



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

ALESSANDRA SATURNINO DE SOUZA COZZOLINO

**NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL:
DA REVISÃO DE LITERATURA À PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PREDITIVO**

CUIABÁ - MT
2026

ALESSANDRA SATURNINO DE SOUZA COZZOLINO

**NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL:
DA REVISÃO DE LITERATURA À PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PREDITIVO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Física Ambiental do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Física Ambiental.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Nadja Gomes
Machado

**CUIABÁ-MT
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

C882n Cozzolino, Alessandra Saturnino de Souza.

Não conformidades no licenciamento ambiental: da revisão de literatura à proposição de um modelo preditivo [recurso eletrônico] / Alessandra Saturnino de Souza Cozzolino. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 105 f., il. color., pdf). -- 2026.

Orientadora: Nadja Gomes Machado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2026.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Regulação. 2. Autodeclaração. 3. Gestão de Riscos. 4. Governança. 5. Modelagem Preditiva. I. Machado, Nadja Gomes, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL
FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL: DA REVISÃO DE LITERATURA À PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PREDITIVO
TÍTULO DO TRABALHO

AUTORA: MESTRANDA ALESSANDRA SATURNINO DE SOUZA COZZOLINO

Dissertação defendida e aprovada em **25 de fevereiro de 2026**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. PROFA. DRA. NADJA GOMES MACHADO [Presidente Banca / **Orientadora**]

INSTITUIÇÃO: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

2. PROF. DR. ALENCAR GARCIA BACARJI [Examinador Interno]

INSTITUIÇÃO: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

3. PROF. DR. MARCELO CAETANO VACCHIANO [Examinador Externo]

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO

CUIABÁ, 25/02/2026.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SACARDI BIUDES**, **Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 26/02/2026, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alencar Garcia Bacarji**, **Usuário Externo**, em 26/02/2026, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **NADJA GOMES MACHADO**, **Usuário Externo**, em 26/02/2026, às 18:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO CAETANO VACCHIANO**, **Usuário Externo**, em 27/02/2026, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **8919586** e o código CRC **64CB80C4**.

Dedico este trabalho a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para esta conquista.

Aos meus amados pais, Ostílio (*in memoriam*) e Izaura, pela base sólida de valores, pelo amor incondicional e pela educação que me deram. Vocês são a razão de eu acreditar que o conhecimento é uma ferramenta poderosa para transformar o mundo.

Ao meu querido esposo, Júnior, por ser meu apoio constante, por compreender os momentos de ausência e por me incentivar em cada etapa desta jornada.

Aos meus filhos, Sophia e Giovanni, que me encham de orgulho e me lembram todos os dias da importância de buscar um futuro melhor para as próximas gerações.

À minha família, pela paciência, carinho e incentivo.

Aos meus colegas de turma, pela troca de experiências e aprendizado compartilhado. À minha orientadora, Prof^a Dr^a Nadja, pela confiança, orientação e sabedoria, que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da UFMT, por todo o suporte e conhecimento transmitido.

E, finalmente, agradeço a Deus, pela força, sabedoria e direção em todos os momentos desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa a soma dos esforços de muitos que me acompanharam e apoiaram durante esta jornada. É com profundo agradecimento que menciono aqueles que tornaram possível esta conquista.

Aos meus amados pais, Ostílio (in memoriam) e Izaura, por terem me dado a base de valores que guiam minha vida e por todo o amor e apoio incondicionais. Vocês são meu alicerce.

Ao meu querido esposo, Junior, pela paciência, compreensão e encorajamento constantes. Obrigada por caminhar ao meu lado, me apoiar e acreditar em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Aos meus filhos, Sophia e Giovanni, que são minha maior motivação. Vocês me inspiram a construir um mundo melhor e mais justo.

À minha família, pelo carinho, apoio e incentivo ao longo desta caminhada.

Aos meus colegas de turma, por todo o aprendizado compartilhado e pelos momentos de apoio mútuo, fundamentais para este percurso.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Nadja, por sua paciência, sabedoria e orientação impecável. Sua dedicação foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da UFMT, por todo o conhecimento transmitido e por criarem um ambiente propício ao desenvolvimento acadêmico.

A Deus, por me dar forças e iluminar meu caminho em cada etapa desta jornada.

À Polícia Civil e aos meus chefes, por compreenderem meus compromissos e por oferecerem suporte para que eu pudesse me dedicar a este sonho.

Aos meus colegas de profissão, policiais, por todo o trabalho árduo e pela dedicação à proteção da sociedade e do meio ambiente. Vocês me inspiram a seguir lutando por um mundo mais seguro e sustentável.

A todos que atuam na área ambiental, pelo compromisso com a preservação do nosso planeta. Esta pesquisa é uma pequena contribuição a essa luta tão importante.

Ao Coletivo Feminino Mulheres nas Ciências Ambientais, pela força, união e luta por igualdade de gênero no campo científico. Vocês são inspiração para tantas outras que virão.

A todas as gerações, passadas, presentes e futuras, que lutam e continuarão lutando por um mundo mais justo, equilibrado e sustentável. Este trabalho é dedicado ao legado de quem veio antes e ao futuro que construímos para quem virá.

A todos, meu mais sincero e profundo agradecimento.

“Isto sabemos, todas coisas estão ligadas como o sangue que une uma família... O que acontecer com a Terra acontecerá com os filhos e filhas da Terra. O homem não teceu a teia vida, ele é dela apenas um fio. O que ele fizer para a teia estará fazendo a si mesmo” - A Teia da Vida, Fritjof Capra.

RESUMO

Não conformidades em processos de licenciamento ambiental, especialmente em contextos com informações autodeclaradas, comprometem a efetividade do controle ambiental ao favorecer inconsistências, irregularidades e fraudes em etapas decisórias críticas. Esta dissertação examina esse desafio no Brasil e está estruturada em dois artigos científicos. O primeiro mapeia a produção científica internacional sobre falhas em instrumentos de controle ambiental, por meio de análise cientométrica de artigos indexados na base Scopus, sem delimitação prévia de país ou marco inicial, resultando em 120 publicações entre 1994 e 2025. Os resultados evidenciaram três pilares dominantes na literatura: criminologia ambiental e prevenção situacional; uso de inteligência artificial e modelagem preditiva; e gestão de riscos, governança e conformidade. A partir das lacunas identificadas, o segundo artigo propõe a metodologia preditiva *AmbientDetect*, construída com base em evidências derivadas de atuação técnico-operacional em investigações ambientais realizadas em Mato Grosso (2018–2023), com validação por análise de 600 relatórios técnicos do Cadastro Ambiental Rural e por questionário aplicado a analistas da Secretaria de Estado de Meio Ambiente. A metodologia organiza-se em fases analíticas, eixos de verificação e etapas operacionais, sustentada por princípios de análise orientada a risco, checklists estruturados e retroalimentação para refinamento contínuo. Os resultados indicam que a *AmbientDetect* qualifica a triagem de processos, identifica padrões recorrentes de inconsistências e indícios de fraude e contribui para reduzir vulnerabilidades associadas a procedimentos de natureza declaratória. Conclui-se que a integração entre mapeamento cientométrico e abordagem preditiva aplicada oferece base teórica e operacional para aprimorar estratégias de prevenção, fiscalização e governança ambiental em cenários de alta demanda decisória e capacidade institucional limitada. Este trabalho contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente os ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), 15 (Vida Terrestre), 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes) e 17 (Parcerias e Meios de Implementação).

Palavras-chave: Regulação; Autodeclaração; Gestão de Riscos; Governança; Modelagem Preditiva.

ABSTRACT

Non-compliance in environmental licensing processes, particularly in contexts relying on self-declared information, undermines the effectiveness of environmental oversight by enabling inconsistencies, irregularities, and fraud at critical decision-making stages. This master's dissertation examines this challenge in Brazil and is structured into two scientific articles. The first maps international scientific output on failures in environmental control instruments through a scientometric analysis of articles indexed in the Scopus database, with no prior delimitation by country or starting date, resulting in 120 publications spanning 1994–2025. Findings reveal three dominant pillars in the literature: environmental criminology and situational prevention; the use of artificial intelligence and predictive modeling; and risk management, governance, and compliance. Based on the gaps identified, the second article proposes the *AmbientDetect* predictive methodology, developed from evidence derived from technical-operational work in environmental investigations conducted in Mato Grosso (2018–2023), and validated through the analysis of 600 technical reports from the Rural Environmental Registry and a questionnaire administered to analysts at the State Environmental Secretariat. The methodology is organized into analytical phases, verification axes, and operational steps, supported by risk-oriented analytical principles, structured checklists, and feedback mechanisms for continuous refinement. Results indicate that *AmbientDetect* enhances process screening, identifies recurrent patterns of inconsistencies and indicators of fraud, and helps reduce vulnerabilities associated with declaratory procedures. It is concluded that integrating scientometric mapping with an applied predictive approach provides a theoretical and operational basis to strengthen prevention, enforcement, and environmental governance strategies under conditions of high decision-making demand and limited institutional capacity. This work directly contributes to the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda for Sustainable Development, particularly SDG 12 (Responsible Consumption and Production), SDG 13 (Climate Action), SDG 15 (Life on Land), SDG 16 (Peace, Justice and Strong Institutions), and SDG 17 (Partnerships for the Goals).

Keywords: Regulation; Self-declaration; Risk Management; Governance; Predictive Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Processo de seleção para análise cientométrica de artigos sobre crimes, irregularidades e não conformidade ambiental na base de dados Scopus.....	29
Figura 2.2 – Número de artigos publicados anualmente.....	32
Figura 2.3 – Média de citações por ano.....	33
Figura 2.4 – Produção por periódicos ao longo do tempo.....	33
Figura 2.5 – Correspondência da origem dos autores.....	35
Figura 2.6 – Comparação da Produção Científica e do Impacto por País.....	36
Figura 2.7 – Produção das Afiliações ao Longo do Tempo.....	37
Figura 2.8 – Aplicabilidade da Lei de Lotka.....	39
Figura 2.9 - Produção dos Autores ao Longo do Tempo.....	40
Figura 2.10 – Coautorias.....	41
Figura 2.11 - Fontes Principais segundo a Lei de Bradford (Core Sources by Bradford's Law) que demonstra a aplicação da Lei de Bradford.....	42
Figura 2.12 – Impacto das Fontes pelo Índice H - refere-se à avaliação do impacto de periódicos ou revistas científicas com base no índice H (ou índice de Hirsch), que mede produtividade e impacto de publicações.....	43
Figura 2.13 - Rede de Coocorrência de Palavras-chave.....	45
Figura 2.14 - Frequência de Palavras ao Longo do Tempo - mostra a evolução do uso de determinados termos em publicações ao longo de um período.....	48
Figura 2.15 - Mapa de Árvore – Palavras Mais Relevantes.....	49
Figura 2.16 – Documentos Mais Citados Globalmente.....	51
Figura 3.1 – Este quadro apresenta a relação entre os eixos de análise e as fases metodológicas.....	69
Figura 3.2 - Infográfico da Metodologia <i>AmbientDetect</i>	72
Figura 3.3 - Frequência de Inconsistências Documentais e Técnicas (Segundo 32 Analistas do CAR/SEMA-MT).....	76
Figura 3.4 - Top 10 Inconsistências e Irregularidades Identificadas na Análise Documental.....	77
Figura 3.5: Principais Tipificações Penais nas Ações Judiciais - Operação Polygonum.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro Comparativo – <i>AmbientDetect</i> e Normas ABNT e ISO.....	79
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABNT NBR – Norma Brasileira emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

AI (quando aparecer em referências como sigla isolada) – *Artificial Intelligence* (Inteligência Artificial)

APP – Área de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DID – *Difference-in-Differences* (método de diferenças em diferenças)

DOI – *Digital Object Identifier* (Identificador de Objeto Digital)

ESG – *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança)

H-index / H-Index – Índice H (índice de Hirsch, indicador de impacto de publicações científicas)

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

MPE/MT – Ministério Público do Estado de Mato Grosso – Mato Grosso

NACPY – Número Médio Normalizado de Citações por Ano

NBR – Norma Brasileira (padrão normativo emitido pela ABNT)

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PJC/MT – Polícia Judiciária Civil do Estado de Mato Grosso

PRA – Programa de Regularização Ambiental

PRODES – Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia

R – Linguagem de programação R

RStudio – Ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) para a linguagem R

RL – Reserva Legal

Scopus – Base de dados bibliográfica Scopus

SEMA/MT – Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso

SST – Saúde e Segurança no Trabalho (ou Saúde e Segurança Ocupacional, conforme utilizado no contexto da ISO 45001)

TCA – Termo de Compromisso Ambiental

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIACÕES	XII
1 INTRODUÇÃO	16
2 DESENVOLVIMENTO	23
2.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1 - NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL: PRODUÇÃO CIENTÍFICA, IMPACTO E TENDÊNCIAS TEMÁTICAS (1994-2025).....	23
2.1.1 Introdução	25
2.1.2 Materiais e Métodos	28
2.1.3 Resultados	31
2.1.4 Discussão	51
2.1.5 Considerações Finais	55
2.1.6 Referências Bibliográficas	56
2.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2 - <i>AMBIENTDETECT</i> : MODELO PREDITIVO PARA DETECÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL BRASILEIRO	67
2.2.1 Introdução	61
2.2.2 Fundamentação Teórica e Normativa: Uma Abordagem Multidisciplinar	62
2.2.3 Materiais e Métodos: A Arquitetura da Metodologia <i>AmbientDetect</i>	65
2.2.4 Resultados e Discussão	75
2.2.5 Conclusão	80
2.2.6 Referências Bibliográficas	82
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE A	93
APÊNDICE B	95

1 INTRODUÇÃO

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos mais relevantes da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei n.º 6.938/1981 (Brasil, 1981), por meio da qual o poder público busca compatibilizar o desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais. No Brasil, esse instrumento é obrigatório para empreendimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, conforme preceitua a Resolução CONAMA n.º 237/1997 (Brasil, 1997), constituindo uma das principais ferramentas de comando e controle voltadas à prevenção, minimização e mitigação de impactos ambientais. A efetividade desse mecanismo, porém, depende da fidedignidade das informações apresentadas pelos empreendedores e da capacidade institucional de avaliá-las criticamente, em prazos muitas vezes exíguos e sob forte pressão por celeridade decisória.

Entretanto, a prática revela que o licenciamento ambiental tem sido frequentemente tensionado por falhas sistêmicas, como inconsistências em dados autodeclaratórios, omissões técnicas relevantes e, em casos mais graves, fraudes estruturadas que desafiam a capacidade estatal de fiscalização e controle. Tais irregularidades fragilizam não apenas a credibilidade do processo licenciatório, mas também a confiança social na gestão ambiental pública, colocando em risco a própria função preventiva do licenciamento. A literatura internacional sobre crimes ambientais, governança regulatória e *enforcement* tem evidenciado que a não conformidade em instrumentos ambientais se manifesta em diferentes níveis – da irregularidade formal à criminalidade organizada –, demandando abordagens cada vez mais integradas entre criminologia, análise de risco e tecnologias preditivas (WHITE, 2013; WHITE, 2024; WANG, 2020; SANZ, 2022).

No campo do ordenamento territorial e da regularização ambiental de imóveis rurais, destaca-se o Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pela Lei n.º 12.651/2012, denominada Novo Código Florestal (Brasil, 2012), regulamentado em âmbito federal pelo Decreto n.º 7.830/2012 (Brasil, 2012). O CAR é um registro público eletrônico, de natureza autodeclaratória, destinado a integrar informações georreferenciadas sobre Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL), áreas de uso restrito e remanescentes de vegetação nativa, com vistas a subsidiar o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e a formação de

bases de dados para monitoramento, fiscalização e combate ao desmatamento ilegal. Em Mato Grosso, essas informações são operacionalizadas por meio do Sistema Mato-Grossense de Cadastro Ambiental Rural (SIMCAR), que integra o banco de dados estadual ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e se articula com outros instrumentos de gestão ambiental desenvolvidos ao longo das últimas décadas.

O Estado de Mato Grosso ocupa posição estratégica na agenda socioambiental brasileira. Inserido em três importantes biomas – Amazônia, Cerrado e Pantanal –, o território estadual concentra alguns dos maiores índices de conversão de vegetação nativa do país, fortemente associados à expansão agropecuária e à abertura de novas fronteiras agrícolas (MORENO; HIGA, 2005). Ao mesmo tempo, Mato Grosso figura entre os principais produtores nacionais de grãos e de proteína animal, desempenhando papel central na balança comercial brasileira (TEIXEIRA JÚNIOR, 2017). Esse cenário evidencia uma tensão permanente entre a pressão por incremento da produtividade e a necessidade de preservar serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação climática, proteção dos recursos hídricos e conservação da biodiversidade. A fragilidade de instrumentos como o licenciamento ambiental e o CAR repercute, assim, não apenas sobre a integridade dos biomas, mas também sobre a segurança jurídica das cadeias produtivas, em um contexto em que a rastreabilidade ambiental e a comprovação de conformidade se tornam condicionantes crescentes para o acesso a mercados nacionais e internacionais (VACCHIANO, 2017).

Mais recentemente, a aprovação da Lei Federal n.º 15.190, de 8 de agosto de 2025 (Brasil, 2025), denominada Lei Geral do Licenciamento Ambiental (LGLA), reformula em âmbito nacional o regime jurídico do licenciamento ao estabelecer normas gerais, tipologias de licenças e hipóteses de simplificação e dispensa, regulamentando o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal e alterando diplomas como a Lei n.º 6.938/1981 e a Lei n.º 9.605/1998. Entre as inovações, destaca-se a consolidação, em lei federal, de modalidades simplificadas de licenciamento, a exemplo da Licença Ambiental por Adesão e Compromisso (LAC) e da Licença Ambiental Especial (LAE), voltadas a empreendimentos considerados de menor potencial de impacto ambiental e atividades e empreendimentos considerados estratégicos, respectivamente, ganha relevo a lógica autodeclaratória:

em linhas gerais o empreendedor adere a condições técnicas previamente definidas pelo órgão ambiental, declara cumpri-las e, em determinados casos, obtém a licença sem análise técnica prévia individualizada, sujeitando-se à fiscalização posterior. Esse movimento, em sintonia com tendências internacionais de desburocratização administrativa e de gestão baseada em risco, amplia o número de situações em que a confiança no dado autodeclaratório passa a ser elemento estruturante do controle ambiental, ao mesmo tempo em que aprofunda os desafios de detecção precoce de não conformidades, fraudes e subdeclaração de passivos ambientais – precisamente o foco da metodologia *AmbientDetect* proposta nesta dissertação.

Nesse quadro, torna-se fundamental delimitar, com precisão, o que se entende por “passivos ambientais” no contexto desta dissertação, a fim de evitar ambiguidades conceituais. Em termos gerais, a noção de passivo remete, na literatura contábil, a obrigações presentes derivadas de eventos passados, cuja extinção demanda a efetiva satisfação da obrigação assumida (ALMEIDA, 2005; CYRILLO, 2004). Transposta para o campo ambiental, essa ideia refere-se às obrigações de prevenção, mitigação ou reparação de danos decorrentes de usos dos recursos naturais em desconformidade com a legislação ou que tenham produzido efeitos negativos não adequadamente previstos e compensados. As obrigações ambientais existentes no presente decorrem, em grande medida, de decisões pretéritas sobre o uso do solo e a exploração de recursos naturais, cuja regularização exige ações concretas de recuperação (UEHARA; TAVARES, 2008).

Na esteira dessa discussão, esta dissertação considera o passivo ambiental, no universo dos imóveis rurais, como resultante da diferença entre o que a legislação estabelece em termos de proteção mínima – valor teórico – e a porção efetivamente protegida na prática – valor real –, limitando-se, assim, às áreas que, de acordo com as exigências do Código Florestal e da Constituição Federal (Brasil, 1988; Brasil, 2012), deveriam estar cobertas por vegetação nativa, mas que foram desflorestadas ou degradadas (IPEA, 2011). Tais déficits não são compreendidos como simples recomendações, mas como obrigações jurídicas cuja satisfação impõe ao Poder Público o dever de exigí-las e ao proprietário ou possuidor a adoção de medidas de recomposição, compensação ou regeneração. Por essa razão, adota-se, neste trabalho, a expressão “passivos ambientais legais” para designar a parcela do território rural em situação de conflito com as normas ambientais, cuja regularização é

juridicamente exigível.

Ao analisar a evolução dos instrumentos de gestão ambiental em Mato Grosso, destaca-se o papel pioneiro do Sistema de Licenciamento em Propriedades Rurais (SLAPR) e de programas como o MT Legal, que incorporaram o uso de sensoriamento remoto para o monitoramento de imóveis rurais e serviram de referência para políticas similares em outros estados da Amazônia Legal (VACCHIANO, 2017). Posteriormente, com a implantação do SICAR e do SIMCAR, o Estado passou a vivenciar um novo arranjo institucional, no qual o registro eletrônico das propriedades rurais e de suas áreas protegidas se tornou referência central para o controle de passivos ambientais e para o próprio licenciamento de atividades agrossilvipastoris. Ainda assim, a qualidade e a confiabilidade dos dados inseridos nesses sistemas permanecem condicionadas à lógica autodeclaratória, à capacidade técnica dos responsáveis pelos cadastros e às condições de fiscalização do órgão ambiental, gerando riscos de subdeclaração de passivos, sobreposição de polígonos, incongruências cartográficas e validação indevida de cadastros em áreas públicas.

Essas fragilidades não são exclusivas de Mato Grosso, mas, neste estado, tendem a produzir efeitos particularmente relevantes, dada a magnitude da fronteira agrícola, a extensão do território e a complexidade das cadeias produtivas ligadas ao agronegócio. A não conformidade em licenciamento e regularização ambiental manifesta-se, nesse contexto, por meio de irregularidades formais, omissões dolosas ou culposas, fraudes documentais e manipulação de dados em sistemas autodeclaratórios, inclusive na declaração de áreas de Reserva Legal e APP. A recente experiência da Operação Polygonum (2018–2023), conduzida em Mato Grosso, ilustra concretamente a dimensão do problema, ao revelar casos de supressão irregular de vegetação nativa, declarações falsas em procedimentos ambientais e utilização estratégica do CAR para conferir aparência de legalidade a passivos ambientais significativos, resultando na instauração de inquéritos policiais, ações civis públicas e ações penais.

Esse cenário reforça a necessidade de aprimorar mecanismos preventivos de detecção de não conformidades, reduzindo a dependência de respostas exclusivamente reativas, fundadas em grandes operações repressivas, sanções *ex post* e litígios complexos. A literatura internacional sobre crimes ambientais e *compliance*

regulatório tem apontado a importância de integrar abordagens de criminologia ambiental e criminologia verde, modelagem preditiva e gestão de riscos para qualificar a atuação dos órgãos de fiscalização, de segurança pública e de justiça (WHITE, 2013; WHITE, 2024; WANG, 2020). Estudos recentes destacam o potencial de ferramentas baseadas em sensoriamento remoto, inteligência artificial e metodologias quantitativas para identificar padrões espaciais e temporais de ilícitos, antecipar situações de risco e orientar a priorização de esforços de fiscalização em contextos de recursos institucionais limitados (WANG, 2023; SANZ, 2022).

Nesse sentido, a análise cientométrica se apresenta como uma ferramenta estratégica para compreender a evolução da produção científica mundial sobre não conformidades, irregularidades e crimes ambientais em processos de licenciamento e em instrumentos correlatos. Ao mapear autores, periódicos, países, redes de colaboração e principais eixos temáticos, a cientometria permite identificar tendências, lacunas e oportunidades de inovação metodológica, fornecendo base empírica para o desenvolvimento de modelos aplicados à realidade brasileira. Ao mesmo tempo, a experiência empírica acumulada em operações de repressão qualificada, como a Operação Polygonum, oferece um conjunto rico de dados e evidências sobre padrões recorrentes de inconsistências documentais, incongruências técnico-cartográficas e indícios de fraude em processos de regularização ambiental, que podem ser sistematizados em modelos preditivos de apoio à decisão.

Diante desse contexto, esta dissertação de mestrado tem como objetivo geral desenvolver e aplicar uma metodologia preditiva, denominada *AmbientDetect*, voltada à identificação de padrões de não conformidade, irregularidade e fraude em processos de licenciamento e regularização ambiental, com ênfase na análise de requerimentos autodeclaratórios, como os dos Cadastros Ambientais Rurais, e de passivos ambientais legais em imóveis rurais de Mato Grosso, a partir da integração entre evidências da literatura científica internacional e dados empíricos produzidos na Operação Polygonum.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar uma análise cientométrica da produção científica global sobre crimes ambientais, não conformidade, fraudes e falhas de *compliance* em processos de licenciamento e em instrumentos ambientais correlatos, identificando

- tendências, lacunas e abordagens metodológicas predominantes;
- b) Sistematizar conceitos, categorias analíticas e modelos de atuação preventiva em matéria de fiscalização, monitoramento e responsabilização ambiental, de modo a construir uma base teórico-metodológica para a elaboração da *AmbientDetect*, com especial atenção à noção de passivos ambientais legais;
 - c) Aplicar a metodologia *AmbientDetect* a um conjunto de Cadastros Ambientais Rurais selecionados no âmbito da Operação Polygonum, identificando padrões recorrentes de inconsistências documentais, incongruências técnico-cartográficas e indícios de fraude associados a passivos ambientais legais;
 - d) Analisar os desdobramentos decorrentes das não conformidades detectadas, avaliando em que medida tais resultados retroalimentam e refinam a metodologia proposta;
 - e) Avaliar a aplicabilidade da *AmbientDetect* como instrumento de apoio à governança ambiental, examinando seu potencial de replicação em diferentes entes e instituições, e sua contribuição para o fortalecimento da prevenção de ilícitos e da redução de passivos ambientais legais.

A partir desses objetivos, a dissertação estrutura-se em dois capítulos centrais, redigidos no formato de artigos científicos. O primeiro capítulo apresenta um estudo de revisão bibliográfica com enfoque cientométrico, que mapeia a produção científica mundial sobre não conformidade, irregularidades e crimes ambientais em processos de licenciamento e em instrumentos correlatos, com base em 120 artigos indexados na base Scopus, selecionados sem delimitação prévia de marco inicial, cujo resultado foram publicações no período compreendido entre 1994 e 2025. São analisados autores, instituições, países, periódicos, redes de coautoria e principais eixos temáticos, buscando compreender como a literatura mundial tem tratado a prevenção e a detecção de ilícitos ambientais em diferentes contextos regulatórios. Os resultados desse capítulo permitem identificar conceitos-chave, categorias analíticas e metodologias que fundamentam a construção da *AmbientDetect*, evidenciando a necessidade de modelos que integrem análise documental, uso avançado de sistemas de informação e leitura crítica de passivos ambientais legais.

O segundo capítulo é dedicado à apresentação da metodologia preditiva *AmbientDetect*, concebida a partir da convergência entre a base teórico-metodológica identificada na literatura e a experiência prática da autora com a Operação Polygonum (2018–2023). A metodologia organiza-se em fases analíticas e etapas operacionais que

articulam: análise documental e normativa; cruzamento de informações; e categorização de erros recorrentes e padrões de não conformidades. A aplicação empírica da *AmbientDetect* aos cadastros selecionados permite demonstrar sua capacidade de antecipar riscos, identificar passivos ambientais legais subdeclarados e subsidiar a triagem de processos com maior potencial de irregularidade.

Nas considerações finais, último capítulo, discute-se as implicações dos resultados obtidos para a governança ambiental em Mato Grosso e no Brasil, bem como as possibilidades de aprimoramento e disseminação da metodologia *AmbientDetect* em diferentes contextos federativos. Assim, o trabalho busca contribuir tanto para o avanço do conhecimento científico sobre não conformidade ambiental e passivos ambientais legais, quanto para o fortalecimento de práticas institucionais mais preventivas, transparentes e eficazes na gestão ambiental pública.

Além de sua contribuição teórico-metodológica, o presente trabalho dialoga diretamente com a Agenda 2030 das Nações Unidas, especialmente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes –, ao propor instrumentos voltados ao fortalecimento da integridade institucional, da transparência decisória e da prevenção de ilícitos em processos ambientais. Ao enfrentar a problemática da não conformidade, da fraude e da fragilidade em mecanismos autodeclaratórios, a metodologia *AmbientDetect* contribui para o aprimoramento da governança pública e da capacidade estatal de assegurar cumprimento normativo com base em critérios técnicos rastreáveis e auditáveis. O estudo também se articula com o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), ao qualificar o controle de passivos ambientais e a proteção de vegetação nativa; com o ODS 15 (Vida Terrestre), ao reforçar instrumentos voltados à conservação dos biomas; com o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao favorecer cadeias produtivas com maior conformidade ambiental; e com o ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação), ao integrar conhecimento científico, atuação institucional e inovação metodológica. Nesse sentido, a dissertação ultrapassa o plano acadêmico e apresenta potencial de impacto social concreto, ao oferecer subsídios para políticas públicas mais preventivas, decisões administrativas mais qualificadas e maior confiança social na gestão ambiental, contribuindo para um modelo de desenvolvimento que concilie eficiência econômica, responsabilidade ambiental e fortalecimento das instituições democráticas.

2 – DESENVOLVIMENTO

2.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1 - NÃO CONFORMIDADES NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL: PRODUÇÃO CIENTÍFICA, IMPACTO E TENDÊNCIAS TEMÁTICAS (1994–2025)

Alessandra Saturnino de Souza Cozzolino¹; Nadja Gomes Machado²

1 – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, 2367, Av. Fernando Correa da Costa, Cuiabá 78060-900, MT, Brasil; alessandra.cozzolino@sou.ufmt.br

2 – Instituto Federal de Mato Grosso, Av. Juliano da Costa Marques, Cuiabá 78050-560, MT, Brasil; nadja.machado@ifmt.edu.br

RESUMO

A não conformidade em processos de licenciamento ambiental constitui desafio relevante para a efetividade do controle estatal e para a proteção de recursos naturais, sobretudo em contextos marcados por assimetrias de informação e pressão por celeridade decisória. Este artigo mapeia e analisa a evolução da produção científica sobre não conformidades, irregularidades e crimes associados a instrumentos de controle ambiental, com ênfase no licenciamento, por meio de abordagem cientométrica. Realizou-se busca na base Scopus, sem delimitação prévia de país ou marco inicial, com seleção de artigos em português e inglês a partir de descritores relacionados a ilícitos, irregularidades e não conformidade em licenciamento e autorização ambiental. Após triagem e verificação de rastreabilidade, compôs-se um conjunto de 120 artigos publicados entre 1994 e 2025, envolvendo 437 autores e coautores, 289 instituições e 47 países, processado no ambiente R com Bibliometrix/Biblioshiny. Os resultados indicam crescimento acentuado da produção a partir de 2015, concentração de publicações em países com elevada capacidade institucional de pesquisa e assimetrias entre volume e impacto por citações, com maior produtividade da China e maior impacto médio em países como Estados Unidos e Reino Unido. O mapeamento temático por coocorrência de palavras-chave evidencia a centralidade de agendas regulatórias e de governança, articuladas a enfoques de *enforcement* e a abordagens analíticas de detecção e monitoramento,

organizando o estado da arte em três matrizes complementares: criminológica e político-institucional; regulatória e de gestão de riscos/*compliance*; e tecnológica e analítico-preditiva. Conclui-se que a relevância científica do campo não é capturada apenas por volume de publicações, exigindo leitura integrada de produtividade, impacto, colaboração e estrutura temática, com implicações para pesquisas aplicadas e estratégias preventivas orientadas a risco.

Palavras-chave: Cientometria; Criminologia Verde; *Compliance* Regulatório.

ABSTRACT

Non-compliance in environmental licensing processes poses a relevant challenge to the effectiveness of state oversight and to the protection of natural resources, particularly in contexts shaped by information asymmetries and pressure for expedited decision-making. This article maps and analyzes the evolution of scientific output on non-compliance, irregularities, and environmental crimes related to environmental control instruments, with emphasis on licensing, using a scientometric approach. A search was conducted in the Scopus database with no prior delimitation by country or starting date, selecting Portuguese- and English-language articles based on descriptors associated with offenses, irregularities, and non-compliance in environmental licensing and authorization. After screening and traceability verification, a dataset of 120 articles published between 1994 and 2025 was established, comprising 437 authors and co-authors, 289 institutions, and 47 countries, processed in R using Bibliometrix/Biblioshiny. The results show a marked increase in output from 2015 onward, concentration of publications in countries with strong institutional research capacity, and asymmetries between publication volume and citation-based impact, with China showing the highest productivity and countries such as the United States and the United Kingdom presenting higher average impact. Thematic mapping based on keyword co-occurrence highlights the centrality of regulatory and governance agendas, articulated with enforcement approaches and analytical methods for detection and monitoring, allowing the state of the art to be organized into three complementary matrices: criminological and politico-institutional; regulatory and risk management/compliance; and technological and

analytical-predictive. It is concluded that the field's scientific relevance is not captured solely by publication volume and requires an integrated assessment of productivity, impact, collaboration, and thematic structure, with implications for applied research and risk-oriented preventive strategies.

Keywords: Scientometrics; Green Criminology; Regulatory Compliance.

2.1.1 Introdução

A não conformidade em processos de licenciamento ambiental constitui um entrave crítico à governança ambiental contemporânea, comprometendo simultaneamente a proteção dos ecossistemas e a segurança jurídica das atividades produtivas. Enquanto instrumento estratégico da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), o licenciamento ambiental tem por finalidade compatibilizar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais, assegurando que atividades potencialmente poluidoras sejam avaliadas sob critérios técnicos e transparentes.

Todavia, a literatura científica tem evidenciado recorrentes falhas na implementação desse instrumento, particularmente no que se refere à fragilidade técnica, à baixa capacidade institucional e à ausência de integração entre políticas públicas ambientais e setoriais. Estudos realizados no Brasil demonstram que, em regiões como a Amazônia Legal, o licenciamento ambiental, especialmente na modalidade rural, tem enfrentado limitações operacionais e metodológicas que o afastam de sua função estratégica original (FATORELLI; MERTENS, 2010; AZEVEDO, 2009; SOARES, 2008).

A ineficácia na aplicação de critérios ambientais, aliada à carência de padronização, à desarticulação entre órgãos públicos e à ausência de monitoramento efetivo, tem contribuído para a perpetuação de práticas irregulares e para a legitimação de situações de degradação socioambiental (FATORELLI; MERTENS, 2010). Além disso, há indícios de que o licenciamento, em determinados contextos, acaba sendo reduzido a procedimento burocrático de baixa efetividade, desvinculado de um planejamento ambiental mais amplo (AZEVEDO, 2009).

Entretanto, evidências empíricas e análises acadêmicas internacionais

indicam que fraudes, omissões e inconsistências em processos de licenciamento ambiental têm sido recorrentes em diversas partes do mundo, gerando impactos socioambientais significativos (WHITE, 2024; LYNCH, 2023). Essas ocorrências reforçam que os desafios enfrentados pelo Brasil não são isolados, mas integram um fenômeno mais amplo que demanda revisão crítica das práticas de avaliação, monitoramento e fiscalização ambiental. Nesse sentido, torna-se necessária a revisão e o aprimoramento do licenciamento, tanto sob a ótica técnica quanto sob a perspectiva institucional, de forma a garantir maior efetividade, isonomia e legitimidade na proteção ambiental.

Essas irregularidades não apenas comprometem a estrutura da gestão ambiental, como também fragilizam a confiança social nas instituições públicas e privadas responsáveis pela proteção dos recursos naturais. No Brasil, esse cenário é agravado pelas dimensões continentais do território e pela heterogeneidade socioambiental, o que impõe desafios operacionais e tecnológicos à efetividade do licenciamento. O Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pela Lei nº 12.651/2012, surgiu como ferramenta estratégica para o controle, monitoramento e regularização ambiental das propriedades rurais, com base na integração de dados georreferenciados sobre Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais (RL), áreas consolidadas e remanescentes de vegetação nativa.

Entretanto, diversos estudos demonstram que a operacionalização do CAR tem enfrentado obstáculos estruturais, institucionais e técnicos. Pesquisas apontam dificuldades como o acesso limitado à internet em regiões rurais, ausência de assistência técnica qualificada, carência de infraestrutura nos órgãos ambientais estaduais e baixa compreensão dos produtores sobre a finalidade e os benefícios do cadastro (TEIXEIRA NETO; MELO, 2016; FERREIRA et al., 2020). Essa conjuntura tem contribuído para a inserção de dados imprecisos ou fraudulentos no sistema, muitas vezes promovida por responsáveis técnicos ou pelos próprios interessados, como evidenciado em apurações e operações de controle no Estado de Mato Grosso (MACKENZIE, 2024).

Além disso, a literatura aponta que a fragilidade no processo de validação das informações declaradas dificulta a fiscalização e reduz a eficácia do CAR como instrumento de política ambiental, permitindo que propriedades com passivos ambientais permaneçam fora do radar do poder público (FRANÇA; MELO, 2016;

FERREIRA et al., 2020). Dessa forma, o CAR, embora imprescindível para a implementação dos Programas de Regularização Ambiental (PRA), demanda mecanismos robustos de verificação *a posteriori* e de qualificação da triagem, de modo a fortalecer a integridade e a efetividade da gestão ambiental rural.

Além das dimensões nacionais, a não conformidade ambiental reflete desafios globais. Países com economias emergentes enfrentam dificuldades estruturais e tecnológicas para monitorar a integridade de dados declarados e prevenir fraudes sofisticadas, enquanto países desenvolvidos lidam com pressões políticas e econômicas que, em alguns casos, flexibilizam normas em prol de interesses corporativos (WHITE, 2024). Apesar das diferenças, esses contextos convergem na necessidade de aprimorar instrumentos de verificação, cruzamento de dados e estratégias preventivas.

Nesse cenário, a análise cientométrica surge como abordagem valiosa para compreender a produção científica relacionada à não conformidade ambiental. A cientometria permite identificar tendências e lacunas temáticas, mapear redes de autores, instituições e países, e avaliar impacto das publicações. A partir dessa abordagem, os resultados evidenciaram três eixos recorrentes na literatura: a compreensão criminológica de crimes e desvios ambientais, com ênfase em fatores socioculturais e político-institucionais que favorecem práticas ilícitas (WHITE, 2024; LYNCH, 2023); o uso de inteligência artificial e modelagem preditiva para detecção e mitigação de irregularidades (WANG, 2020; SANZ, 2024); e a análise de conformidade e gestão de riscos, voltada a governança e mecanismos institucionais de controle e cumprimento normativo (CHENG, 2021; GIBBS, 2020).

Um aspecto crítico identificado foi a discrepância entre volume de produção e impacto científico. A China apresenta o maior número absoluto de publicações, refletindo crescente interesse em governança e regulação ambiental. Contudo, países como Estados Unidos e Reino Unido exibem médias de citações por artigo mais elevadas, sinalizando maior influência acadêmica e potencial de difusão. Essa distinção é essencial para evitar conclusões que confundam liderança numérica com relevância científica efetiva.

Esse debate se torna ainda mais atual diante da ampliação de modelos decisórios e procedimentais baseados em declaração do interessado no licenciamento

ambiental brasileiro, com potencial aumento de assimetrias informacionais e, portanto, da demanda por estratégias de verificação orientadas a risco e por mecanismos de conformidade compatíveis com ambientes digitais e de alto volume processual.

Diante dessas constatações, este estudo tem por objetivo mapear e analisar a evolução da produção científica sobre não conformidades, irregularidades e crimes relacionados a instrumentos de controle ambiental, com ênfase no licenciamento, por meio de abordagem cientométrica. Ao articular a leitura do estado da arte com implicações para agendas preventivas e pesquisas aplicadas, pretende-se contribuir para o fortalecimento da governança ambiental e para a qualificação de estratégias de controle, transparência e efetividade regulatória.

Os resultados desta análise cientométrica subsidiam, no âmbito desta dissertação, o desenvolvimento da metodologia *AmbientDetect*, proposta no capítulo seguinte como modelo aplicado e orientado a risco para triagem e detecção de não conformidades em procedimentos ambientais.

2.1.2 Materiais e Métodos

A cientometria aplica métodos quantitativos e estatísticos à literatura científica para mensurar padrões de produção, impacto, colaboração e estrutura temática de um campo de pesquisa, com base em metadados bibliográficos como autoria, afiliações, periódicos, palavras-chave e citações (HOOD; WILSON, 2001; VAN RAAN, 2005). Essa abordagem foi adotada para mapear a produção científica relacionada a não conformidades em instrumentos de controle ambiental, com ênfase no licenciamento ambiental e em termos correlatos, identificando tendências temporais, principais atores (países, instituições e autores), fontes de publicação e agrupamentos temáticos.

A seleção dos estudos foi conduzida na base Scopus, escolhida por sua cobertura multidisciplinar e pela disponibilidade de metadados estruturados adequados à análise cientométrica. A estratégia de busca utilizou descritores associados ao fenômeno das não conformidades e à regulação ambiental, incluindo *Environmental Offenses*, *Environmental Crimes*, *Environmental Irregularities*, *Environmental Non-compliance*, *Environmental Licensing*, *Environmental Permitting* e *Environmental Authorization*, aplicados nos campos de busca da base,

com o objetivo de maximizar a sensibilidade de recuperação.

A busca foi executada sem delimitação prévia de país ou região, de modo que o conjunto de publicações refletisse a produção indexada na Scopus em perspectiva global. Como critérios de filtragem, foram considerados artigos científicos, com restrição de idioma a inglês e português. Esse delineamento permite observar padrões de concentração e assimetrias de produção e impacto entre países, sem que tais diferenças decorram de recorte geográfico prévio.

O processo de seleção está sistematizado no fluxograma (Figura 2.1). A triagem inicial recuperou 148 registros. Em seguida, procedeu-se à remoção de duplicidades por verificação automatizada de identificadores bibliográficos, resultando em 147 registros únicos. Como critério adicional de elegibilidade e rastreabilidade, verificou-se a presença de *Digital Object Identifier* (DOI), excluindo-se os registros sem esse identificador. Ao final, obteve-se um conjunto de 120 artigos aptos à análise.

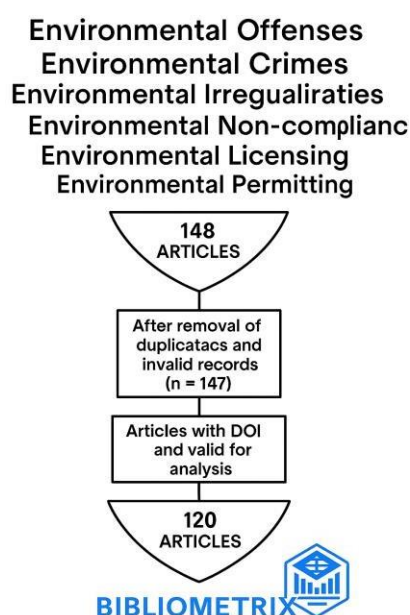


FIGURA 2.1 - Processo de seleção para análise cientométrica de artigos sobre crimes, irregularidades e não conformidade ambiental na base de dados Scopus.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através da biblioteca Bibliometrix.

Os registros elegíveis foram exportados em formato BibTeX, preservando a integridade dos metadados para importação e processamento. A análise foi conduzida

no ambiente R, com suporte do pacote Bibliometrix e de sua interface Biblioshiny, ferramentas voltadas à análise bibliométrica/cientométrica e ao mapeamento científico (ARIA; CUCCURULLO, 2017). Operacionalmente, o fluxo consistiu na importação do arquivo BibTeX, conversão para estrutura tabular, depuração de duplicidades e aplicação dos filtros definidos, seguida da geração de métricas e visualizações.

Para assegurar transparência e reprodutibilidade, o procedimento cientométrico foi organizado em seis etapas, coerentes com o fluxograma (Figura 2.1) e com as rotinas do Bibliometrix/Biblioshiny: (1) definição do escopo e dos descritores de busca; (2) recuperação do conjunto bruto de registros na Scopus, sem filtro geográfico prévio e com filtros de idioma e tipo documental; (3) depuração do banco, com remoção de duplicidades e consolidação do conjunto; (4) elegibilidade e validação por rastreabilidade, com verificação de DOI; (5) análise descritiva de performance científica, contemplando evolução temporal, periódicos/fontes, países, instituições, autores e métricas de impacto/citação; e (6) mapeamento científico, incluindo redes de coautoria e coocorrência de palavras-chave, com identificação de agrupamentos temáticos para suporte à discussão e à síntese interpretativa.

As seis etapas descritas referem-se exclusivamente ao procedimento cientométrico deste capítulo. No âmbito desta dissertação, os achados do mapeamento também subsidiam a discussão e a proposição metodológica apresentada no capítulo subsequente.

Neste estudo, adota-se não conformidade como categoria analítica abrangente, incluindo inconsistências, irregularidades e fraudes em instrumentos ambientais. Essa opção preserva a amplitude do fenômeno sob análise e evita reduções conceituais, reconhecendo que nem toda não conformidade se qualifica como irregularidade ou fraude.

Quanto às palavras-chave, optou-se por preservar, na etapa quantitativa, os descritores tal como indexados na base e/ou extraídos do conjunto analisado, sem agregação automática de sinônimos, de modo a manter rastreabilidade e consistência do metadado. Para fins interpretativos, considera-se a presença de equivalências semânticas e variações lexicais (por exemplo, *crime* e *environmental crimes*; *environmental regulations* e *environmental legislation*), discutindo-se seus efeitos sobre frequência e centralidade temática na seção de Discussão. As figuras derivadas do Bibliometrix/Biblioshiny devem ser lidas como visualizações dos metadados do

conjunto analisado e serão apresentadas com indicação objetiva do que cada métrica representa, especialmente nas análises de redes e agrupamentos temáticos.

2.1.3 Resultados

Os indicadores desta seção foram obtidos a partir do conjunto final de artigos ($n = 120$), recuperados na base Scopus e processados no ambiente R com apoio do Bibliometrix/Biblioshiny. A leitura dos resultados combina produtividade (volume anual de publicações), impacto (métricas de citação) e padrões de consolidação editorial, evitando inferências baseadas exclusivamente em contagem de artigos. As interpretações dialogam com a literatura do próprio campo, especialmente estudos sobre crimes ambientais, criminologia verde, *compliance* e abordagens analíticas para detecção e gestão de risco, dimensões recorrentes na produção analisada (WHITE, 2013; LYNCH, 2019; CHENG, 2021; WANG, 2023; SANZ, 2022).

Evolução da Produção Científica e do Impacto por Citações

A série temporal indica crescimento da produção científica relacionada a não conformidades e ilícitos associados a instrumentos de controle ambiental, com primeiro registro em 1994 e aceleração mais nítida a partir de meados da década de 2010 (Figura 2.2). O surgimento das primeiras publicações dois anos após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92) sugere possível correlação temporal, indicando que a consolidação da agenda ambiental global nos anos 1990 pode ter contribuído para a emergência do tema na literatura científica. Observa-se um salto expressivo em 2020 e manutenção em patamar elevado nos anos recentes, com novo aumento em 2023 e 2024. Esse comportamento sugere que o tema deixou de ocupar posição periférica e passou a integrar uma agenda mais consolidada, conectada ao debate contemporâneo sobre *enforcement* ambiental, criminologia verde, governança regulatória e conformidade, em contexto de maior complexidade dos riscos ambientais e pressões por eficiência decisória (WHITE, 2013; LYNCH, 2019; CHENG, 2021).

Observa-se relativa estabilidade entre 2004 e 2014, seguida de crescimento consistente a partir de 2015, ano marcado pela adoção do Acordo de Paris (COP21) e pela consolidação da Agenda 2030 com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que reforçaram compromissos internacionais de governança climática e sustentabilidade. A coincidência temporal entre esses marcos institucionais e a expansão das publicações sugere que a institucionalização de metas globais pode ter impulsionado

o interesse acadêmico por regulação, *compliance* e mecanismos de monitoramento e detecção de violações. Esse aumento sugere não apenas maior volume, mas também expansão do campo em termos de objetos e abordagens: a literatura passa a articular com mais frequência dimensões criminológicas (dinâmicas de ilícitos e tipologias de violação), dimensões regulatórias/*compliance* (governança, desenho institucional e efetividade normativa) e dimensões analíticas voltadas à detecção, monitoramento e prevenção de desvios (WHITE, 2013; LYNCH, 2019; WANG, 2023; SANZ, 2022).

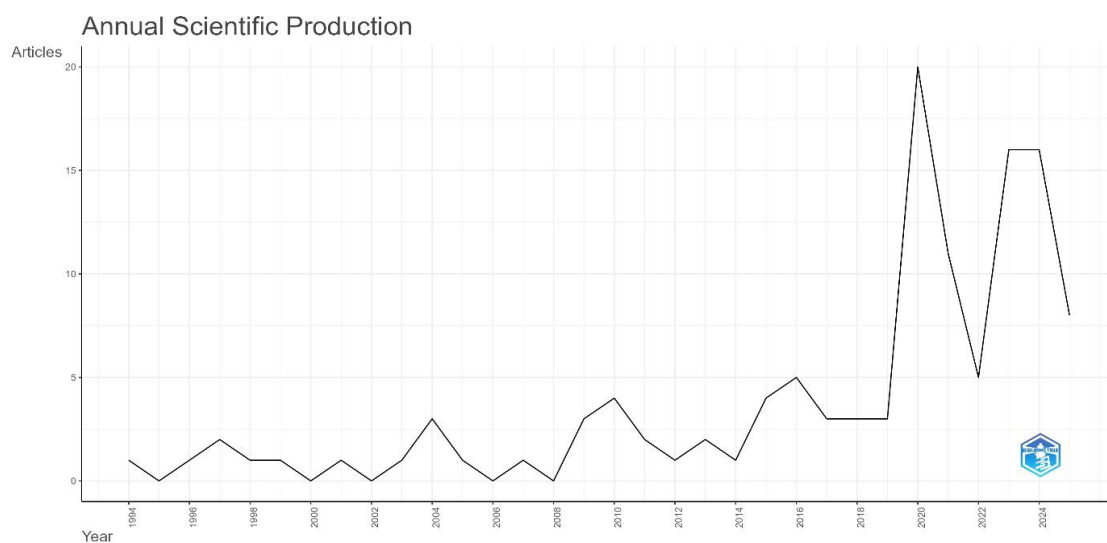


FIGURA 22 – Número de artigos publicados anualmente.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

A análise da média de citações por ano (Figura 2.3) complementa essa leitura ao qualificar o impacto acadêmico ao longo do tempo. Em termos cientométricos, é esperado que a distribuição de citações seja heterogênea: alguns anos concentram trabalhos mais influentes (que passam a funcionar como referências recorrentes), enquanto outros concentram produção incremental. Além disso, é necessário considerar o efeito da “janela temporal”: publicações recentes tendem a apresentar menor acúmulo de citações simplesmente por terem menos tempo de circulação, o que exige cautela ao comparar diretamente anos muito distantes.

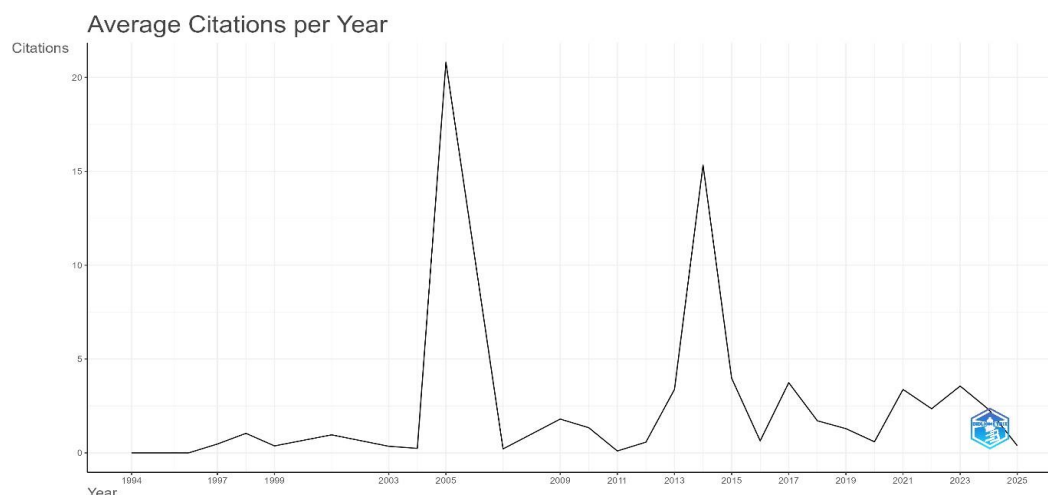


FIGURA 2.3 – Média de citações por ano

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Assim, a leitura integrada das Figuras 2.2 e 2.3 indica que a intensificação do campo após 2015 ocorre em paralelo à consolidação de discussões que ganham centralidade na agenda internacional: mecanismos de governança e conformidade, respostas institucionais a violações e, de modo crescente, abordagens orientadas a risco e detecção de não conformidades em ambientes regulatórios complexos (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; WANG, 2020; BETETO et al., 2022).

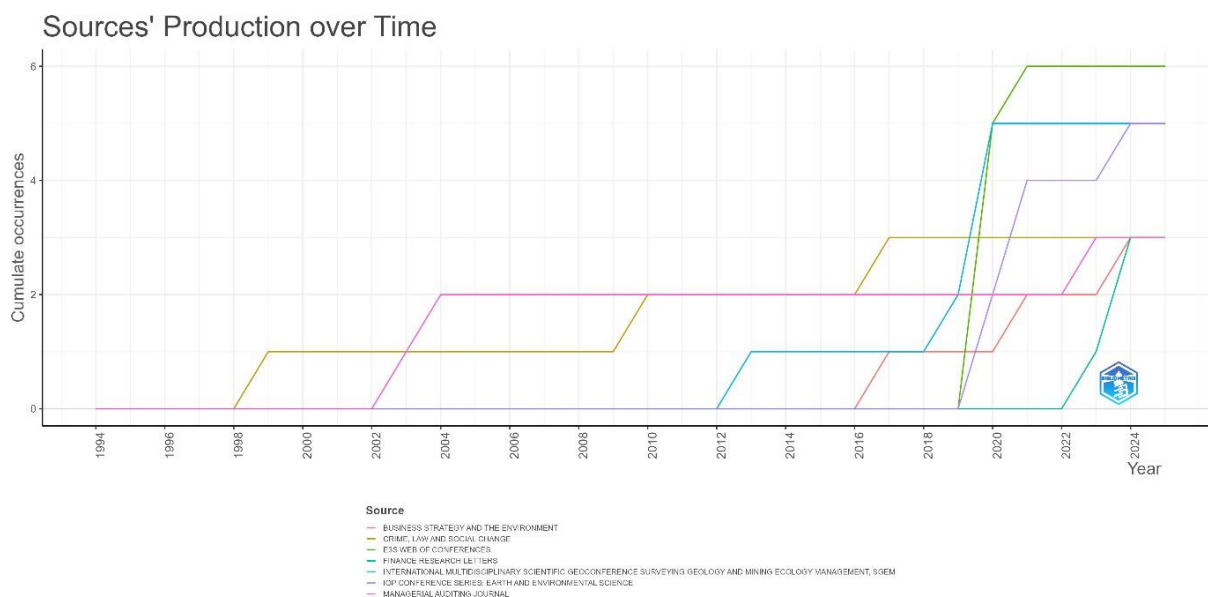


FIGURA 24 – Produção por Periódicos ao longo do tempo.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Na Figura 2.4, observa-se a intensificação de ocorrências (cumulativas) em periódicos que aparecem como veículos estruturantes do tema no período recente. Esse comportamento é consistente com o caráter interdisciplinar do campo: parte da produção se organiza em periódicos mais diretamente associados à avaliação de impacto e regulação ambiental, enquanto outra parte se distribui em fontes ligadas a sustentabilidade, estratégia organizacional, governança e desempenho ambiental. Em conjunto, isso reforça que a literatura não se limita a descrever violações, mas se concentra em como desenhar, implementar e fiscalizar instrumentos regulatórios, além de discutir mecanismos de prevenção, detecção e resposta a irregularidades e crimes ambientais (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; CHENG, 2021).

Importa observar que a Figura 2.4 é particularmente adequada para leitura de trajetória e continuidade editorial, e não para inferir, isoladamente, “impacto” de periódicos. Ela mostra onde há recorrência e consolidação temporal; o impacto deve ser analisado por métricas específicas (por exemplo, citações, índice H de fontes etc.), tratadas em subseções próprias. Ainda assim, a figura cumpre papel essencial nesta etapa: sustentar, com evidência visual, que o campo ganha densidade e encontra canais relativamente estáveis de publicação, especialmente no ciclo pós-2015, o que é compatível com a maturação do tema e com o aumento de pesquisas orientadas a governança, *compliance* e instrumentos analíticos de controle (WANG, 2023; CHENG, 2021; WHITE, 2024).

Produção por países, impacto e colaboração científica

A distribuição geográfica da autoria evidencia concentração da produção em países com maior capacidade institucional de pesquisa e inserção internacional, padrão consistente com a literatura sobre governança ambiental, *enforcement* e conformidade regulatória (WANG, 2023; CHENG, 2021; LYNCH, 2019). Como a estratégia de busca não adotou recorte territorial prévio — sendo delimitada por base, tipo documental e idioma —, os resultados refletem a própria assimetria de produção indexada na Scopus, permitindo observar diferenças entre volume, impacto e colaboração no tema.

A Figura 2.5 (*Corresponding Author's Countries*) mostra a liderança da China em número de documentos (25), seguida pelos Estados Unidos (15), e, em menor escala, por Indonésia (6), Reino Unido (5) e Itália (5). Além do volume, a

visualização distingue produção doméstica (SCP) e produção com colaboração internacional (MCP). No caso chinês, observa-se simultaneamente densidade interna e participação relevante em colaboração, indicando que o país combina capacidade de produção própria com articulação em redes externas — um traço típico de agendas científicas em consolidação e expansão internacional.

A leitura por impacto qualifica a interpretação baseada apenas em quantidade. A Figura 2.6 compara produção e média de citações por artigo, evidenciando que produtividade não se converte automaticamente em maior influência acadêmica. Embora a China concentre o maior volume, sua média aproximada (cerca de 12 citações por artigo) sugere impacto moderado no conjunto analisado. Os Estados Unidos combinam produção expressiva com média superior (aprox. 16,67), enquanto o Reino Unido, mesmo com menor volume, apresenta a maior média (aprox. 20), sinalizando maior densidade de influência relativa no debate científico do tema (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; CHENG, 2021; GIBBS, 2020). A Indonésia, por sua vez, apresenta impacto médio inferior (aprox. 7,5), compatível com produção intermediária e menor repercussão no conjunto analisado.

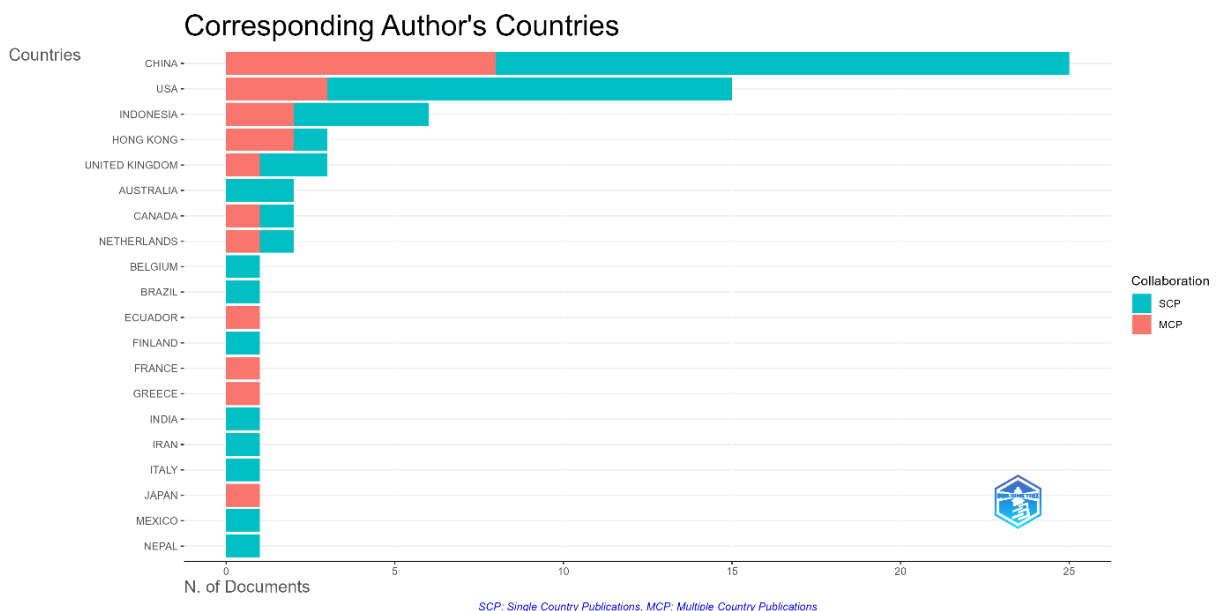


FIGURA 2.5 – Correspondência da origem dos autores.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

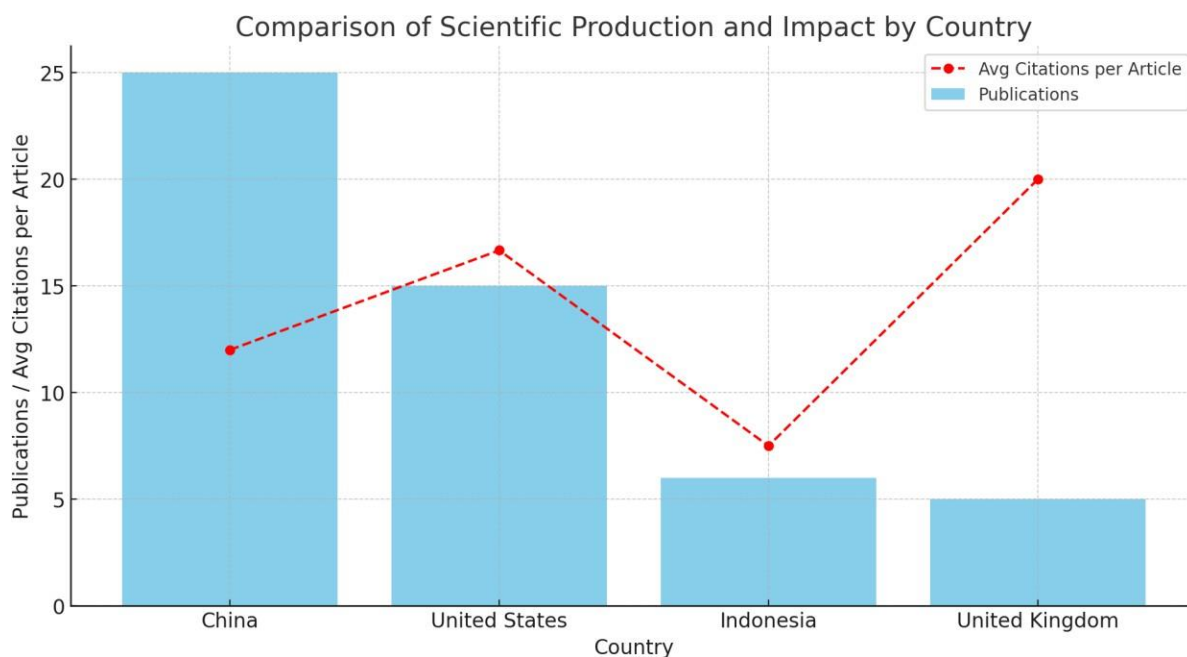


FIGURA 2.6 – Comparação da Produção Científica e do Impacto por País.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

No plano da colaboração, os padrões observados na Figura 2.5 sugerem que o campo se estrutura como agenda transnacional, com participação mais intensa de países que concentram infraestrutura científica e tradição em pesquisa aplicada sobre governança e conformidade. A presença de frações MCP em países centrais indica circulação internacional de métodos e referenciais e reforça que a pesquisa sobre não conformidades e crimes ambientais, por sua natureza, tende a se desenvolver em redes que atravessam fronteiras regulatórias e contextos institucionais distintos (WANG, 2023; CHENG, 2021; LYNCH, 2019). Nesse conjunto, as participações envolvendo o Brasil aparecem como pontuais na base analisada, o que sinaliza oportunidade de ampliação de produção e inserção internacional, sem permitir inferências causais sem apoio específico em estudos sobre estrutura e financiamento da pesquisa.

Análise por Afiliações Institucionais

A análise das afiliações institucionais evidencia que parte relevante da produção científica sobre não conformidades, irregularidades e crimes associados a instrumentos de controle ambiental concentra-se em universidades asiáticas, com destaque para *Anhui University of Finance and Economics* (China), *Central South*

University (China) e *The Chinese University of Hong Kong* (Hong Kong). Esse padrão é coerente com a presença crescente de agendas voltadas a conformidade ambiental, *enforcement* e governança regulatória em contextos de intensificação industrial e de maior pressão por mecanismos de controle e responsabilização (CHENG, 2021; LYNCH, 2019).

Ao incorporar a dimensão temporal (Figura 2.7), observa-se que a relevância institucional não se explica apenas pela contagem total de artigos, mas também pela trajetória de continuidade e pelo momento de entrada de cada instituição na agenda do tema. A visualização apresenta a produção cumulativa ao longo do tempo, permitindo distinguir perfis institucionais distintos: instituições com presença mais precoce e continuidade ao longo de anos sucessivos, indicando possível consolidação de linha de pesquisa; e instituições que passam a publicar mais tardiamente, com crescimento mais concentrado em anos recentes, sugerindo inserção associada a projetos específicos, redes circunstanciais ou agendas emergentes.

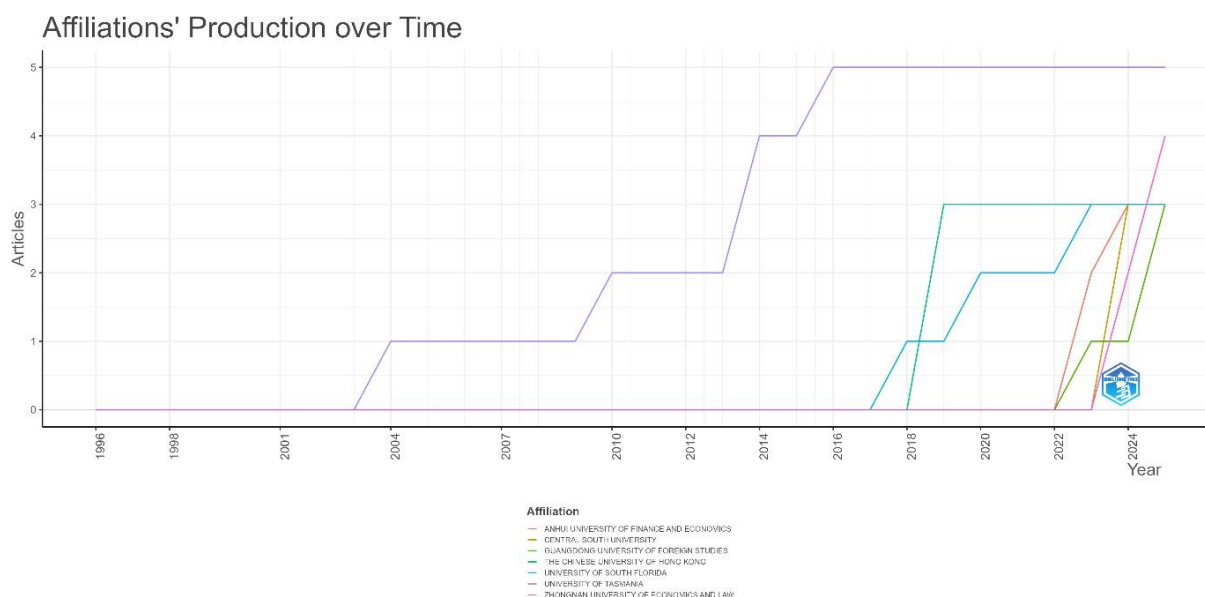


FIGURA 2.7 – Produção das afiliações ao longo do tempo.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Nesse sentido, a Figura 2.7 mostra que algumas afiliações aparecem com trajetória iniciada em anos anteriores ao aumento recente do volume de estudos, enquanto outras ganham expressão sobretudo a partir do ciclo de expansão observado

após meados da década de 2010. Esse padrão é relevante porque sinaliza que a liderança institucional pode decorrer tanto de acúmulo gradual e contínuo quanto de intensificação recente, associada a maior disponibilidade de dados, ampliação de instrumentos digitais de regulação e crescimento do debate sobre mecanismos de conformidade e monitoramento (CHENG, 2021; LYNCH, 2023).

A comparação entre instituições com crescimento mais contínuo e instituições com produção mais concentrada em certos períodos sugere cautela na leitura do “destaque” institucional. Em alguns casos, uma afiliação pode aparecer entre as principais por ter poucos artigos, porém distribuídos em intervalo temporal específico; em outros, a presença recorrente ao longo do tempo indica maior estabilidade temática. Assim, a contagem bruta de artigos deve ser interpretada em conjunto com a consistência temporal da produção e métricas complementares de influência, como citações médias por artigo e indicadores de impacto dos autores vinculados às instituições (por exemplo, índice H), além da diversidade temática dos trabalhos publicados (WHITE, 2024; BETETO et al., 2022).

Em síntese, os resultados sugerem dois perfis institucionais relevantes no conjunto analisado: instituições com maior recorrência e continuidade temporal, que tendem a estruturar linhas consolidadas e a sustentar agendas de pesquisa estáveis; e instituições com participação menos volumosa, porém potencialmente estratégica, que podem concentrar contribuições em nichos temáticos específicos e, em alguns casos, apresentar impacto relativo elevado. Essa leitura reforça que, no debate sobre governança ambiental, *enforcement* e não conformidades, a “liderança” institucional deve ser compreendida por uma análise integrada entre volume, trajetória temporal e indicadores de influência acadêmica (LYNCH, 2023; PRAKASH, 2020).

Produtividade, Impacto e Colaboração entre Autores

A produtividade e o impacto dos autores foram avaliados por indicadores clássicos em estudos cientométricos: a distribuição de produtividade segundo a Lei de Lotka, o índice h (Hirsch) e a evolução temporal das publicações. Em conjunto, esses elementos permitem compreender não apenas “quem publica”, mas também como o campo se organiza em termos de continuidade intelectual e estrutura de colaboração.

A Lei de Lotka (Figura 2.8) indica um padrão típico de áreas científicas

consolidadas: a produção se concentra em um número reduzido de autores mais produtivos, enquanto a maioria participa com poucas publicações. Esse comportamento é relevante porque sugere a existência de um núcleo de pesquisadores que tende a estabilizar conceitos, consolidar agendas e influenciar o modo como o tema é problematizado e operacionalizado na literatura.

No conjunto analisado, destacam-se White R. e Wang Y., ambos com quatro artigos e índice h igual a 3 no material examinado, o que indica simultaneamente presença recorrente e impacto acumulado nas publicações vinculadas ao tema. Em seguida, autores como Lynch M.J., Cheng X. e Du L. apresentam índice h igual a 2, revelando contribuições com repercussão consistente, ainda que com menor volume. Esses achados reforçam que a leitura do campo não deve se limitar à contagem de artigos: a influência acadêmica também se expressa pela capacidade de determinados autores estruturarem discussões e referenciais teóricos/metodológicos ao longo do tempo.

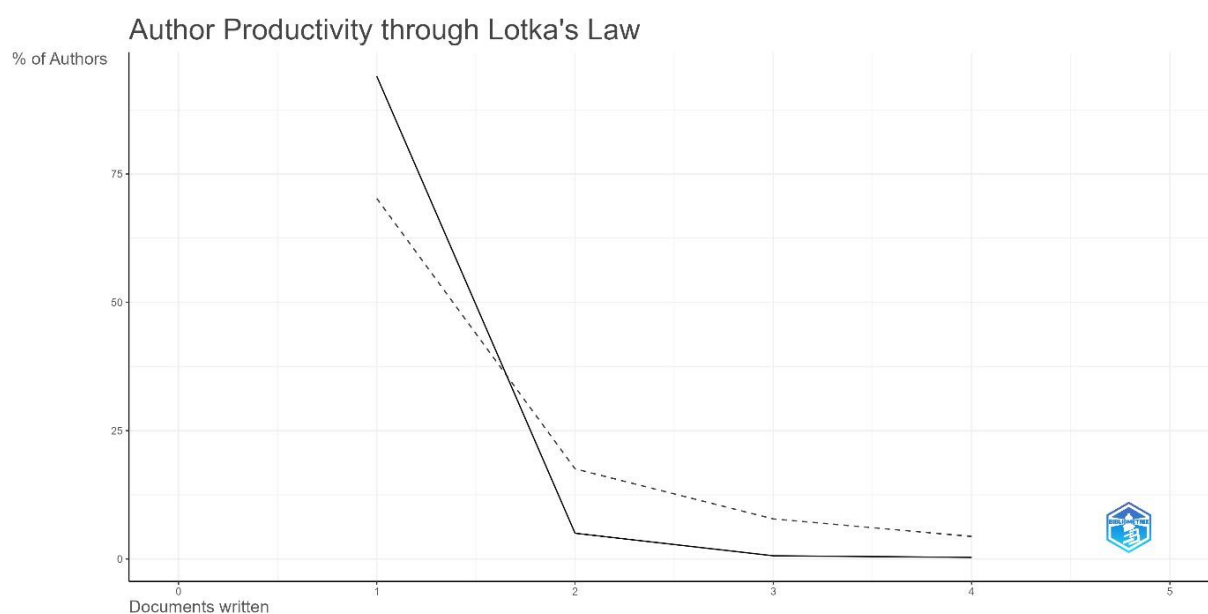


FIGURA 2.8 – Aplicabilidade da Lei de Lotka.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

A dimensão temporal da autoria (Figura 2.9) qualifica essa interpretação ao distinguir trajetórias com maior continuidade e trajetórias de crescimento recente. White R. e Lynch M.J. aparecem com presença mais prolongada, associada à consolidação de abordagens criminológicas aplicadas aos danos ambientais e às respostas institucionais. Por outro lado, Wang Y. e Cheng X. ganham maior visibilidade sobretudo após 2015, em convergência com

a intensificação de agendas ligadas a governança, mecanismos de conformidade e abordagens analíticas voltadas a detecção, monitoramento e avaliação de desempenho regulatório. Assim, a figura temporal não apenas identifica autores mais produtivos, mas evidencia quando determinadas perspectivas passam a ganhar centralidade na literatura.

A estrutura de coautoria (Figura 2.10) complementa o diagnóstico ao indicar que o campo se organiza em redes de colaboração com agrupamentos (*clusters*) relativamente definidos, sugerindo linhas de investigação compartilhadas e circulação de referenciais comuns. Observam-se núcleos colaborativos associados a autores centrais, o que é compatível com a natureza interdisciplinar do tema, que frequentemente articula criminologia ambiental (*green criminology*), governança regulatória, políticas públicas e instrumentos de monitoramento. Ao mesmo tempo, a presença de conexões menos densas aponta fragmentação parcial e oportunidades para maior integração entre grupos e países, aspecto relevante para comparabilidade metodológica e fortalecimento de agendas transnacionais.

Em síntese, a combinação entre concentração de produtividade (Lotka), continuidade temporal de autores-chave e redes de coautoria sugere que a literatura se estrutura por núcleos intelectuais que ajudam a explicar a recorrência de determinadas matrizes temáticas observadas nas análises de palavras-chave: enfoques criminológicos e de *enforcement*, governança e *compliance* regulatório, e abordagens analíticas orientadas à detecção e prevenção de não conformidades. Essa leitura integrada é útil porque conecta indicadores bibliométricos a uma interpretação substantiva do desenvolvimento do campo.

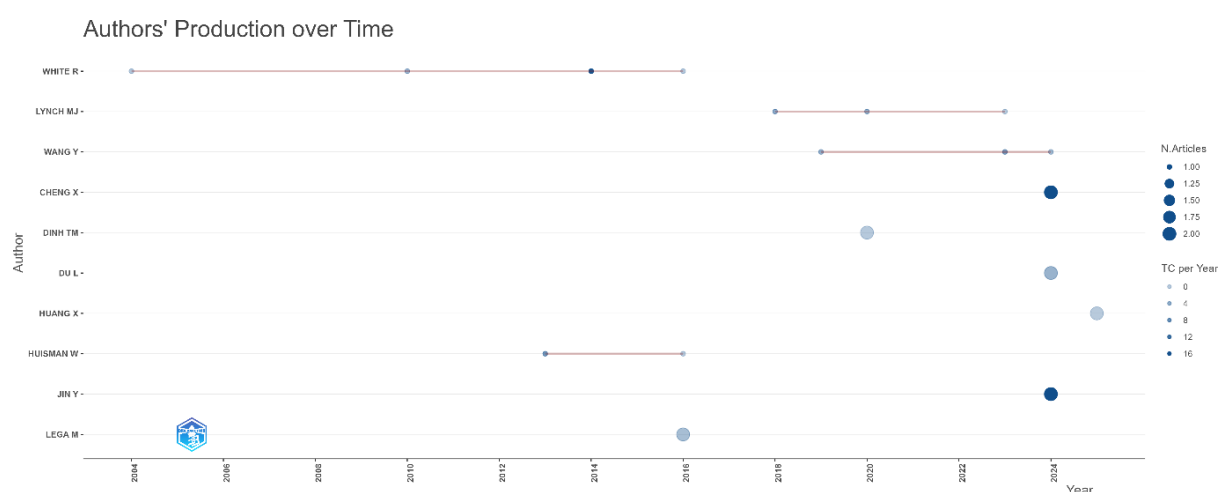


FIGURA 2.9 - Produção dos Autores ao Longo do Tempo

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

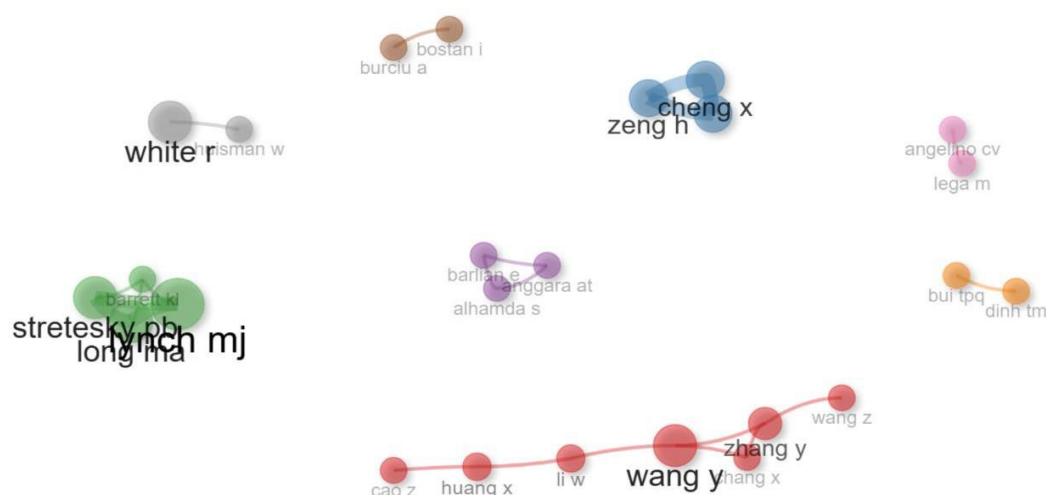


FIGURA 2.10 – Coautorias.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Fontes de Publicação e Impacto

A análise das fontes de publicação permite identificar quais periódicos e veículos funcionam como canais preferenciais para a difusão de estudos sobre não conformidades, irregularidades e crimes associados a instrumentos de controle ambiental. Em termos cientométricos, essa leitura é relevante porque a centralização em determinadas fontes tende a indicar onde o debate se consolida, quais comunidades científicas o sustentam e como o campo se organiza em torno de agendas temáticas recorrentes.

Para qualificar essa dimensão, foram empregados dois instrumentos complementares: a Lei de Bradford, que identifica o núcleo de fontes mais produtivas em um domínio, e o índice H das fontes, que aproxima simultaneamente produtividade e repercussão (impacto local) das publicações veiculadas.

A Figura 2.11 apresenta a aplicação da Lei de Bradford (*core sources by Bradford's law*). A leitura do gráfico evidencia que uma parcela reduzida de fontes concentra uma parte relevante da produção, enquanto o restante se distribui em um conjunto mais amplo de fontes periféricas. Esse padrão é coerente com campos em consolidação interdisciplinar, nos quais alguns veículos passam a atrair, de forma recorrente, trabalhos alinhados a agendas semelhantes (governança regulatória, *enforcement*, controle institucional e conformidade).

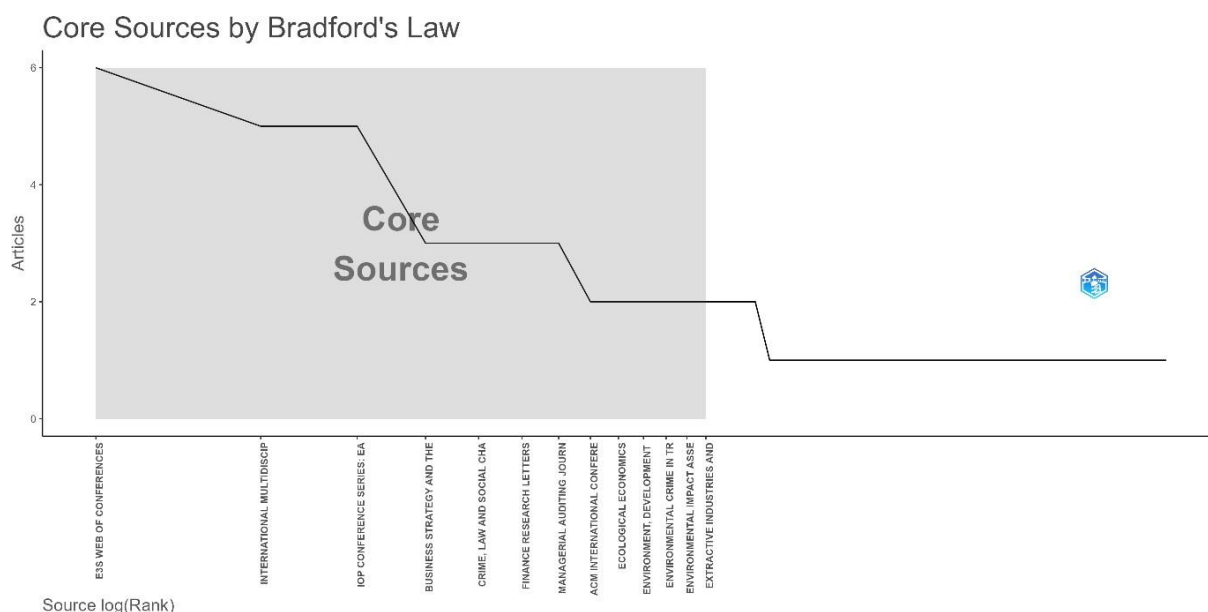


FIGURA 2.11 - Fontes Principais segundo a Lei de Bradford (Core Sources by Bradford's Law) que demonstra a aplicação da Lei de Bradford.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

É importante observar que, nesta aplicação, o “núcleo” não é composto apenas por periódicos tradicionais, mas inclui também fontes de natureza diversa (por exemplo, séries de conferência e veículos especializados), o que sugere que o tema circula tanto em espaços típicos de periódicos quanto em canais associados a difusão técnico-aplicada e debates setoriais. Isso reforça o caráter híbrido do campo, que transita entre discussões normativas/institucionais e abordagens empíricas e aplicadas.

A Figura 2.12 apresenta o impacto local das fontes pelo índice H (*sources' local impact by H index*). Esse indicador permite identificar quais veículos, além de publicarem, reúnem trabalhos que se tornam referência dentro do conjunto analisado. Observa-se que algumas fontes atingem os maiores valores de H, indicando combinação de recorrência e repercussão relativa no tema.

O uso do índice H aqui é particularmente útil para evitar leituras baseadas apenas em contagem de artigos: uma fonte pode aparecer com menor volume, mas ainda assim apresentar relevância elevada por veicular estudos que concentram atenção e citações dentro do conjunto analisado. Em contrapartida, fontes mais produtivas podem não ser, necessariamente, as mais influentes, o que reforça a necessidade de leitura integrada entre volume e impacto.

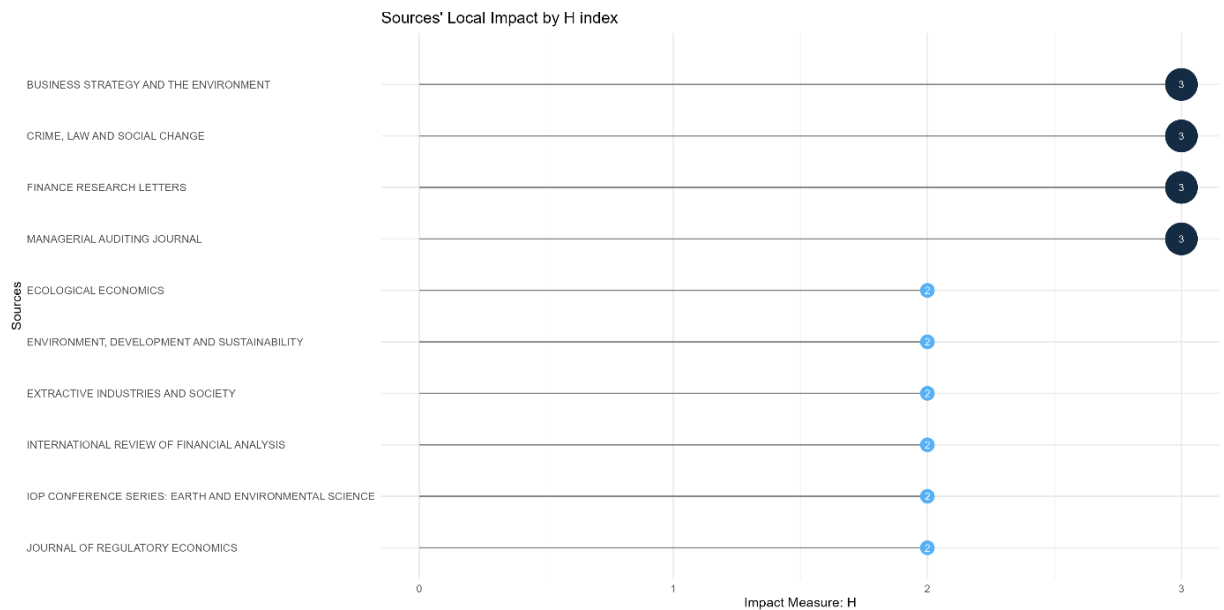


FIGURA 2.12 – Impacto das Fontes pelo Índice H - refere-se à avaliação do impacto de periódicos ou revistas científicas com base no índice H (ou índice de Hirsch), que mede produtividade e impacto de publicações.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Em conjunto, as Figuras 2.11 e 2.12 sugerem que o campo se estrutura em torno de um núcleo reduzido de fontes, com periferia ampla e heterogênea, e que o impacto se distribui de forma desigual entre os veículos. Esse arranjo é consistente com a própria natureza do objeto: não conformidades e crimes ambientais dependem de abordagens que articulam desenho regulatório, capacidade institucional, mecanismos de conformidade e estratégias de detecção e monitoramento, o que tende a dispersar parte da produção por áreas e tipos de fonte, mas ainda assim manter um conjunto de veículos mais centrais para a consolidação do debate (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; CHENG, 2021; WANG, 2023).

Palavras-Chave e Tendências Temáticas

A estrutura temática foi examinada por meio da rede de coocorrência de palavras-chave (Figura 2.13), da frequência de termos ao longo do tempo (Figura 2.14) e da visualização hierárquica das palavras mais relevantes (Figura 2.15). As palavras-chave foram mantidas no idioma e na forma originalmente indexados na base Scopus, sem agregação automática de sinônimos, a fim de preservar a rastreabilidade do metadado e evitar que decisões de normalização distorcessem a leitura quantitativa das ocorrências. Essa opção explica a presença simultânea de

termos próximos, como *crime* e *environmental crimes*, bem como *environmental regulations* e *environmental legislation*, cuja equivalência semântica é discutida interpretativamente, sem fusão estatística.

Na rede de coocorrência (Figura 2.13), a centralidade de *environmental regulations* indica que a produção analisada organiza o debate majoritariamente em torno do arcabouço regulatório e de instrumentos de governança ambiental, com conexões diretas a termos associados a proteção ambiental (*environmental protection*), conformidade (*compliance*) e ilícitos (*environmental crimes*). Essa configuração sugere interdependência entre normas, mecanismos de controle e respostas a violações, o que é consistente com abordagens que tratam licenciamento, fiscalização e conformidade como componentes de um mesmo ecossistema regulatório, no qual a efetividade depende simultaneamente de desenho normativo, capacidade institucional e mecanismos de responsabilização (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; CHENG, 2021; WANG, 2023).

Os agrupamentos (*clusters*) representados por cores na Figura 2.13 evidenciam subagendas temáticas relativamente diferenciadas. Um agrupamento aproxima termos relacionados a sustentabilidade e segurança ambiental, refletindo a integração entre políticas públicas, sustentabilidade e estratégias organizacionais de gestão ambiental e redução de riscos (MACKENZIE, 2024). Outro agrupamento concentra expressões como *environmental legislation* e *regulatory framework*, destacando uma vertente mais normativa e institucional, voltada ao fortalecimento de instrumentos legais, desenho regulatório e aprimoramento de frameworks de governança (BETETO et al., 2022). Em conjunto, esses agrupamentos reforçam que o campo não se limita à descrição de ilícitos, mas incorpora debates sobre como prevenir, detectar e responder a não conformidades mediante arranjos regulatórios, mecanismos de conformidade e gestão baseada em risco (WHITE, 2024; WANG, 2023).

funcionam como ponte entre o debate jurídico-institucional e abordagens aplicadas, sugerindo avanço do campo no sentido de instrumentalizar detecção, priorização e gestão de riscos regulatórios.

b) *Cluster* roxo (governança, arcabouço normativo e *enforcement* institucional) - O *cluster* roxo, centrado em *environmental legislation* e *regulatory framework*, agrega termos que remetem diretamente ao desenho institucional e normativo, à estrutura regulatória e aos mecanismos de *enforcement* (*law enforcement*, *environmental enforcement*, *environmental monitoring/management/planning*, *governance approach* e *compliance*). Esse conjunto representa uma matriz temática orientada ao fortalecimento de instrumentos legais, à capacidade estatal e à efetividade do controle ambiental, coerente com a literatura que discute governança, *enforcement* e conformidade como dimensões estruturantes da regularidade regulatória (BETETO et al., 2022; LYNCH, 2019; WANG, 2023).

c) *Cluster* vermelho (economia política, política ambiental e dinâmica empresarial, com recorte empírico) - O *cluster* vermelho reúne termos como *China*, *environmental policy*, *environmental economics*, *investment*, *innovation*, *corporate strategy*, *industrial enterprise* e *environmental degradation*. Trata-se de uma subagenda voltada à relação entre incentivos econômicos, política ambiental, comportamento empresarial e resultados de degradação, frequentemente discutida sob perspectivas de economia política do dano ambiental, desenho de políticas e efeitos de instrumentos regulatórios sobre condutas produtivas (WANG, 2023; CHENG, 2021). Esse *cluster* é relevante porque aproxima a discussão de conformidade de variáveis macro e microeconômicas (investimento, estratégia corporativa e políticas), ajudando a explicar por que o tema aparece associado a contextos com forte base industrial e agendas regulatórias dinâmicas.

d) *Cluster* azul (dimensão Estado–sociedade e efeitos gerais) - O *cluster* azul articula termos como *government*, *human* e *pollution*, sugerindo uma subagenda que situa não conformidades e crimes ambientais no âmbito de políticas públicas, impactos sobre populações e problemas ambientais amplos, como poluição. Esse conjunto opera como zona de transição entre o debate estritamente normativo e o debate aplicado/empírico, reforçando o caráter interdisciplinar do campo (LYNCH, 2019; WHITE, 2024).

e) *Cluster* laranja (responsabilidade socioambiental corporativa e *issues* ambientais) - O *cluster* laranja, com termos como *corporate social responsibility* e *environmental*

issue, evidencia uma vertente vinculada à responsabilidade corporativa, à internalização de custos reputacionais e à aproximação do tema com práticas de conformidade e governança corporativa. Esse agrupamento contribui para explicar por que a literatura, ao tratar não conformidades, transita entre respostas estatais de fiscalização/*enforcement* e mecanismos privados/organizacionais de autorregulação e responsabilidade (CHENG, 2021; WANG, 2023).

A presença de *environment* em posição relativamente conectiva atua como termo guarda-chuva, integrando semanticamente subagendas que variam do recorte jurídico ao econômico e ao operacional, sem indicar, por si só, um eixo analítico único, mas reforçando a amplitude do campo.

A leitura integrada da Figura 2.13 indica que a literatura se organiza em três matrizes temáticas dominantes, que serão aprofundadas na Discussão. A primeira corresponde ao eixo regulatório-institucional de governança e conformidade, ancorado em termos como *environmental regulations*, *environmental legislation*, *regulatory framework*, *compliance* e *law enforcement*, evidenciando que o núcleo do campo se estrutura em torno do desenho normativo e da capacidade de implementação e fiscalização (BETETO et al., 2022; LYNCH, 2019; WANG, 2023). A segunda matriz corresponde ao eixo criminológico/*enforcement* dos ilícitos ambientais, refletido na proximidade entre *crime*, *environmental crimes*, *criminal laws* e termos conectados à proteção e controle, posicionando a não conformidade como fenômeno que varia de inconsistências e violações administrativas a condutas tipificadas e estratégias de fraude (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; CHENG, 2021). A terceira matriz corresponde ao eixo técnico-metodológico aplicado (monitoramento, decisão e instrumentos operacionais), que se manifesta na presença de termos associados a planejamento, monitoramento e instrumentos de decisão, além de variáveis de política/economia/ inovação, sinalizando a transição do debate de diagnóstico para abordagens mais instrumentais, capazes de subsidiar detecção, priorização e prevenção de não conformidades (WANG, 2023; MACKENZIE, 2024).

Tendências Temáticas

A evolução temporal do uso de termos (Figura 2.14) indica crescimento consistente, sobretudo a partir de 2015, de expressões associadas à regulação e governança (*environmental regulations*) e à sustentabilidade (*sustainable development*). Esse comportamento sugere intensificação recente do interesse

científico por instrumentos regulatórios, fiscalização e mecanismos de conformidade, em paralelo ao amadurecimento do debate internacional sobre sustentabilidade e respostas institucionais a violações ambientais (WANG, 2023; LYNCH, 2023; WHITE, 2024). Não por coincidência, o ano de 2015 é amplamente reconhecido como um “ano de inflexão” na agenda ambiental global, marcado pela adoção do Acordo de Paris durante a COP21 — primeiro pacto climático universal juridicamente vinculante — e pela aprovação do Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres, além da consolidação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses instrumentos estabeleceram metas globais estruturadas e integraram de forma mais explícita sustentabilidade ambiental, desenvolvimento econômico e responsabilidade institucional. A coincidência temporal entre esses marcos normativos e o crescimento das publicações sugere que a institucionalização internacional de compromissos ambientais pode ter funcionado como catalisador para o aumento do interesse acadêmico por mecanismos de regulação, *enforcement* e monitoramento quantitativo de conformidade (WHITE, 2024; WANG, 2023). Em termos interpretativos, a maior recorrência desses termos em anos recentes é compatível com a ampliação de agendas que conectam *enforcement* e governança a modelos quantitativos de monitoramento e detecção de desvios.

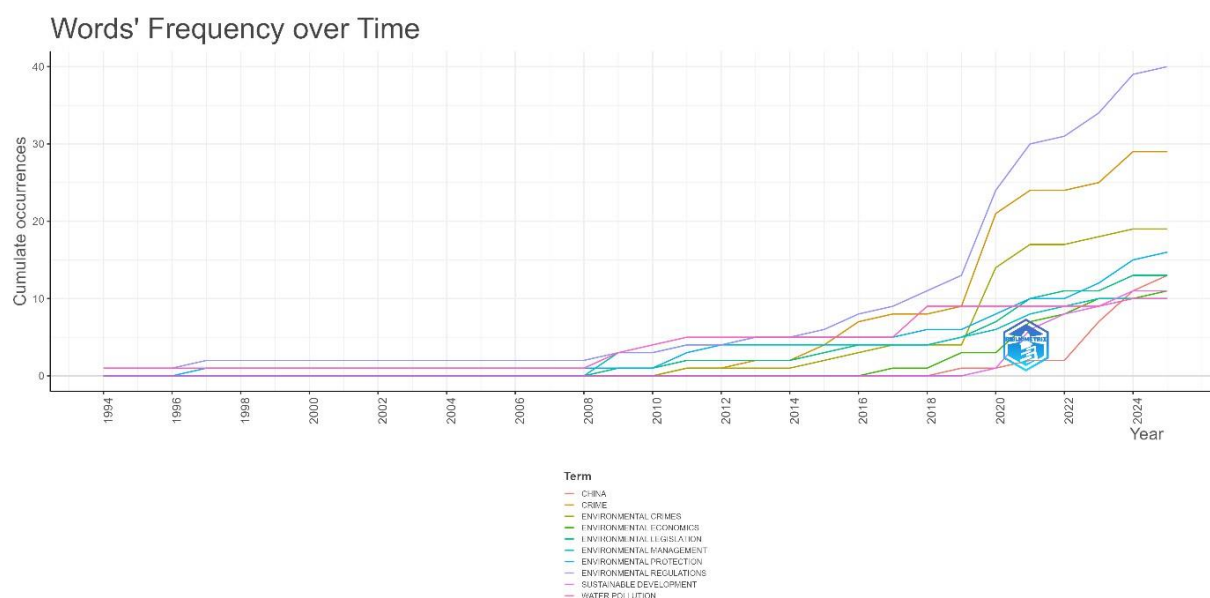


FIGURA 2.14 - Frequência de Palavras ao Longo do Tempo - mostra a evolução do uso de determinados termos em publicações ao longo de um período.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

A Figura 2.15 (visualização hierárquica) permite quantificar a predominância

relativa dos conceitos dominantes. Nela, *environmental regulations* aparece como termo mais frequente (40 ocorrências; 12%), seguido por *crime* (29; 8%) e *environmental crimes* (19; 6%). Em seguida, destacam-se *environmental protection* (16; 5%), China (13; 4%) e *environmental legislation* (13; 4%). Também surgem, com menor peso, termos que ajudam a qualificar o campo: *environmental economics* (11; 3%), *sustainable development* (11; 3%), *environmental management* (10; 3%) e *water pollution* (10; 3%), além de expressões diretamente conectadas ao eixo institucional (*law enforcement*, *regulatory framework*, *compliance*) e a abordagens instrumentais (*remote sensing*, *decision making*, *planning*). O conjunto reforça a coexistência de duas camadas estruturantes: uma camada regulatório-institucional (normas, *frameworks*, *compliance*, *enforcement*) e uma camada de violação/resposta (crime, crimes ambientais), atravessadas por subagendas econômicas, organizacionais e metodológicas.



FIGURA 215 - Mapa de Árvore – Palavras Mais Relevantes.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

Em síntese, os resultados indicam que a produção científica sobre não

conformidade, crimes ambientais e instrumentos regulatórios é marcada por diversidade temática e convergência interdisciplinar entre enfoques jurídico-normativos, institucionais, econômicos e técnico-metodológicos. A predominância de termos ligados à regulação, conformidade e sustentabilidade, combinada com a presença estruturante de expressões associadas a crimes e violações, reforça a necessidade de estratégias integradas para compreender e enfrentar não conformidades em processos ambientais, especialmente em contextos de crescente complexidade regulatória e de ampliação de instrumentos baseados em informação declaratória e monitoramento (MACKENZIE, 2024; WHITE, 2024; WANG, 2023).

Documentos Mais Citados

A análise dos documentos mais citados, sistematizada a partir do conjunto de artigos recuperados na base Scopus e apresentada na Figura 2.16, permite identificar os trabalhos que concentram maior repercussão acadêmica no material analisado, a partir do número total de citações. Nesse recorte, destaca-se o estudo de Karpoff (2005), com 437 citações, evidenciando elevada difusão e influência em debates sobre governança corporativa, responsabilização e condutas ilícitas, com implicações diretas para a discussão de conformidade e respostas institucionais.

Na sequência, observa-se a relevância de White (2014), com 184 citações, cuja contribuição é associada à consolidação de uma perspectiva criminológica aplicada aos danos ambientais, reforçando o eixo interpretativo de criminologia verde e *enforcement*. Também se destacam Porteous (2015), com 159 citações, ao discutir gestão responsável de fornecedores e não conformidades (incluindo violações socioambientais) em cadeias produtivas; e Huisman (2013), com 88 citações, articulando crime corporativo, crime ambiental e prevenção situacional, com foco em oportunidades e mecanismos de controle.

Entre os demais trabalhos de maior impacto no conjunto, figuram Williams (2017), com 56 citações, ao tratar de corrupção, decisão ambiental e avaliação de impacto; Shevchenko (2021) e Wu (2009), ambos com 55 citações, relacionados a desempenho ambiental, pressões regulatórias e (sobre)conformidade; além de White (2010) (44 citações) e Habib (2017) (42 citações), que aproximam *enforcement*, violações ambientais e mecanismos organizacionais (como *disclosure*, incentivos e penalidades). Por fim, Ma (2022) aparece com 40 citações, indicando a interface

entre sanções por violação ambiental e efeitos financeiros, reforçando o diálogo entre conformidade, risco e consequências econômicas.

Embora a contagem de citações não esgote o valor científico de uma contribuição, tais métricas funcionam como indicadores indiretos de influência no conjunto analisado, sinalizando quais estudos se tornam referenciais recorrentes para novas pesquisas e para a consolidação de agendas (LYNCH, 2023; BETETO et al., 2022). A leitura conjunta desses documentos reforça que o impacto científico no tema não se explica apenas pelo volume de publicações, mas pela capacidade de certos trabalhos estruturarem debates e oferecerem referenciais teórico-metodológicos com maior poder de difusão. Observa-se, ainda, que os documentos de maior repercussão se alinham às matrizes temáticas identificadas no mapeamento: governança e *compliance* regulatório, criminologia/*enforcement* aplicada aos ilícitos ambientais e abordagens aplicadas à detecção, decisão e gestão do risco, sustentando a transição para a etapa interpretativa da Discussão (WHITE, 2024; LYNCH, 2023).

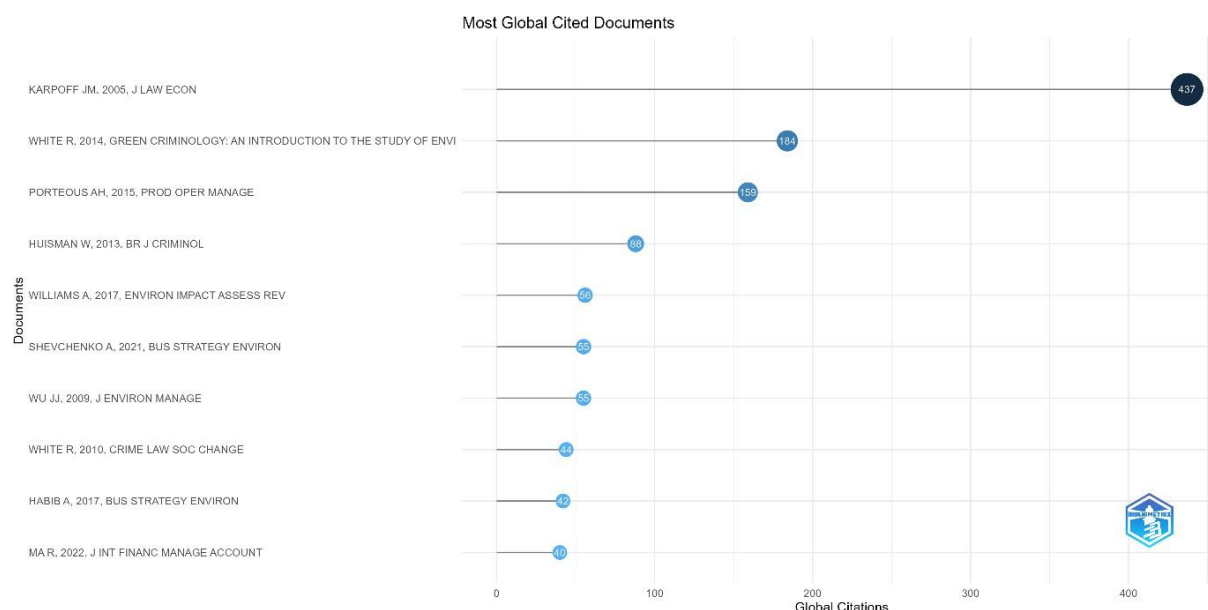


FIGURA 2.16 – Documentos Mais Citados Globalmente.

FONTE: elaborado pela autora (2025) através de dados bibliográficos extraídos da Scopus (n = 120) e processados no R/Bibliometrix/Biblioshiny.

2.1.4 Discussão

Os resultados da análise cientométrica indicam que a leitura do campo “não conformidades em instrumentos de controle ambiental” exige articulação entre produtividade, impacto por citações, continuidade temporal e padrões de

colaboração, sob pena de se confundir liderança numérica com influência acadêmica. A concentração de publicações em poucos países e instituições, associada a assimetrias entre volume e impacto, reforça que comparações substantivas devem combinar métricas bibliométricas, em vez de se apoiar exclusivamente em contagens agregadas de artigos (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; GIBBS, 2020; CHENG, 2021). Além de indicar desigualdade de produção, esse padrão sugere que determinadas tradições acadêmicas e agendas de pesquisa estruturam o debate e difundem referenciais com maior poder de circulação, sobretudo em temas que combinam governança ambiental, fiscalização e capacidade institucional.

Em termos substantivos, o mapeamento temático por coocorrência e a hierarquia lexical dos descritores apontam convergência em três matrizes que organizam o estado da arte e orientam a interpretação dos resultados: matriz criminológica e político-institucional, centrada em ilícitos ambientais, *enforcement* e condições estruturais de (não) conformidade; matriz regulatória e de gestão de riscos/compliance, ancorada em governança, desenho institucional, efetividade normativa e mecanismos de controle; e matriz tecnológica e analítico-preditiva, associada ao uso de modelagem, automação, sensoriamento remoto e inteligência artificial para detecção e monitoramento. A presença simultânea dessas matrizes indica que o avanço do campo depende de abordagens integradas, capazes de articular categorias jurídicas e criminológicas, instrumentos regulatórios e estratégias analíticas orientadas a risco, especialmente em contextos com informação autodeclaratória e capacidades institucionais limitadas (WANG, 2023; WANG, 2024; MACKENZIE, 2024; LYNCH, 2019; WHITE, 2024).

A matriz regulatória e de gestão de riscos/*compliance* manifesta-se na centralidade de termos ligados a regulação, arcabouço normativo e mecanismos institucionais de controle, sugerindo que a literatura tende a tratar a não conformidade como problema inerente ao desenho e à implementação dos instrumentos regulatórios. Essa orientação converge com a compreensão de que padrões de descumprimento decorrem não apenas de condutas individuais, mas também de fatores sistêmicos, como incentivos, capacidade de fiscalização, coerência regulatória, efetividade de mecanismos sancionatórios e presença de estratégias preventivas. Em ambientes de recursos limitados e alta demanda decisória, isso amplia a relevância de modelos baseados em risco, priorização de

esforços e rastreabilidade dos critérios de controle (GIBBS, 2020; CHENG, 2021; WHITE, 2024; LYNCH, 2023). Nessa chave, a discrepância entre volume de publicações e impacto por país sugere que influência acadêmica tende a se associar à densidade analítica e à consolidação de agendas de governança, *compliance* e *enforcement*, e não apenas à produtividade quantitativa.

A matriz criminológica e político-institucional aparece de forma consistente na recorrência de termos associados a crime e violações, em proximidade com regulação e proteção ambiental, reforçando que a não conformidade é tratada como fenômeno distribuído em contínuo: de inconsistências e descumprimentos formais até condutas dolosas, estratégias organizadas e fraudes estruturadas. Esse enquadramento é relevante para evitar simplificações conceituais e sustenta a necessidade de tipologias analíticas e respostas institucionais diferenciadas, distinguindo não conformidades de baixa gravidade (por exemplo, falhas formais e inconsistências técnicas) de padrões reiterados e intencionais de violação, particularmente em instrumentos com componente declaratório (WHITE, 2024; LYNCH, 2019; LYNCH, 2023; CHENG, 2021). Ao enfatizar *enforcement* e condições estruturais de (não) conformidade, essa matriz também ilumina os limites de respostas exclusivamente reativas e a pertinência de estratégias preventivas em cenários de sobrecarga institucional e pressão por decisões céleres.

A matriz tecnológica e analítico-preditiva emerge na medida em que a literatura incorpora vocabulário ligado a monitoramento, planejamento e técnicas analíticas, sinalizando transição do debate para abordagens instrumentais voltadas à detecção de padrões, antecipação de riscos e apoio à priorização de fiscalização. A presença de conexões relacionadas a monitoramento e tecnologia sugere esforço de integração entre governança/*enforcement* e métodos quantitativos capazes de operar em grande escala e em contextos de alta complexidade territorial, especialmente quando assimetrias de informação e limitações de capacidade institucional atuam como barreiras à efetividade do controle ambiental (WANG, 2023; WANG, 2024; MACKENZIE, 2024). Esse eixo dialoga diretamente com a gestão baseada em risco: em instrumentos autodeclaratórios, torna-se decisiva a capacidade de identificar combinações improváveis de informações, recorrências de inconsistências, padrões espaciais e temporalidades atípicas, reduzindo vulnerabilidades do sistema e orientando intervenções oportunas.

A leitura conjunta das três matrizes permite interpretar os resultados como evidência de convergência interdisciplinar: categorias criminológicas e institucionais qualificam a natureza das violações; o arcabouço regulatório e mecanismos de *compliance* delimitam as condições de efetividade e de controle; e as abordagens tecnológicas e analítico-preditivas oferecem meios operacionais para monitoramento e detecção de riscos. Esse encadeamento sustenta a pertinência de modelos aplicados que convertam achados do estado da arte em instrumentos de apoio à decisão e prevenção, reduzindo dependência de respostas exclusivamente reativas, especialmente diante da expansão de processos baseados em informação declarada (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; WANG, 2024).

No recorte brasileiro, a presença relativa reduzida no conjunto analisado, apesar da relevância socioambiental do país, pode indicar lacuna de produção internacionalmente indexada voltada especificamente à interface entre não conformidade, instrumentos regulatórios e métodos de detecção e prevenção. Esse achado deve ser interpretado com cautela e pode representar oportunidade de avanço em agendas aplicadas, sobretudo em temas ligados a rastreabilidade, governança baseada em evidências e controle orientado a risco.

Por fim, algumas limitações do delineamento precisam ser explicitadas. O conjunto analisado foi construído a partir de uma única base (Scopus), com filtros por tipo documental (artigos) e por idioma (inglês e português), o que pode sub-representar publicações relevantes em outras bases, modalidades de documento e idiomas. Além disso, a opção por preservar palavras-chave no formato originalmente indexado, sem agregação automática de variações lexicais e sinônimos, influencia a leitura de frequência e a configuração de agrupamentos temáticos, embora favoreça rastreabilidade e transparência metodológica. Essas limitações não invalidam os achados, mas delimitam sua generalização e reforçam a utilidade de triangulação metodológica em investigações subsequentes (BETETO et al., 2022; LYNCH, 2023).

Em síntese, a discussão evidencia que a literatura sobre não conformidades em instrumentos de controle ambiental se organiza em matrizes que articulam governança regulatória e gestão de riscos/*compliance*, criminologia e *enforcement*, e abordagens tecnológicas e analítico-preditivas orientadas à detecção e monitoramento. Essa convergência indica que avanços no campo tendem a depender de modelos integrados e aplicados, capazes de operacionalizar categorias analíticas e

indicadores de risco para apoiar decisões institucionais e estratégias preventivas, especialmente em instrumentos autodeclaratórios e em cenários de capacidades institucionais limitadas (WHITE, 2024; WANG, 2024; LYNCH, 2023). Esses elementos fundamentam a etapa subsequente do trabalho, voltada ao desenvolvimento metodológico.

2.1.5 Considerações Finais

A análise cientométrica apresentada sistematizou o panorama da produção científica sobre não conformidades, irregularidades e crimes associados a instrumentos de controle ambiental, com ênfase em processos de licenciamento e temas correlatos, a partir de 120 artigos indexados na Scopus, publicados entre 1994 e 2025. Os resultados indicaram crescimento da produção ao longo do tempo, com intensificação a partir de 2015, refletindo maior centralidade do tema nas agendas de governança ambiental, conformidade e respostas institucionais a violações (WHITE, 2024; LYNCH, 2023; WANG, 2023).

A distribuição por países e redes de colaboração evidenciou concentração da produção em polos com elevada capacidade institucional de pesquisa — com destaque para China, Estados Unidos e Reino Unido — e padrões relevantes de cooperação científica. Ao mesmo tempo, observou-se assimetria entre produtividade e influência (citações), reforçando que o volume de publicações não traduz, necessariamente, impacto acadêmico proporcional e que comparações mais robustas exigem leitura combinada de indicadores bibliométricos (GIBBS, 2020; CHENG, 2021; WHITE, 2024; LYNCH, 2023).

No plano temático, o mapeamento por coocorrência de palavras-chave e agrupamentos confirmou o caráter interdisciplinar do campo e permitiu organizar o estado da arte em três matrizes estruturantes: criminológica e político-institucional, associada a *enforcement* e dinâmicas de ilícitos ambientais; regulatória e de gestão de riscos/*compliance*, centrada em governança, efetividade normativa e instrumentos de controle; e tecnológica e analítico-preditiva, relacionada a monitoramento, métodos quantitativos, sensoriamento remoto e aplicações de modelagem e inteligência artificial voltadas à detecção e apoio à decisão (WHITE, 2024; LYNCH, 2019; WANG, 2024; MACKENZIE, 2024; BETETO et al., 2022). Essa organização contribui para explicitar tendências e lacunas, além de orientar pesquisas aplicadas

que demandam integração entre categorias normativas, arranjos institucionais de controle e estratégias analíticas orientadas a risco.

Como limitações, destaca-se que o conjunto analisado foi construído a partir de uma única base (Scopus), com filtros por tipo documental (artigos) e idioma, o que pode sub-representar produções relevantes indexadas em outras bases, modalidades de documento e idiomas. Além disso, a preservação das palavras-chave tal como indexadas, sem agregação automática de sinônimos, favorece rastreabilidade, mas pode influenciar a leitura de frequência e a configuração de agrupamentos temáticos. Pesquisas futuras podem ampliar o mapeamento com outras bases e estratégias de normalização lexical, bem como aprofundar recortes aplicados voltados a instrumentos e rotinas de detecção e prevenção de não conformidades em contextos regulatórios complexos (WANG, 2023; WHITE, 2024).

Em síntese, o estudo indica que a compreensão do campo exige interpretação integrada de produtividade, impacto, colaboração e estrutura temática, e que o avanço da agenda tende a depender de abordagens capazes de articular governança regulatória, *enforcement* e métodos analítico-preditivos. Esses achados oferecem base conceitual para a etapa subsequente da dissertação, voltada ao desenvolvimento metodológico aplicado, preservada a autonomia analítica do presente artigo.

2.1.6 Referências Bibliográficas

- ALHAMDA, S. et al. Abuse of power; environmental damage; hospital; medical waste; regulatory deviation. *International Journal of Criminology and Sociology*, v. 9, 2020. DOI: 10.6000/1929-4409.2020.09.203.
- ARIFIN, R. et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1355, 2024. DOI: 10.1088/1755-1315/1355/1/012004.
- BARRETT, K. L. et al. Corporate crime; deterrence theory; environmental crime; green criminology; white collar crime. *American Journal of Criminal Justice*, v. 43, 2018. DOI: 10.1007/s12103-017-9428-0.
- BERGAMINI, K.; DEXTRE, R. M. Economic geography; environment; environmental management. *EURE*, v. 48, 2022. DOI: 10.7764/eure.48.145.06.
- BERNINI, F.; LA ROSA, F. Corporate governance; corporate social responsibility; environmental crime; green criminology; prevention strategies. In: *CSR, Sustainability, Ethics & Governance*, Part F180, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-

74523-2_6.

BETETO, D. et al. The power of transparency: Unveiling the pathways through which environmental disclosure influences firm performance. *Journal of Environmental Management*, v. 316, 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115320.

BOUZZINE, Y. D. Environmental pollution event; event study; research agenda; systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 316, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128305.

BRENNAN, C. Deterrence; enforcement; environmental crime; illegal dumping; waste law. *Journal of Environmental Law*, v. 28, 2016. DOI: 10.1093/jel/eqw026.

CHENG, X. et al. Digital government transformation and environmental violations: Evidence from a DID approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 71, 2024. DOI: 10.1109/TEM.2023.3307599.

COELHO, S. O. P.; SILVA, T. D. O. E.; SERAFIM, D. H. A. Licenciamento ambiental na ótica do constitucionalismo contemporâneo: potenciais do instrumento para um papel estrutural na Política Nacional de Meio Ambiente. *Veredas do Direito*, v. 20, e202548, 2023. DOI: 10.18623/rvd.v20.2548.

FATORELLI, L.; MERTENS, F. Integração de políticas e governança ambiental: o caso do licenciamento rural no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. 13, n. 2, p. 401–415, jul./dez. 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000200010.

FERREIRA, A. S. et al. Estudo de caso: abordagem das principais dificuldades relatadas pelo homem do campo na realização do Cadastro Ambiental Rural no nordeste paraense (Capanema- PA). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 85744–85755, nov. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-119.

GIBBS, C.; PUGH, D. White-collar environmental crime: Opportunity theory and renewable fuel fraud. *Crime, Law and Social Change*, v. 67, 2017. DOI: 10.1007/s10611-016-9667-x.

LLYNCH, M. J. Green criminology and climate change: Limits, restrictions and tensions. *Critical Criminology*, v. 31, 2023. DOI: 10.1007/s10612-023-09711-x.

MMACKENZIE, S. Environmental harm and fraud in forestry: The challenges of regulation. *Critical Criminology*, v. 32, 2024. DOI: 10.1007/s10612-024-09735-4.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (orgs.). *Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente*. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.

PPADULA, R. C.; SILVA, L. P. da. *Gestão e licenciamento ambiental no Brasil*:

modelo de gestão focado na qualidade do meio ambiente. Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, ed. temática, 2005. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/5010>. Acesso em: 23 nov. 2025.

SANZ, G. et al. Detecting environmental violations using AI: An application in satellite monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 196, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-10902-3.

TEIXEIRA JÚNIOR, W. Políticas públicas e cotonicultura nos municípios da Bacia do Rio Vermelho no Estado de Mato Grosso no período de 1990 a 2014. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – Doutorado Interinstitucional (UFCG/UFMT). 234 p. Rondonópolis-MT, 2017

TEIXEIRA NETO, E. S. de F.; MELO, J. A. M. de. Cadastro Ambiental Rural, CAR – um estudo sobre as principais dificuldades relacionadas à sua implantação. *Negócios em Projeção*, v. 7, n. 2, p. 54–68, 2016.

WANG, Y. et al. Deterrence effect of environmental penalties: Evidence from Chinese manufacturing firms. *Sustainability*, v. 11, 2019. DOI: 10.3390/su11154226.

WHITE, R. Environmental harm and the political economy of crime. *Crime, Law and Social Change*, v. 53, 2010. DOI: 10.1007/s10611-010-9233-x.

2.2 - Artigo Científico 2 - *AmbientDetect*: Modelo Preditivo para Detecção de Não Conformidades no Licenciamento Ambiental Brasileiro

Alessandra Saturnino de Souza Cozzolino¹; Nadja Gomes Machado²

1 – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, 2367, Av. Fernando Correa da Costa, Cuiabá 78060-900, MT, Brasil; alessandra.cozzolino@sou.ufmt.br

2 – Instituto Federal de Mato Grosso, Av. Juliano da Costa Marques, Cuiabá 78050-560, MT, Brasil; nadja.machado@ifmt.edu.br

RESUMO

Este trabalho descreve a metodologia preditiva *AmbientDetect*, desenvolvida para detecção e triagem de não conformidades em procedimentos ambientais com forte componente autodeclaratório. A concepção da metodologia deriva da experiência prática da autora na Operação Polygonum (2018–2023), em Mato Grosso, que evidenciou vulnerabilidades estruturais na validação de informações declaradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), e foi aprimorada por aprendizados obtidos em operações subsequentes, que revelaram fraudes mais complexas em instrumentos ambientais correlatos. A metodologia organiza-se em arquitetura tridimensional (fases, eixos e etapas), orientada por princípios operacionais e por nove etapas de execução auditável, combinando triangulação de evidências, prevenção orientada a risco e rastreabilidade do raciocínio técnico. A validação empírica baseou-se na análise documental de 600 relatórios técnicos produzidos no contexto de *recall* de CARs e na aplicação, em 2025, de questionário anonimizado a analistas do Cadastro Ambiental Rural - CAR da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT), com 32 respostas de um total de 40 (80%). Os resultados confirmaram a recorrência de inconsistências técnicas e documentais, reforçando a necessidade de instrumentos que qualifiquem a priorização e o aprofundamento analítico em cenários de alto volume processual. Conclui-se que a *AmbientDetect* é replicável e passível de customização institucional, podendo operar como método aplicado e, quando houver maturidade de dados e governança informacional, ser integrada a rotinas automatizadas e a ferramentas analíticas para ampliar eficiência,

transparência e integridade no controle ambiental.

Palavras-chave: Governança Ambiental; Autodeclaração; Gestão de Riscos; Integridade Institucional.

ABSTRACT

This study presents *AmbientDetect*, a predictive methodology designed to detect and prioritize non-compliances in environmental procedures with a strong self-declaratory component. The methodology was conceived from the author's practical experience during the Polygonum Operation (2018–2023) in the state of Mato Grosso, which exposed structural vulnerabilities in validating self-declared information within the Rural Environmental Registry (CAR), and was refined through lessons learned from subsequent operations addressing more sophisticated fraud patterns in related environmental instruments. *AmbientDetect* is structured as a three-dimensional architecture (phases, analytical axes, and operational steps), guided by operational principles and nine auditable execution steps that combine evidence triangulation, risk-oriented prevention, and traceability of technical reasoning. Empirical validation relied on documentary analysis of 600 technical reports produced in the context of CAR recall and on an anonymized survey applied in 2025 to CAR analysts at the Mato Grosso State Environmental Secretariat (SEMA/MT), with 32 responses out of 40 (80%). Results confirmed recurring technical and documentary inconsistencies, supporting the need for methods that improve prioritization and analytical depth under high-volume conditions. The study concludes that *AmbientDetect* is replicable and institutionally adaptable, operating both as an applied method and, where data maturity and information governance allow, as a framework compatible with automation and analytical tools to enhance efficiency, transparency, and integrity in environmental control.

Keywords: Environmental Governance; Self-declaration; Risk Management; Institutional Integrity

2.2.1 Introdução

A proteção do meio ambiente, consagrada como direito fundamental no art. 225 da Constituição Federal de 1988, impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988). Para dar concretude a esse comando, a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981, consolidou o licenciamento ambiental como instrumento estratégico para compatibilizar desenvolvimento econômico e uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 1981). No entanto, a crescente complexidade dos conflitos socioambientais, a pressão por decisões céleres e a ampliação de processos administrativos digitais tornam mais evidente a necessidade de soluções que articulem eficiência, proteção ecossistêmica e integridade institucional (ANTUNES, 2016).

Nesse cenário, o Cadastro Ambiental Rural (CAR), previsto no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), consolidou-se como instrumento central de controle territorial e regularização ambiental, estruturado como registro eletrônico obrigatório para imóveis rurais (BRASIL, 2012). Por operar em regime autodeclaratório, o CAR amplia a capacidade de processamento e a rastreabilidade do procedimento, mas também expõe vulnerabilidades na validação das informações declaradas, com risco de produção de inconsistências relevantes e, em situações mais graves, de fraudes com impacto ambiental e repercussão jurídico-administrativa (MACHADO, 2017). A experiência prática em investigações, com destaque para a Operação Polygonum (2018–2023), em Mato Grosso, evidenciou recorrência de desconformidades que variaram de sobreposições técnico-espaciais a fragilidades documentais e manipulações informacionais, em contexto de atuação integrada entre Ministério Público Estadual, Polícia Judiciária Civil e Secretaria de Estado de Meio Ambiente, com apoio institucional adicional.

A digitalização progressiva dos procedimentos ambientais, embora favoreça transparência e integração de bases, também amplia a escala decisória: em ambientes de alto volume, a conferência integral e manual de todos os processos tende a se tornar impraticável, o que pode reforçar assimetrias informacionais e permitir que não conformidades permaneçam sem detecção oportuna. Esse desafio ganha maior centralidade no marco normativo recente: a Lei nº 15.190/2025, ao disciplinar modalidades de licenciamento e prever procedimentos simplificados, inclusive por

adesão e compromisso, reafirma a relevância de estratégias preventivas de verificação, fiscalização por amostragem e priorização orientada a risco, sobretudo quando o procedimento passa a depender mais intensamente da consistência do conteúdo declarado pelo interessado.

É nesse contexto que se insere a metodologia preditiva *AmbientDetect*, desenvolvida a partir de evidências empíricas e do aprendizado institucional acumulado em operações de controle, com atenção a padrões recorrentes de não conformidade em fluxos autodeclaratórios. A hipótese central é que irregularidades, inconsistências e fraudes tendem a apresentar combinações detectáveis de sinais, e que a antecipação desses padrões, por meio de triagem orientada a risco, pode fortalecer a governança ambiental, qualificar a instrução técnica e aumentar a auditabilidade das decisões. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar a *AmbientDetect* como um modelo metodológico aplicável tanto como procedimento técnico-operacional, com registros verificáveis e checklists calibrados, quanto como estrutura compatível com automatização e uso de analítica avançada quando houver maturidade institucional de dados, sem pressupor a existência imediata de ferramenta computacional dedicada.

2.2.2 Fundamentação Teórica e Normativa: Uma Abordagem Multidisciplinar

A *AmbientDetect* foi estruturada para responder a um problema operacional recorrente em instrumentos de controle ambiental com componente autodeclaratório: a combinação entre assimetria de informação, alto volume decisório e limitações institucionais de verificação tende a ampliar a probabilidade de não conformidades com impacto técnico e jurídico-administrativo. Para sustentar essa resposta, a fundamentação do trabalho articula dois planos complementares: o plano normativo, que define deveres estatais de proteção, instrumentos de controle e regimes de responsabilização; e o plano teórico-empírico, identificado na literatura científica recente, que organiza o campo em matrizes voltadas a *enforcement*, governança/*compliance* e abordagens analíticas e preditivas.

No plano normativo, a metodologia se ancora nos marcos que estruturam a política ambiental brasileira, os instrumentos de controle e as balizas de responsabilização. A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu art. 225, consagra o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e impõe

deveres de proteção e controle ao Poder Público e à coletividade (Brasil, 1988). A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981, organiza instrumentos de gestão, incluindo o licenciamento ambiental e diretrizes de avaliação e mitigação de impactos (Brasil, 1981). A Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) delimita condutas lesivas e o horizonte sancionatório quando não conformidades ultrapassam o plano formal e assumem contornos de ilicitude material (Brasil, 1998). O Código Florestal, Lei nº 12.651/2012, instituiu o Cadastro Ambiental Rural como registro eletrônico obrigatório, de base territorial e natureza autodeclaratória, e consolidou categorias territoriais sensíveis ao controle, como Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (Brasil, 2012). Em nível infralegal, a Resolução CONAMA nº 237/1997 detalha procedimentos e parâmetros do licenciamento, conferindo densidade operacional ao instrumento (CONAMA, 1997). Em acréscimo, a Lei nº 15.190/2025 (Lei Geral do Licenciamento Ambiental), com vigência a partir de 04/02/2026, tende a ampliar o relevo de mecanismos de conformidade e verificabilidade ao prever modalidades simplificadas baseadas em declaração de adesão e compromisso, reforçando a necessidade de rotinas de controle orientadas a risco e de validação posterior das informações prestadas.

Em conjunto, esse arranjo normativo evidencia que o controle ambiental não se esgota na existência formal do procedimento: ele depende de verificabilidade, motivação e capacidade institucional para identificar incongruências e prevenir a consolidação de situações que fragilizem a tutela ambiental.

No plano teórico, a fundamentação da *AmbientDetect* foi informada por dois blocos complementares: literatura criminológica e institucional sobre ilícitos ambientais e *enforcement*; e literatura aplicada sobre governança, gestão de riscos/*compliance* e métodos analítico-preditivos para detecção e monitoramento. A síntese dessas vertentes foi orientada por uma revisão cientométrica prévia (descrita adiante), que indicou convergência do estado da arte em três pilares temáticos recorrentes, úteis para estruturar uma metodologia voltada a processos com forte componente autodeclaratório: (a) criminologia ambiental e prevenção situacional; (b) modelagem/abordagens analíticas voltadas à detecção e monitoramento; e (c) governança regulatória, gestão de riscos e *compliance*.

Em primeiro lugar, a criminologia ambiental e o debate sobre *enforcement* contribuem para compreender que a não conformidade não decorre apenas de

eventos isolados, mas também de incentivos, oportunidades e limitações de controle, que podem favorecer desde inconsistências até padrões reiterados e intencionais de violação. Nessa linha, estudos de criminologia verde e criminologia crítica aplicados a danos ambientais sustentam que a efetividade do controle depende de capacidade institucional, coerência regulatória e respostas proporcionais, para além de estratégias exclusivamente reativas (WHITE, 2024; LYNCH, 2023). A *AmbientDetect* incorpora essa perspectiva ao assumir que procedimentos autodeclaratórios elevam assimetrias de informação e tendem a gerar padrões recorrentes de desvios verificáveis, que podem ser tratados por triagem orientada a risco e por mecanismos preventivos. Esse componente também dialoga com a prevenção situacional, ao deslocar o foco para a redução de oportunidades de ocorrência de não conformidades e para o fortalecimento de rotinas de verificação e rastreabilidade (CLARKE, 1980).

A literatura analítico-preditiva, em segundo lugar, enfatiza que o aumento de volume processual e a complexidade territorial exigem métodos de detecção capazes de operar com cruzamentos de dados, identificação de anomalias e monitoramento em escala, inclusive com apoio de tecnologias como sensoriamento remoto e, mais recentemente, inteligência artificial. Esses estudos sustentam a utilidade de lógicas de classificação por risco e de validações cruzadas para aumentar eficiência e reduzir vulnerabilidades em instrumentos dependentes de informação declarada (WANG, 2023; SANZ, 2022). A *AmbientDetect* se alinha a essa agenda ao propor estrutura metodológica que viabiliza, desde versões manuais, a priorização e o aprofundamento proporcional, preservando a possibilidade de automatização futura.

Em terceiro lugar, a literatura de governança regulatória, gestão de riscos e *compliance* fornece o lastro para a organização de critérios verificáveis, padronização de rotinas e auditabilidade decisória. Esse eixo sustenta que, em ambientes de recursos limitados, respostas efetivas exigem priorização orientada a risco e mecanismos institucionais que promovam consistência, comparabilidade e transparência das decisões (CHENG, 2021; GIBBS, 2020). A *AmbientDetect* dialoga com a teoria da regulação responsiva, ao reconhecer que instrumentos de controle podem combinar estratégias graduadas (orientação, correção, restrição, sanção) conforme gravidade e recorrência, otimizando esforços sem reduzir rigor (AYRES; BRAITHWAITE, 1992). Além disso, a metodologia é compatível com boas práticas de gestão de riscos e auditoria, pois estrutura variáveis, critérios e registros de modo

rastreável, o que se articula com diretrizes normativas de gestão (por exemplo, ABNT NBR ISO 31000), gestão ambiental (ABNT NBR ISO 14001) e auditoria (ABNT NBR ISO 19011), sem depender de uma ferramenta tecnológica específica para existir como procedimento replicável.

Embora a revisão cientométrica tenha sido aprofundada em artigo/capítulo específico desta dissertação, apresenta-se aqui uma síntese metodológica mínima para garantir autonomia de leitura. A identificação dos pilares teóricos foi orientada por uma análise bibliométrica na base Scopus, com estratégia de busca aplicada aos campos da base por descritores relacionados a crimes ambientais, irregularidades, não conformidades e licenciamento/*permitting*. Após triagem por pertinência temática e exclusão de duplicidades, obteve-se um conjunto final de 120 artigos (1994–2025), processado no ambiente R por meio do pacote Bibliometrix/Biblioshiny, permitindo mapear tendências temporais, autores, fontes e estrutura temática por coocorrência de palavras-chave. O objetivo desta etapa, no contexto da *AmbientDetect*, não foi “exaurir” a literatura, mas identificar questões de conformidade e matrizes dominantes que sustentassem uma metodologia aplicada e orientada a risco, compatível com instrumentos de controle ambiental com componente autodeclaratório.

2.2.3 Materiais e Métodos: A Arquitetura da Metodologia *AmbientDetect*

A construção da metodologia *AmbientDetect* e sua validação empírica foram desenvolvidas por abordagem multimétodo, combinando análise documental, levantamento de percepções especializadas e estruturação de um modelo conceitual aplicado, estratégia apropriada quando se busca elaborar e testar uma metodologia a partir de evidências empíricas e da compreensão sistemática de fluxos institucionais (GIL, 2019; YIN, 2015). A proposta foi delineada para enfrentar um problema recorrente em instrumentos de controle ambiental com componente autodeclaratório: a ampliação de assimetrias informacionais, que tende a aumentar a incidência de não conformidades em etapas decisórias sensíveis de procedimentos ambientais.

Neste trabalho, adota-se “não conformidade” como termo guarda-chuva para designar desvios relevantes em relação a requisitos normativos, procedimentais ou técnico-operacionais, abrangendo desde inconsistências sanáveis até irregularidades e fraudes. Nem toda não conformidade configura ilícito, mas toda irregularidade e toda fraude constituem não conformidades, por representarem desconformidade material ou

intencionalidade na informação e/ou no procedimento.

A validação empírica apoiou-se em duas frentes complementares. A primeira consistiu na análise documental de 600 relatórios técnicos vinculados à Operação Polygonum (2018–2023), produzidos no contexto de revisão e reanálise de Cadastros Ambientais Rurais listados para *recall*, conforme Anexo I da Portaria nº 708, de 30 de agosto de 2018, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso, que suspendeu cautelarmente os CARs identificados para reavaliação técnica. Esses relatórios registram padrões recorrentes de não conformidades, com destaque para dois macrogrupos de achados: inconsistências documentais e inconsistências técnicas, organizados de modo a subsidiar triagem e priorização.

A segunda frente envolveu a aplicação, em 2025, de questionário direcionado a analistas do CAR vinculados à SEMA/MT. O instrumento foi encaminhado por correio eletrônico a 40 analistas, com obtenção de 32 respostas (taxa de retorno de 80%). A coleta foi conduzida de forma anonimizada, sem identificação individual dos respondentes, e precedida de solicitação formal à gestão institucional para viabilizar o envio. O objetivo foi captar, de modo sistemático, a percepção desses profissionais sobre frequência, natureza e recorrência das não conformidades observadas em rotinas de validação e conferência, permitindo cotejar percepções operacionais com os padrões objetivos documentados nos relatórios (YIN, 2015).

A *AmbientDetect* organiza-se a partir de um tripé estruturante, cuja aplicação efetiva depende do domínio integrado de três dimensões interdependentes: processos, normas e sistemas informacionais. A dimensão processual corresponde ao entendimento do fluxo procedimental (competências, etapas, prazos, pontos de decisão e rotinas de instrução), condição necessária para reconhecer gargalos, vulnerabilidades e oportunidades de manipulação. A dimensão normativa refere-se ao domínio do marco legal e infralegal aplicável, indispensável para qualificar o juízo de conformidade e sustentar tecnicamente a motivação de decisões e achados. A dimensão dos sistemas informacionais, por sua vez, relaciona-se ao entendimento de como dados são inseridos, processados e passíveis de auditoria em plataformas digitais, inclusive trilhas de acesso e vulnerabilidades, permitindo distinguir falhas sistêmicas, inserções indevidas e alterações intencionais de informação.

Esse tripé sustenta a lógica preditiva e orientada a risco da metodologia, porque permite que a análise ultrapasse a leitura formal de documentos e incorpore cruzamentos verificáveis, priorização e aprendizado institucional. Em conjunto, esse

tripé permite transformar dados declaratórios e requisitos normativos em verificações rastreáveis, com priorização proporcional ao risco e registro auditável do raciocínio técnico.

Princípios, Eixos, Fases e Etapas

Por se tratar de metodologia aplicada, a *AmbientDetect* foi estruturada com níveis complementares de organização para assegurar consistência, reprodutibilidade e capacidade de adaptação a diferentes procedimentos e instituições. Nesta arquitetura, os princípios funcionam como critérios de operação do método; os eixos delimitam dimensões mínimas de verificação que reduzem pontos cegos; as fases organizam o ciclo analítico em macroetapas, favorecendo aplicação proporcional ao risco; e as etapas descrevem o fluxo executável de trabalho, necessário para padronização mínima e auditabilidade.

Princípios Operacionais

A *AmbientDetect* é guiada por três princípios operacionais, adotados para evitar que o método se reduza a checagens isoladas e para garantir que decisões possam ser justificadas com base em evidências rastreáveis.

I - Integração de evidências e triangulação verificável. A análise não se apoia em um único tipo de informação. A conclusão sobre conformidade decorre do confronto entre peças do processo, exigências normativas e dados técnicos provenientes de bases internas e externas, quando aplicável. Esse princípio estrutura a seleção de variáveis, o cruzamento multifonte e a justificativa do escore de risco, especialmente nas etapas de parametrização, matriz e verificação.

II - Prevenção orientada a risco e proporcionalidade do esforço analítico. Em contextos de alto volume e recursos limitados, processos não devem receber o mesmo nível de aprofundamento sem critério. O método prioriza a identificação precoce de padrões de risco e direciona diligências e verificações adicionais aos casos de maior criticidade, preservando racionalidade administrativa e capacidade de resposta.

III - Rastreabilidade e auditabilidade do raciocínio técnico. A metodologia exige registro claro de quais variáveis foram analisadas, quais evidências sustentaram a classificação e porque determinado encaminhamento foi proposto. Essa rastreabilidade protege a decisão administrativa, qualifica controles internos e externos e fortalece a consistência técnica, sobretudo quando achados podem ter repercussões

administrativas ou judiciais.

Eixos de análise

Os eixos asseguram completude e evitam reducionismos. Em instrumentos autodeclaratórios, a checagem exclusivamente documental pode deixar escapar incongruências técnico-espaciais relevantes, enquanto a verificação apenas geoespacial pode ignorar vícios procedimentais, incompatibilidades normativas e fragilidades na instrução do processo. Por isso, a *AmbientDetect* opera com cinco eixos mínimos, que permanecem aplicáveis fora do CAR, ainda que variem as variáveis, pesos e bases consultadas:

- a) Análise normativo-jurídica: verifica aderência às exigências legais e infralegais aplicáveis ao procedimento, incluindo condicionantes, vedações e requisitos de validade.
- b) Análise institucional-organizacional: observa aspectos do arranjo institucional que afetam risco e controle (fluxos de trabalho, segregação de funções, capacidade técnica, gargalos, pontos vulneráveis).
- c) Análise procedimental-administrativa: examina o rito, a instrução do processo, integridade documental, coerência interna, prazos e cumprimento de exigências formais.
- d) Análise técnico-espacial: confronta informações declaradas com bases independentes e critérios técnico-cartográficos, incluindo geoprocessamento e sensoriamento remoto quando aplicável.
- e) Análise comportamental-contextual: considera histórico e padrões de recorrência como fatores de risco para priorização, sem substituir a prova técnica nem gerar presunção automática de irregularidade.

Fases do ciclo analítico (macroorganização)

As fases organizam o ciclo analítico em macroetapas e tornam explícita a lógica escalonada do método. Elas existem para separar o momento de: diagnóstico de vulnerabilidades; parametrização e definição do que será medido como risco; aplicação e triagem; retroalimentação e disseminação do aprendizado. Essa macro-organização impede que a metodologia seja confundida com um procedimento linear fixo e permite aplicação proporcional ao risco. Assim, todos os casos percorrem as fases como lógica do funcionamento metodológico, mas nem todos demandam a

execução completa de todas as etapas. Em processos de baixo risco, a aplicação pode se encerrar com menor aprofundamento após a classificação e a decisão de priorização, enquanto processos de risco médio ou alto acionam etapas adicionais, como alertas, recomendações e verificações aprofundadas.

As fases organizam a macro-lógica do ciclo de trabalho. Todos os casos percorrem essas fases como lógica metodológica, mas nem todos exigem a execução completa de todas as etapas operacionais.

Fase 1 — Diagnóstico e mapeamento de vulnerabilidades - Identifica pontos críticos do fluxo e padrões recorrentes no tipo de procedimento analisado, com centralidade na Etapa 1.

Fase 2 — Parametrização e modelagem do risco - Define variáveis de risco, estrutura critérios de checagem e consolida a lógica de classificação, com centralidade nas etapas 2, 3 e 4.

Fase 3 — Aplicação, verificação e triagem orientada a risco - Executa cruzamentos, atribui escore e direciona aprofundamentos conforme criticidade, com centralidade nas Etapas 5 e 6, e acionamento condicional da Etapa 7.

Fase 4 — Retroalimentação e institucionalização do aprendizado - Registra padrões relevantes, atualiza instrumentos e dissemina aprendizado, com centralidade nas Etapas 8 e 9 quando houver achado novo, padrão relevante ou utilidade institucional.

Eixos de análise	Fase 1 – Diagnóstico e mapeamento de vulnerabilidades	Fase 2 – Parametrização e modelagem do risco	Fase 3 – Aplicação, verificação e triagem	Fase 4 – Retroalimentação e institucionalização
Normativo-jurídico	Identifica exigências e pontos críticos de conformidade aplicáveis ao tipo de procedimento	Define critérios normativos que compõem variáveis e pesos da matriz de risco	Sustenta decisões de diligência, validação ou indeferimento com base em critérios verificáveis	Atualiza itens normativos e orientações internas conforme padrões recorrentes
Institucional-organizacional	Mapeia gargalos, vulnerabilidades do fluxo e pontos sensíveis de decisão	Ajusta parâmetros à capacidade institucional e aos pontos de controle existentes	Orienta priorização de esforço conforme recursos e risco, reduzindo assimetria operacional	Registra lições institucionais e padroniza melhorias de fluxo e governança
Procedimental-administrativo	Identifica etapas do rito com maior incidência de falhas e inconsistências formais	Define variáveis procedimentais e requisitos documentais para checagem padronizada	Verifica integridade da instrução, coerência interna e cumprimento de exigências	Atualiza roteiros de instrução e padrões mínimos para reduzir retrabalho e erro recorrente
Técnico-espacial	Aponta vulnerabilidades típicas de cartografia, sobreposições e inconsistências territoriais	Define parâmetros geoespaciais e bases externas de conferência	Executa cruzamentos com bases independentes e consolida evidências técnico-espaciais	Incorpora novos padrões cartográficos e melhora regras de validação e checagem
Comportamental-contextual	Identifica fatores de risco relacionados a recorrência e padrões de conduta relevantes para triagem	Parametriza indicadores contextuais como componentes auxiliares do escore	Apoia priorização e aprofundamento em casos de risco médio ou alto, sem substituir prova técnica	Atualiza critérios de recorrência e refina alertas e recomendações para casos similares

FIGURA 3.1: Este quadro apresenta a relação entre os eixos de análise e as fases metodológicas.
FONTE: elaborado pela autora (2025).

Etapas Operacionais

As etapas operacionais descrevem o fluxo de execução e existem para garantir padronização mínima, reprodutibilidade e auditabilidade. Elas tornam o método verificável: permitem explicar como se chegou ao escore de risco, quais critérios foram usados e quais evidências foram cruzadas. Ao mesmo tempo, por serem etapas, elas podem ser aplicadas com diferentes níveis de intensidade, conforme o risco e o tipo de procedimento analisado. As nove etapas operacionais são o fluxo verificável de execução:

1 - Mapeamento sistemático de vulnerabilidades: Identifica, para cada tipo de procedimento e contexto institucional, os pontos do fluxo em que há maior probabilidade de ocorrência de não conformidades. O produto desta etapa é um mapa de pontos críticos, com indicação de onde concentrar atenção, quais falhas são mais recorrentes e quais sinais costumam anteceder irregularidades relevantes.

2 - Definição e parametrização de variáveis preditivas: Seleciona e organiza os indicadores de risco que serão observados no processo, agrupando-os conforme os eixos de análise. Aqui se define o que será considerado sinal de risco documental, procedimental, normativo, técnico-espacial e contextual, além de como cada variável será registrada de forma verificável.

3 - Construção da matriz de risco multidimensional: Estrutura o modelo de classificação do risco por meio do cruzamento das variáveis definidas na etapa anterior. A matriz consolida a lógica de ponderação e de combinação de sinais, permitindo que diferentes evidências, quando reunidas, elevem ou reduzam o nível de risco atribuído ao caso.

4 - Desenvolvimento de checklists técnicos inteligentes: Converte a matriz e as variáveis em roteiros de verificação padronizados, compatíveis com a rotina institucional. O checklist é inteligente porque não é um formulário rígido: ele é ajustável conforme o tipo de procedimento e pode ser aplicado com maior ou menor profundidade conforme o nível de risco.

5 - Implementação de análise cruzada multifonte: Realiza a conferência das informações declaradas com bases independentes e fontes externas, quando disponíveis, além do confronto interno entre peças do próprio processo. Nesta etapa se localizam incompatibilidades relevantes, como divergências entre documentos, inconsistências cartográficas, sobreposições indevidas e incoerências com dados oficiais.

6 - Classificação e geração de escores de risco: Consolida os achados das etapas anteriores e atribui um nível de risco ao processo, com registro das variáveis que justificam essa classificação. O objetivo é orientar priorização: casos de baixo risco seguem fluxo simplificado; casos de médio e alto risco demandam aprofundamento proporcional.

7 - Sistema de alertas e recomendações: Para processos classificados como risco médio ou alto, gera sinalização objetiva de criticidade e recomendações operacionais de encaminhamento, como necessidade de diligência, complementação de informação, verificação adicional, revisão técnica ou outra providência compatível com o rito do órgão. Em baixo risco, esta etapa pode ser aplicada de forma mínima ou não ser acionada.

8 - Retroalimentação e banco de padrões críticos: Registra padrões relevantes de não conformidade identificados na aplicação, especialmente quando recorrentes, novos ou institucionalmente úteis. Esses padrões alimentam a atualização da matriz de risco e dos checklists, evitando que o conhecimento fique restrito ao caso individual ou a um único analista.

9 - Programa de capacitação e cultura de integridade: Transforma o aprendizado acumulado em orientação institucional, com atualização de rotinas, comunicação interna e capacitação periódica. O foco é consolidar consistência na aplicação do método, reduzir variações subjetivas e fortalecer práticas preventivas, mantendo a metodologia atualizada frente à evolução de inconsistências e fraudes.

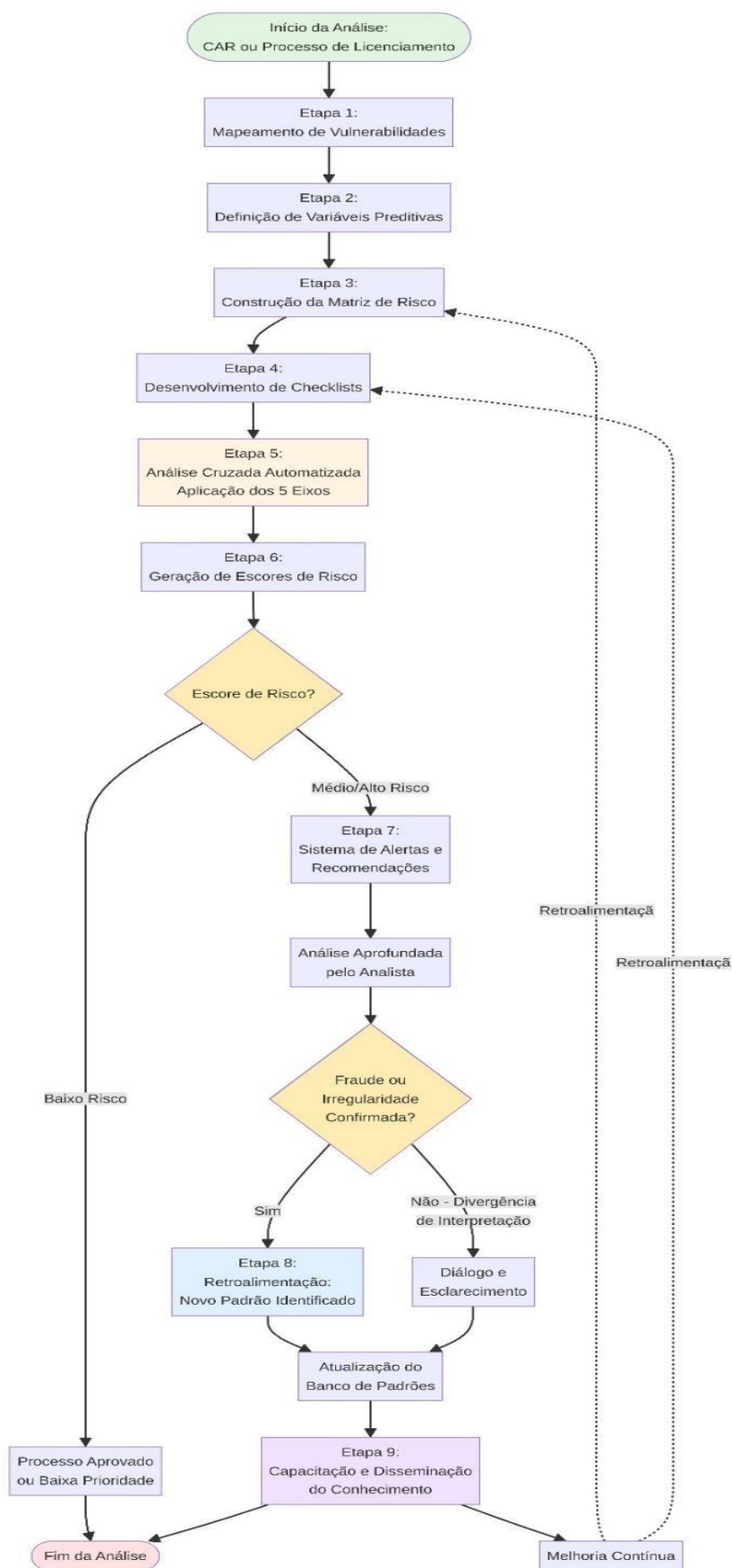


FIGURA 3.2 – Infográfico das Etapas da Metodologia *AmbientDetect*.
Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em síntese, as fases estruturam o ciclo analítico, enquanto as etapas operacionalizam a execução, aplicada de forma proporcional ao risco e à necessidade de aprofundamento.

Exemplo prático de aplicação

A aplicação da *AmbientDetect* pode ser ilustrada por um processo ambiental recebido para análise em órgão de controle, licenciamento ou fiscalização, em que o particular apresenta informações autodeclaratórias para validação. O fluxo segue uma lógica escalonada: enquadramento do caso em vulnerabilidades já mapeadas, definição de variáveis preditivas, análise cruzada multifonte, cálculo de escore de risco e encaminhamento proporcional ao nível de criticidade.

O ponto de partida não é a leitura isolada das peças, mas o enquadramento do processo em um conjunto de vulnerabilidades previamente identificadas para aquele tipo de procedimento, região ou atividade. Essa etapa inicial direciona a conferência para padrões recorrentes e combinações típicas de sinais de risco, reduzindo aleatoriedade e aumentando eficiência em cenários de alto volume de demanda.

Em seguida, as informações essenciais são parametrizadas como variáveis preditivas e organizadas conforme os eixos analíticos. No eixo procedimental e documental, verifica-se integridade, completude e coerência interna das informações e documentos; no eixo normativo, examina-se compatibilidade com requisitos legais e infralegais; no eixo técnico-espacial, confrontam-se declarações com bases independentes e dados oficiais, verificando sobreposições e incoerências relevantes; e no eixo comportamental-contextual, considera-se histórico e recorrência como fator de priorização, sem substituir prova técnica nem produzir presunção automática de fraude.

Com as variáveis registradas, procede-se ao cruzamento das evidências e à atribuição do escore de risco. Processos de baixo risco podem seguir fluxo simplificado, com rastreabilidade mínima suficiente; processos de risco médio ou alto demandam diligências e verificações adicionais proporcionais, com alertas e recomendações de encaminhamento conforme o tipo de não conformidade e seu potencial impacto ambiental e jurídico-administrativo. Ao identificar padrão novo ou recorrente com relevância institucional, o achado é registrado para retroalimentar matriz, checklists e rotinas, fortalecendo aprendizado e padronização.

Da Customização

A *AmbientDetect* foi concebida como metodologia aplicada e adaptável para apoiar detecção e triagem de não conformidades em procedimentos com componente autodeclaratório. Não se trata de protocolo rígido replicável sem ajustes: sua efetividade depende de adequação ao contexto institucional, considerando competências legais, fluxos decisórios, capacidade técnica, sistemas informacionais disponíveis e padrões locais de inconsistências, irregularidades e fraudes. Em termos operacionais, a estrutura do método permanece estável (eixos, fases e etapas), enquanto variáveis, pesos da matriz de risco, bases de referência e itens de checklist devem ser calibrados localmente.

A customização é necessária porque o risco de não conformidade assume configurações distintas conforme o procedimento, o setor regulado e o território. Órgãos estaduais e municipais operam sob arranjos normativos e infraestruturas informacionais diferentes; além disso, a aplicação em licenciamento, fiscalização administrativa ou persecução envolve objetivos operacionais e requisitos de registro e motivação distintos. Padrões relevantes também variam por domínio (por exemplo, mineração, gestão florestal, supressão, autorizações correlatas ou créditos ambientais), exigindo que o método capture sinais consistentes para cada realidade.

Para orientar a adaptação, recomenda-se anteceder a implementação por três movimentos: definição de objetivos e escopo (quais processos, quais resultados e quais riscos priorizar); mapeamento do fluxo interno (pontos de decisão, gargalos, responsabilidades e controles existentes), de modo que a metodologia se integre à rotina e não crie procedimento paralelo; e sistematização de padrões de risco com base no histórico institucional (relatórios, auditorias, autuações, litígios e investigações), para selecionar variáveis discriminantes e construir checklists compatíveis com o problema real.

Ao preservar a estrutura e customizar o conteúdo, a *AmbientDetect* mantém coerência metodológica e, ao mesmo tempo, aumenta precisão e utilidade prática. Essa característica foi concebida desde a origem para operar em ambientes de alto volume e crescente digitalização dos processos ambientais, nos quais informações autodeclaradas tendem a ganhar escala e exigem mecanismos mais robustos de verificação, priorização e rastreabilidade. Por isso, a metodologia foi desenhada como um método aplicado que pode ser executado com rotinas técnicas e checklists, mas cuja lógica é compatível com automação e com uso de inteligência artificial quando

houver governança de dados, integração de bases e maturidade institucional suficientes para sustentar cruzamentos sistemáticos e classificação por risco. Essa orientação se torna particularmente relevante em cenários normativos que ampliem modalidades simplificadas e instrumentos assentados na declaração do interessado, nos quais a integridade do controle depende, cada vez mais, de estratégias preventivas de verificação por amostragem e por risco, com trilhas de auditoria capazes de sustentar decisões e encaminhamentos. Esse desenho dialoga diretamente com o contexto normativo recente da nova Lei de Licenciamento Ambiental, lei nº 15.190/2025, em vigor desde 4 de fevereiro de 2026, ao ampliar modalidades com maior simplificação procedimental e mecanismos declaratórios, como a Licença por Adesão e Compromisso (LAC) e a Licença Ambiental Única (LAU), o que tende a elevar a importância de estratégias preventivas de verificação por risco, amostragem e monitoramento contínuo.

2.2.4 Resultados e Discussão

A validação empírica da metodologia *AmbientDetect* foi fundamentada na triangulação entre dados secundários (análise documental de 600 relatórios técnicos produzidos no contexto da Operação Polygonum) e dados primários (questionário aplicado a analistas responsáveis pela validação de CAR na SEMA/MT). Essa estratégia permitiu: identificar padrões recorrentes de não conformidade e vulnerabilidades estruturais; e cotejar esses achados objetivos com a percepção dos profissionais que atuam diretamente no fluxo decisório. Os resultados a seguir evidenciam a recorrência de falhas sistêmicas e sustentam a pertinência de uma abordagem preditiva e orientada a risco, que vai além da verificação *checklist-based* isolada e se concentra em triagem proporcional, rastreabilidade e aprendizado institucional.

Padrões de Não Conformidade e Aderência Empírica da *AmbientDetect*

A análise dos 600 relatórios técnicos vinculados à Operação Polygonum, corroborada pelo questionário aplicado a 32 dos 40 analistas do CAR/SEMA-MT (taxa de resposta de 80%), revelou alta incidência de inconsistências documentais e técnicas. Conforme indicado na Figura 3.3, a percepção predominante dos analistas é de que ambas são “muito frequentes” ou “frequentes”, o que reforça a hipótese

central do estudo: em instrumentos com forte componente autodeclaratório, a combinação entre assimetria informacional, alto volume processual e capacidade institucional limitada tende a aumentar a probabilidade de não conformidades em etapas decisórias sensíveis.

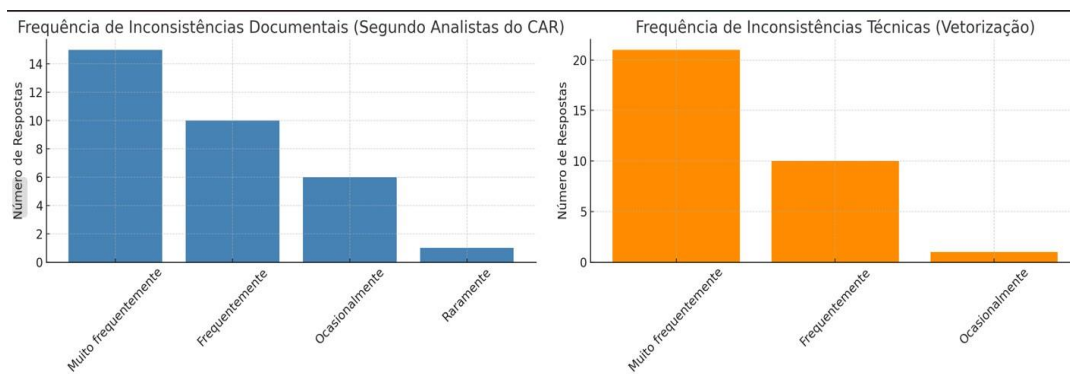


FIGURA 3.3: Frequência de Inconsistências Documentais e Técnicas (Segundo 32 Analistas do CAR/SEMA-MT). Fonte: elaborado pela autora (2025).

O detalhamento das inconsistências (Figura 3.4) evidencia que, no plano documental, destacam-se: ausência de informações essenciais; e fragilidades/ausência de comprovação de dominialidade. No plano técnico, sobressaem: vetorização inadequada (geometria, delimitação de áreas como reserva legal, preservação permanente etc); e ausência/fragilidade de comprovação de reposição florestal, atribuição de urgência, entre outros achados recorrentes. Esses resultados não apenas quantificam o problema, mas operam como insumo direto para a *AmbientDetect* ao: (a) alimentar o mapeamento sistemático de vulnerabilidades (Etapa 1); (b) orientar a parametrização de variáveis preditivas (Etapa 2); e (c) calibrar a matriz de risco multidimensional e os checklists técnicos (Etapas 3 e 4), priorizando erros de maior impacto decisório.

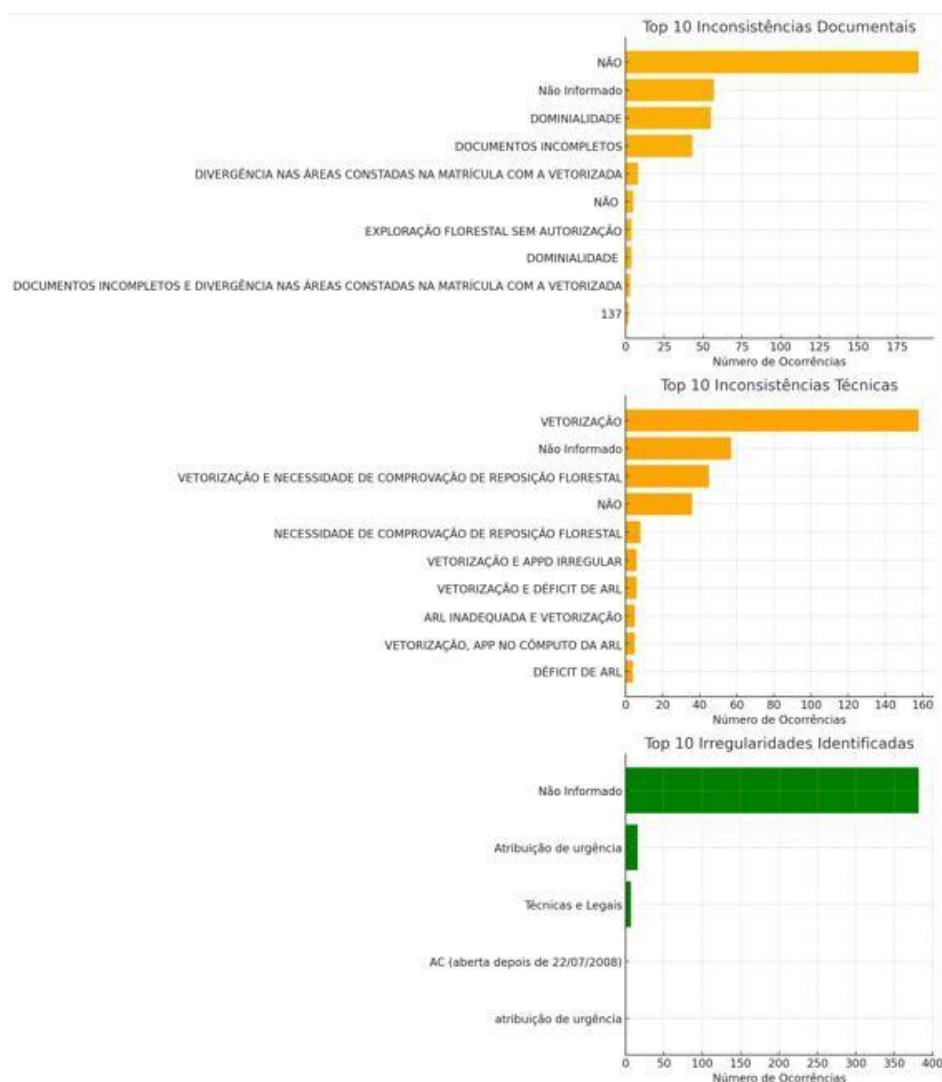


FIGURA 3.4: Top 10 Inconsistências e Irregularidades Identificadas na Análise Documental. Fonte: elaborado pela autora (2025).

Do ponto de vista metodológico, esses achados reforçam a lógica da *AmbientDetect* como arquitetura tridimensional (fases, eixos e etapas), na medida em que as inconsistências observadas não se concentram em uma única dimensão do processo: elas emergem da interação entre exigências normativas, fluxo procedimental e conteúdo técnico-espacial. Por isso, a metodologia depende do tripé estruturante (processos, normas e sistemas informacionais) para transformar dados autodeclarados em verificações rastreáveis, com cruzamentos multifonte e classificação proporcional ao risco.

Além das inconsistências administrativas, a Operação Polygonum evidenciou situações com repercussão jurídica relevante, culminando em ações judiciais e tipificações penais associadas à manipulação informacional e à inserção de dados

falsos em sistemas. Conforme sintetizado na Figura 3.5, destaca-se a incidência de crimes como o do art. 69-A da Lei nº 9.605/1998 (informação falsa ou enganosa em procedimento ambiental) e o do art. 313-A do Código Penal (inserção de dados falsos em sistema de informações), indicando que parte significativa das não conformidades extrapola o âmbito de meros erros formais e pode se associar a condutas dolosas com impacto material e potencial de dano ambiental.

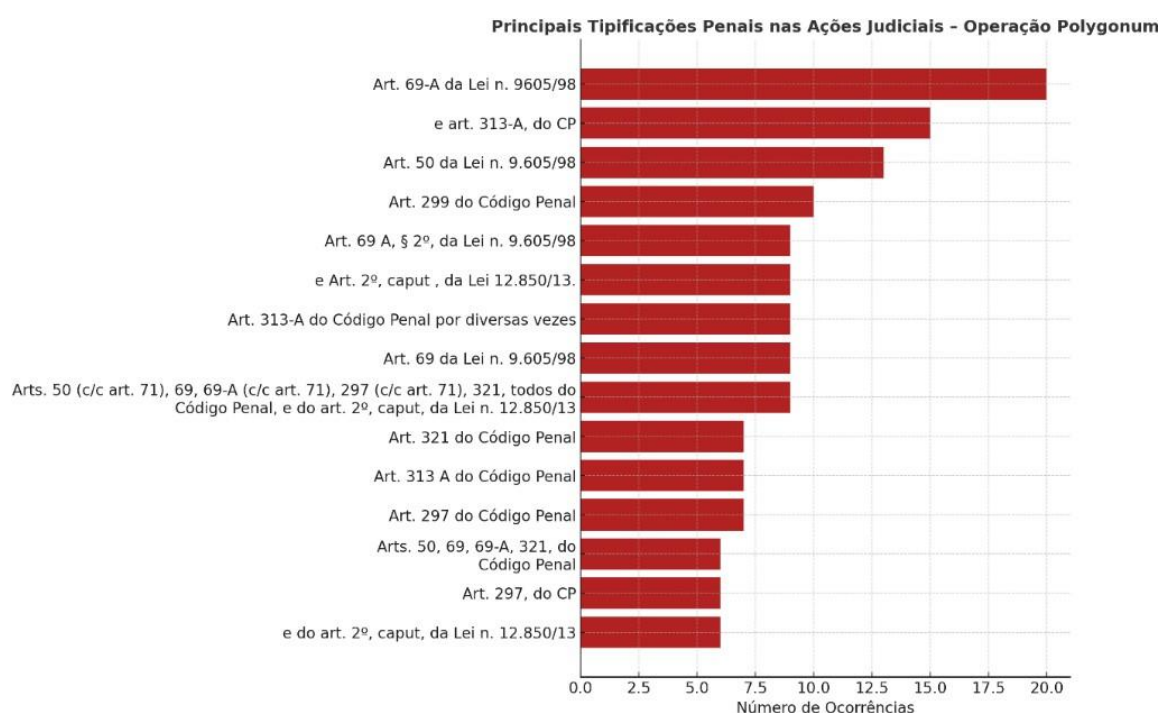


Figura 3.5: Principais Tipificações Penais nas Ações Judiciais - Operação Polygonum. Fonte: elaborado pela autora (2025).

Esses resultados reforçam um ponto central da discussão: ao organizar evidências de maneira estruturada e rastreável, a *AmbientDetect* não apenas identifica padrões de não conformidade, mas também qualifica a instrução para decisões administrativas e, quando aplicável, para encaminhamentos de responsabilização civil e penal, reduzindo ambiguidades na leitura técnica e permitindo melhor fundamentação.

Adicionalmente, ao comparar a *AmbientDetect* com normas e referenciais internacionais de governança e gestão (Tabela 1), observa-se que a metodologia preenche uma lacuna operacional relevante. Normas como a ISO 14001 (gestão ambiental), ISO 31000 (gestão de riscos) e ISO 19011 (diretrizes de auditoria)

oferecem bases conceituais e diretrizes gerais, mas não estruturam, por si, um procedimento aplicado para detecção preditiva de irregularidades e padrões de fraude em fluxos ambientais autodeclaratórios. A *AmbientDetect* operacionaliza essas bases no contexto específico do licenciamento/regularização, transformando princípios de risco, auditoria e melhoria contínua em protocolo executável, adaptável e calibrável com evidências empíricas.

Tabela 1: Quadro Comparativo – *AmbientDetect* e Normas ABNT e ISSO

Norma / Metodologia	Objetivo Principal	Área Principal	Ponto de Convergência com a Metodologia	Limitação em relação à Metodologia
ISO 14001:2015	Gestão ambiental organizacional	Sistemas de gestão ambiental	Gestão de riscos ambientais e melhoria Contínua	Não foca em detecção preditiva de irregularidades e crimes ambientais
ISO 14044:2006	Avaliação de ciclo de vida (ACV)	Avaliação ambiental de produtos	Avaliação de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida	Não trata de licenciamento, conformidade ou governança preditiva
ISO 19011:2018	Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão	Auditoria interna e externa	Base para auditoria de processos de gestão, incluindo ambientais	Não aborda predição e diagnóstico específico de irregularidades ambientais
ISO 31000:2018	Gestão de riscos gerais	Gestão de riscos	Base conceitual para identificar e gerenciar riscos, incluindo ambientais	Não fornece diretrizes práticas para diagnósticos preditivos específicos
ISO 37001:2016	Sistemas de gestão antissuborno	<i>Compliance</i> e governança	Complementa aspectos de governança e integridade que dialogam com licenciamento e conformidade ambiental	Não foca em meio ambiente ou irregularidades ambientais
ISO 45001:2018	Saúde e segurança ocupacional	Gestão de SST	Alguns pontos podem dialogar com governança de riscos ambientais em áreas de mineração e agroindústria	Não abrange governança ambiental ou licenciamento preditivo
ABNT PR 2030:2022	Princípios e práticas ESG	Governança e sustentabilidade	Integra questões sociais, ambientais e de governança (ESG) relevantes para licenciamento e integridade	Não fornece ferramenta prática ou técnica de análise preditiva
Metodologia de Governança Preditiva Ambiental (sua)	Detecção preditiva de irregularidades e crimes em licenciamento ambiental	Governança ambiental e integridade	Integra elementos de risco, governança e conformidade em processos ambientais, com foco preditivo	Diferencia-se por abordar especificamente licenciamento e crimes ambientais

A recorrência das falhas observadas evidencia a necessidade de superar

modelos de controle exclusivamente reativos, que frequentemente atuam após a consolidação do dano ambiental. Nesse sentido, a *AmbientDetect* se posiciona como resposta aplicada às lacunas identificadas empiricamente e em diálogo com a literatura que converge para três frentes: I - criminologia ambiental e prevenção; II - métodos analíticos e preditivos; e III - gestão de riscos e *compliance* regulatório. Ao propor triagem por risco e retroalimentação contínua, a metodologia também se alinha a abordagens de regulação responsiva, ao permitir escalonamento de estratégias (orientação, correção, restrição e sanção) conforme gravidade e recorrência, otimizando recursos institucionais sem reduzir rigor.

Por fim, destaca-se que a *AmbientDetect* não se limita a checklists rígidos. O diferencial da proposta está no mecanismo de retroalimentação: cada novo padrão identificado alimenta o banco de recorrências, refina variáveis e ajusta pesos da matriz, produzindo aprendizado institucional cumulativo. Isso reduz assimetria interna de conhecimento, fortalece padronização e tende a beneficiar especialmente equipes com rotatividade ou ingresso de novos analistas.

Apesar da robustez da validação, algumas limitações devem ser explicitadas. O estudo se baseou em dados relacionados à Operação Polygonum e em questionário aplicado em 2025, o que representa recorte temporal específico. Além disso, o foco geográfico em Mato Grosso, embora estratégico, pode não capturar integralmente variações institucionais e territoriais de outras unidades federativas.

Como agenda futura, recomenda-se: aplicação de testes estatísticos formais para aferir desempenho preditivo (por exemplo, sensibilidade/especificidade em amostras independentes); integração progressiva com ferramentas de aprendizado de máquina para detecção de padrões emergentes e automação parcial da retroalimentação; e replicação da metodologia em outros domínios regulatórios (outorga de água, licenciamento de alto impacto, autorizações correlatas), com customização de variáveis, pesos e bases de referência.

2.2.5 Conclusão

A pesquisa evidenciou a eficácia e a aplicabilidade da metodologia *AmbientDetect* como ferramenta preditiva voltada à detecção e à triagem de não conformidades em procedimentos ambientais, especialmente quando há assimetria informacional típica de modelos autodeclaratórios. Fundamentada em arcabouço teórico-normativo e alinhada a boas práticas de governança e gestão de riscos, a

metodologia mostrou-se capaz de superar limites de abordagens predominantemente reativas, ao estruturar uma lógica de prevenção orientada a risco, sustentada por triangulação de evidências e por rastreabilidade do raciocínio técnico.

Os resultados empíricos, baseados na análise documental de relatórios vinculados à Operação Polygonum e no levantamento de percepções com analistas do CAR, confirmaram elevada incidência de inconsistências técnicas e documentais em rotinas de regularização. Nesse contexto, a *AmbientDetect* demonstrou utilidade prática ao combinar eixos analíticos, matriz de risco e checklists ajustáveis, permitindo priorização, padronização mínima e qualificação da instrução técnico-administrativa. A metodologia também fortalece a auditabilidade e a produção técnica de suporte a encaminhamentos administrativos e, quando pertinente, a repercussões em esferas de responsabilização.

Além da validação no contexto de Mato Grosso, a *AmbientDetect* apresenta potencial de replicabilidade em outros entes federativos e em distintos domínios regulatórios, desde que customizada a competências, fluxos internos, bases disponíveis e padrões locais de não conformidade. Essa adaptabilidade é central: a metodologia preserva uma moldura estável (princípios, eixos, fases e etapas), mas admite calibragem de variáveis e pesos para diferentes procedimentos, como regularização, licenças, autorizações e instrumentos correlatos.

No cenário contemporâneo, dois vetores reforçam a relevância da *AmbientDetect*. O primeiro é tecnológico: a metodologia foi concebida para operar como método aplicado (com execução humana, registros e cruzamentos verificáveis) e, simultaneamente, para ser compatível com automação e inteligência artificial quando houver maturidade de dados, governança informacional e trilhas de auditoria. O segundo é normativo-procedimental: a Lei Geral do Licenciamento Ambiental (Lei nº 15.190/2025) consolidou modalidades que ampliam a centralidade de declarações e compromissos do empreendedor, como a Licença por Adesão e Compromisso (LAC) e a Licença Ambiental Única (LAU), e passou a vigorar em 4 de fevereiro de 2026, após *vacatio legis* de 180 dias. Esse ambiente tende a aumentar a demanda por estratégias preventivas de verificação, fiscalização por amostragem e priorização orientada a risco, exatamente o tipo de lacuna operacional que a *AmbientDetect* busca preencher.

Reconhece-se, por fim, que a efetividade do método depende da qualidade dos

dados de entrada, da governança das bases consultadas e da atualização contínua da matriz diante da evolução de padrões de fraude. Como agenda de pesquisa, recomenda-se: validação estatística da acurácia preditiva em múltiplos cenários e órgãos; integração controlada com modelos analíticos e automação, com critérios de explicabilidade e auditoria; e expansão para novos domínios regulatórios e arranjos procedimentais, preservando consistência metodológica e comparabilidade de resultados. Conclui-se que a *AmbientDetect* constitui contribuição estratégica para aprimorar governança ambiental, eficiência e integridade institucional, com aderência às exigências contemporâneas de rastreabilidade e controle em processos ambientais.

2.2.6 Referências Bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001:2015 – Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 19011:2018 – Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 31000:2018 – Gestão de riscos: diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 37001:2016 – Sistemas de gestão antissuborno: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT PR 2030:2022 – ESG - Ambiental, social e governança - Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito ambiental. 21. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2019. AYALA, Patryck de Araújo. Direito Ambiental. 7. ed. São Paulo: Editora Juspodivm, 2018.

AYRES, Ian; BRAITHWAITE, John. Responsive Regulation: Transcending the Deregulation Debate. Oxford: Oxford University Press, 1992.

BENJAMIN, Antonio Herman de Vasconcellos. Direito ambiental das áreas protegidas.

2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

CHENG, X.; GIBBS, C. Compliance and Risk Management in Environmental Law. *Journal of Environmental Management*, v. 198, p. 115-125, 2021.

CLARKE, Ronald V. ‘Situational’ Crime Prevention: Theory and Practice. *British Journal of Criminology*, v. 20, n. 2, p. 136-147, 1980.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, DF: CONAMA, 1997.

FATORELLI, Leandra; MERTENS, Frédéric. Integração de políticas e governança ambiental: o caso do licenciamento rural no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. 13, n. 2, p. 401– 415, jul./dez. 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000200010

FIGUEIREDO, Guilherme José Purvin de. Manual de direito ambiental e urbanístico. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2019.

FRANCO, Perazzoni; PEREIRA, Eliomar (Orgs.). Criminalidade ambiental organizada. São Paulo: Tirant Lo Blanch Brasil, 2024. E-book.

FREITAS, Vladimir Passos de; FREITAS, Antonio Silvio Hendges. Comentários à Lei de Crimes Ambientais. 9. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2021.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

- LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patryck de Araújo. Direito ambiental na sociedade de risco. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- LYNCH, Michael J. Green Criminology: A Critical Introduction. Bristol: Bristol University Press, 2023.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito ambiental brasileiro. 24. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2017.
- MACKENZIE, A. Environmental Crime in Brazil: The Case of Operation Polygonum. *Journal of Environmental Crime*, v. 12, n. 3, p. 345-360, 2024.
- MILARÉ, Édís. Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário. 11. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020.
- PORTO, M. F. S.; MARTINS, A. S.; FINAMORE, R. Licenciamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Manole, 2018.
- SANZ, I. P.; WANG, Y. Predictive Modeling for Environmental Non-Compliance: A Machine Learning Approach. *Environmental Modelling & Software*, v. 150, p. 105345, 2022.
- SIRVINSKAS, Luís Paulo. Manual de Direito Ambiental. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. WAISBICH, Laura Trajber; HUSEK, Terine; SANTOS, Vinicius. Territórios e caminhos do crime ambiental na Amazônia brasileira. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé, 2022.
- WHITE, Rob. Transnational Environmental Crime: Toward an Eco-global Criminology. London: Routledge, 2024.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação investigou, sob abordagem integrada e multidisciplinar, os desafios relacionados à detecção de não conformidades no licenciamento ambiental brasileiro. A estrutura adotada, composta por dois artigos científicos complementares, permitiu articular a análise da produção científica internacional com a proposição e validação de uma solução metodológica aplicável, orientada a enfrentar vulnerabilidades recorrentes observadas na prática institucional. Neste trabalho, “não conformidade” é empregada como categoria analítica abrangente, compreendendo inconsistências, irregularidades e fraudes; reconhece-se que nem toda não conformidade configura ilícito, mas que toda irregularidade e toda

fraude constituem desconformidades materiais relevantes para o controle ambiental.

O primeiro artigo, de natureza cientométrica, evidenciou o fortalecimento progressivo do campo e a intensificação do interesse acadêmico por temas associados a crimes ambientais, mecanismos de fiscalização e instrumentos de detecção e prevenção de desvios. A análise de 120 artigos indexados na Scopus (1994–2025) permitiu identificar três vertentes predominantes na literatura: criminologia ambiental e prevenção situacional; uso de inteligência artificial e modelagem preditiva; e gestão de riscos, governança e conformidade regulatória. Esse panorama reforça que o debate tem avançado em direção a abordagens integradas, mas ainda apresenta lacunas na tradução do estado da arte em modelos operacionais adaptáveis às complexidades institucionais e territoriais, especialmente em países do sul global, incluindo o Brasil.

O segundo artigo, de caráter aplicado, avançou nesse sentido ao propor a metodologia *AmbientDetect*, voltada à triagem orientada a risco e à detecção de padrões recorrentes de não conformidades em procedimentos ambientais com componente autodeclaratório. A validação empírica, baseada em evidências derivadas de atuação operacional no período de 2018 a 2023, análise de relatórios técnicos e levantamento de percepção, junto a analistas da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso, confirmou a recorrência de inconsistências documentais e técnico-espaciais e demonstrou a utilidade do método para qualificar a priorização, aumentar a rastreabilidade do raciocínio técnico e reduzir pontos cegos do controle. Ressalta-se que a metodologia não substitui o juízo técnico-administrativo; sua contribuição reside em organizar evidências, estruturar verificações e orientar decisões de forma proporcional ao risco, com registro auditável dos critérios empregados.

Nesse contexto, a dissertação oferece três contribuições principais: consolida uma base científica e interpretativa que justifica o uso de abordagens preditivas e orientadas a risco no controle ambiental, a partir de evidências do estado da arte; desenvolve e sistematiza uma metodologia estruturada em princípios, eixos, fases e etapas operacionais, com potencial de replicação e customização; e produz conhecimento aplicado com potencial de instrumentalização por instituições públicas, especialmente em cenários de elevado volume decisório, assimetria de informação e necessidade de consistência técnica e transparência procedimental.

Algumas limitações devem ser explicitadas para qualificar o alcance das inferências. A validação empírica concentrou-se em um contexto institucional específico, o que demanda aplicações adicionais para calibragem e comparação em diferentes realidades normativas, fluxos administrativos e capacidades técnicas. Ademais, a efetividade do método depende da qualidade e padronização mínima dos registros e da disponibilidade de bases de referência para cruzamentos verificáveis, o que pode variar entre entes e órgãos. Por fim, embora a *AmbientDetect* seja aplicável como método estruturado com instrumentos de verificação e priorização, sua adoção em larga escala tende a ser favorecida quando há maturidade de dados e governança informacional, condição que ainda é heterogênea no cenário brasileiro.

Como agenda de continuidade, recomenda-se o aprofundamento da avaliação comparativa da metodologia em múltiplos contextos e classes de procedimentos, com definição de métricas operacionais de desempenho e rotinas de calibração da matriz de risco. Recomenda-se, ainda, o desenvolvimento de soluções computacionais compatíveis com o método, quando houver condições institucionais para automação e integração de bases, de modo a ampliar capacidade de triagem e detecção de padrões, sem comprometer rastreabilidade, motivação e controle. Esses desdobramentos podem contribuir para sistemas de governança ambiental mais responsivos, transparentes e eficientes, especialmente em ambientes regulatórios marcados por pressão por celeridade e expansão de procedimentos com maior dependência de informações declaradas.

Ao articular a revisão e organização do estado da arte com a proposição de um modelo preditivo aplicado, a dissertação cumpre o percurso expresso em seu título: das evidências da literatura à construção de uma resposta metodológica orientada à prevenção, à qualificação do controle e ao fortalecimento da governança ambiental.

Para além de suas contribuições acadêmicas e institucionais, esta dissertação assume relevância estratégica para a segurança jurídica das atividades produtivas do Estado de Mato Grosso e de suas cadeias produtivas, bem como dos demais entes federativos. Em um cenário global no qual mercados internacionais condicionam acesso comercial à demonstração de rastreabilidade, conformidade normativa, integridade procedimental e transparência decisória, a credibilidade ambiental tornou-se variável econômica determinante. Paralelamente, observa-se movimento de

simplificação administrativa e ampliação de instrumentos autodeclaratórios, exigindo que o Estado seja mais eficiente e menos burocrático, sem abrir mão do controle e da confiabilidade. Nesse contexto de tensão regulatória, a *AmbientDetect* oferece resposta técnica estruturada que fortalece a previsibilidade das decisões administrativas, reduz assimetrias informacionais, mitiga riscos de nulidades e contestações judiciais e confere maior estabilidade às relações entre poder público e setor produtivo.

Ao aprimorar a detecção precoce de inconsistências e fraudes, o método protege o empreendedor que atua de boa-fé, diferencia condutas regulares de práticas ilícitas e contribui para ambiente concorrencial mais equilibrado. Esse fortalecimento da integridade regulatória repercute diretamente na confiança de investidores, parceiros comerciais e instituições financeiras, reduzindo riscos reputacionais e ampliando a atratividade econômica do Estado. Assim, ao compatibilizar eficiência administrativa com rigor técnico e rastreabilidade decisória, a *AmbientDetect* contribui para consolidar o ente estatal como ambiente institucional sério, confiável e juridicamente seguro — condição indispensável para o desenvolvimento econômico sustentável e para a inserção competitiva de suas cadeias produtivas no mercado global.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001:2015 – Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 19011:2018 – Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão. Rio de Janeiro: ABNT, 2018b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 31000:2018 – Gestão de riscos: diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 37301:2021 – Sistemas de gestão de compliance: requisitos e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

AGARWAL, R.; VULLIKANTI, A. Mining graph data. In: AGARWAL, R.; LIN, K.; WU, X. (Ed.). Data Mining: A Textbook. New York: Springer, 2015.

ALHAMDA, S. et al. Abuse of power; environmental damage; hospital; medical waste; regulatory deviation. *International Journal of Criminology and Sociology*, v. 9, 2020. DOI: 10.6000/1929-4409.2020.09.203.

ALMEIDA, W. M. Uma reflexão sobre a teoria dos passivos. 2005. Disponível em: <http://www.atena.org.br/revistacrc/ojs-2.1.1/index.php/PENSAR/article/view/97/92>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007.

ARIFIN, R. et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1355, 2024. DOI: 10.1088/1755-1315/1355/1/012004.

BARRETT, K. L. et al. Corporate crime; deterrence theory; environmental crime; green criminology; white collar crime. *American Journal of Criminal Justice*, v. 43, 2018. DOI: 10.1007/s12103-017-9428-0.

BAYAR, T. The sheep that God lost: 'Legally' circumventing international law. *Journal of Southeast European and Black Sea Studies*, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.1080/14683857.2023.2255022>.

BENJAMIN, A. H. V. Direito ambiental das áreas protegidas. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

BERGAMINI, K.; DEXTRE, R. M. Economic geography; environment; environmental management. EURE, v. 48, 2022. DOI: 10.7764/eure.48.145.06.

BERNINI, F.; LA ROSA, F. Corporate governance; corporate social responsibility; environmental crime; green criminology; prevention strategies. In: CSR, Sustainability, Ethics & Governance, Part F180, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-74523-2_6.

BETETO, D. et al. The power of transparency: Unveiling the pathways through which environmental disclosure influences firm performance. Journal of Environmental Management, v. 316, 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115320.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 15.190, de 8 de agosto de 2025. Estabelece normas gerais para o licenciamento ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR e sobre o Cadastro Ambiental Rural – CAR. Brasília, DF: Presidência da República, [2022].

CHENG, X. et al. Digital government transformation and environmental violations: Evidence from a DID approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 71, 2024. DOI: 10.1109/TEM.2023.3307599.

COELHO, S. O. P.; SILVA, T. D. O. E.; SERAFIM, D. H. A. Licenciamento ambiental na ótica do constitucionalismo contemporâneo: potenciais do instrumento para um papel estrutural na Política Nacional de Meio Ambiente. *Veredas do Direito*, v. 20, e202548, 2023. DOI: 10.18623/rvd.v20.2548.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e a complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 dez. 1997.

CYRILLO, R. M. O art. 3º da Lei 10.650/2003 e a declaração de passivos ambientais. 2004.

FATORELLI, L.; MERTENS, F. Integração de políticas e governança ambiental: o caso do licenciamento rural no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. 13, n. 2, p. 401–415, 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000200010.

FERREIRA, A. S. et al. Estudo de caso: abordagem das principais dificuldades relatadas pelo homem do campo na realização do Cadastro Ambiental Rural no nordeste paraense (Capanema- PA). *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 85744–85755, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-119.

GIBBS, C.; PUGH, D. White-collar environmental crime: Opportunity theory and renewable fuel fraud. *Crime, Law and Social Change*, v. 67, 2017. DOI: 10.1007/s10611-016-9667-x.

HOOD, William W.; WILSON, Concepción S. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*, v. 52, n. 2, p. 291-314, 2001. DOI: 10.1023/A:1017919924342.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Informativo nº 96: Código Florestal – implicações do PL 1876/99 nas áreas de Reserva Legal. Brasília, DF:

IPEA, 2011. Disponível em: http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/comunicado/110616_comunicadoipea96.pdf. Acesso em: 29 ago. 2016.

LYNCH, M. J. Green criminology and climate change: Limits, restrictions and tensions. *Critical Criminology*, v. 31, 2023. DOI: 10.1007/s10612-023-09711-x.

MACKENZIE, S. Environmental harm and fraud in forestry: The challenges of regulation. *Critical Criminology*, v. 32, 2024. DOI: 10.1007/s10612-024-09735-4.

MATO GROSSO (Estado). Decreto nº 1.031, de 2 de junho de 2017. Institui o Sistema Mato-Grossense de Cadastro Ambiental Rural – SIMCAR e dá outras providências. Cuiabá, MT, 2017.

MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Portaria n.º 708, de 30 de agosto de 2018. Dispõe sobre a suspensão cautelar, para recall, de Cadastros Ambientais Rurais listados para reanálise, conforme Anexo I. Cuiabá: SEMA/MT, 2018.

PADULA, R. C.; SILVA, L. P. da. Gestão e licenciamento ambiental no Brasil: modelo de gestão focado na qualidade do meio ambiente. Cadernos EBAPE.BR, 2005. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/5010>. Acesso em: 23 nov. 2025.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA: Posit Software, PBC, 2024. Versão 4.4.1 (2024-06-14 ucrt).

SANZ, G. et al. Detecting environmental violations using AI: An application in satellite monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 196, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-10902-3.

SANZ, I. P.; LÓPEZ ITURRIAGA, F. J.; BLANCO-ALCÁNTARA, D. A neural network approach for predicting corruption. *European Journal of International Management*, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/EJIM.2024.135944>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TEIXEIRA NETO, E. S. F.; MELO, J. A. M. Cadastro Ambiental Rural, CAR – um estudo sobre as principais dificuldades relacionadas à sua implantação. *Negócios em Projeção*, v. 7, n. 2, p. 54–68, 2016.

VAN RAAN, Anthony F. J. Fatal attraction: conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods. *Scientometrics*, v. 62, n. 1, p. 133-143, 2005.

VACCHIANO, M. C. O impacto da alteração da legislação ambiental (Novo Código Florestal) sobre as políticas de conservação da natureza na Amazônia Legal: estudo de caso sobre a conservação de áreas de preservação permanente e reserva legal nas grandes propriedades rurais do município de Rondonópolis-MT. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017.

WANG, Y. et al. Deterrence effect of environmental penalties: Evidence from Chinese manufacturing firms. *Sustainability*, v. 11, 2019. DOI: 10.3390/su11154226.

WANG, Y.; LI, Y.; MA, Z.; SONG, J. Deterrence effect; environmental investment; peer effect; penalty for environmental violation. *Sustainability*, v. 11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11154226>. Acesso em: 10 jun. 2025.

WANG, Y.; ZHANG, Y.; CHANG, X.; KANG, W. CEO tenure; environmental fraud; family CEOs; family firms; independent directors. *Business Strategy and the Environment*, v. 33, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bse.3571>. Acesso em: 10 jun. 2025.

WHITE, R. Environmental crime and the eco-global criminology perspective. *Crime, Law and Social Change*, v. 53, 2010. DOI: 10.1007/s10611-010-9233-x.

WHITE, R. Criminology, social regulation and environmental harm. *Crime, Law and Social Change*, v. 53, p. 365–381, 2010.

WHITE, R. *Controversies in environmental sociology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

WHITE, R.; HECKENBERG, D. *Green criminology: an introduction to the study of environmental harm*. London: Routledge, 2014.

APÊNDICE A

Script usado na ferramenta R, no trabalho de Cientometria, da Base Scopus:

```
if(!require(pacman))
install.packages("pacman")
library(pacman)
pacman::p_load(bibliometrix, readr, lubridate, dplyr, writexl, xlsx, readxl, stringr)
setwd ("C:/Cientometria")
scopus <- convert2df("C:/Cientometria/scopus.bib", dbsource = "scopus", format =
"bibtex") uniao <- mergeDbSources(scopus, remove.duplicated = TRUE)
unir<-distinct(uniao, DI, .keep_all
= TRUE) Parcial <- filter(unir,
DT=="ARTICLE")
Parcial <- Parcial[grepl("ENGLISH",
Parcial$LA),]
write.xlsx(Parcial,file="C:/Cientometria/Parcial.xls
sx") biblioshiny()
biblioshiny()
Exibindo
Arquivo_Digital.pdf.
install.packages("xlsx")
library(xlsx)
write.xlsx(Parcial, file =
"C:/Cientometria/Parcial.xlsx")
install.packages("writexl")
library(writexl)
write_xlsx(Parcial, path =
"C:/Cientometria/Parcial.xlsx")
install.packages("bibliometrix")
library(bibliometrix)
scopus_data <- convert2df("C:/Cientometria/scopus.bib", dbsource = "scopus",
format = "bibtex")
results <-
biblioAnalysis(scopus_data)
summary(results)
```

```
biblioshiny()  
install.packages("bibliometrix") library(bibliometrix)  
if(!require(biblioshiny)) install.packages("biblioshiny")
```

APÊNDICE B

Artigos consultados (120) para análise cientométrica com foco em crimes, irregularidades e não conformidade ambiental na base de dados Scopus.

ALHAMDA S; BARLIAN E; RAZAK A; RIYADI BS; HERAWATI N; ANGGARA AT. Abuse of power; environmental damage; hospital; medical waste; regulatory deviation. INT. J. CRIMINOL. SOCIOLOGY, v. 9, 2020. DOI: 10.6000/1929-4409.2020.09.203

ARIFIN R; MASYHAR A; WULANDARI C; KUSUMA BH; WIJAYANTO I; RASDI R; FIKRI S. IOP CONF. SER. EARTH ENVIRON. SCI., v. 1355, 2024. DOI: 10.1088/1755-1315/1355/1/012004

BARRETT KL; LYNCH MJ; LONG MA; STRETESKY PB. Corporate crime; deterrence theory; environmental crime; green criminology; white collar crime. AM. J. CRIM. JUSTICE, v. 43, 2018. DOI: 10.1007/s12103-017-9428-0

BERGAMINI K; DEXTRE RM. Economic geography; environment; environmental management. EURE, v. 48, 2022. DOI: 10.7764/eure.48.145.06

BERNINI F; LA ROSA F. Corporate governance; corporate social responsibility; environmental crime; environmental strategies; green criminology; greenwashing; prevention strategies. CSR. SUSTAIN. ETHIC. GOV., v. PART F180, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-74523-2_6

BOROS M; MOLOVCAKOVA N. Crime; environmental crime; environmental safety; offense; paragraph. INT. MULTIDISCIPLINARY SCI. GEOCONF. SURVEYING GEOLOGY MINING ECOLOGY MANAGE., SGEM, v. 2020-AUGUST, 2020. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s23.114

BOSTAN I; BURCIU A; CONDREA PP; DURAC G. Action crimes; causal relations; environmental crime; nonconformity; pollution. ENVIRON. ENG. MANAGE. J., v. 8, 2009. DOI: 10.30638/eemj.2009.064

BOUZZINE YD. Environmental pollution event; event study; research agenda; systematic literature review. J. CLEAN. PROD., v. 316, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128305

BRENNAN C. Deterrence; enforcement; environmental crime; illegal dumping; northern ireland; waste law. J. ENVIRON. LAW, v. 28, 2016. DOI: 10.1093/jel/eqw026

CAPELLE-BLANCARD G; DESROZIERS A; SCHOLTENS B. ENVIRON.RES.LETT., v. 16, 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/ac3c6e

CARTER TS. CRIME LAW SOC. CHANGE, v. 31, 1999. DOI:

10.1023/A:1008348805646

CHEN Y; ZHU Q; SARKIS J. Cumulative capability; green supply chain management practice; implementation sequence; multiple methods; secondary data. INT J PROD RES, v. 61, 2023. DOI: 10.1080/00207543.2022.2118891

CHUGG B; ROTHBACHER N; FENG A; LONG X; HO DE. Computer vision; environmental protection; event detection; satellite imagery. INT CONF INF KNOWLEDGE MANAGE, , 2022. DOI: 10.1145/3511808.3557104

CORRIE CL; SANCHEZ JC. Título não informado. SOC. PET. ENG. - SPE HEALTH, SAF. ENVIRON. OIL GAS EXPLOR. PROD. CONF. , HSE, , 1994. DOI: 10.2118/27115-ms

DE MEDEIROS, ELIAS NETO MARQUES; SANTOS CS. Business management; compliance; environment. REV. JURID., v. 2, 2023. DOI: 10.26668/revistajur.2316-753X.v2i74.5063

DEWI DK; SYAHRIN A; BASYUNI M. IOP CONF. SER. EARTH ENVIRON. SCI., v. 452, 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/452/1/012085

DI D; LI G; SHEN Z; SONG M; VARDANYAN M. Credit constraints; environmental regulation; green technology innovation; pollution emissions. ECOL. ECON., v. 210, 2023. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2023.107870

DING X. IOP CONF. SER. EARTH ENVIRON. SCI., v. 691, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/691/1/012013

DINH TM; DINH NT; BUI TPQ; NGUYEN AD. E3S WEB CONF., v. 203, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202020303014

DINH TM; NGUYEN DL. E3S WEB CONF., v. 175, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202017514004

DONG H. Administrative penalty; civil compensation; criminal sanction; environmental law- breaking; law-breaking cost. FRONT. ENVIRON. SCI. ENG. CHINA, v. 1, 2007. DOI: 10.1007/s11783-007-0069-2

DOS SANTOS PP; DA COSTA DE MENEZES SJM; DE JESUS JÚNIOR WC; DE ALMEIDA TELLES LA; DE SOUZA MH; DA SILVA SF; DOS SANTOS AR. Environmental policy; environmental regulation; geotechnology; rural property. LAND USE POLICY, v. 101, 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.105127

EARNHART D; ROUSSEAU S. Enforcement; environmental protection laws; fines; penalties; sanctions. EUR. J. LAW ECON., v. 58, 2024. DOI: 10.1007/s10657-024-09806-y

- EL-KHOURY J. Category of economic crimes; environmental crimes; environmental criminality; environmental law; environmental public order; penal environmental legislation philosophy; the right to a clean environment; victims of environmental crimes. *ENERGY PROCEDIA*, v. 6, 2011. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.05.080
- EMAN K; MEŠKO G; SEGATO L; MIGLIORINI M. Environmental crimes and legal perspectives; green criminology; organized crime; pollution and regulation; transnational crime; waste management and regulation; water policy. *WATER, GOV., AND CRIME ISSUES*, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44798-4
- EMERY A; WATSON M. Environmental regulations; laws and legislation; organizations. *MANAGE. AUDIT. J.*, v. 19, 2004. DOI: 10.1108/02686900410543868
- EMERY AR; WATSON M. Audit reports; environmental management; environmental regulations; environmental testing; evidence-based practice; liability. *MANAGE. AUDIT. J.*, v. 18, 2003. DOI: 10.1108/02686900310495124
- ESPEJO-CRUZ ADC; ESPEJO-MARTÍNEZ A; CHÁVEZ-ÁNGELES MG; LAGUNEZ-RIVERA L; SOLANO R. Illicit wildlife traffic; mexican environmental regulations; ornamental plants; sustainable wildlife management; threatened species. *BOT. SCI.*, v. 101, 2023. DOI: 10.17129/botsci.3159
- ESPIN J; PERZ S. Enforcement; environmental crimes; illegal mining; peru. *EXTR. IND. SOC.*, v. 8, 2021. DOI: 10.1016/j.exis.2020.12.009
- FAURE MG; SVATIKOVA K. *EUR. ENERGY ENVIRON. LAW REV.*, v. 19, 2010. DOI: 10.54648/eelr2010004
- FLORACKIS C; FU X; WANG J. Corporate environmental punishment; independent directors; judicial efficiency; local corruption culture; political connections. *INT. REV. FINANC. ANAL.*, v. 88, 2023. DOI: 10.1016/j.irfa.2023.102698
- GARGIULO F; ANGELINO CV; CICALA L; PERSECHINO G; LEGA M. Environmental hazard detection; gis; image analysis; multisensor data fusion; multispectral images; remote sensing; sar. *INT. J. SUSTAINABLE DEV. PLANN.*, v. 11, 2016. DOI: 10.2495/SDP-V11-N5- 663-671
- GHIMIRE HR; PHUYAL S; SINGH NR. Environmental impact; environmental impact assessment; environmental protection; mitigation measures; monitoring; sustainable electricity. *ENVIRON. CHALLENGE.*, v. 5, 2021. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100307
- GIBBS C; PUGH D. Arp; environmental crime; opportunity theory; rfs; rins; white-collar crime. *CRIME LAW SOC. CHANGE*, v. 67, 2017. DOI: 10.1007/s10611-016-

9667-x

GONZÁLEZ RC; FLORES PL. Compliance; environmental criminal law; precautionary principle; preventive principle; responsive regulation. *REV. DERECHO AMBIENT.*, , 2020. DOI: 10.5354/0719-4633.2020.54191

GUEDHAMI O; PAN Y; SAADI S; ZHAO D. China; cost of capital; environmental penalty; innovation; investment; patent. *ENERGY ECON.*, v. 141, 2025. DOI: 10.1016/j.eneco.2024.108064

GUO M; XU Y; CHEN YD. Environmental enforcement and compliance; hierarchical linear modeling; shale gas. *RESOUR. CONSERV. RECYCL.*, v. 144, 2019. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.01.006

HABIB A; BHUIYAN MBU. Environmental disclosures; environmental violation; green supply chain management; managerial incentives; monetary penalties. *BUS. STRATEGY ENVIRON.*, v. 26, 2017. DOI: 10.1002/bse.1947

HAQUE N. Bangladesh; compliance; effluent treatment plant; enforcement; penalty; permit; violation; water pollution. *WATER ENVIRON. J.*, v. 32, 2018. DOI: 10.1111/wej.12354

HENDRIANA R; UTAMI NAT; ANGKASA A. IOP CONF. SER. *EARTH ENVIRON. SCI.*, v. 519, 2020. DOI: 10.1088/1755-1315/519/1/012023

HOWARD TM. Environmental crime; land clearing; regulatory resistance; rural crime. *LOCAL ENVIRON.*, v. 25, 2020. DOI: 10.1080/13549839.2020.1712341

HU C; LI H; WANG Z; TIAN M; WEI Y; GUO L. Financial loss; geographical location; industry types; ownership types; repeated environmental violations. *ENVIRON. DEV. SUSTAINABILITY*, v. 26, 2024. DOI: 10.1007/s10668-023-03103-5

HUANG X; YAO W; CAO Z. *PLOS ONE*, v. 20, 2025. DOI: 10.1371/journal.pone.0317037

HUISMAN W; VAN ERP J. Corporate crime; environmental crime; situational crime prevention theory. *BR. J. CRIMINOL.*, v. 53, 2013. DOI: 10.1093/bjc/azt036

ISMAIL C. Economic and ecological sustainability.; environmental crime; public policies; third world. *WEBOLOGY*, v. 17, 2020. DOI: 10.14704/WEB/V17I2/WEB17035

JAMBOZORG M; POURNOURI M; POORHASHEMI SA; HERMIDASBAVAND D. Criminalization challenges; environmental crime; international crime; international instruments. *INT. J. ENVIRON. SCI. TECHNOL.*, v. 12, 2015. DOI: 10.1007/s13762-015-0830-1

- JANA M; ŠIŠULÁK S. Environmental crime; social network; software. INT. MULTIDISCIPLINARY SCI. GEOCONF. SURVEYING GEOLOGY MINING ECOLOGY MANAGE., SGEM, v. 2020-AUGUST, 2020. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.026
- JIANG W; HOU X; DU L. Action plan on soil pollution prevention and control; difference-in- differences method; mining firms; pollution violations. RESOUR. POLICY, v. 96, 2024. DOI: 10.1016/j.resourpol.2024.105223
- JIN Y; LI X; ZENG H; CHENG X. Big data bureau; difference-in-differences (did) method; digital government transformation (dgt); environmental violation. IEEE TRANS ENG MANAGE, v. 71, 2024. DOI: 10.1109/TEM.2023.3307599
- JIN Y; WANG S; CHENG X; ZENG H. Corporate environmental violations; difference-in- differences; tax share; “environmental fees to taxes”. J. BUS. RES., v. 171, 2024. DOI: 10.1016/j.jbusres.2023.114388
- KARPOFF JM; LOTT JR. JR; WEHRLY EW. J. LAW ECON., v. 48, 2005. DOI: 10.1086/430806
- KHAIDAR N; NURRAHMAN DB; MUBARAK TAZ. Administrative sanction; environmental law enforcement; environmental pollution; justice. INDONES. J. ENVIRON. LAW. SUSTAIN. DEV., v. 2, 2023. DOI: 10.15294/ijel.v2i2.66150
- KHALID F; SUN X; AKRAM R; SRIVASTAVA M. Digital finance; environmental sustainability; violation. FINAN. RES. LETT., v. 66, 2024. DOI: 10.1016/j.frl.2024.105674
- KLEIT AN; PIERCE MA; HILL RC. J. REGUL. ECON., v. 13, 1998. DOI: 10.1023/A:1008056615258
- KNYAZEVA OV; SYCH KA; KHOTKINA OK. E3S WEB CONF., v. 203, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202020305024
- KORNEEV S; PICHUGIN S; BUTENKO T; SKOROBOGATOVA O; KOKAMBO Y. E3S WEB CONF., v. 258, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125805021
- KORSELL LE. Control strategy; criminal policy; economic crime; environmental crime; group solidarity; sweden. J. SCAND. STUD. CRIMINOL. CRIME PREV., v. 2, 2001. DOI: 10.1080/140438501753737615
- KURILOVSKA L; MULLEROVA J. Arson criminality; correlation; risk assessment; rm/ra cramm; social impact. INT. MULTIDISCIPLINARY SCI. GEOCONF. SURVEYING GEOLOGY MINING ECOLOGY MANAGE., SGEM, v. 2020-AUGUST, 2020. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.086
- LANG JC; HO AC. Assimilative capacity; economic competitiveness; environmental

- regulation; general agreement on trade and tariffs; international trade. INT. J. ENVIRON. STUD., v. 53, 1997. DOI: 10.1080/00207239708711124
- LEGA M; TETA R. Aerial infrared thermography; bioindication; eco crimes; environmental forensics; environmental violations; gis; law enforcement; public health; remote sensing. INT. J. SAFETY SECUR. ENG., v. 6, 2016. DOI: 10.2495/SAFE-V6-N4-709-719
- LEMKIN JM. Título não informado. CALIF. LAW REV., v. 84, 1996. DOI: 10.2307/3480926 LEZ'ER V; SEVALNEV V; CHEREPANOVA E; ZHABSKIY V. E3S WEB CONF., v. 164, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202016411030
- LI W; HUANG X. Ceo reputation; corporate environmental compliance; corporate environmental violations. J. ENVIRON. PLANN. MANAGE., , 2025. DOI: 10.1080/09640568.2025.2489766
- LI W; JIANG M; ZHANG X; WANG Y; QU X. Corporate environmental responsibility; environmental governance; foreign experience; top management teams. ECON. MODEL., v. 122, 2023. DOI: 10.1016/j.econmod.2023.106242
- LIU J; UCHIDA K; BAO C. Corporate financial performance; cost of equity capital; enforcement; environmental information disclosure; environmental regulation. PAC. BASIN FINANC. J., v. 85, 2024. DOI: 10.1016/j.pacfin.2024.102367
- LIU S; LIN X; CHEN X. Corporates' environmental violations; quasi-natural experiment; stock connect; stock market liberalization. NANKAI BUS. REV. INT., v. 16, 2025. DOI: 10.1108/NBRI-05-2023-0045
- LIU X; DENG L; DONG X; LI Q. Corporate environmental violation; dual environmental regulation; esg; voluntary disclosure. FINAN. RES. LETT., v. 62, 2024. DOI: 10.1016/j.frl.2024.105230
- LIU X; WANG W; HUANG S. Administrative enforcement; criminal enforcement; deterrent effect; environmental performance. ECOL. ECON., v. 224, 2024. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2024.108267
- LU X; CHENG L; NIU Y. Environmental protection tax; green innovation; market competitiveness; trade credit. INT. REV. FINANC., v. 25, 2025. DOI: 10.1111/irfi.12460 LYNCH MJ. CRIT. CRIMINOL., v. 31, 2023. DOI: 10.1007/s10612-023-09711-x
- LYNCH MJ; STRETESKY PB; LONG MA. Capitalism and law; critical criminology; ecological justice; green criminology; political ecology. CAPITALISM NAT. SOCIAL., v. 31, 2020. DOI: 10.1080/10455752.2018.1545241

- MA R; JI Q; ZHAI P; YANG R. Corporate bond cost; environmental violation; penalty refinancing risk. *J. INT. FINANC. MANAGE. ACCOUNT.*, v. 33, 2022. DOI: 10.1111/jifm.12154
- MA X; FAN D; ZHOU Y; YANG CH. Environmental inspection; multimethod approach; sustainable operations management. *TRANSP. RES. PART E LOGIST. TRANSP. REV.*, v. 150, 2021. DOI: 10.1016/j.tre.2021.102294
- MADEBWE V; MADEBWE C; MADEBWE TM. Compliance; enforcement; monitoring; zimbabwe. *INT. J. REGUL. GOV.*, v. 11, 2011. DOI: 10.3233/ijr-120102
- MALLET A; LIMA BARROS FRANÇA E; ALVES; MILLS L. Brazil; environmental licensing; mining; regulation. *EXTR. IND. SOC.*, v. 8, 2021. DOI: 10.1016/j.exis.2021.100952
- MALLEY S; SCROGGINS J; BOHON SA. Environmental crime; environmental hazards; environmental inequity; environmental injustice; environmental justice; environmental racism; environmental regulation; u.s. environmental protection agency. *SOC. NAT. RES.*, v. 25, 2012. DOI: 10.1080/08941920.2011.572146
- MAO KR; ZHU Y; ZHAO Z; SHAN Y. *ROUTLEDGE INTERNATIONAL HANDB. OF GREEN CRIMINOLOGY*, , 2020. DOI: 10.4324/9781315207094-21
- MARIA CO. Administrative responsibility; ecological offense; environmental damage; environmental law. *INT. MULTIDISCIPLINARY SCI. GEOCONF. SURVEYING GEOLOGY MINING ECOLOGY MANAGE.*, *SGEM*, v. 2, 2013. DOI: 10.5593/SGEM2013/BE5.V2/S23.001
- MASSAWE MP. Human rights; land-based; rights to health; marine environment; marine pollution; obligation. *AFR. J. LEGAL STUD.*, v. 16, 2024. DOI: 10.1163/17087384-BJA10100
- MISHRA BK; NEWMAN DP; STINSON CH. *J. ACCOUNT. PUBLIC POLICY*, v. 16, 1997. DOI: 10.1016/S0278-4254(97)00003-3
- NAIBAHO N. Título não informado. *IOP CONF. SER. EARTH ENVIRON. SCI.*, v. 716, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/716/1/012068
- NURSE A. Csr/cer; environmental crime; ethical standards; polluter pays; pollution; social justice. *CONTEMP. ISSUES. ENTREP. RES.*, v. 5, 2015. DOI: 10.1108/S2040-724620150000005012
- PATIAS P; MALLINIS G; TSIUKAS V; GEORGIADIS C; KAIMARIS D; TASSOPOULOU M; VERDE N; DOHR M; RIFFLER M. Change-detection; image analysis; object-based; sentinel-2; time series. *INT. ARCH. PHOTOGRAMM., REMOTE SENS. SPAT. INF. SCI. - ISPRS ARCH.*, v. 43, 2020. DOI: 10.5194/isprs-

archives-XLIII-B3-2020-1491-2020

PHOENIX JH. MET. FINISH., v. 102, 2004. DOI: 10.1016/S0026-0576(04)90183-3

PISTONE V; SOVRANO F; DISTEFANO B. Case weighting systems; e-justice; environmental crimes; italian criminal justice; un sustainable development goals; weighted caseload. ACM INT. CONF. PROC. SER., , 2023. DOI: 10.1145/3614321.3614365

PORTEOUS AH; RAMMOHAN SV; LEE HL. Responsible supplier management; social and environmental responsibility; supplier incentives and penalties; supplier non-compliances and violations. PROD. OPER. MANAGE., v. 24, 2015. DOI: 10.1111/poms.12376

POZDNYAKOVA E; BORENSTEIN A. Administrative liability; environment; environmental offense; law enforcement. INT. MULTIDISCIPLINARY SCI. GEOCONF. SURVEYING GEOLOGY MINING ECOLOGY MANAGE., SGEM, v. 19, 2019. DOI: 10.5593/sgem2019/5.4/S23.068

PRIYA L; SIDDIK A M; VARGHESE GK; KHURSHEED SHAH I. Crime convergence; environmental crime; environmental forensics; interpol. ENVIRON. FORENSICS, v. 25, 2024. DOI: 10.1080/15275922.2023.2297414

RANTLO J; VILJOEN G. Environmental impact assessment; retrospective environmental authorisation; section 24g. IMPACT ASSESS. PROJ. APPRAISAL, v. 38, 2020. DOI: 10.1080/14615517.2020.1776555

RORIE M; RINFRET S; PAUTZ M. Corporate crime; environmental crime; randomized vignette; rational choice theory; regulation; responsive regulation. INT. J. LAW, CRIME JUSTICE, v. 43, 2015. DOI: 10.1016/j.ijlcj.2015.01.002

ROTOLO G. Título não informado. ENVIRONMENTAL CRIME IN TRANSNATIONAL CONTEXT: GLOBAL ISSUES IN GREEN ENFORCEMENT AND CRIMINOLOGY, , 2016. DOI: 10.4324/9781315580029-14

ROUSSEAU S. Empirical analysis; enforcement; environmental violations; monetary penalties. INT. REV. ENVIRON. RESOUR. ECON., v. 3, 2009. DOI: 10.1561/101.00000024

SAHRAMÄKI IP; KANKAANRANTA TT. Crime prevention; delphi; enforcement; finland; regulatory void; waste crime. EUR. J. CRIMINOL., v. 20, 2023. DOI: 10.1177/14773708211020634

SAM AG. Compliance; enforcement; p2 practices; poisson models; pollution prevention act. J. REGUL. ECON., v. 37, 2010. DOI: 10.1007/s11149-009-9103-6

- SHAHAB Y; HUSSAIN T; WANG P; ZHONG M; KUMAR S. Board monitoring; business groups; environmental violations; political legitimacy. *INT. REV. FINANC. ANAL.*, v. 85, 2023. DOI: 10.1016/j.irfa.2022.102459
- SHEVCHENKO A. Environmental performance; environmental policy; environmental regulations; environmental violations; regulatory pressure. *BUS. STRATEGY ENVIRON.*, v. 30, 2021. DOI: 10.1002/bse.2711
- SIEGEL MR; DOYLE SL; CONSIDINE TJ; WATSON RW; CONSIDINE NB; MARTIN JP. Título não informado. *PIPELINE GAS J. ENVIRON. GEOSCI.*, v. 245 20, 2018. DOI: 10.1306/eg.09131212006
- SOLIŃSKI D. Criminal law; environmental policy; environmental protection; law enforcement; legal regulation; legal sanctions; pollution; waste management. *OCHR. SR. ZASOBOW NAT.*, , 2025. DOI: 10.2478/oszn-2025-0004
- SOLODOV D; ZĘBEK E. Crime scene examination; environmental crime; environmental damage; evidence gathering procedures; illegal deforestation; unlawful prosecution. *REVISTA BRASILEIRA DIREITO PROCES. PENAL*, v. 8, 2022. DOI: 10.22197/rbdpp.v8i2.711
- SPAPENS T; WHITE R; HUISMAN W. ENVIRONMENTAL CRIME IN TRANSNATIONAL CONTEXT: GLOBAL ISSUES IN GREEN ENFORCEMENT AND CRIMINOLOGY, , 2016. DOI: 10.4324/9781315580029-1
- STEINER SM; MARSHALL JM; MOHAMMADPOUR A; THOMPSON AW. Engaged research; environmental regulation; governance; public health; public sociology; stakeholder governance. *J. APPL. SOC. SCI.*, v. 16, 2022. DOI: 10.1177/19367244211001751
- TAL A; AHARON Y; YUHAS-PELED H. *J. ENVIRON. MONIT.*, v. 12, 2010. DOI: 10.1039/b919960h
- TORODJI R; HARTWININGSIH H; HANDAYANI IGAKR; NUR M. Corporate; environmental; penalty; regulation. *J. HUM. RIGHT. CULT. LEG. SYST.*, v. 3, 2023. DOI: 10.53955/jhcls.v3i3.179
- VEGA JV; LUX LM. Accesoriedad administrativa; administrative accessory; blank criminal law; contaminación ambiental; daño ambiental; environmental damage; environmental pollution; improper omission; ley penal en blanco; omisión impropia. *REV. DERECHO AMBIENT.*, , 2024. DOI: 10.5354/0719-4633.2024.73553
- VO KL. *E3S WEB CONF.*, v. 175, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202017514005
- WANG Y; LI Y; MA Z; SONG J. Deterrence effect; environmental investment; peer

- effect; penalty for environmental violation. *SUSTAINABILITY*, v. 11, 2019. DOI: 10.3390/su11154226
- WANG Y; ZHANG Y; CHANG X; KANG W. Ceo tenure; environmental fraud; family ceos; family firms; independent directors. *BUS. STRATEGY ENVIRON.*, v. 33, 2024. DOI: 10.1002/bse.3571
- WEI H; DU L. Firm's environmental violations; implementation deviation; official environmental accountability policy; officials' environmental attention. *ENVIRON. DEV. SUSTAINABILITY*, v. 26, 2024. DOI: 10.1007/s10668-023-03479-4
- WHITE R. *CRIME LAW SOC. CHANGE*, v. 53, 2010. DOI: 10.1007/s10611-010-9233-x
- WHITE R. *CONTROVERSIES IN ENVIRONMENTAL SOCIOLOGY*, , 2004. DOI: 10.1017/CBO9780511804434.017
- WHITE R; HECKENBERG D. *GREEN CRIMINOLOGY: AN INTRODUCTION TO THE STUDY OF ENVIRONMENTAL HARM*, , 2014. DOI: 10.4324/9780203096109
- WILLIAMS A; DUPUY K. Albania; corruption; environmental crime; environmental decision- making; environmental impact assessment; environmental regulation. *ENVIRON. IMPACT ASSESS. REV.*, v. 65, 2017. DOI: 10.1016/j.eiar.2017.05.002
- WU JJ. Competitive pressures; environmental overcompliance; environmental violations; regulatory pressures; voluntary environmental management. *J. ENVIRON. MANAGE.*, v. 90, 2009. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.05.017
- YAO S; WEI S; CHEN L. Audit fee; environmental regulation intensity; environmental violation; internal control defects; regional span. *MANAGE. AUDIT. J.*, v. 38, 2023. DOI: 10.1108/MAJ-08-2021-3282
- YING Q; ZHANG Z; HE S. Bank loan financing; environmental violations; equity financing. *ACM INT. CONF. PROC. SER.*, , 2024. DOI: 10.1145/3695652.3695684
- ZENG J; ZHOU Q; YANG D. Air pollution; environmental regulation; political economy; productivity; regression discontinuity design. *ENVIRON. RESOUR. ECON.*, v. 86, 2023. DOI: 10.1007/s10640-023-00791-5
- ZHAI H; CHAN KC; LIU Q; LIU K. Corporate risk-taking; environmental enforcement; environmental judicial specialization. *ASIA-PAC. J. FINANC. STUD.*, v. 49, 2020. DOI: 10.1111/ajfs.12286
- ZHANG H; TAO L; YANG B; BIAN W. Corporations' environmental violations; environmental governance; environmental regulations; public participation. *FINAN. RES. LETT.*, v. 53, 2023. DOI: 10.1016/j.frl.2023.103676

ZHANG Y; WANG Z; GU M; YE K; LI B. Cellular automaton; contractor state transition; environmental sanction; green knowledge diffusion; susceptible–exposed–infectious– recovered. ENVIRON. IMPACT ASSESS. REV., v. 110, 2025. DOI: 10.1016/j.eiar.2024.107722

ZHOU Z; XU L; GUO P; AI H. Corporate financialization; did; environment regulation; porter hypothesis; the capital profit-seeking effect; the crowding-out effects. ENVIRON. SCI. POLLUT. RES., v. 30, 2023. DOI: 10.1007/s11356-023-26188-x