do aprendizado de máquina na persecução penal ambiental, em consonância com as diretrizes de governança e transparência delineados pelo CNJ (2024a; 2024b). Trata-se de um campo interdisciplinar que articula métodos estatísticos, computacionais e de modelagem matemática, voltados à extração estruturada de informação a partir de grandes volumes de dados heterogêneos, permitindo a identificação mais precisa e tempestiva de padrões de desmatamento, poluição e ocupação irregular do solo.

No contexto judicial, o emprego de técnicas orientadas por dados, especialmente modelos de aprendizado de máquina, possibilita a análise sistemática de padrões e correlações em acervos processuais pretéritos, contribuindo para maior consistência decisória e previsibilidade institucional, sem prejuízo da independência judicial. Tais aplicações podem apoiar a organização do material probatório e a racionalização do fluxo de trabalho, conforme analisam Casimiro e Teixeira (2024), desde que limitadas a funções auxiliares e submetidas à validação humana.

A integração da ciência de dados aos sistemas processuais, contudo, impõe exigências normativas específicas, notadamente quanto à auditabilidade, explicabilidade e transparência dos modelos empregados, como condição para assegurar a rastreabilidade das inferências e a legitimidade da prova digital em juízo, nos termos da Resolução CNJ nº 615/2025. Essa integração deve ocorrer sob o paradigma da governança algorítmica adotado pelo CNJ, que estabelece a supervisão e a validação humanas como requisitos permanentes, mitigando riscos associados à opacidade decisória e à automatização indevida (Casimiro; Teixeira, 2024).

A confluência entre aprendizado de máquina e análise geoespacial possibilita a detecção assistida de desmatamento, garimpo e grilagem em intervalos temporais reduzidos, favorecendo ações coordenadas entre o Poder Judiciário, o Ministério Público, as Polícias, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e órgãos ambientais estaduais, conforme indicado pelo CNJ (2022). O desafio central reside em operacionalizar juridicamente esse potencial tecnológico, preservando a cadeia de custódia algorítmica e a aceitabilidade probatória das evidências produzidas ou organizadas com apoio de sistemas algorítmicos.

No plano institucional, o Relatório do CNJ (2024a) destaca a necessidade de adoção de medidas de governança alinhadas a padrões regulatórios internacionais, a exemplo do Regulamento da União Europeia sobre inteligência artificial, conhecido como AI Act, especialmente no que se refere à gestão de riscos, governança de dados, documentação técnica, registros de execução e interfaces de supervisão humana. Esses parâmetros dialogam diretamente com as exigências probatórias do processo penal ambiental, marcado por elevada complexidade técnica e por cadeias informacionais extensas (CNJ, 2024a).

No contexto nacional, Valle et al. (2023), ao analisarem o Sistema Victor no Supremo Tribunal Federal, evidenciam que ganhos de eficiência institucional não podem comprometer os princípios da legalidade, publicidade e impessoalidade, sendo indispensável que os sistemas adotados sejam explicáveis, auditáveis e passíveis de contestação. Em perspectiva convergente, Casimiro e Teixeira (2024) defendem o uso da inteligência artificial como instrumento de apoio à decisão, condicionado à existência de mecanismos de governança adaptativa e controle institucional efetivo.

As transformações introduzidas pela ciência de dados no processo penal são igualmente examinadas por Santos (2022), que analisa os impactos da inteligência artificial e da Internet das Coisas no contexto da Quarta Revolução Industrial. O autor ressalta a necessidade de compatibilizar o uso dessas tecnologias com os direitos de defesa e com o princípio da não autoincriminação, estabelecendo limites probatórios claros, especialmente relevantes em processos judiciais envolvendo crimes ambientais.

As Resoluções do CNJ (CNJ, 2020; CNJ, 2025) reforçam, nesse sentido, a centralidade da integridade probatória e da reconstrutibilidade do processo decisório quando evidências são geradas ou assistidas por sistemas algorítmicos. A admissibilidade e a força probatória dessas evidências dependem da documentação adequada dos dados utilizados, das versões dos modelos, dos parâmetros empregados e dos registros de execução, permitindo o exercício do contraditório técnico pelas partes.

Para a tramitação eficaz dos processos ambientais, impõe-se uma digitalização qualificada da cadeia probatória, com o uso sistemático de metadados, trilhas de auditoria e integração de dados geoespaciais, orientada por boas práticas de curadoria e por mecanismos de explicabilidade, capazes de reconstruir a inferência algorítmica até a evidência original (CNJ, 2024a; CNJ, 2024b).

Do ponto de vista prático, a utilização da ciência de dados e da IAG na pré-análise documental e na reconciliação de informações ambientais deve ser acompanhada de políticas de segurança da informação, anonimização e segregação entre ambientes de teste e produção, bem como de procedimentos de validação humana dupla em peças sensíveis. Ademais, impõe-se a adoção de protocolos de comunicação às partes sempre que a tecnologia apoiar a elaboração de minutas ou relatórios, preservando-se o caráter não vinculante das saídas algorítmicas, conforme estabelece a Resolução CNJ nº 615/2025.

Em última análise, embora a Resolução CNJ nº 615/2025 represente um avanço normativo relevante ao institucionalizar avaliações contínuas de impacto algorítmico, auditorias e governança centralizada, persistem lacunas científicas e operacionais, como a ausência de métricas padronizadas de explicabilidade aplicáveis ao contexto judicial ambiental, a inexistência de protocolos nacionais específicos de cadeia de custódia algorítmica para provas ambientais e a escassez de estudos empíricos sobre impactos socioterritoriais dessas tecnologias. Ainda assim, as diretrizes e tendências regulatórias consolidadas pelo CNJ apontam para uma trajetória de amadurecimento institucional, ao articular inovação tecnológica com transparência, controle e tutela de direitos fundamentais, requisitos elencados por Frazão (2024).

### **3.2 Proposta de aplicabilidade e implicações para o uso da IAG no contencioso ambiental**

A IAG pode contribuir de maneira tecnicamente relevante para a eficiência procedimental, a padronização de rotinas e a qualificação analítica da persecução penal ambiental, desde que sua incorporação esteja condicionada a estruturas formais de governança, documentação técnica consistente e supervisão humana efetiva em todas as fases do ciclo de vida do sistema. O arcabouço regulatório delineado no Brasil, desde a Resolução CNJ nº 332/2020 até a Resolução CNJ nº 615/2025, estabelece pressupostos normativos claros para essa incorporação responsável, ao exigir classificação de risco, avaliações de impacto algorítmico, explicabilidade proporcional, auditabilidade e rastreabilidade de dados e modelos, com publicidade informativa compatível com a proteção de dados sensíveis e o segredo de justiça (CNJ, 2020; CNJ, 2024a; CNJ, 2025; Frazão, 2024).

Sob tal enquadramento, a IAG não substitui o juízo técnico-pericial nem a discricionariedade regradada do magistrado; ela organiza, prioriza e esclarece o material probatório, reduzindo assimetrias informacionais e ampliando as condições de controle, contraditório e motivação (Casimiro e Teixeira, 2024; Valle et al., 2023).

No âmbito do contencioso ambiental, as exigências probatórias apresentam densidade técnica elevada, envolvendo imagens de satélite, séries temporais de sensores, amostragens laboratoriais e cruzamento com bases administrativas e financeiras. Nesse contexto específico, a utilização da IAG revela potencial para atuar como ferramenta de apoio técnico à organização e à reconciliação de dados probatórios, especialmente nas etapas de pré-análise documental, identificação de inconsistências informacionais e sistematização de evidências complexas. Todavia, essa incorporação pressupõe observância estrita de protocolos de governança, com documentação adequada, registro de versões de modelos e bases utilizadas, preservação da cadeia de custódia algorítmica e validação humana qualificada, como condição de admissibilidade e confiabilidade da prova ambiental em juízo (Santos, 2022; CNJ, 2024b; CNJ, 2025).

Embora os ganhos potenciais sejam relevantes, os riscos estruturais associados ao uso da IAG, já identificados nos relatórios do CNJ e na literatura analisada, impõem a necessidade de mitigação sistemática e institucionalizada. Para explicitar essa relação entre oportunidades operacionais e riscos ético-probatórios, apresenta-se a Tabela 2, que sintetiza, em chave operacional, o mapeamento entre usos recorrentes da IAG em processos ambientais, riscos típicos, como opacidade, vieses, alucinações, vazamento de dados e automatização excessiva, e as respectivas medidas de mitigação previstas nas normas e relatórios do CNJ (CNJ, 2020; CNJ, 2024a; CNJ, 2024b; CNJ, 2025).

**Tabela 2** – Oportunidades, riscos e medidas de mitigação da IAG em processos ambientais

Oportunidade da IAG em processos ambientais	Risco associado (ético/probatório)	Medidas de mitigação (normativas e operacionais)
Triagem e pré-análise de grandes volumes de documentos e dados ambientais	Opacidade (“caixa-preta”) na lógica de priorização e correlação probatória	Uso exclusivo de soluções institucionais registradas (Sinapses/ato interno); documentação técnica mínima; logs de uso; exigência de explicabilidade adequada ao risco; supervisão humana obrigatória (Res. CNJ nº 615/2025; Portaria 271/2020).
Sumarização de provas técnicas e geoespaciais para apoiar a atividade pericial e a motivação das decisões	Alucinações e erros factuais na síntese de evidências	Dupla verificação humana (técnica e jurídica) antes da juntada; checklists internos; vedação de uso automático para decisões de mérito; registro das interações e das fontes; possibilidade de contestação técnica pelas partes (CNJ, 2024a; 615/2025).
Identificação de padrões em séries históricas, redes ilícitas e cadastros ambientais	Viés e discriminação territorial, socioeconômica ou contra grupos vulneráveis	Avaliação de Impacto Algorítmico (AIA) com foco em impactos discriminatórios; revisão periódica de dados de treinamento; utilização de bases representativas; auditorias internas/externas; transparência proporcional ao risco (Res. 615/2025; literatura citada).
Uso de dados sensíveis, sigilosos e geoespaciais em larga escala	Vazamento de dados, reidentificação, uso indevido de informações estratégicas	Processamento em ambiente controlado (API institucional); políticas de segurança e anonimização / pseudonimização; controle de acessos; logs e trilhas de auditoria; alinhamento à LGPD; protocolos de resposta a incidentes (Res. 615/2025; Portaria 271/2020).
Ganho de eficiência na tramitação (minutas, padronização, priorização de casos)	Automatização indevida de decisões, esvaziamento do contraditório e da identidade física do juiz	Vedação expressa de decisões automatizadas; reafirmação da não vinculatividade das saídas da IAG; exigência de motivação própria do magistrado; informação às partes sobre o uso de IAG; mecanismos para impugnação (Res. 615/2025; Rel. 2024a).
Integração interinstitucional (Judiciário, MP, PF, IBAMA, órgãos ambientais) com apoio de IAG	Rupturas na cadeia de custódia algorítmica e dificuldades de reconstrução da prova digital	Adoção da cadeia de custódia algorítmica: versionamento de modelos e bases, hash e carimbo de tempo, vinculação dos logs ao processo, acesso controlado às trilhas de auditoria por acusação e defesa.

Fonte: Autores (2025), a partir do CNJ (2020; 2024a; 2024b; 2025)

Com base nesse diagnóstico, propõe-se, como solução institucionalmente aplicável, a adoção de um Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental (POPA), concebido para ser implementado no âmbito dos tribunais e articulado com o Ministério Público, as polícias e os órgãos ambientais (Tabela 3). A finalidade central do protocolo consiste em converter exigências normativas abstratas em procedimentos operacionais verificáveis, auditáveis e compatíveis com as garantias do processo penal, em especial o contraditório técnico e a vedação de decisões automatizadas (CNJ, 2025; Frazão, 2024; Santos, 2022).

**Tabela 3 – Checklist do Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental (POPA)**

<b>Eixo POPA</b>	<b>Item de Verificação</b>	<b>Responsável(is) Principal(is)</b>	<b>Momento / Fase</b>	<b>Evidência exigida (registro Objetivo)</b>	<b>Validação/ Assinatura</b>
Governança e risco	Classificação do uso de IAG por nível de risco (baixa/média/alta), conforme diretrizes internas alinhadas à Res. CNJ nº 615/2025.	Comitê de IA do Tribunal; Unidade de TI; Gestão estratégica; Ou comissão criada especificamente para essa finalidade	Fase de concepção e antes da implantação	Matriz de risco aprovada; ato ou despacho interno; registro do sistema no repositório institucional/Sinapses	Campo para assinatura do Comitê/órgão responsável
Governança e risco	Elaboração de Avaliação de Impacto Algorítmico (AIA) para usos de alto risco	Comitê de IA do Tribunal; Unidade de TI; Encarregado de dados (LGPD); Apoio da área jurídica	Pré-implantação e revisões periódicas	Relatório de AIA; parecer jurídico; registro de revisão de risco	Campo para assinatura dos responsáveis técnicos e jurídicos
Governança e risco	Definição de papéis e responsabilidades (quem pode configurar, usar, auditar; stop rules)	Presidência / Corregedoria; Comitê de IA; TI; Unidade de auditoria	Antes do início do uso em ambiente de produção	Norma interna, portaria ou resolução local com matriz RACI; ata do Comitê de IA	Campo para assinatura da autoridade instituinte
Governança e risco	Uso exclusivamente institucional (API / ambiente controlado), vedado uso pessoal / informal de IAG em casos sensíveis	Presidência; TI; magistrados; chefias de secretaria	Implantação e uso cotidiano	Política de uso; logs de acesso; termo de ciência / adesão de magistrados e servidores	Campo para ciência do usuário responsável
Cadeia de custódia algorítmica	Versionamento de modelos, parâmetros e bases utilizadas na análise de provas ambientais	TI; equipe de ciência de dados; peritos oficiais	Configuração do sistema e a cada atualização relevante	Registro de versões; hash; carimbo de tempo; documentação técnica arquivada	Assinatura da área técnica responsável
Cadeia de custódia algorítmica	Registro de prompts, parâmetros e contexto de execução sempre que a IAG apoiar análise probatória	Usuário autorizado; TI (logs)	No momento do uso	Logs de execução; relatório automático; vinculação ao processo judicial	Campo para conferência da unidade judiciária/perícia
Cadeia de custódia algorítmica	Disponibilidade de trilhas de auditoria para partes, MP e defesa, resguardados sigilos	Tribunal; unidade de auditoria; juízo	Durante o processo e em incidentes de prova	Procedimento interno; registro de atendimentos e disponibilizações	Assinatura do responsável pela guarda/fornecimento

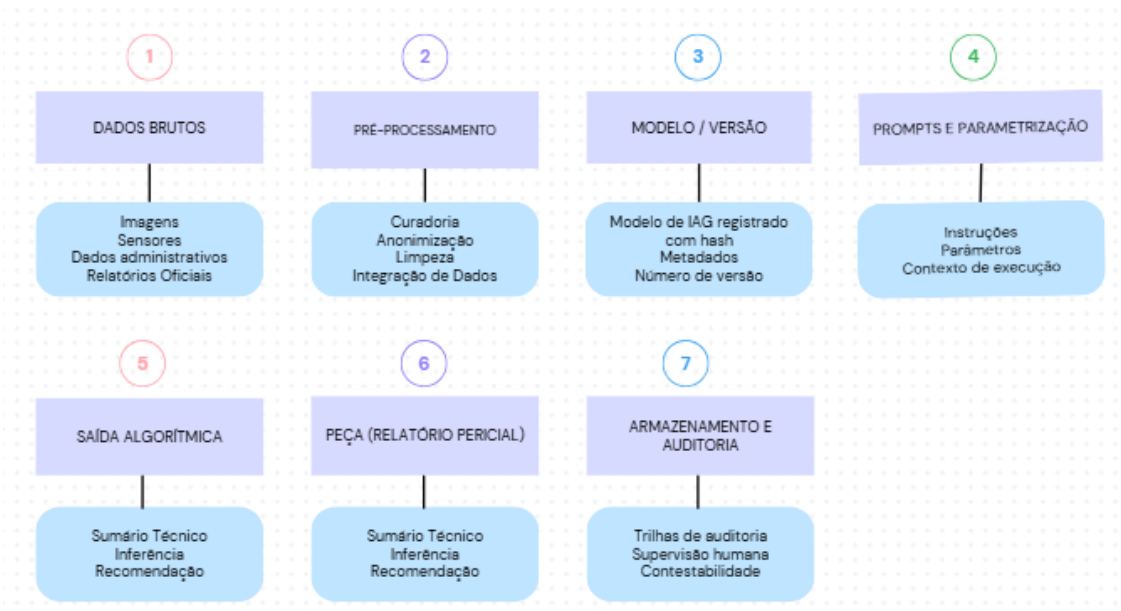
Uso responsável e comunicação processual	Limitação da IAG a funções de apoio (pré-análise, triagem, sumarização), sem decisão automática de mérito ou medidas gravosas	Magistrado; assessoria; TI	Uso rotineiro	Diretrizes internas; modelos de despachos; inexistência de decisões automatizadas	Assinatura / ciente do magistrado responsável
Uso responsável e comunicação processual	Informação às partes quando a IAG tiver sido utilizada na elaboração de peças/minutas relevantes	Magistrado; Secretaria da Unidade	No ato de comunicação processual	Registro em decisão/minuta; nota nos autos	Rubrica do magistrado / chefia de secretaria
Uso responsável e comunicação processual	Dupla verificação humana (técnica e jurídica) de documentos e laudos produzidos com apoio de IAG	Peritos; assessoria jurídica; magistrado	Antes da juntada ou decisão	Checklists internos preenchidos; parecer técnico; conferência registrada	Campos para assinatura de perito(s) e magistrado
Avaliação, capacitação e melhoria contínua	Monitoramento de indicadores (tempo médio de triagem, retrabalho por falhas da IAG, incidentes de cadeia de custódia)	Comitê de IA; gestão estratégica; TI	Trimestral / anual	Relatórios gerenciais; dashboards; atas de reunião	Assinatura do Comitê / gestão do tribunal
Avaliação, capacitação e melhoria contínua	Auditorias periódicas internas/externas sobre uso de IAG em processos ambientais	Auditoria interna; CNJ (quando aplicável); Comitê de IA	Periodicidade e definida em norma interna	Relatórios de auditoria; plano de ação; comprovação de implementação	Assinatura da auditoria e da unidade auditada
Avaliação, capacitação e melhoria contínua	Capacitação continuada de magistrados, servidores e peritos em IA, prova digital e governança	Escola Superior da Magistratura - ESMAT; Gestão de Pessoal; Comitê de IA do Tribunal	Antes e durante a adoção do POPA	Listas de frequência; programas de curso; certificados	Assinatura da coordenação de capacitação ou Diretor da Escola da Magistratura

Fonte: Autores (2025), a partir CNJ (2025).

O POPA, cujo núcleo operacional está constituído na Tabela 3, não inova no plano legislativo, mas confere densidade operacional às diretrizes já estabelecidas pelo CNJ, ao estruturar-se em eixos de governança de risco, cadeia de custódia algorítmica, uso responsável e avaliação contínua. Sua aplicabilidade institucional reside na possibilidade de padronização de rotinas, fortalecimento do controle interno e externo e ampliação das condições de fiscalização técnica pelas partes e pelo magistrado, especialmente em processos ambientais de elevada complexidade probatória.

A fim de ilustrar o funcionamento prático da cadeia de custódia algorítmica nos termos proposto, a Figura 1 sintetiza o fluxo de produção e auditoria das evidências digitais, assegurando a rastreabilidade ao longo do processo, conforme os parâmetros do CNJ (2025).

**Figura 1** – Cadeia de custódia algorítmica aplicada à prova ambiental gerada ou assistida por IAG



Fonte: Autores (2025), a partir do CNJ (2025)

A proposta do Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental (POPA) consolida, em chave prática e verificável, as exigências normativas e éticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Justiça para o uso da inteligência artificial generativa no contencioso ambiental. Ao articular governança de risco, cadeia de custódia algorítmica, uso responsável e avaliação contínua, o POPA oferece um instrumento capaz de reduzir assimetrias informacionais, fortalecer o contraditório técnico e preservar a integridade da prova ambiental. Trata-se, portanto, de uma proposta que busca viabilizar a incorporação responsável da IAG à persecução penal ambiental, compatibilizando inovação tecnológica com segurança jurídica, tutela ambiental e proteção de direitos fundamentais.

### 3.3 Exemplo ilustrativo de aplicação do POPA e implementação incremental

Com base no percurso analítico desenvolvido, apresenta-se um exemplo ilustrativo de aplicação do Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental (POPA) na triagem de peças processuais em matéria ambientais. Trata-se de uma simulação analítica, destinada a demonstrar a operacionalização concreta das diretrizes anteriormente discutidas, sem pretensão de generalização empírica.

Imagine-se a utilização controlada de IAG em uma ação penal ambiental envolvendo desmatamento identificado por imagens de satélite do sistema PRODES/INPE, em conformidade com as diretrizes da Recomendação CNJ nº 156/2024. Nessa hipótese, o tribunal emprega a ferramenta exclusivamente em ambiente institucional seguro, limitando seu uso à triagem inicial e à organização de documentos técnicos apresentados pelo Ministério Público e por órgãos ambientais.

No âmbito do eixo de governança e gestão de risco (2024a), o sistema é previamente classificado como de risco médio, com registro formal da decisão, eventual elaboração de Avaliação de Impacto Algorítmico e autorização expressa para uso por API controlada, vedado qualquer acesso pessoal ou informal. Durante o processamento, no eixo da cadeia de custódia algorítmica, são gerados registros automáticos contendo hash, carimbo de tempo, versão do modelo, parâmetros utilizados e metadados das fontes analisadas, os quais são vinculados ao processo eletrônico como trilha de auditoria.

Na sequência, no eixo de uso responsável e comunicação processual, a minuta de triagem produzida com apoio da IAG é submetida à dupla verificação humana, técnica e jurídica, antes de qualquer juntada aos autos. A informação às partes ocorre de forma expressa na decisão que encaminha o material para manifestação, indicando o uso assistido de tecnologia generativa em ambiente institucional, nos termos da Resolução CNJ nº 615/2025.

Quanto ao eixo de avaliação e melhoria contínua, os dados de uso, desempenho e eventuais incidentes são incorporados aos relatórios de governança do tribunal e submetidos à revisão periódica pelo Comitê de Inteligência Artificial, permitindo ajustes graduais e mitigação contínua de riscos. O exemplo evidencia, assim, a aplicabilidade concreta do POPA como instrumento de tradução operacional das exigências normativas do CNJ (2020, 2024a; 2024b; 2025).

Do ponto de vista da implementação institucional, recomenda-se um percurso incremental estruturado em três fases. A primeira corresponde à adoção de projetos-piloto de baixo risco, como classificação assistida de peças e organização de metadados. A segunda envolve a ampliação controlada para tarefas de média complexidade, como sumarização técnica para apoio pericial. A fase final compreende a consolidação institucional, com padronização de artefatos, integração com bases como DataJud e SireneJud e acordos formais de cooperação interinstitucional, sempre sob governança de dados e salvaguardas de sigilo.

Em termos processuais, a adoção do POPA reforça de modo verificável o contraditório técnico e a ampla defesa, ao assegurar a reconstrutibilidade das etapas de uso da IAG, desde o dado de origem até sua eventual incorporação a peças processuais. A documentação sistemática de versões, parâmetros e registros de execução reduz assimetrias informacionais e amplia as condições de controle técnico pelas partes, preservando, simultaneamente, dados sensíveis e segredos de justiça. Em arremate, pode-se afirmar que o protocolo delinea um arranjo institucional compatível com a eficiência procedimental, as garantias processuais e a tutela ambiental, ao oferecer parâmetros operacionais verificáveis para o uso responsável da inteligência artificial generativa no processo penal ambiental.

#### **4. Considerações finais**

À luz do percurso analítico desenvolvido ao longo do artigo, articulam-se de forma sistemática, os achados empíricos do Conselho Nacional de Justiça, o marco normativo vigente e a proposta do Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental. A análise evidenciou que, embora o arcabouço regulatório brasileiro estabeleça princípios sólidos de governança algorítmica, sua efetividade depende da tradução dessas diretrizes em rotinas operacionais verificáveis, especialmente no contexto da persecução penal ambiental, caracterizado por elevada complexidade probatória e sensibilidade institucional.

A investigação foi orientada pela pergunta acerca de em que medida o marco normativo do CNJ oferece salvaguardas suficientes para o uso ético, seguro e processualmente aceitável da inteligência artificial generativa na persecução penal ambiental, bem como sobre como tais exigências poderiam ser operacionalizadas de forma verificável. Os resultados obtidos confirmam a hipótese formulada, segundo a qual, apesar de fundado em princípios consistentes de governança algorítmica, o regime normativo vigente não assegura, por si só, a rastreabilidade das inferências, a integridade da cadeia de custódia digital nem o efetivo exercício do contraditório técnico, quando ausente uma sistematização procedimental adequada.

O objetivo geral do estudo, consistente em examinar as condições normativas e empíricas para o uso responsável da inteligência artificial generativa no contencioso penal ambiental e propor diretrizes operacionais aplicáveis, foi alcançado por meio da análise documental de resoluções e relatórios institucionais do CNJ, em diálogo com as especificidades probatórias dos crimes ambientais. Essa abordagem permitiu demonstrar que a expansão do uso de sistemas algorítmicos no Judiciário ocorre de forma concomitante ao surgimento de riscos estruturais, tais como opacidade decisória, vieses, alucinações e fragilidades na custódia digital das evidências, com impacto direto sobre a admissibilidade e a confiabilidade da prova ambiental.

Diante desse cenário, o Protocolo Operacional para Prova Algorítmica Ambiental configura-se como resposta institucionalmente aplicável à lacuna identificada, ao converter diretrizes normativas abstratas em procedimentos verificáveis, auditáveis e compatíveis com as garantias do processo penal. Ao estruturar-se em eixos de governança de risco, cadeia de custódia algorítmica, uso responsável e avaliação contínua, o POPA confere densidade operacional às

exigências já estabelecidas pelo CNJ, sem inovar no plano legislativo, mas fortalecendo a capacidade de controle técnico, fiscalização institucional e transparência processual.

Não obstante as contribuições apresentadas, o estudo explicitamente reconhece suas limitações. A pesquisa restringe-se à análise documental, não abrangendo validações empíricas de desempenho algorítmico, mensurações quantitativas de impacto ou testes experimentais em casos concretos. Ademais, persistem lacunas estruturais relacionadas à ausência de métricas padronizadas de explicabilidade, à inexistência de protocolos nacionais específicos de custódia algorítmica para evidências ambientais geoespaciais e laboratoriais, bem como à escassez de indicadores empíricos sobre impactos distributivos e territoriais do uso da IAG no sistema de justiça. Tais limitações não comprometem a proposta, mas delimitam seu alcance analítico e indicam agendas futuras de pesquisa.

No plano das implicações práticas, a adoção do POPA pressupõe capacitação continuada de magistrados, servidores e peritos, fortalecimento das estruturas de governança de dados, definição clara de responsabilidades institucionais e articulação interinstitucional com órgãos ambientais, Ministério Público e forças policiais. Sua efetividade depende, ainda, da implementação de mecanismos permanentes de monitoramento, auditoria e revisão, em consonância com o modelo de governança de risco adotado pelo CNJ.

Depreende-se, portanto, que a proposta dialoga com tendências regulatórias contemporâneas de governança algorítmica baseada em direitos, ao alinhar-se a parâmetros que enfatizam transparência, explicabilidade, supervisão humana e *accountability* institucional. A escalabilidade do POPA, tanto no âmbito do Poder Judiciário quanto em contextos de cooperação interinstitucional, evidencia a possibilidade de compatibilizar inovação tecnológica, garantismo processual e tutela ambiental, demonstrando que a incorporação da inteligência artificial generativa à persecução penal ambiental pode ocorrer de forma juridicamente segura, tecnicamente controlável e constitucionalmente adequada.

## 5. Referências

ALVES, A. D. S.; SARAMAGO, G.; VALENTE, L. D. F.; SOUSA, A. S. D. Análise documental e sua contribuição no desenvolvimento da pesquisa científica. **Cadernos da FUCAMP**, Monte Carmelo, v. 20, n. 43, p. 51-63, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2335>. Acesso em: 24 dez. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **O uso da Inteligência Artificial Generativa no Poder Judiciário brasileiro**: relatório de pesquisa. Brasília: CNJ, 2024a. 111 p. Disponível em:

[https://bibliotecadigital.cnj.jus.br/jspui/bitstream/123456789/976/1/CNJ\\_Relatorio\\_de\\_Pesquisa\\_IAG\\_PJ.pdf](https://bibliotecadigital.cnj.jus.br/jspui/bitstream/123456789/976/1/CNJ_Relatorio_de_Pesquisa_IAG_PJ.pdf). Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Crimes ambientais na Amazônia legal**: a atuação da Justiça nas cadeias de lavagens de bens e capitais, corrupção e organização criminosa. Brasília: CNJ, 2024b. 204 p. Registro institucional. Disponível em: <https://bibliotecadigital.cnj.jus.br/handle/123456789/824>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Resolução nº 332, de 21 de agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Alterada pela Resolução 615/2025. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3429>. Acesso em: 9 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Resolução n. 615, de 11 de março de 2025**. Estabelece diretrizes para desenvolvimento, utilização e governança de IA no Poder Judiciário. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/6001>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Portaria nº 271, de 04 de dezembro de 2020**. Regulamenta o uso de Inteligência Artificial no âmbito do Poder Judiciário. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3613>. Acesso em: 6 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **IA e ciência de dados vão auxiliar o Judiciário na proteção do meio ambiente**. Brasília, 11 out. 2022. Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/ia-e-ciencia-de-dados-va-auxiliar-o-judiciario-na-protacao-do-meio-ambiente/>. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Recomendação nº 156, de 9 de outubro de 2024**. Dispõe sobre o uso de dados, informações e tecnologias para aprimorar a atuação do Poder Judiciário em matéria ambiental e climática e dá outras providências. Brasília, DF: CNJ, 2024. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/files/original152709202410096706a0cdc045e.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm). Acesso em: 9 nov. 2025.

CASIMIRO, J. S. C.; TEIXEIRA, S. T. Artificial Intelligence Approaches within the Brazilian Judiciary's Contemporary Jurisdictional Model. *Beijing Law Review*, v. 15, n. 2, p. 730-, 2024. DOI: 10.4236/blr.2024.152044. Disponível em: [https://www.scirp.org/pdf/blr2024152\\_143302006.pdf](https://www.scirp.org/pdf/blr2024152_143302006.pdf). Acesso em: 5 out. 2025.

FRAZÃO, A. Regulation of Artificial Intelligence in Brazil: Examination of Draft Bill no. 2338/2023. *UNIO – EU Law Journal*, v. 10, n. 1, p. 54–69, 2024. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/unio/article/view/5842/6519>. Acesso em: 9 nov. 2026.

KARAKAŞ, Ü.; ÖZDEMİR, V. Artificial Intelligence and Environmental Impact: Moving Beyond Humanizing Vocabulary and Anthropocentrism. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, New Rochelle, v. 29, n. 1, p. 2–4, jan. 2025. Epub 17 dez. 2024. DOI: 10.1089/omi.2024.0197. PMID: 39689717. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/omi.2024.0197>. Acesso em: 9 nov. 2025.

LIMA JUNIOR, E. B.; OLIVEIRA, G. S. D.; SANTOS, A. C. O. D.; SCHNEKENBERG, G. F. Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa. *Cadernos da FUCAMP*, Monte Carmelo, v. 20, n. 44, p. 36-51, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2356>. Acesso em: 24 dez. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SANTOS, H. L. D. Processo Penal e Inteligência Artificial: Rumo a um Direito Processual Penal da Segurança Máxima. *Revista Brasileira de Direito Processual Penal*, 2022. DOI: 10.22197/rbdpp.v8i2.709. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbdpp/a/fg4rvTXgNxvBPH6VjknC5d9C/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 5 out. 2025.

SOCOL DE LA OSA, D. U.; REMOLINA, N. Artificial intelligence at the bench: Legal and ethical challenges of informing- or misinforming- judicial decision-making through generative AI. *Data & Policy*, v. 6, e59, 2024. DOI: 10.1017/dap.2024.53. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/data-and-policy/article/artificial->

intelligence-at-the-bench-legal-and-ethical-challenges-of-informing-or-misinforming-judicial-decision-making-through-generative-ai/D1989AC5C81FB67A5FABB552D3831E46. Acesso em: 5 out. 2025.

VALLE, V. C. L. L.; FUENTES I GASÓ, J. R.; AJUS, A. M. Decisão judicial assistida por inteligência artificial e o Sistema Víctor do Supremo Tribunal Federal. **Revista de Investigações Constitucionais**, v. 10, n. 2, e252, 2023. DOI: 10.5380/rinc.v10i2.92598. Disponível em: [https://revistas.ufpr.br/rinc/article/view/e252?utm\\_source=chatgpt.com](https://revistas.ufpr.br/rinc/article/view/e252?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 5 out. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 13 de junho de 2024, que estabelece regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial (Lei da Inteligência Artificial) e altera determinados atos legislativos da União. Jornal Oficial da União Europeia, L, 12 jul. 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj> Acesso em: 20 dez. 2025.

---

**Editor Responsável:** Anna Luisa Walter de Santana