



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG  
COORDENADORIA DE ENSINO  
COORDENAÇÃO DE ENSINO PRESENCIAL E DE PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM ALTOS ESTUDOS EM SEGURANÇA PÚBLICA**

**GABRIELA NUNES MARTINS LINHARES**

**PERÍCIA AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS: A Modernização do  
Laboratório de Análise de Água e Efluente no Instituto de Criminalística  
em Goiás**

**GOIÂNIA-GO  
2024**



GABRIELA NUNES MARTINS LINHARES

**PERÍCIA AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS: A Modernização do  
Laboratório de Análise de Água e Efluente no Instituto de Criminalística  
em Goiás**

Artigo científico apresentado como exigência parcial para conclusão da disciplina Metodologia Científica do Curso de Curso de Especialização em Altos Estudos em Segurança Pública (CAESP) pela Secretaria de Segurança Pública de Goiás e a Universidade do Estado de Goiás, sob a orientação do Prof. Dr. Thiago Henrique Costa Silva.

GOIÂNIA-GO  
2024

# PERÍCIA AMBIENTAL E GESTÃO DE RECURSOS: A MODERNIZAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUA E EFLUENTE NO INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA EM GOIÁS

## ENVIRONMENTAL FORENSICS AND RESOURCE MANAGEMENT: THE MODERNIZATION OF THE WATER AND EFFLUENT ANALYSIS LABORATORY AT THE INSTITUTE OF CRIMINALISTICS IN GOIÁS

Gabriela Nunes Martins Linhares (a)\*

Thiago Henrique Costa Silva (a)\*\*

**Resumo:** Este trabalho aborda a viabilidade técnica, econômica e operacional da implementação do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) no Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE), vinculado à Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC/GO). A pesquisa enfatiza a importância da perícia ambiental para a produção de provas técnicas relacionadas a crimes de poluição hídrica e outras infrações ambientais. O trabalho também explora a viabilidade estratégica de captação de recursos institucionais e privados para a implementação do equipamento. O estudo foi conduzido por meio de uma abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica e análise documental, além de consultas a estudos de caso e literatura técnica. Os resultados indicam que o ICP-OES é uma ferramenta indispensável para identificar e quantificar metais pesados e outros poluentes em níveis traços, sendo capaz de atender aos requisitos das Resoluções CONAMA nº 357, 396 e 430. Apesar do custo elevado de aquisição e manutenção, o equipamento apresenta alta viabilidade técnica e econômica, especialmente quando associado a parcerias institucionais e fontes externas de financiamento. A implementação do ICP-OES no LAAE aperfeiçoará os procedimentos da cadeia de custódia, ampliará a capacidade técnica do laboratório e consolidará Goiás como referência na perícia ambiental no Brasil. Conclui-se que, o investimento no ICP-OES não apenas atenderá à crescente demanda por análises precisas, mas também contribuirá para a responsabilização de infratores e a mitigação dos impactos ambientais.

**Palavras-chave:** ICP-OES; Perícia ambiental; Poluição hídrica; Crimes ambientais; Resoluções CONAMA.

**Abstract:** This study addresses the technical, economic, and operational feasibility of implementing the Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) at the Laboratory for Water and Effluent Analysis (LAAE), under the Goiás Police Technical-Scientific Superintendency (SPTC/GO). The research emphasizes the importance of environmental forensics for producing technical evidence related to water pollution crimes and other environmental infractions. The study also explores the strategic feasibility of securing institutional and private funding for implementing the equipment. A qualitative

---

\* Especialista em Gerenciamento de Segurança Pública (SSP-GO/UEG). Especialização inconclusa em Perícia Ambiental (PUC-GO). Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental. Perita Criminal da Superintendência de Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás. E-mail: gabriela.perita@gmail.com.

\*\* Orientador da Especialização em Altos Estudos em Segurança Pública (UEG/SSP). Doutor em Agronegócio pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Doutorando e Mestre em Direito Agrário pela UFG. Graduado em Direito e Ciências Econômicas. Docente na Universidade Estadual de Goiás e Perito Criminal da Superintendência de Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás. E-mail: thiagocostasilva@ueg.br.

approach was employed, including a bibliographic review, documentary analysis, and consultations with case studies and technical literature. The results indicate that the ICP-OES is an indispensable tool for identifying and quantifying heavy metals and other pollutants at trace levels, capable of meeting the requirements of Resolutions CONAMA No. 357, 396, and 430. Despite the high acquisition and maintenance costs, the equipment demonstrates strong technical and economic feasibility, particularly when supported by institutional partnerships and external funding sources. The implementation of the ICP-OES at LAEE will enhance custody chain procedures, expand the laboratory's technical capacity, and establish Goiás as a reference in environmental forensics in Brazil. It is concluded that investing in the ICP-OES will not only meet the growing demand for precise analyses but also contribute to holding offenders accountable and mitigating environmental impacts.

**Keywords or Palabras clave:** ICP-OES; Environmental forensics; Water pollution; Environmental crimes; CONAMA Resolutions.

## 1 INTRODUÇÃO

Os crimes ambientais, assim como os demais crimes, deixam marcas, vestígios. Nos crimes de poluição hídrica, não poderia ser diferente. Os mananciais altamente poluídos são um problema presente em todas as unidades federativas de nosso país, impactando desde as grandes capitais até os cursos d'água que atravessam pequenas cidades (Morrison; Murphy, 2006). No entanto, lançar efluentes em determinado manancial, por si só, não configura uma prática criminosa. Para que haja crime ambiental, este lançamento deve ocorrer fora dos parâmetros permitidos em leis e regulamentos, como os previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece as condições e padrões para o lançamento de efluentes (Conselho Nacional Do Meio Ambiente, 2005) e na Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998).

Para tanto, no momento da realização da perícia criminal em locais de crimes de poluição hídrica, a materialização da ocorrência desses crimes, não se limita à constatação visual por parte do perito. Para averiguar e materializar um possível crime que esteja ocorrendo ali, se faz necessária a coleta de amostras para análises laboratoriais, a fim de realizar uma constatação e mensuração nos parâmetros indicadores de qualidade de água e efluentes, para assim então, poder afirmar se determinado lançamento está ou não ocorrendo fora dos parâmetros legais e incorrendo na prática de crime ambiental.

Em 2019, foi inaugurado no Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues, em Goiânia, Goiás, o Laboratório de Análises de Água e Efluentes, tornando-se pioneiro no país entre os Institutos de Criminalística. Este laboratório representa um marco na perícia ambiental, oferecendo a infraestrutura necessária para a materialização de provas em crimes de poluição hídrica e consolidando Goiás como uma referência nacional na área (Goiás, 2019; A Redação, 2019).

A expansão da criminalidade ambiental e seus impactos devastadores sobre os recursos hídricos demandam das instituições públicas, como a Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC-GO), uma resposta cada vez mais ágil, eficaz e pautada em rigor científico. Diante disso, este trabalho propõe uma análise aprofundada da viabilidade de implementação do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) no Laboratório de Análise de Águas e Efluentes (LAAE), da SPTC. O ICP-OES é uma tecnologia de ponta que permitiria ao laboratório expandir significativamente sua capacidade de análise química, proporcionando uma identificação precisa de contaminantes em amostras de água e efluentes, e, assim, fornecer provas técnicas robustas em casos de poluição hídrica. Sua aplicação prática seria um avanço na gestão estratégica da perícia ambiental, trazendo benefícios diretos na produção de provas materiais que suportam a responsabilização de infratores e o fortalecimento do combate aos crimes ambientais (Kemp *et al.*, 2004).

Esse equipamento é amplamente utilizado na identificação de poluentes relacionados a atividades mineradoras e industriais, o que contribui para a produção de provas materiais robustas. Segundo Zhang, na China por exemplo, o equipamento foi utilizado para mapear a distribuição de metais pesados, como chumbo e mercúrio, em áreas próximas a fundições. Os resultados evidenciaram concentrações elevadas desses elementos no solo e na água, ultrapassando os limites ambientais e destacando o impacto das atividades humanas na qualidade ambiental (Zhang *et al.*, 2018). Além disso, o ICP-OES demonstrou sua eficiência ao identificar fontes de contaminação, subsidiando medidas de mitigação e responsabilização legal.

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) adotou o ICP-OES para avaliar a contaminação de sedimentos e solos em áreas industriais, revelando a presença de arsênio e cádmio em concentrações críticas. Essas análises foram fundamentais para estabelecer nexos causais entre as atividades industriais e os danos ambientais, fortalecendo ações judiciais e políticas públicas voltadas à proteção ambiental (Arroyo *et al.*, 2010).

A implementação do ICP-OES no Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE), vinculado à Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás (SPTC/GO), trará avanços significativos à perícia ambiental no Estado. O equipamento permitirá a análise de amostras de água contaminadas, identificando poluentes como metais pesados, frequentemente associados à mineração e ao uso intensivo de agrotóxicos em atividades agrícolas. Tais contaminações não apenas afetam a biodiversidade, mas também representam riscos graves à saúde humana, como no caso da bioacumulação de mercúrio em cadeias

alimentares, que pode causar danos neurológicos severos (Egger *et al.*, 2021; Nain *et al.*, 2020).

A utilização do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) em investigações ambientais no Brasil tem se mostrado uma ferramenta essencial na identificação e quantificação de poluentes em contextos de crimes ambientais. Em um estudo realizado no estado de São Paulo, o equipamento foi empregado na análise de solos e sedimentos contaminados em uma região impactada por descargas industriais. Os resultados obtidos permitiram identificar elevados níveis de metais pesados, como chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg), cujas concentrações ultrapassavam os limites estabelecidos pelas normas ambientais brasileiras, conforme a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

A precisão analítica do ICP-OES possibilitou mapear a distribuição espacial dos contaminantes, destacando as áreas mais afetadas e as prováveis fontes de poluição. Essa abordagem forneceu subsídios técnicos para a elaboração de laudos periciais robustos, os quais foram utilizados como provas científicas em ações judiciais e na formulação de medidas de remediação ambiental (Arroyo *et al.*, 2010). A investigação evidenciou como o uso de tecnologias avançadas fortalece a capacidade dos órgãos de fiscalização ambiental e contribui para a responsabilização dos infratores.

Outro exemplo relevante foi registrado em Minas Gerais, onde o ICP-OES foi utilizado para analisar águas subterrâneas contaminadas por resíduos provenientes de atividades mineradoras. A investigação revelou concentrações críticas de arsênio (As), um elemento de alta toxicidade, demonstrando a gravidade do impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado de rejeitos minerais. Os dados obtidos foram fundamentais para orientar ações de compensação ambiental e reforçar a fiscalização em regiões mineradoras, consolidando o papel do ICP-OES como um instrumento indispensável na perícia ambiental (Arroyo *et al.*, 2010).

Esses casos ressaltam a importância do ICP-OES na detecção de poluentes associados a crimes ambientais de alta complexidade. Ao permitir a identificação de elementos em concentrações mínimas, o equipamento contribui significativamente para a produção de provas técnicas que fundamentam processos judiciais e medidas de mitigação ambiental. Sua aplicação no contexto brasileiro reforça a necessidade de modernização dos laboratórios forenses, especialmente em estados como Goiás, onde a ampliação da infraestrutura tecnológica é essencial para atender à crescente demanda por investigações ambientais.

Neste contexto, surge a questão central que norteia este estudo: há viabilidade técnica, operacional e econômica para a implementação do ICP-OES no LAAE-SPTC/GO? A introdução deste equipamento requer uma análise cuidadosa de seus benefícios e dos desafios envolvidos, tanto do ponto de vista da infraestrutura existente quanto do investimento necessário para sua operação. Além disso, busca-se compreender o impacto potencial que a adoção dessa tecnologia teria na qualidade das perícias ambientais e na agilidade das respostas institucionais. Assim, este artigo propõe, como objetivo geral, compreender os desafios e as potencialidades associados à implementação do ICP-OES no LAAE. Para isso, foram definidos objetivos específicos que incluem: avaliar a necessidade estratégica de se investir em tecnologias avançadas para a produção de provas periciais; descrever a estrutura física e organizacional do LAAE e suas adequações necessárias; e examinar a viabilidade técnica e financeira da instalação do ICP-OES na instituição (Tochetto, 2017).

Diante da complexidade e gravidade dos crimes ambientais, a perícia ambiental emerge como um instrumento indispensável para a produção de provas técnicas e a responsabilização dos infratores, destacando-se como um campo de estudo essencial para promover a justiça e a proteção ambiental, reduzindo a sensação de impunidade na sociedade.

A relevância deste estudo é evidente nos âmbitos acadêmico, social e econômico. No contexto acadêmico, a escassez de pesquisas voltadas para a aplicação de tecnologias como o ICP-OES em perícias ambientais ressalta a necessidade de uma análise pioneira sobre seu impacto em crimes ambientais. Social e economicamente, a implementação de tecnologias mais precisas e avançadas na perícia de poluição hídrica traz vantagens que extrapolam o âmbito criminal: ao prover provas robustas, a instituição não só fortalece a proteção ambiental como também contribui para a saúde pública e a economia, reduzindo os prejuízos gerados pela contaminação de recursos hídricos (Pereira et al., 2022; United Nations Environment Programme, 2018). Adicionalmente, a ausência de provas consistentes em crimes ambientais por muitas vezes, é motivo de arquivamento de processos em fase final de julgamento. Isso colabora com a perpetuação de um ciclo de impunidade, o que compromete a segurança ambiental e fomenta a recorrência de crimes.

Para a realização desta pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa com método dedutivo, baseada em revisões bibliográficas, documentais e análises de dados secundários. Este método permite explorar em profundidade as implicações da implementação do ICP-OES no contexto pericial do Estado de Goiás. Gil (2002) e Lakatos e Marconi (2003) destacam que a análise qualitativa é essencial para estudos exploratórios como este, onde a

compreensão dos fatores técnicos e financeiros exige um olhar detalhado sobre dados e experiências prévias no campo da perícia ambiental.

A estrutura deste artigo está organizada da seguinte forma: o primeiro capítulo discute as novas tecnologias e a gestão de recursos para promover a prova técnica e pericial, destacando a importância de investimentos em perícia ambiental e as dificuldades financeiras associadas. O segundo capítulo examina a estrutura organizacional e técnica do LAEE, abordando sua capacidade e as adequações necessárias para operar o ICP-OES. No terceiro capítulo, realiza-se uma análise detalhada do funcionamento e das aplicações do ICP-OES em crimes ambientais, considerando sua viabilidade econômica e seu potencial impacto na eficácia das perícias. Esses elementos se articulam para apresentar uma análise integrada da implementação do ICP-OES, proporcionando uma base sólida para decisões futuras no campo da criminalística ambiental em Goiás.

## **2 A IMPORTÂNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS E DO GERENCIAMENTO DE RECURSOS NA PRODUÇÃO DE PROVAS PERICIAIS AMBIENTAIS**

A perícia criminal desempenha um papel essencial na elucidação de crimes, pois é responsável pela produção de provas técnicas que orientam as investigações e garantem a responsabilização dos infratores. Entretanto, o custo elevado e a complexidade dos processos periciais representam um desafio constante para as instituições que compõem o sistema de justiça criminal. Segundo dados da Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP), os investimentos em perícia no Brasil têm sido limitados, o que compromete a capacidade de modernização e o desempenho dos institutos periciais. A falta de recursos afeta diretamente a implementação de novas tecnologias, essenciais para tornar as perícias mais precisas e eficientes (SENASP, 2020).

As tecnologias aplicadas na área pericial evoluíram significativamente nas últimas décadas, com o desenvolvimento de equipamentos avançados capazes de realizar análises químicas e biológicas detalhadas, bem como de detectar e quantificar substâncias com precisão. Equipamentos como o Espectrômetro de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) representam um salto tecnológico, pois possibilitam a análise de vestígios com alta sensibilidade, facilitando a identificação de contaminantes em casos de poluição ambiental e fornecendo provas robustas que sustentam a persecução penal. De acordo com a SENASP, o uso de tecnologia avançada nas perícias é um fator determinante para a eficácia das investigações criminais, especialmente em crimes ambientais, onde as

evidências são, muitas vezes, difíceis de detectar sem o uso de metodologias laboratoriais sofisticadas (SENASP, 2019).

A implementação de novas tecnologias, porém, exige um investimento substancial não apenas na aquisição dos equipamentos, mas também na capacitação dos profissionais que os operam. A perícia é uma área de alta especialização, e o uso inadequado de tecnologias pode comprometer a integridade das provas e o processo de responsabilização dos envolvidos. Além dos custos iniciais de instalação e operação, há um custo recorrente com a manutenção dos equipamentos e a reposição de insumos específicos, como reagentes e consumíveis laboratoriais, que elevam o custo operacional das unidades periciais.

É importante observar também os custos operacionais do ICP-OES como parte do planejamento de sua implementação. A manutenção regular do equipamento, que inclui calibrações e substituições de componentes críticos, pode variar entre R\$ 30.000,00 e R\$ 50.000,00 por ano, dependendo da intensidade de uso (Thermo Scientific, 2024). Além disso, o consumo de argônio de alta pureza, essencial para o funcionamento do plasma, tem um custo médio de R\$ 800,00 por cilindro, com frequência de reposição dependente da demanda analítica. Outros insumos, como reagentes químicos para análises específicas, adicionam aproximadamente R\$ 10.000,00 anuais ao orçamento. Esses dados reforçam a necessidade de planejamento orçamentário detalhado e de parcerias institucionais para viabilizar a operação de longo prazo do equipamento.

A integração entre tecnologias avançadas e a capacitação contínua de peritos é um elemento essencial para maximizar o impacto das novas ferramentas no âmbito da perícia ambiental. A introdução de equipamentos como o ICP-OES requer não apenas conhecimentos técnicos para sua operação, mas também habilidades analíticas para a interpretação dos resultados. Essa capacitação deve ser dinâmica, acompanhando as atualizações tecnológicas e as demandas dos casos investigados. No contexto de Goiás, onde o LAEE desempenha um papel estratégico, treinamentos específicos poderiam incluir metodologias aplicadas à análise de metais pesados, bem como simulações práticas de uso do equipamento em casos reais de poluição hídrica e crimes ambientais.

Além de ser um importante centro de produção de provas técnicas, o LAEE tem o potencial de se consolidar como um laboratório de referência em pesquisa científica, com foco na análise de águas e efluentes. O uso do ICP-OES permitirá ao laboratório realizar a quantificação de metais pesados e outros contaminantes em níveis traços, promovendo a evolução das técnicas de análise ambiental. Essa capacidade de identificar e quantificar substâncias em concentrações extremamente baixas representa um avanço significativo, pois

muitas vezes esses poluentes são invisíveis a olho nu, mas apresentam riscos severos à saúde humana e ao meio ambiente.

No Brasil, a perícia ambiental tem sido uma área de crescente relevância, dada a intensificação dos crimes ambientais e a pressão para que os responsáveis sejam devidamente punidos. Contudo, os recursos disponíveis para essa área ainda são limitados, e poucos institutos de criminalística contam com infraestrutura adequada para a realização de perícias em água e efluentes. O Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE) em Goiás, por exemplo, é uma das poucas iniciativas no país que visa à materialização de crimes de poluição hídrica. No entanto, mesmo com a estrutura atual, o LAAE ainda carece de investimentos em tecnologias avançadas, como o ICP-OES, para que possa realizar análises mais detalhadas e oferecer provas técnicas com maior precisão (Goiás, 2019).

Goiás enfrenta desafios significativos relacionados à criminalidade ambiental, em particular a poluição hídrica decorrente de atividades industriais, agrícolas e de descarte inadequado de resíduos sólidos. Estudo realizado na comarca de Rubiataba, entre 2012 e 2018, evidenciou que grande parte das denúncias ambientais está associada à contaminação de corpos d'água, ressaltando a necessidade de maior fiscalização e aplicação efetiva das leis ambientais (Sainça et al., 2021). O Estado de Goiás possui um gama de empreendimentos potencialmente poluidores que podem ser capazes de gerar contaminações ambientais significativas, caso mal operados. A modernização do LAAE, com a implementação do ICP-OES, permitiria não apenas a análise precisa de metais pesados e outros poluentes, mas também traria maior robustez aos laudos técnicos, uma vez que possibilitaria a realização de uma gama maior de parâmetros ambientais, trazendo um maior compreensão da dimensão da poluição, assim como pode possibilitar a definição de autoria dos crimes de poluição hídrica.

Relatórios da SENASP enfatizam a importância de dotar os laboratórios de perícia com tecnologias adequadas, uma vez que os crimes ambientais, especialmente os de poluição hídrica, deixam vestígios complexos e que, muitas vezes, exigem análises químicas minuciosas para serem identificados. Sem equipamentos modernos, a capacidade dos peritos de fornecer laudos conclusivos fica comprometida, o que dificulta a responsabilização dos poluidores e a proteção do meio ambiente (SENASP, 2020; Goiás, 2019).

Cabe ressaltar que a existência de uma equipe com números de peritos adequada para atender à demanda de crimes ambientais no Estado, é de suma importância, visto que de nada adiantam os recursos financeiros, se esses não virem acompanhados do recurso humano qualificado, tão fundamental para a perícia criminal.

A utilização de novas tecnologias na perícia criminal é cada vez mais necessária para acompanhar a sofisticação dos crimes ambientais e garantir que as provas produzidas sejam cientificamente robustas e confiáveis. No entanto, a implantação de tecnologias avançadas, como o ICP-OES, enfrenta desafios financeiros substanciais, pois o custo desses equipamentos é elevado e o processo de aquisição é complexo, exigindo planejamento orçamentário e justificativas técnicas rigorosas. Segundo a SENASP (2020), a falta de recursos destinados à área pericial é um dos principais obstáculos para a modernização dos institutos de criminalística no Brasil. Isso gera uma disparidade entre os estados, onde apenas uma minoria possui capacidade técnica para realizar análises químicas sofisticadas, essenciais para a comprovação de crimes como a poluição hídrica.

Os custos elevados associados à perícia não se limitam à aquisição dos equipamentos. Manter um laboratório com tecnologia de ponta demanda investimentos contínuos em manutenção e atualização dos aparelhos, além da compra de reagentes e outros insumos específicos. O uso de equipamentos como o ICP-OES requer uma infraestrutura laboratorial complexa e profissionais altamente capacitados, uma vez que a análise de amostras ambientais, especialmente de água e efluentes, envolve procedimentos rigorosos para garantir a precisão dos resultados. Esses investimentos em capacitação também são necessários para que os peritos possam operar o equipamento de forma eficiente e interpretar os resultados de maneira assertiva, aumentando a qualidade dos laudos periciais e fortalecendo as investigações.

No Brasil, a deficiência de infraestrutura em laboratórios periciais impede que muitas regiões contem com tecnologias adequadas para a análise de poluentes em corpos hídricos. A implementação de um equipamento como o ICP-OES no Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE) em Goiás, por exemplo, poderia consolidar o Estado de Goiás como referência na produção de provas periciais em crimes de poluição hídrica. Este laboratório, inaugurado em 2019, foi pioneiro em sua categoria, mas ainda carece de equipamentos de última geração para expandir sua capacidade analítica e atender à demanda crescente por provas materiais em casos de crimes ambientais (Goiás, 2019). A SENASP enfatiza que a disponibilidade de tecnologias avançadas é essencial para que os laudos tenham validade científica e possam ser utilizados em processos judiciais, assegurando que os criminosos sejam responsabilizados e que os danos ambientais sejam mitigados (SENASP, 2020).

A perícia ambiental é especialmente desafiadora devido à natureza dos crimes que investiga. Ao contrário de outros tipos de delito, onde as evidências podem ser visíveis ou tangíveis, os crimes ambientais frequentemente deixam vestígios que só podem ser detectados

por meio de análises laboratoriais complexas. No caso da poluição hídrica, por exemplo, substâncias químicas lançadas nos mananciais podem não ser perceptíveis a olho nu, mas representam uma ameaça significativa ao meio ambiente e à saúde pública. A introdução de tecnologias como o ICP-OES permitiria a identificação e quantificação de metais pesados, compostos orgânicos e outros contaminantes com precisão, fornecendo provas contundentes para o combate a esses crimes. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a contaminação dos corpos d'água é uma das principais causas de degradação ambiental e requer uma resposta rápida e baseada em ciência para ser efetivamente combatida (United Nations Environment Programme, 2018).

Apesar da importância, a implementação de novas tecnologias na perícia ambiental ainda enfrenta resistência devido aos custos e à falta de políticas públicas que priorizem o fortalecimento da infraestrutura pericial. De acordo com a SENASP, um dos maiores desafios é alinhar o orçamento público com as necessidades específicas da área pericial, que muitas vezes são vistas como secundárias em relação a outras áreas da segurança pública. No entanto, a produção de provas materiais confiáveis é um dos pilares para a justiça ambiental, e a negligência nessa área compromete a capacidade do Estado de responder adequadamente aos crimes ambientais. Investir na perícia ambiental, portanto, não é apenas uma questão de melhorar a eficiência das investigações, mas também de assegurar que Goiás esteja preparado para enfrentar os desafios de um mundo onde a proteção ambiental é fundamental para a sustentabilidade e o bem-estar da sociedade.

Relatórios recentes da SENASP (2020) destacam que a capacitação dos peritos é tão essencial quanto a aquisição dos equipamentos, pois sem conhecimento técnico adequado, a tecnologia se torna subutilizada e os resultados das perícias podem ser comprometidos. Em estados como Goiás, onde a criação de laboratórios especializados já representa um avanço, o próximo passo deve ser garantir que esses laboratórios contem com o suporte financeiro e técnico necessário para operar em sua máxima capacidade.

A perícia ambiental, especificamente relacionada à análise de água e efluentes, exige uma infraestrutura robusta e equipamentos capazes de identificar uma ampla gama de contaminantes. A ausência de investimentos nessa área não apenas limita o alcance das investigações, mas também permite que crimes de grande impacto ambiental permaneçam sem resposta adequada, prejudicando o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população.

A utilização de novas tecnologias na perícia criminal é cada vez mais necessária para a materialização de identificação dos autores de lançamentos criminosos ou contaminações

ambientais. Novas tecnologias, como o ICP-OES, permitem a identificação e quantificação de compostos, isso possibilita caracterizar o lançamento ou contaminação, podendo enfim, se afirmar que aquela determinada contaminação, é compatível com a atividade mineradora, ou com determinada indústria química. Isso facilita bastante o processo de investigação de a comprovação das evidências de um crimes, que muitas vezes podem colocam em risco a saúde humana.

Os crimes ambientais, por vezes, podem afetar uma grande quantidade de pessoas ao mesmo tempo. Diferentemente de um crime de homicídio, os crimes ambientais, podem afetar a população inteira de uma cidade, caso haja por exemplo, a contaminação do único manancial de abastecimento da mesma.

Nesse sentido, se faz imprescindível, que o Estado possua uma estrutura capaz de constatar o ocorrência de crimes ambientais de poluição hídrica, uma vez que esses são indetectáveis a olho nu, a estrutura laboratorial, com tecnologia de ponta, é fundamental para assegurar que nenhum crime passe despercebido, assim como, certificar de que os crimes serão materializados e devidamente julgados e o dano ambiental restaurado.

Importantes reservas minerais do país se encontram no Estado de Goiás. Com isso, tem-se um número considerável de atividades que compõe a cadeia produtiva nessa área de atuação. Conforme o Diagnostico do Setor Mineral do Estado de Goiás, o Estado abriga região de Crixás 9,25% das reservas de ouro do Brasil, 12,8% das reservas minerais de titânio na região de Catalão, 72,98% das reservas de níquel, 98,14% das reservas mineiras de cobalto, entre outros (Goiás, 2002).

Além das reservas, a produção mineral em Goiás é bastante diversificada, com seis empreendimentos inseridos ocupando posições importantes na cadeia produtiva nacional. A participação de Goiás no cenário nacional por tipo de minério: amianto 99%, níquel 65%, nióbio 40%, fosfato 30%, vermiculita 20% (Goiás, 2002). Portanto, observa-se que o Estado de Goiás tem uma participação importante e significativa no cenário nacional.

Decorrente de tantas atividades minerarias, é esperado que ocorram crimes ambientais decorrentes da má operacionalização de determinado empreendimento, ou rompimento de barragens de rejeito, entre outras milhares de possibilidades que podem ocorrer. Diante disso, é imprescindível que o Estado possua estrutura para realizar a devida materialização de crimes ambientais que possam ocorrer nessas áreas, visando resguardar o direito ao meio ambiente equilibrado, assim como, fazendo valer a justiça e a segurança pública em nosso Estado.

A ausência de laudos periciais, muitas vezes é causa de arquivamentos de processos judiciais de casos criminais, passando a segurança da impunidade, o que pode aumentar os casos de crimes ambientais, trazendo consequências não só para o meio ambiente, como para a saúde da população.

A fim de exemplificar, temos o caso que ocorreu em 2022 no município de Campos Verde, Goiás. A grave contaminação do Rio dos Bois, naquele município, evidenciou um cenário alarmante de impacto ambiental e humano, atribuído às operações mineradoras na região. Relatórios técnicos apontaram altos níveis de metais pesados na água destinada ao abastecimento público, levando a doenças graves na população, incluindo diagnósticos de câncer. Além da mortandade de peixes, que comprometeu a subsistência alimentar, mais de 100 famílias enfrentaram dificuldades para acessar água potável. Apesar de decisões judiciais obrigando medidas de mitigação, como análises toxicológicas da população e ações emergenciais, a mineradora responsável nega responsabilidade, ressaltando a complexidade de determinar a origem da contaminação em uma área naturalmente rica em minerais (Metrópoles, 2022).

Para que os institutos periciais brasileiros possam desempenhar seu papel na proteção do meio ambiente, é fundamental que haja um compromisso contínuo com a modernização de sua infraestrutura e com o treinamento de seus profissionais. A perícia ambiental exige não apenas equipamentos como o ICP-OES, mas também profissionais capacitados para realizar análises precisas e interpretações científicas rigorosas.

### **3 O LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE ÁGUAS E EFLUENTES (LAAE) E A EXPANSÃO DA PERÍCIA AMBIENTAL EM GOIÁS**

O Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE), implementado em 2019 no Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (ICLR), em Goiânia, Goiás, representou um marco na perícia criminal ambiental no Brasil. Desenvolvido inicialmente como um trabalho de conclusão de curso do CEGESP (Curso de Gestão em Segurança Pública UEG/SSP), o laboratório tornou-se realidade graças aos recursos disponibilizados pelo Ministério Público e pela Coordenadoria de Apoio Operacional (CAO) do Meio Ambiente (Goiás, 2019; Linhares et al., 2024). Sua implementação visou suprir a crescente demanda por análises laboratoriais que garantissem a materialização de crimes ambientais, fortalecendo a cadeia de custódia e a credibilidade das provas apresentadas (Linhares et al., 2024).

Antes da criação do LAAE, as análises químicas dependiam de instituições externas, um processo que frequentemente comprometia a cadeia de custódia das amostras e a

qualidade das provas obtidas. Segundo Linhares et al. (2024), a inauguração do LAAE solucionou parte desses problemas, permitindo a realização de análises detalhadas e confiáveis no próprio Estado, o que assegura a cadeia de custódia.

Além disso, a perícia ambiental vem ganhando importância em Goiás, acompanhando a crescente conscientização pública sobre a necessidade de proteção ambiental. Contudo, ainda enfrenta desafios, principalmente relacionados à falta de investimento em infraestrutura e recursos humanos (SENASP, 2020). Essa lacuna impacta diretamente a capacidade do Estado em atender à demanda por investigações ambientais, que aumentaram significativamente nos últimos anos (Goiás, 2019).

Atualmente, o LAAE conta com dois peritos criminais, uma auxiliar administrativa e uma auxiliar de limpeza de vidrarias, um quadro claramente insuficiente para atender à demanda crescente (Linhares et al., 2024). A estrutura física do laboratório é composta por duas salas principais, onde são realizadas análises físico-químicas e microbiológicas e uma sala de redação de laudos. Os exames incluem parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), coliformes totais, *Escherichia coli*, sólidos sedimentáveis (Linhares et al., 2024). Recentemente, foram incluídos no rol de parâmetros, as análises de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal.

Para que o LAAE atinja seu pleno potencial, é essencial que sejam realizados investimentos significativos na modernização de sua infraestrutura e na capacitação dos profissionais envolvidos. A implementação de novos equipamentos, como o ICP-OES, não apenas ampliaria a capacidade analítica do laboratório, mas também consolidaria Goiás como uma referência nacional na perícia ambiental (Linhares et al., 2024; SENASP, 2020). Além disso, a certificação do laboratório segundo normas internacionais, como a ISO 17025, seria um passo importante para aumentar ainda mais a confiabilidade dos laudos periciais emitidos (Hammer; Viessman, 2005).

A expansão do LAAE também requer maior articulação com órgãos ambientais e parcerias estratégicas para captação de recursos. Essas iniciativas permitiriam não apenas a melhoria dos serviços prestados, mas também a criação de um modelo sustentável de gestão, alinhado às melhores práticas internacionais.

A análise SWOT aplicada ao Laboratório de Análises de Água e Efluentes (LAAE) visa identificar os pontos fortes, as fraquezas, as oportunidades e as ameaças relacionadas à implementação do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Esse processo analítico é fundamental para compreender os aspectos estratégicos

da modernização do laboratório, permitindo uma avaliação mais precisa dos desafios e dos potenciais benefícios dessa tecnologia.

Entre os pontos fortes, destaca-se a infraestrutura pioneira do LAAE, que já se posiciona como um centro especializado nas análises de água e efluentes com foco em investigações criminais. O laboratório é reconhecido por sua capacidade técnica e pela credibilidade das provas periciais geradas, o que lhe confere uma vantagem significativa. Entre os pontos fortes do LAAE está o fato de ser o primeiro laboratório do país a realizar análises de água e efluentes com foco exclusivo em investigações criminais. Essa característica confere ao laboratório uma posição de destaque no cenário nacional e fortalece a credibilidade das perícias realizadas (Linhares et al., 2024). Além disso, o uso de metodologias reconhecidas internacionalmente, como as descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, garante a precisão dos resultados e aumenta a confiança nos laudos emitidos (Hammer; Viessman, 2005).

A incorporação do ICP-OES, uma tecnologia de ponta, ampliaria ainda mais essa capacidade, permitindo a detecção e quantificação de metais pesados e outros contaminantes com precisão e em níveis traços, fundamentais para a investigação de crimes ambientais complexos.

No entanto, o LAAE enfrenta algumas fraquezas, sendo a principal delas a limitação orçamentária. O custo elevado do ICP-OES e a necessidade de manutenção contínua representam desafios financeiros substanciais, o que pode dificultar a implementação imediata da tecnologia. Além disso, a escassez de recursos humanos qualificados e o número reduzido de peritos no laboratório são fatores que impactam a capacidade de atender à crescente demanda por análises ambientais, exigindo investimentos em capacitação e expansão da equipe. Essas fragilidades restringem a capacidade do LAAE de expandir suas operações e atender a casos mais complexos (Linhares et al., 2024). Segundo a SENASP (2020), a falta de investimentos contínuos em infraestrutura e pessoal compromete não apenas a eficiência do laboratório, mas também sua sustentabilidade a longo prazo.

Apesar das fraquezas, existem diversas oportunidades que podem ser exploradas para viabilizar a modernização do LAAE. As parcerias institucionais com órgãos governamentais, universidades e empresas privadas representam uma oportunidade estratégica para o financiamento da aquisição do ICP-OES e para a troca de conhecimentos técnicos que poderão beneficiar o laboratório. Além disso, a crescente demanda por perícias ambientais, impulsionada pela intensificação dos crimes ambientais e pela conscientização sobre a

preservação dos recursos hídricos, abre espaço para o LAAE expandir suas operações e fortalecer sua posição como referência no país.

Entretanto, também existem ameaças que podem impactar o sucesso da implementação do ICP-OES. Uma possível resistência à destinação de recursos humanos e financeiros para a perícia ambiental e a falta de políticas públicas consistentes de investimento em infraestrutura científica podem comprometer o andamento do projeto. Além disso, a concorrência com laboratórios privados, que podem oferecer custos mais baixos e prazos mais curtos, também representa uma ameaça à sustentabilidade financeira do LAAE a longo prazo.

Em resumo, a análise SWOT revela que, embora o LAAE enfrente desafios significativos, a implementação do ICP-OES se mostra uma oportunidade valiosa para expandir suas capacidades técnicas e consolidar Goiás como um centro de excelência em perícia ambiental. Superar as fraquezas financeiras e enfrentar as ameaças externas exigirá estratégias de parcerias eficazes e um planejamento orçamentário detalhado, mas as oportunidades disponíveis, se bem exploradas, permitirão que o laboratório continue desempenhando um papel essencial na proteção ambiental e na justiça criminal.

#### **4 O ICP-OES E SUAS APLICAÇÕES NA PERÍCIA AMBIENTAL**

O Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) é amplamente reconhecido por sua capacidade de realizar análises elementares precisas e de alta sensibilidade. Ele possibilita a detecção e quantificação de parâmetros ambientais. Para o caso do Laboratório de Análises de Água e Efluentes, o equipamento seria adquirido com a configuração necessária para abarcar as resoluções do CONAMA nº 357, nº 430 e nº 396 com a finalidade de se materializar se determinada amostra coletada em local de suposto crime ambiental, apresenta limites fora do permitido por essas resoluções, incorrendo assim, em crime ambiental, segundo a Lei nº 9.605/98.

O Estado de Goiás possui uma intensa atividade mineradora, agroindustrial e industrial. Esse tipo de equipamento permitiria a constatação de crimes ambientais e muitas vezes, dependendo do tipo e coleta de campo, possibilitaria inclusive relacionar a poluição em determinado manancial, com o lançamento de efluentes específico de determinado tipo de atividade, uma vez que ele possibilita a identificação precisa das substâncias, assim como a quantificação das mesmas.

##### **4.1 Introdução ao ICP-OES**

Utilizando um plasma de argônio de alta temperatura, este equipamento excita átomos e íons presentes nas amostras, resultando na emissão de luz característica de cada elemento químico. Essa abordagem analítica permite a detecção simultânea de múltiplos elementos em concentrações de partes por bilhão (ppb), com uma eficiência superior em termos de velocidade e precisão quando comparada a métodos tradicionais (Milestone, 2024; Thermo Scientific, 2024).

No contexto da perícia ambiental, o ICP-OES desempenha um papel essencial na identificação de contaminantes como metais pesados, que estão entre os poluentes mais perigosos para a saúde humana e o meio ambiente. Sua importância para análises ambientais se dá devido à sua capacidade de detectar elementos em concentrações mínimas, frequentemente exigidas em investigações ambientais e perícias criminais. Com o equipamento configurado para atender aos requisitos das Resoluções CONAMA nº 357, 396 e 430, o LAEE estará capacitado a realizar a identificação e quantificação precisa de elementos, tais como mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio, entre outros, presentes em atividades industriais e mineradoras (Brasil, 2005).

#### **4.2 Aplicações Práticas do ICP-OES na Perícia Ambiental**

O ICP-OES é amplamente utilizado para investigar crimes ambientais que envolvem poluição hídrica, principalmente em regiões impactadas por mineração e atividades industriais. Em um estudo conduzido em áreas de mineração de ouro abandonadas, foi detectada a contaminação do solo e da água por mercúrio e chumbo, elementos associados ao processo de extração mineral. As amostras, analisadas com ICP-OES, revelaram concentrações acima dos limites legais, evidenciando o impacto ambiental e os riscos à saúde pública (Dhayalan; Saraswathi; TV, 2024). Casos documentados na China demonstraram como o ICP-OES foi empregado para mapear a distribuição espacial de metais pesados, incluindo mercúrio, em regiões de fundição de chumbo. Esse estudo evidenciou como a poluição decorrente de atividades industriais se acumulava no solo e na água, causando graves danos ecológicos e representando um risco direto para comunidades locais (Zhang et al., 2018).

No Brasil, casos semelhantes podem ser identificados em atividades de mineração ilegal, onde o uso indiscriminado de mercúrio para extração de ouro tem gerado impactos severos nos ecossistemas fluviais da Amazônia.

Na região sudeste de Goiás, estudos revelaram como atividades de mineração contribuíram para a contaminação de corpos hídricos por metais pesados como chumbo e mercúrio. Essas substâncias foram identificadas em concentrações superiores aos limites permitidos, causando danos à fauna aquática e aos ecossistemas locais (Vaz et al., 2016). O ICP-OES permitiria uma análise detalhada desses contaminantes, possibilitando a produção de provas científicas robustas para responsabilizar os infratores e subsidiar ações de recuperação ambiental (Thermo Scientific, 2024).

Os impactos ambientais e à saúde associados à mineração e ao uso de agrotóxicos são consideráveis. No caso do mercúrio, um poluente comum na mineração de ouro, sua bioacumulação em cadeias alimentares representa um risco significativo para comunidades ribeirinhas que dependem de peixes como fonte de proteína. Esse metal pesado está associado a danos neurológicos e doenças crônicas em seres humanos (Egger et al., 2021).

Também comum no Estado de Goiás, é o desenvolvimento de atividades como os curtumes, que se mal geridos podem gerar a contaminação do meio ambiente por cromo hexavalente, metal tóxico para seres humanos, animais, plantas e microorganismos (Kimbrough et al 1999, apud FERREIRA, 2011). O ICP-OES, configurado para atender às Resoluções CONAMA nº 357, 396 e 430, pode ser utilizado para analisar elementos como cromo, fósforo, enxofre, mercúrio e arsênio, fornecendo dados confiáveis para investigações ambientais e subsidiando ações judiciais (Brasil, 2005; Milestone, 2024).

Essas análises são fundamentais para a materialização de crimes ambientais, fornecendo dados técnicos robustos que podem ser usados como prova em processos judiciais. Por exemplo, estudos indicam que a análise de elementos como arsênio e cádmio, frequentemente presentes em despejos industriais, é essencial para responsabilizar os agentes poluidores e propor medidas de mitigação (Brasil, 2005; Milestone, 2024).

A presença de metais pesados no ambiente representa um perigo significativo para a saúde humana. O mercúrio, por exemplo, é conhecido por sua toxicidade e capacidade de bioacumulação em cadeias alimentares, afetando principalmente populações ribeirinhas que dependem de peixes contaminados como principal fonte de proteína. Estudos apontam que a exposição prolongada ao mercúrio pode causar danos neurológicos irreversíveis e aumento do risco de doenças crônicas (Zhang et al., 2018; Milestone, 2024).

No âmbito agrícola, o uso de pesticidas contendo metais pesados não apenas compromete a qualidade do solo e da água, mas também afeta diretamente a biodiversidade. Estudos demonstraram que a poluição por esses elementos está ligada à redução da

capacidade de regeneração natural dos ecossistemas, especialmente em regiões do Cerrado com alta atividade agrícola (Lima-Junior et al., 2024).

Do ponto de vista ambiental, a poluição por metais pesados compromete a qualidade dos recursos hídricos, reduzindo a biodiversidade aquática e afetando os serviços ecossistêmicos. A implementação do ICP-OES no LAAE permitirá uma resposta mais eficiente a esses desafios, ampliando o número de parâmetros analisados no laboratório, abrangendo assim com maior eficácia, diversos tipos de contaminação e crimes ambientais.

### **4.3 Viabilidade Técnica e Econômica**

Embora o custo inicial do equipamento e das adaptações necessárias ao laboratório seja elevado (aproximadamente R\$ 1.850.000,00), a viabilidade econômica do projeto pode ser assegurada por meio de parcerias institucionais, como com o Ministério Público e agências ambientais. Além disso, o uso do ICP-OES reduzirá a dependência de laboratórios externos, economizando recursos e agilizando as investigações criminais (Thermo Scientific, 2024).

Além do equipamento, será necessário adquirir consumíveis, como argônio de alta pureza ( $\geq 4.5$ ), e investir em manutenções preventivas periódicas. O projeto também demanda melhorias na infraestrutura elétrica, como a instalação de um nobreak dedicado e tomadas exclusivas, além de ajustes na estrutura física do laboratório, como reforços na bancada para suportar o peso do equipamento (Milestone, 2024).

Parcerias com órgãos governamentais e instituições como o Ministério Público podem ajudar a financiar o projeto. Essas colaborações não apenas viabilizam a aquisição do equipamento, mas também fortalecem a integração institucional e a transparência no uso de recursos públicos (Thermo Scientific, 2024).

A utilização do ICP-OES também aperfeiçoará os procedimentos da cadeia de custódia e aumentará a credibilidade das provas apresentadas em processos judiciais. Isso será especialmente relevante em casos de grande repercussão, como desastres ambientais decorrentes de rompimento de barragens ou despejo ilegal de efluentes industriais.

### **4.4 Impacto no LAAE e na Perícia Criminal**

A instalação do ICP-OES no LAAE representará um salto significativo na qualidade das perícias ambientais realizadas em Goiás. Atualmente, a capacidade do laboratório está limitada a análises menos complexas, dificultando a resposta a crimes que envolvem poluição

hídrica severa. A introdução desse equipamento permitirá a análise detalhada de metais pesados e outros elementos traços, aumentando a eficiência do laboratório e ampliando a credibilidade dos laudos emitidos (Milestone, 2024).

Além disso, a tecnologia aperfeiçoará os procedimentos da cadeia de custódia, ao reduzir a necessidade de envio de amostras para laboratórios externos. Isso não apenas garante maior agilidade nos resultados, mas também minimiza riscos de contaminação e perdas durante o transporte (Thermo Scientific, 2024). A capacitação técnica dos peritos para operar o ICP-OES será essencial para maximizar os benefícios da nova tecnologia e assegurar a precisão dos laudos emitidos.

## **5 CONCLUSÃO**

A implementação do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) no Laboratório de Análises de Águas e Efluentes (LAAE) da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás representará um avanço técnico e científico expressivo no enfrentamento dos crimes ambientais no Estado. O equipamento, ao permitir a identificação e quantificação de metais pesados em níveis traços, fornecerá suporte técnico essencial para a produção de laudos periciais robustos e confiáveis, elementos indispensáveis para fortalecer ações de fiscalização e responsabilização de infratores. Tal modernização consolida a relevância da perícia ambiental como uma ferramenta central na promoção da justiça e na proteção dos recursos naturais.

Conforme discutido ao longo deste trabalho, a modernização do LAAE não apenas responde a uma demanda crescente por análises ambientais mais precisas, mas também se alinha aos objetivos estratégicos de segurança pública. A introdução de tecnologias como o ICP-OES reforça a capacidade institucional de atender às demandas das investigações criminais, permitindo uma atuação mais ágil e eficaz no combate à criminalidade ambiental. Nesse sentido, conclui-se que a modernização do LAAE é uma estratégia essencial para garantir a eficácia das políticas públicas de proteção ambiental e promover o desenvolvimento sustentável no estado de Goiás.

Entre as metas de curto e médio prazo destacadas neste estudo, ressalta-se a importância da formação de parcerias institucionais e Inter setoriais como um dos pilares para viabilizar a implementação do ICP-OES. Essas parcerias, que podem envolver o Ministério Público, universidades, contribuirão tanto para o financiamento inicial quanto para o suporte técnico necessário à operação do equipamento. Ademais, o treinamento contínuo dos peritos

criminais deve ser priorizado, de modo a assegurar que as novas tecnologias sejam utilizadas em sua máxima capacidade, otimizando a produção de provas técnico-científicas.

Os objetivos delineados ao longo deste trabalho, que incluem avaliar a viabilidade técnica, operacional e econômica da implementação do ICP-OES, bem como descrever a estrutura necessária para sua instalação, foram abordados com base em análises qualitativas e documentais. As evidências apresentadas demonstram que, apesar dos desafios financeiros e logísticos, a aquisição do equipamento é viável e essencial para superar as limitações atuais do LAAE. Além disso, conclui-se que a integração de tecnologias avançadas, como o ICP-OES, com uma gestão eficiente de recursos e infraestrutura, é o caminho mais eficaz para enfrentar os crimes ambientais complexos que afetam Goiás.

Por fim, a modernização tecnológica do LAAE não é apenas uma questão de aprimorar as técnicas periciais, mas sim um compromisso com a preservação ambiental, com a responsabilização de infratores e com a promoção do desenvolvimento sustentável. Ao fortalecer o Estado de Direito e garantir a proteção dos recursos naturais, a modernização do laboratório também posiciona Goiás como referência nacional em perícia ambiental, reafirmando a importância de se investir na ciência como pilar do combate à criminalidade e na construção de uma sociedade mais justa e ambientalmente consciente.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Daniel Quintaneiro e Silva, Janaina J. M.C. **A Gestão pública Sustentável do Meio Ambiente a Perícia Ambiental**. Disponível em:

[http://www.gespublica.gov.br/sites/default/files/documentos/gestao\\_publica\\_sustentavel.pdf](http://www.gespublica.gov.br/sites/default/files/documentos/gestao_publica_sustentavel.pdf). Acesso em: 10 out. 2024/.

ARROYO, Luis; TREJOS Tatiana; HOSICK, Theresa. *et al.* **Analysis of soils and sediments by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS): an innovative tool for environmental forensics**. *Environmental Forensics*, 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15275922.2010.494949>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <[conama.mma.gov.br/](http://conama.mma.gov.br/)>. Acesso em: 12 out. 2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e estabelece condições e padrões de qualidade para o uso dessas águas. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 23, out. 2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 23 out. 2024.

BRASIL. **Lei 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm) Acesso em 01 de julho de 2024.

BRASIL. **Diagnóstico do setor mineral do estado de Goiás.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2002. Disponível em: [https://antigo.mme.gov.br/pt/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/diagnosticos-do-setor-mineral-nos-estados/-/document\\_library\\_display/OemkkM3cLKbm/view\\_file/406631](https://antigo.mme.gov.br/pt/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/diagnosticos-do-setor-mineral-nos-estados/-/document_library_display/OemkkM3cLKbm/view_file/406631). Acesso em: 23 nov. 2024.

CERRI NETO, Mauro. **Impacto ambiental, degradação ambiental, poluição, contaminação e dano ambiental: comparação entre conceitos legal e técnico.2008.** 125 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92757>>. Acesso em: 10, out. 2024.

EGGER, Daniela da Silva; RIGOTTO, Raquel Maria; FRANCCO, Antonio Neri; COSTA, André Monteiro; AGUIAR, Ada Cristina Pontes. **Ecocide in the cerrados (Brazilian savanna): agribusiness water spoliation and pesticide contamination.** *Journal of Environmental Studies*, 2021. Disponível em: <https://rima.ufrjr.br/jspui/handle/1235813/8686>. Acesso em: 16 nov. 2024.

FREITAS, Cristina Moreira. **Levantamento da disposição final de resíduos sólidos urbanos em 32 municípios do Estado de Goiás.** *Revista de Biologia Neotropical*, v. 12, n. 2, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/RBN/article/view/27876>. Acesso em: 16 nov. 2024.

GOIÁS. **Com novo laboratório, Goiás será pioneiro na materialização de crimes ambientais.** Portal Goiás, 2019. Disponível em: <https://goias.gov.br/seguranca/com-novo-laboratorio-goias-sera-pioneiro-na-materializacao-de-crimes-ambientais/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

HAMMER, Mark J.; VIESSMAN, Warren Jr., Warren. **Water Supply and Pollution Control.** 7. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005.

JÚNIOR, Osmar Pires Martins. **Perícia Ambiental e Assistência Técnica: Instrumentos de Defesa dos Direitos Individuais e Coletivos.** 2a Edição – Goiânia: PUC-GO, 2010.

LINHARES, Gabriela Nunes Martins *et al.* **Evolução nas Perícias Ambientais: Como o Novo Laboratório Está Mudando o Jogo Contra a Poluição Hídrica em Goiás.** Congresso Nacional de Criminalística, 2024.

LINHARES, Gabriela Nunes Martins *et al.* **O Salto Técnico nas Perícias de Poluição Hídrica com o Laboratório de Águas.** Conferência Internacional de Ciências Forenses – INTERFORENSICS, 2023.

LINHARES, Gabriela Nunes Martins. **Proposta de Implementação de Laboratório de Análises Ambientais no Instituto de Criminalística em Goiânia**. Manuscrito não publicado, CEGESP/UEG, 2016.

METRÓPOLES. **Peixes mortos, população adoecida: o mistério da água contaminada em Goiás**. Disponível em: <https://www.metropoles.com/brasil/peixes-mortos-populacao-adoecida-o-misterio-da-agua-contaminada-em-go>. Acesso em: 23 nov. 2024.

MILESTONE. **Helping Chemists - Clean Chemistry Line**. Disponível em: <https://www.milestonesci.com>. Acesso em: 16 nov. 2024.

MORRISON Robert D. **Environmental Forensics: Principles & Applications**. Florida. U.S.: CRC Press LLC, 2000.

NAIN, Tarsem; SINGAL, Kusum; SANGWAN, Preeti *et al.* **Soil as a tool of revelation in forensic science: a review**. *Analytical Methods*, 2020. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ay/d0ay01634a>. Acesso em: 16 nov. 2024.

SAINÇA, Aparecida Imaculada de Jesus; *et al.* **A tutela jurisdicional dos crimes ambientais ocorridos na comarca de Rubiataba, Goiás, entre o período de 2012 a 2018**. *Multitemas*, v. 26, n. 63, 2021. Disponível em: <https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/3018>. Acesso em: 16 nov. 2024.

SENASP. **Relatório de Segurança Pública**. Brasília: Ministério da Justiça, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/senasp>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SOUZA, MARIA MARTINS DE e JÚNIOR, JOSE MARIO VIPIEVSKI. **A Prescindibilidade da Perícia Para Condenação Por Crimes Ambientais**. Caderno de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Vol. 4 n. 3, p 217 – 231/ jul – dez 2014. Disponível em: [http://www.grupouninter.com.br/revistam\\_eioambiente/index.php/cadernomeioambiente/article/view/275/192](http://www.grupouninter.com.br/revistam_eioambiente/index.php/cadernomeioambiente/article/view/275/192). Acesso em 10 de setembro de 2016.

THERMO SCIENTIFIC. ICP-OES iCAP Pro XP Duo – **Proposal and Technical Data**. Thermo Fisher, 2024. Disponível em: <https://www.thermofisher.com>. Acesso em: 16 nov. 2024.

TOCHETTO, Luiz. **Perícias Ambientais Criminais**. 2ª ed. Porto Alegre: Milenium Editora, 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Pollution by nutrients: understanding and preventing it**. Nairobi: UNEP, 2018. Disponível em: <https://www.unep.org/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos** – 3. Ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. P. 452

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. Geneva: WHO, 2020. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/water-quality/guidelines/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/en/). Acesso em: 23 fev. 2024.

ZHANG, L.; DAI, S.; ZHAO, X. **Spatial distribution and correlative study of the total and available heavy metals in soil from a typical lead smelting area, China**. *Soil and Sediment Contamination*, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15320383.2018.1489373>. Acesso em: 16 nov. 2024.