

**ENTRE A ATUALIZAÇÃO REGULATÓRIA E A PROTEÇÃO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE
CRÍTICA DA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 498/2020 SOBRE O USO AGRÍCOLA DE
BIOSSÓLIDOS**

**BETWEEN REGULATORY UPDATING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION: A
CRITICAL ANALYSIS OF CONAMA RESOLUTION NO. 498/2020 ON THE AGRICULTURAL
USE OF BIOSOLIDS**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.065-002>

Gilberto Soares do Nascimento

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: giba.edna@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7838946549544978>

Andreia Klier

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Instituto Federal do Paraná
E-mail: deiaklier@yahoo.com.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5176724576900621>

Carolina de Souza Ataíde

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Instituto Federal do Paraná
E-mail: carolinadesouzaataide@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5598062713751728>

Daniel Andrade Rodrigues de Souza

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: daniel.andrade.arqurb@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4322397359712478>

Fabricio Mitsuyochi Ito

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Instituto Federal do Paraná
E-mail: itolider@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8783654925377918>

Iverson Alexandre Rozatti

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: pg407179@uem.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4254070370788454>

Alexandre Botari

Pós-doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo – USP
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: abotari@uem.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2788746611966148>

Júlio César Guerreiro

Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo - USP
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: jcguerreiro@uem.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8751039433936733>

Máriam Trierveiler Pereira

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá - UEM
Instituto Federal do Paraná
E-mail: mariam.pereira@ifpr.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6867974583171879>

Stella Alonso Rocha

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Instituto Federal do Paraná
E-mail: stella.rocha@ifpr.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9407598996214027>

Mariana Natale Fiorelli Fabiche

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina - UEL
Universidade Estadual de Maringá
E-mail: mnffabiche2@uem.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8888223123528183>

Resumo

A gestão adequada dos bioossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto constitui um desafio para as políticas públicas de saneamento e proteção ambiental. A Resolução CONAMA nº 498/2020 atualizou a regulamentação brasileira sobre o uso agrícola desses materiais, substituindo parcialmente o marco normativo estabelecido pelas Resoluções nº 375/2006 e nº 380/2006. Este estudo analisou criticamente as alterações introduzidas pela nova norma, examinando seus fundamentos técnicos, implicações regulatórias e compatibilidade com os princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental. A pesquisa é qualitativa, bibliográfica e documental, baseada na análise comparativa das resoluções, dos documentos técnicos elaborados durante o processo de revisão normativa pelo CONAMA e pela ABES e da literatura científica sobre bioossólidos, governança ambiental e direito ambiental. A análise documental indica que a atualização foi fundamentada em estudos de avaliação de risco microbiológico desenvolvidos após 2006, especialmente em relação aos bioossólidos Classe B, cujo escopo de aplicação agrícola foi ampliado com base na abordagem da dupla barreira de proteção. Contudo, a revisão ocorreu sem a efetiva implementação do mecanismo permanente de monitoramento previsto na Resolução nº 375/2006, comprometendo a

institucionalização de um processo contínuo de atualização normativa. Persistem, ainda, lacunas relacionadas aos contaminantes emergentes. Conclui-se que a Resolução nº 498/2020 não configura, por si só, retrocesso ambiental, evidenciando que a principal limitação da regulamentação brasileira reside na ausência de mecanismos institucionais permanentes de monitoramento e atualização científica.

Palavras-chave: Contaminantes Emergentes; Princípio da Precaução; Retrocesso Ambiental; Sustentabilidade.

Abstract

The proper management of biosolids generated at wastewater treatment plants poses a challenge for public policies regarding sanitation and environmental protection. CONAMA Resolution No. 498/2020 updated Brazilian regulations on the agricultural use of these materials, partially replacing the regulatory framework established by Resolutions No. 375/2006 and No. 380/2006. This study critically analyzed the changes introduced by the new rule, examining its technical foundations, regulatory implications, and compatibility with the precautionary principle and the prohibition against environmental regression. The research is qualitative, bibliographic, and documentary in nature, based on a comparative analysis of the resolutions, technical documents produced during the regulatory review process by CONAMA and ABES, and scientific literature on biosolids, environmental governance, and environmental law. The documentary analysis indicates that the update was grounded in microbiological risk assessment studies conducted after 2006—particularly regarding Class B biosolids, the scope of whose agricultural application was expanded based on the "dual-barrier" protection approach. However, the revision took place without the effective implementation of the permanent monitoring mechanism provided for in Resolution No. 375/2006, thereby undermining the institutionalization of a continuous process for regulatory updates. Gaps regarding emerging contaminants also persist. The study concludes that Resolution No. 498/2020 does not, in itself, constitute environmental regression, highlighting that the primary limitation of Brazilian regulation lies in the absence of permanent institutional mechanisms for monitoring and scientific updating.

Keywords: Emerging Contaminants; Environmental Regression; Precautionary Principle; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A destinação dos resíduos gerados nas estações de tratamento de esgoto é um dos principais desafios das políticas públicas de saneamento e gestão ambiental. Entre as alternativas disponíveis, o uso agrícola de biossólidos tem recebido crescente atenção por possibilitar o reaproveitamento de matéria orgânica e

nutrientes presentes nesses resíduos, reduzindo a pressão sobre aterros sanitários e alinhando-se aos princípios da economia circular (Bettiol; Camargo, 2006).

No Brasil, a regulamentação desse uso foi consolidada pela Resolução CONAMA nº 375/2006. A Resolução CONAMA nº 380/2006, publicada dois meses depois, não introduziu novos critérios substantivos, tendo função estritamente técnica de retificar o Anexo I da norma anterior, integrando o mesmo marco regulatório. Juntas, essas resoluções estabeleceram os critérios para o gerenciamento e a aplicação agrícola do lodo de esgoto, com ênfase na proteção da saúde pública, na prevenção da contaminação ambiental e no controle de riscos associados à presença de patógenos e substâncias potencialmente tóxicas (Brasil, 2006a; Brasil, 2006b).

A Resolução nº 375/2006 foi elaborada sob uma lógica fortemente preventiva. Estabeleceu requisitos de qualidade, critérios microbiológicos, limites para metais pesados e restrições de uso, buscando assegurar que a aplicação desses materiais ocorresse sob condições ambientalmente seguras (Brasil, 2006a). Entretanto, um aspecto da norma frequentemente negligenciado nas análises sobre o tema é que ela já previa sua própria revisão.

O §1º do art. 9º condicionava a continuidade do uso de materiais Classe B, após cinco anos, à produção de estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais que demonstrassem sua segurança. A mesma norma previa a constituição de um grupo permanente de monitoramento destinado a subsidiar futuras revisões técnicas, mecanismo que, conforme registrado nos documentos do processo de revisão normativa posterior, nunca foi efetivamente implementado (Brasil, 2006a).

Ao longo dos anos seguintes, diferentes pesquisas avaliaram os riscos associados ao uso agrícola do lodo de esgoto. Segundo os documentos técnicos utilizados no processo de revisão normativa, estudos de avaliação de risco microbiológico indicaram a possibilidade de revisão de algumas restrições anteriormente adotadas, especialmente em relação aos materiais classificados como Classe B. Com base nessas evidências e na abordagem da dupla barreira de proteção, que combina o nível de tratamento do biossólido com restrições de uso para assegurar segurança sanitária, foi publicada a Resolução CONAMA nº 498/2020. A nova norma atualizou o marco regulatório nacional, incorporando alterações conceituais, procedimentais e técnicas, ampliou o escopo de aplicação agrícola dos biossólidos Classe B e adotou o termo "biossólido" em substituição à expressão utilizada na regulamentação anterior (Brasil, 2020).

Os documentos técnicos produzidos durante o processo de revisão normativa, especialmente a proposta elaborada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e submetida ao CONAMA em 2018, explicitam os fundamentos que orientaram as alterações incorporadas à nova norma. Esses documentos indicam que a revisão dos critérios aplicáveis aos biossólidos Classe B foi sustentada por estudos de Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM), notadamente as

pesquisas de Bastos, Bevilacqua e Dias (2009) e Magalhães (2012), que apontaram a viabilidade do uso seguro desse material quando associado a restrições adequadas de aplicação.

Essa abordagem foi explicitada nos documentos da ABES (2018) submetidos ao CONAMA em 2018 como fundamento central da proposta de revisão normativa. Entretanto, o fato da não implantação efetiva do grupo permanente de monitoramento previsto no art. 29 da Resolução nº 375/2006, impediu a incorporação sistemática dessas evidências científicas ao processo regulatório pelo mecanismo originalmente concebido para esse fim (ABES, 2018).

A atualização, contudo, não encerrou os debates sobre proteção ambiental e gestão de riscos. Permanecem questões relevantes relacionadas à capacidade institucional de fiscalização, à efetividade dos mecanismos de controle previstos na nova regulamentação e às incertezas científicas sobre contaminantes emergentes presentes nos bio-sólidos, como resíduos farmacêuticos, hormônios e microplásticos, cujos efeitos ambientais de longo prazo ainda são objeto de investigação (Clarke; Smith, 2011; Montagner, Vidal, Acayaba, 2017).

Sob a perspectiva jurídica, essas discussões assumem relevância diante dos princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental. O princípio da precaução orienta a adoção de medidas protetivas mesmo em contextos de incerteza científica (Machado, 2016). A vedação ao retrocesso ambiental, por sua vez, estabelece que níveis de proteção já consolidados não devem ser reduzidos sem justificativa técnica e científica adequada (Sarlet; Fensterseifer, 2021). Ambos os princípios fornecem parâmetros relevantes para a análise de alterações normativas que possam afetar o grau de proteção anteriormente assegurado.

O presente artigo analisa criticamente as alterações introduzidas pela Resolução CONAMA nº 498/2020 em relação às Resoluções nº 375/2006 e nº 380/2006, examinando seus fundamentos técnicos, suas implicações regulatórias e os desafios relacionados à aplicação dos princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental. A pesquisa é qualitativa, bibliográfica e documental, com análise comparativa das resoluções, dos documentos técnicos do processo de revisão normativa e da literatura científica sobre bio-sólidos, governança ambiental e direito ambiental (Gil, 2008; Minayo, 2001).

A relevância do estudo reside em uma lacuna identificável na literatura, onde parte da literatura sobre a Resolução nº 498/2020 tende a enquadrá-la exclusivamente como flexibilização regulatória ou como modernização técnica, sem examinar simultaneamente os fundamentos científicos da revisão e as condições institucionais necessárias para sua implementação efetiva. Ao articular essas duas dimensões, o artigo busca contribuir para o debate sobre governança ambiental, gestão de resíduos e efetividade da proteção ambiental preventiva no Brasil.

Diante desse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: a atualização promovida pela Resolução CONAMA nº 498/2020 representa uma redução dos níveis de proteção ambiental anteriormente

estabelecidos ou constitui uma atualização regulatória tecnicamente fundamentada, cuja efetividade depende da capacidade institucional de implementação?

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. A abordagem qualitativa foi adotada por permitir a compreensão e interpretação de fenômenos normativos, institucionais e socioambientais a partir da análise de significados, argumentos e relações presentes nos documentos examinados, sem a utilização de técnicas estatísticas de mensuração (Minayo, 2001).

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa fundamentou-se na combinação entre pesquisa documental e pesquisa bibliográfica. A pesquisa documental concentrou-se na análise das Resoluções CONAMA nº 375/2006, nº 380/2006 e nº 498/2020, bem como dos documentos técnicos e notas explicativas produzidos durante o processo de revisão regulatória que resultou na publicação da Resolução nº 498/2020. A análise desses materiais, que incluem justificativas técnicas detalhadas, permitiu desvelar a *ratio legis* das alterações efetuadas, a exemplo da retirada do termo "produto derivado" para evitar ambiguidades com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Segundo Gil (2008), a pesquisa documental utiliza materiais que ainda não receberam tratamento analítico aprofundado ou que podem ser reexaminados sob novas perspectivas investigativas.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da consulta a livros, artigos científicos e documentos técnicos relacionados ao uso agrícola de bioossólidos, avaliação de riscos ambientais, governança ambiental, contaminantes emergentes e princípios jurídicos aplicáveis à proteção do meio ambiente. Conforme Gil (2008), a pesquisa bibliográfica possibilita ao pesquisador ampliar a compreensão do fenômeno investigado a partir da produção científica já consolidada sobre o tema.

Como estratégia analítica, foi empregada a análise normativa comparativa, buscando identificar convergências, divergências e alterações introduzidas pela Resolução CONAMA nº 498/2020 em relação às Resoluções nº 375/2006 e nº 380/2006. A comparação concentrou-se especialmente nos critérios técnicos de utilização agrícola dos bioossólidos, nos mecanismos de controle ambiental previstos pelas normas e nos fundamentos apresentados para a revisão regulatória.

A interpretação dos resultados foi orientada pelos princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental, utilizados como referenciais teóricos para avaliar as implicações jurídicas e ambientais das alterações normativas identificadas. A partir desses referenciais, buscou-se examinar em que medida a atualização regulatória promovida pela Resolução CONAMA nº 498/2020 se relaciona com os objetivos de proteção ambiental, gestão sustentável de resíduos e segurança sanitária.

2.1 EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DOS BIOSSÓLIDOS NO BRASIL

A utilização agrícola de resíduos provenientes do tratamento de esgoto insere-se em um contexto mais amplo de busca por soluções ambientalmente adequadas para a gestão de resíduos urbanos. O crescimento da cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgoto observado nas últimas décadas ampliou significativamente a geração de lodo nas estações de tratamento, tornando necessária a definição de alternativas seguras para sua destinação final (Tsutiya, 2001).

Historicamente, a disposição em aterros sanitários constituiu uma das principais formas de gerenciamento desses resíduos. Entretanto, o elevado teor de matéria orgânica e nutrientes presentes no lodo de esgoto despertou interesse quanto ao seu potencial de utilização agrícola, especialmente em razão da possibilidade de reciclagem de nutrientes e recuperação de propriedades físicas e biológicas do solo (Bettiol; Camargo, 2006).

Apesar dos potenciais benefícios agrônômicos, a aplicação agrícola desses materiais sempre esteve associada a preocupações relacionadas à saúde pública e à proteção ambiental. Entre os principais riscos identificados destacam-se a presença de microrganismos patogênicos, elementos químicos potencialmente tóxicos, resíduos farmacêuticos, hormônios, microplásticos, agrotóxicos e PFAS. Dependendo de suas características físico-químicas, das concentrações presentes, das condições ambientais e da frequência de aplicação, esses contaminantes podem permanecer no bio sólido, acumular-se no solo, alcançar águas superficiais ou subterrâneas e ser transferidos para plantas e organismos (Saito, 2007; Zhou et al., 2024; Tsutiya, 2001).

Nesse contexto, a regulamentação ambiental brasileira passou a desenvolver instrumentos normativos destinados a disciplinar a utilização desses resíduos em atividades agrícolas, buscando compatibilizar os benefícios associados ao reaproveitamento com a necessidade de controle dos riscos ambientais e sanitários.

2.1.1 A resolução CONAMA N° 375/2006

A Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006, representou o primeiro marco regulatório nacional abrangente voltado especificamente para o uso agrícola do lodo de esgoto gerado em estações de tratamento sanitário (Brasil, 2006a).

A norma estabeleceu critérios para caracterização, monitoramento, transporte, armazenamento e aplicação do material em solos agrícolas, incorporando uma abordagem fortemente orientada pela prevenção de riscos ambientais e sanitários.

Entre seus principais dispositivos destacavam-se os limites para substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas, as exigências microbiológicas para classificação do lodo e as restrições de uso relacionadas às diferentes categorias de material tratado (Brasil, 2006a).

No que se refere à qualidade microbiológica, a resolução instituiu a classificação dos materiais em Classe A e Classe B, estabelecendo parâmetros específicos para coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e presença de *Salmonella*. Para os materiais classificados como Classe A, exigia-se concentração inferior a 10^3 NMP por grama de sólidos totais para coliformes termotolerantes, além da ausência de *Salmonella* em 10 gramas de sólidos totais e limite inferior a 0,25 ovo viável de helminto por grama de sólidos totais. Para os materiais classificados como Classe B, os limites microbiológicos eram menos restritivos, admitindo concentrações de até 10^6 NMP por grama de sólidos totais para coliformes termotolerantes e até dez ovos viáveis de helmintos por grama de sólidos totais.

A resolução também estabeleceu limites de aplicação relacionados a elementos químicos potencialmente tóxicos, incluindo arsênio, cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, níquel e zinco, entre outros, com o objetivo de evitar processos de contaminação e bioacumulação nos solos receptores.

Embora tenha representado avanço relevante no controle microbiológico e de substâncias inorgânicas, a Resolução nº 375/2006 não instituiu parâmetros abrangentes e obrigatórios para diferentes grupos de contaminantes orgânicos, como agrotóxicos, resíduos farmacêuticos e, posteriormente, PFAS. Essa limitação deve ser compreendida à luz do conhecimento disponível à época, mas também evidencia a necessidade de mecanismos permanentes de pesquisa e atualização regulatória (Saito, 2007).

Outro aspecto relevante da norma foi a adoção de uma lógica regulatória baseada na gestão preventiva do risco. A utilização agrícola dos materiais encontrava-se condicionada ao atendimento simultâneo de requisitos de qualidade, monitoramento e restrições de uso, refletindo a preocupação do legislador ambiental com os potenciais impactos decorrentes da aplicação inadequada desses resíduos.

Entretanto, a própria resolução reconhecia o caráter dinâmico do conhecimento científico relacionado ao tema. O § 1º do art. 9º previa que, após cinco anos da publicação da norma, somente seria permitida a aplicação de lodo Classe A, salvo se novos estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais demonstrassem a segurança da utilização do lodo Classe B.

Esse dispositivo revela um aspecto frequentemente negligenciado nas análises sobre a evolução regulatória do tema: a própria Resolução nº 375/2006 admitia a possibilidade de revisão futura de seus critérios à luz de novas evidências científicas.

2.1.2 A resolução CONAMA Nº 380/2006

A Resolução CONAMA nº 380, de 31 de outubro de 2006, publicada no Diário Oficial da União em 7 de novembro de 2006, não introduziu novos critérios regulatórios nem alterou os dispositivos

substantivos da Resolução nº 375/2006. Sua função foi estritamente técnica: retificar o Anexo I da resolução anterior (Brasil, 2006b).

A retificação incidiu especificamente sobre a seção do Anexo I relativa aos Processos para Redução da Atratividade de Vetores, parte integrante dos critérios operacionais para classificação e tratamento do lodo de esgoto. O texto original apresentava inconsistências que comprometiam a correta aplicação dos critérios estabelecidos, tornando necessária a publicação de uma norma específica para corrigi-las.

Do ponto de vista regulatório, a Resolução nº 380/2006 integra o marco normativo inaugurado pela Resolução nº 375/2006, sendo compreendida em conjunto com ela. Sua relevância não reside na introdução de inovações normativas, mas na consolidação da precisão técnica necessária para a correta implementação dos critérios de gestão e aplicação agrícola do lodo de esgoto estabelecidos pela regulamentação original. Ambas as resoluções foram posteriormente revogadas pela Resolução CONAMA nº 498/2020 (Brasil, 2020).

2.2 O PROCESSO DE REVISÃO NORMATIVA E A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 498/2020

Após a publicação da Resolução nº 375/2006, diferentes estudos passaram a avaliar os impactos, limitações e potencialidades do uso agrícola do lodo de esgoto no Brasil. Parte dessas pesquisas concentrou-se especialmente na análise quantitativa dos riscos microbiológicos associados aos materiais classificados como Classe B.

Os documentos técnicos elaborados durante o processo de revisão normativa registram que estudos posteriores concluíram pela viabilidade do uso seguro do lodo Classe B quando associada à adoção de medidas adequadas de controle e restrições de aplicação (ABES, 2018). Segundo esses documentos, os resultados obtidos sustentariam a proposição de novos critérios regulatórios para utilização desse material.

Entretanto, os mesmos documentos apontam que o grupo permanente de monitoramento previsto pela Resolução nº 375/2006 não chegou a ser efetivamente instituído, dificultando a incorporação sistemática desses novos conhecimentos científicos ao processo regulatório (ABES, 2018).

A Resolução CONAMA nº 498/2020 emerge nesse contexto de revisão técnica e institucional. A nova norma promoveu atualização da regulamentação nacional, incorporando mudanças conceituais, procedimentais e operacionais relacionadas ao uso agrícola dos bio sólidos.

Entre as alterações mais visíveis encontra-se a adoção da terminologia “bio sólido”, em substituição à expressão tradicionalmente utilizada em parte da regulamentação anterior. A mudança acompanha tendência observada em diversos países e reflete uma abordagem que enfatiza o potencial de reaproveitamento desses materiais no contexto da economia circular e da gestão sustentável de resíduos.

Contudo, a análise da evolução normativa demonstra que a Resolução nº 498/2020 não deve ser compreendida apenas como um processo de flexibilização ou endurecimento regulatório. Trata-se, sobretudo, de uma tentativa de atualização de um marco normativo construído em 2006, em um cenário caracterizado por novos conhecimentos científicos, transformações institucionais e crescente valorização das estratégias de reaproveitamento sustentável de resíduos.

Contudo, a revisão normativa concentrou-se principalmente nos riscos microbiológicos, nos parâmetros químicos tradicionalmente monitorados e nos procedimentos de gestão e aplicação. A norma não estabeleceu um programa permanente, nacional e obrigatório de investigação de agrotóxicos, PFAS e outros contaminantes emergentes, tampouco definiu uma agenda periódica de pesquisas destinada a avaliar efeitos cumulativos, novas rotas de exposição e impactos ecotoxicológicos e sanitários de longo prazo. Essa ausência representa uma lacuna que limita a capacidade de atualização preventiva do sistema regulatório.

A compreensão adequada dessa trajetória regulatória constitui elemento fundamental para a análise das tensões existentes entre modernização normativa, proteção ambiental e aplicação do princípio da precaução, tema que será desenvolvido nas seções seguintes.

3 PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E VEDAÇÃO AO RETROCESSO AMBIENTAL

A análise de alterações em normas ambientais exige não apenas a comparação de dispositivos regulatórios, mas também a consideração dos princípios jurídicos que orientam a proteção do meio ambiente no ordenamento brasileiro. Nesse contexto, os princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental constituem importantes referenciais teóricos para a avaliação crítica de processos de atualização normativa relacionados ao uso agrícola de biossólidos.

3.1 O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO DIREITO AMBIENTAL

O princípio da precaução consolidou-se como um dos pilares do Direito Ambiental contemporâneo, especialmente em situações marcadas por incertezas científicas e pela possibilidade de ocorrência de danos graves ou irreversíveis ao meio ambiente.

Sua formulação internacional mais conhecida encontra-se no Princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, segundo o qual a ausência de certeza científica absoluta não deve ser utilizada como justificativa para postergar medidas destinadas a prevenir a degradação ambiental quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis (ONU, 1992).

No âmbito da doutrina brasileira, Machado (2016) destaca que o princípio da precaução opera justamente em situações nas quais o conhecimento científico disponível não permite afirmar, com segurança, a inexistência de riscos ambientais. Nesses casos, a proteção do meio ambiente exige atuação preventiva do Poder Público e dos agentes econômicos, mesmo diante de incertezas técnicas.

A aplicação desse princípio tornou-se particularmente relevante em temas relacionados ao gerenciamento de resíduos, uma vez que muitos dos impactos ambientais associados a essas atividades manifestam-se apenas no longo prazo. No caso dos bio sólidos, embora existam avanços significativos no conhecimento científico sobre riscos microbiológicos e presença de metais pesados, persistem discussões relacionadas a contaminantes emergentes e seus possíveis efeitos sobre os ecossistemas e a saúde humana (Clarke; Smith, 2011).

Por essa razão, a análise da Resolução CONAMA nº 498/2020 não pode limitar-se à verificação das alterações normativas formalmente promovidas. É necessário também examinar se os mecanismos de controle e monitoramento previstos são compatíveis com o grau de incerteza científica ainda existente em determinados aspectos do uso agrícola de bio sólidos.

3.2 A VEDAÇÃO AO RETROCESSO AMBIENTAL

Outro princípio relevante para a presente discussão é o da vedação ao retrocesso ambiental.

A doutrina constitucional ambiental brasileira sustenta que os níveis de proteção ambiental já alcançados pelo ordenamento jurídico não devem ser reduzidos arbitrariamente pelo Estado. Segundo Sarlet e Fensterseifer (2021), a vedação ao retrocesso funciona como mecanismo de proteção contra a supressão injustificada de conquistas normativas relacionadas à tutela do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Importa destacar que esse princípio não impede qualquer alteração legislativa ou regulatória. O ordenamento jurídico ambiental é dinâmico e deve ser capaz de incorporar avanços científicos, novas tecnologias e instrumentos mais eficientes de gestão ambiental.

Nesse sentido, Sarlet e Fensterseifer (2021) observam que a análise de eventual retrocesso deve considerar não apenas a modificação formal da norma, mas também seus efeitos concretos sobre o nível de proteção ambiental anteriormente assegurado.

Aplicado ao caso dos bio sólidos, esse entendimento sugere que a simples atualização dos critérios regulatórios não configura, por si só, retrocesso ambiental. A questão central consiste em verificar se as alterações promovidas pela Resolução nº 498/2020 mantêm padrões adequados de proteção ambiental e de proteção da saúde pública compatíveis com os objetivos originalmente perseguidos pela regulamentação anterior.

Assim, a investigação proposta neste artigo não busca demonstrar previamente a ocorrência de retrocesso ambiental, mas analisar criticamente se a atualização normativa preserva os níveis de proteção exigidos pelos princípios constitucionais ambientais.

3.3 PRECAUÇÃO, ATUALIZAÇÃO REGULATÓRIA E GESTÃO DE RISCOS

A literatura especializada em gestão ambiental demonstra que instrumentos regulatórios precisam ser periodicamente revisados para incorporar avanços científicos e aperfeiçoamentos técnicos. Em determinadas situações, a atualização de critérios anteriormente estabelecidos pode representar aumento da eficiência regulatória sem redução dos níveis de proteção ambiental.

Os documentos produzidos durante o processo de revisão da Resolução nº 375/2006 indicam que parte das alterações posteriormente incorporadas à Resolução nº 498/2020 foi fundamentada em estudos de avaliação de risco realizados após a edição da norma original. Esses estudos foram utilizados para justificar a revisão de determinados critérios relacionados ao uso agrícola do material classificado como Classe B.

Ao mesmo tempo, os mesmos documentos registram que mecanismos institucionais previstos para acompanhar continuamente a evolução do conhecimento científico não foram plenamente implementados.

Essa constatação revela uma tensão importante para a análise jurídica e regulatória do tema. De um lado, existe a necessidade de atualizar normas ambientais à luz de novas evidências científicas. De outro, permanece a exigência de assegurar que tais atualizações não comprometam a proteção ambiental preventiva nem reduzam a capacidade de controle dos riscos associados à atividade regulada.

No caso dos biossólidos, essa tensão torna-se ainda mais relevante em razão da existência de temas que permanecem em desenvolvimento científico, especialmente aqueles relacionados aos contaminantes emergentes e aos efeitos ambientais cumulativos de longo prazo.

Dessa forma, os princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental oferecem importantes parâmetros analíticos para a avaliação crítica da Resolução CONAMA nº 498/2020. Mais do que determinar se houve ou não flexibilização regulatória, tais princípios permitem examinar se a atualização normativa foi capaz de equilibrar, de maneira adequada, os objetivos de sustentabilidade, reaproveitamento de resíduos e proteção ambiental.

4 A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 498/2020 E SEUS FUNDAMENTOS TÉCNICOS

A compreensão das controvérsias associadas à Resolução CONAMA nº 498/2020 exige a análise dos fundamentos técnicos que motivaram sua elaboração. Diferentemente de interpretações que tratam a norma apenas como instrumento de flexibilização regulatória, os documentos produzidos durante o processo de revisão indicam que a atualização foi apresentada como resposta a conhecimentos científicos acumulados após a edição da Resolução nº 375/2006.

Nesse sentido, a análise documental demonstra que a revisão normativa foi precedida por discussões relacionadas à adequação de determinados critérios originalmente estabelecidos, especialmente aqueles voltados à classificação microbiológica dos materiais e às restrições aplicáveis ao uso agrícola do lodo Classe B.

4.1 ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO E REVISÃO DOS CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

Um dos principais argumentos apresentados nos documentos de revisão refere-se à existência de estudos de avaliação de risco microbiológico produzidos após a entrada em vigor da Resolução nº 375/2006.

Segundo o material técnico analisado, esses estudos indicaram que a utilização de materiais classificados como Classe B poderia ocorrer de forma segura quando associada a medidas adequadas de gestão, controle e restrição de uso. Os documentos afirmam expressamente que tais pesquisas sustentariam a proposição de novos critérios regulatórios para utilização desses materiais (ABES, 2018; Bastos; Bevilacqua; Dias, 2009; Magalhães, 2012).

Além disso, os textos de revisão destacam a chamada abordagem da “dupla barreira de proteção”, segundo a qual a redução dos riscos sanitários não dependeria exclusivamente do tratamento aplicado ao material, mas também da combinação entre processos de tratamento, restrições de uso e práticas de gestão voltadas à redução da exposição humana e ambiental.

Sob essa perspectiva, os documentos argumentam que a simples eliminação da possibilidade de utilização do lodo Classe B não seria necessariamente a alternativa mais adequada do ponto de vista regulatório, desde que mecanismos efetivos de controle e restrição fossem mantidos (ABES, 2018).

Essa discussão é relevante porque demonstra que parte das mudanças incorporadas ao novo marco regulatório não decorreu exclusivamente de opções políticas ou econômicas, mas também de debates técnicos relacionados à avaliação quantitativa de riscos.

A análise comparativa entre as resoluções permite identificar as alterações técnicas de forma concreta. Para biossólidos Classe A, enquanto a Resolução nº 375/2006 exigia análise laboratorial de ovos viáveis de helmintos, Salmonella e vírus entéricos, a Resolução nº 498/2020 flexibilizou parte dessas exigências ao priorizar o controle operacional dos Processos de Redução Adicional de Patógenos (PRAP) como mecanismo de validação sanitário. Embora o foco normativo tenha sido deslocado da comprovação laboratorial sistemática para a verificação da eficiência dos processos de tratamento, a resolução ainda prevê a avaliação de ovos viáveis de helmintos em situações específicas, evidenciando uma mudança de abordagem regulatória baseada no controle do processo, e não na eliminação completa desses critérios sanitários.

Para biossólidos Classe B, as mudanças nas restrições de uso foram ainda mais expressivas: a regulamentação anterior limitava a aplicação praticamente ao cultivo de café, silvicultura e culturas fibrosas, enquanto a norma atual ampliou esse escopo para forrageiras, pastagens e produtos alimentícios não consumidos crus, com períodos de carência entre dois e quatro meses após a última aplicação (Paes; Ferreira-Santos; Dias, 2023).

Paes, Ferreira-Santos e Dias (2023) confirmam que essas alterações foram concebidas com base na AQRM e na dupla barreira de proteção, mas apontam uma fragilidade relevante: a norma não explicita essas metodologias em seu texto, o que compromete a transparência do processo regulatório e dificulta a avaliação independente da adequação dos critérios adotados.

4.2 ECONOMIA CIRCULAR, REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E MODERNIZAÇÃO REGULATÓRIA

Outro elemento central na justificativa da Resolução CONAMA nº 498/2020 refere-se à crescente valorização das estratégias de reaproveitamento de resíduos no contexto da sustentabilidade e da economia circular. Nas últimas décadas, organismos internacionais, instituições governamentais e pesquisadores passaram a defender modelos de gestão capazes de reduzir a disposição final de resíduos e promover sua reinserção em ciclos produtivos, sempre que observadas condições adequadas de segurança ambiental.

Nesse contexto, os bioossólidos passaram a ser compreendidos não apenas como resíduos a serem descartados, mas também como potenciais fontes de matéria orgânica e nutrientes para utilização agrícola. Tal perspectiva busca compatibilizar objetivos ambientais distintos, incluindo a redução da pressão sobre aterros sanitários, o aproveitamento de nutrientes presentes nos resíduos e a diminuição da demanda por insumos minerais utilizados na agricultura.

A mudança terminológica observada na Resolução nº 498/2020, com a adoção do termo “bioossólido”, insere-se nesse movimento mais amplo de valorização do reaproveitamento de resíduos. Embora a alteração terminológica não modifique, por si só, os riscos ambientais associados ao material, ela evidencia uma mudança de enfoque regulatório, na qual o potencial de utilização do resíduo passa a receber maior destaque.

Do ponto de vista da segurança ambiental, a valorização do resíduo não implica a flexibilização irrestrita de sua utilização. A Resolução nº 498/2020 mantém vedações específicas para materiais oriundos de serviços de saúde, portos, aeroportos e demais resíduos classificados como perigosos pela legislação vigente. Ademais, a norma proíbe a importação de lodo de esgoto proveniente de outros países, reforçando o controle sobre a origem e a qualidade dos materiais destinados à aplicação no território nacional (Brasil, 2020).

Contudo, a incorporação de princípios associados à economia circular não elimina a necessidade de manutenção de mecanismos robustos de controle ambiental. Nesse sentido, a Resolução também apresenta ferramentas estruturadas para a gestão e o controle, exigindo a elaboração do Plano de Gerenciamento da Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL), documento que deve contemplar os métodos de tratamento e monitoramento do bioossólido, bem como os procedimentos de transporte e aplicação nas áreas receptoras.

Como observam Bettiol e Camargo (2006), o aproveitamento agrícola de resíduos somente pode ser considerado ambientalmente adequado quando acompanhado por sistemas eficazes de monitoramento, avaliação de riscos e controle de qualidade. Para isso, a norma estabelece mecanismos de rastreabilidade capazes de relacionar a origem, a quantidade e a qualidade do bio-sólido às respectivas áreas de aplicação, fortalecendo o acompanhamento ambiental, a fiscalização e a transparência do processo.

Ademais, a precisão técnica da Resolução também se manifesta nos critérios para determinação da dose de aplicação dos bio-sólidos. No uso agrícola convencional, a quantidade a ser aplicada é calculada com base na necessidade de nitrogênio da cultura, buscando evitar excessos que possam comprometer a qualidade ambiental. Já em projetos de recuperação de áreas degradadas, o parâmetro central passa a ser o teor de matéria orgânica necessário à reconstituição das condições físicas e químicas do solo. Verifica-se, assim, uma diferenciação técnica dos critérios de aplicação conforme os objetivos ambientais e produtivos envolvidos.

Além dos critérios microbiológicos, a regulamentação também mantém critérios rigorosos relacionados à composição química dos bio-sólidos. Além da classificação microbiológica em Classes A e B, os materiais são enquadrados em Classes 1 e 2 conforme os teores de substâncias químicas potencialmente tóxicas, especialmente metais pesados. A norma define limites de concentração anual e de carga máxima acumulada no solo receptor, buscando prevenir processos de contaminação decorrentes de aplicações sucessivas (Brasil, 2020). Essa inovação amplia o sistema de controle da qualidade do material, incorporando não apenas aspectos sanitários, mas também riscos associados à acumulação de contaminantes químicos no ambiente.

Dessa forma, a discussão sobre a Resolução nº 498/2020 não deve ser interpretada como uma oposição entre sustentabilidade e proteção ambiental. O desafio regulatório consiste justamente em compatibilizar o reaproveitamento de resíduos com níveis adequados de segurança ambiental e sanitária.

4.3 LIMITES DA ATUALIZAÇÃO REGULATÓRIA

A análise dos documentos técnicos revela que a atualização promovida pela Resolução nº 498/2020 foi apresentada como resultado de um processo de revisão baseado em evidências produzidas após a edição da Resolução nº 375/2006. Entretanto, a própria documentação utilizada na revisão evidencia que o processo ocorreu em um contexto marcado por limitações institucionais.

Conforme registrado nos documentos de revisão, o grupo permanente de monitoramento previsto na regulamentação original não foi efetivamente implementado (ABES, 2018). Essa constatação possui relevância analítica porque demonstra que parte das evidências científicas produzidas ao longo dos anos não foi incorporada por meio do mecanismo institucional inicialmente concebido para esse fim.

Do ponto de vista regulatório, essa situação evidencia uma fragilidade que transcende o conteúdo específico da Resolução nº 498/2020. Trata-se da dificuldade de manter sistemas permanentes de acompanhamento técnico capazes de atualizar periodicamente normas ambientais à luz das evidências científicas mais recentes.

Nesse sentido, a discussão sobre a nova regulamentação não se limita à avaliação dos dispositivos normativos aprovados. Ela envolve também a análise da capacidade institucional necessária para produzir, interpretar e incorporar conhecimento científico aos processos de tomada de decisão ambiental.

5 DESAFIOS E CONTROVÉRSIAS DA NOVA REGULAMENTAÇÃO

Embora a Resolução CONAMA nº 498/2020 tenha sido apresentada como instrumento de atualização regulatória fundamentado em evidências técnicas, sua implementação não eliminou controvérsias relacionadas à proteção ambiental, à saúde pública e à gestão dos riscos associados ao uso agrícola de bioossólidos.

A efetividade de uma norma ambiental não depende apenas da existência de critérios técnicos em seu texto, mas também da capacidade institucional de assegurar seu cumprimento. No caso dos bioossólidos, isso envolve monitoramento laboratorial, controle da qualidade do material aplicado, rastreabilidade, fiscalização das áreas receptoras, verificação das restrições de uso e acompanhamento dos planos de aplicação.

Nesse contexto, três aspectos merecem destaque: a capacidade institucional de fiscalização, as lacunas relacionadas aos contaminantes emergentes e as incertezas científicas inerentes à gestão ambiental. Tais desafios não significam, necessariamente, que a Resolução nº 498/2020 seja inadequada, mas indicam que sua eficácia depende da articulação entre critérios normativos, estrutura de fiscalização, produção científica contínua e atualização periódica dos mecanismos de controle.

5.1 CAPACIDADE INSTITUCIONAL E FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL

A implementação de qualquer sistema regulatório ambiental pressupõe a existência de instituições capazes de acompanhar o cumprimento das exigências legais. No caso da utilização agrícola de bioossólidos, a Resolução CONAMA nº 498/2020 prevê mecanismos relevantes de controle, como a caracterização dos lotes, o monitoramento do bioossólido, a elaboração do Plano de Gerenciamento da Unidade de Gerenciamento de Lodo, a rastreabilidade das áreas de aplicação e a manutenção de documentos para fins de fiscalização (Brasil, 2020).

Contudo, a existência formal desses instrumentos não garante, por si só, sua plena efetividade. Para que a norma produza os resultados esperados, é necessário que os órgãos ambientais disponham de recursos técnicos, humanos, laboratoriais e operacionais suficientes para avaliar relatórios, fiscalizar áreas

receptoras, verificar a qualidade do biossólido e exigir medidas corretivas quando houver risco ambiental ou sanitário.

No caso específico da regulamentação dos biossólidos, os próprios documentos de revisão revelam dificuldades institucionais relacionadas à implementação dos mecanismos previstos na regulamentação anterior, especialmente no que se refere ao acompanhamento sistemático da evolução científica e regulatória do tema. Essa constatação evidencia que parte dos desafios associados à proteção ambiental não decorre necessariamente do conteúdo normativo em si, mas da capacidade de implementação e fiscalização das exigências regulatórias.

Assim, a Resolução nº 498/2020 deve ser compreendida como um instrumento normativo que estabelece critérios e procedimentos, mas cuja efetividade depende da atuação contínua dos órgãos ambientais competentes, da transparência das informações, da rastreabilidade do material aplicado e da responsabilização dos agentes envolvidos na cadeia de produção, transporte e uso agrícola dos biossólidos.

5.2 CONTAMINANTES EMERGENTES E LACUNAS REGULATÓRIAS

Um dos temas mais relevantes na literatura contemporânea sobre biossólidos refere-se à presença dos chamados contaminantes emergentes. Essas substâncias incluem resíduos farmacêuticos, hormônios, produtos de higiene pessoal, compostos industriais e microplásticos que podem estar presentes nos sistemas de tratamento de esgoto e, conseqüentemente, nos materiais resultantes desses processos (Clarke; Smith, 2011; Richardson; Ternes, 2014).

Embora os avanços regulatórios observados nas últimas décadas tenham contribuído para o controle de patógenos e substâncias químicas tradicionalmente monitoradas, a presença e o comportamento ambiental dos contaminantes emergentes ainda constituem objeto de investigação científica. No Brasil, pesquisas sobre o tema indicam que o conhecimento sobre esses compostos vem se ampliando, mas ainda existem desafios relacionados à padronização de métodos analíticos, à avaliação de riscos, à definição de limites seguros e ao desenvolvimento de instrumentos regulatórios específicos (Montagner; Vidal; Acayaba, 2017).

A análise das Resoluções CONAMA nº 375/2006, nº 380/2006 e nº 498/2020 demonstra que os contaminantes emergentes não foram incorporados de forma ampla e obrigatória como parâmetros permanentes de monitoramento. A Resolução nº 498/2020 permite que o órgão ambiental competente solicite, mediante justificativa técnica, a inclusão de substâncias químicas orgânicas potencialmente tóxicas ou outros ensaios e análises. No entanto, essa previsão possui caráter condicionado à atuação do órgão ambiental, o que reforça a importância da capacidade institucional de fiscalização e atualização técnica.

Essa dependência de uma provocação institucional específica revela uma fragilidade estrutural, pois a necessidade de incluir novas perspectivas investigativas surge como uma lacuna crítica não contemplada pela Resolução nº 498/2020. A norma falha ao não institucionalizar abordagens multidisciplinares, como a ecotoxicologia avançada e o monitoramento de efeitos sinérgicos de longo prazo, que permitiriam uma compreensão holística dos riscos que vai além dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos tradicionais. Tal omissão torna a norma estática frente à evolução dos contaminantes emergentes, como fármacos e microplásticos, que exigem uma lógica de vigilância contínua e não apenas condicional às decisões administrativas pontuais.

Tal constatação não significa, necessariamente, uma falha exclusiva da nova regulamentação, pois parte significativa do conhecimento sobre contaminantes emergentes consolidou-se de forma mais intensa nos últimos anos. Entretanto, evidencia uma agenda relevante de pesquisa e aperfeiçoamento regulatório, especialmente diante dos possíveis efeitos cumulativos e de longo prazo desses compostos no solo, na água, nos organismos vivos e na saúde humana.

5.2.1 Alguns retrocessos significativos no uso e distribuição de bioossólidos após descoberta de contaminações severas por PFAS

A gestão sustentável dos resíduos provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) constitui um dos desafios centrais para as políticas públicas de saneamento. No Brasil, o marco regulatório sobre o tema é definido pela Resolução CONAMA nº 498/2020, que estabeleceu novos critérios para a produção e aplicação de bioossólidos em solos. Esta transição normativa fundamentou-se na abordagem da dupla barreira de proteção, associando o nível de tratamento do resíduo a restrições rigorosas de aplicação. Contudo, em análise técnica, Paes, Ferreira-Santos e Dias (2023) ressaltam que a norma peca por não explicitar as metodologias de Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) utilizadas, o que pode comprometer a transparência e a fiscalização efetiva da segurança sanitária.

Embora posteriores à edição da Resolução nº 498/2020, os episódios internacionais relacionados aos PFAS ilustram a rápida evolução do conhecimento científico sobre contaminantes emergentes.

A preocupação global com a aplicação agrícola de bioossólidos intensificou-se devido à detecção de substâncias perfluoroalquiladas e polifluoroalquiladas (PFAS), os chamados "produtos químicos eternos". A U.S. Environmental Protection Agency (EPA), em seu documento Draft Sewage Sludge Risk Assessment for PFOA and PFOS (2025), apresenta uma avaliação exaustiva dos riscos à saúde humana decorrentes da exposição a esses compostos via bioossólidos. Tais riscos já haviam sido investigados pela Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), que em relatório de 2013 detalhou a presença de perfluorados em comunidades vizinhas a campos de aplicação de lodo em Decatur, Alabama.

Diante da evidência de danos, jurisdições norte-americanas iniciaram processos de retrocesso regulatório. A Maine State Legislature tornou-se pioneira ao aprovar, em 2022, a lei L.D. 1911, que estabeleceu a primeira proibição absoluta à aplicação terrestre e compostagem de bio sólidos no país (Machado, 2022). Essa decisão foi subsidiada por diagnósticos técnicos, como o relatório da consultoria Brown and Caldwell (2023), que confirmou a contaminação sistêmica de fazendas e poços de água no estado do Maine. As repercussões no Maine geraram uma difusão regulatória em outros estados americanos.

Seguindo essa tendência, a Connecticut General Assembly promulgou a Public Act No. 24-59, banindo a venda e o uso de bio sólidos contendo PFAS como corretivos de solo a partir de outubro de 2024. Em Massachusetts, o Department of Environmental Protection (MassDEP) (2026) adotou medidas de controle rigorosas, implementando exigências trimestrais de monitoramento de PFAS para detentores de Aprovação de Adequação (AOS). Segundo a análise jurídica da Harris Beach Murtha (2026), esses desenvolvimentos refletem uma mudança regulatória significativa na política agrícola e ambiental motivada pelos riscos sanitários dos PFAS. Sob a ótica do Direito Ambiental, o jurista Paulo Affonso Leme Machado (2016) adverte que a gestão desses resíduos deve ser pautada pelo Princípio da Precaução, exigindo que a incerteza científica não postergue medidas protetivas contra retrocessos ambientais.

A análise documental demonstra que a atualização brasileira ocorreu em um cenário institucional fragilizado. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) (2018), o grupo permanente de monitoramento previsto desde a regulamentação de 2006 nunca foi plenamente implementado, o que impediu a incorporação sistemática de novos conhecimentos científicos ao processo regulatório nacional.

Embora a nova resolução brasileira busque modernizar o aproveitamento agrícola, ela apresenta uma lacuna crítica ao não estabelecer limites obrigatórios para contaminantes emergentes. Enquanto a EPA (2025) e o MassDEP (2026) avançam na restrição e monitoramento de substâncias persistentes, a norma brasileira deixa o controle de poluentes orgânicos condicionado à discricionariedade do órgão ambiental.

Sem mecanismos robustos de fiscalização, a implementação prática da Resolução nº 498/2020 pode produzir efeitos incompatíveis com os níveis de proteção ambiental constitucionalmente exigido.

5.3 INCERTEZAS CIENTÍFICAS E APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

As discussões relacionadas aos contaminantes emergentes ilustram uma característica central da gestão ambiental contemporânea: a presença permanente de incertezas científicas. Em temas ambientais complexos, o avanço do conhecimento não elimina todos os riscos, mas permite aperfeiçoar progressivamente os mecanismos de controle, monitoramento e tomada de decisão.

Conforme discutido anteriormente, o princípio da precaução não exige certeza absoluta sobre a ocorrência de danos ambientais. Sua função consiste justamente em orientar decisões responsáveis em contextos nos quais o conhecimento disponível ainda é incompleto ou insuficiente para afastar totalmente a possibilidade de riscos relevantes.

No caso dos bioossólidos, os estudos produzidos desde a edição da Resolução CONAMA nº 375/2006 contribuíram para aprimorar o conhecimento sobre riscos microbiológicos, presença de patógenos, limites químicos e segurança sanitária desses materiais. Ao mesmo tempo, novas questões surgiram em razão do desenvolvimento das pesquisas sobre contaminantes emergentes, microplásticos e impactos ambientais de longo prazo.

Dessa forma, a aplicação do princípio da precaução não conduz necessariamente à rejeição da atualização regulatória promovida pela Resolução CONAMA nº 498/2020. Pelo contrário, exige que essa atualização seja acompanhada por mecanismos contínuos de monitoramento, produção científica, transparência, fiscalização e revisão periódica dos critérios adotados.

Sob essa perspectiva, o principal desafio regulatório não consiste em impedir alterações normativas, mas em assegurar que tais alterações permaneçam compatíveis com os objetivos de proteção ambiental e proteção da saúde pública que justificam a existência da própria regulamentação. Assim, a nova regulamentação deve ser compreendida como parte de um processo dinâmico, que exige acompanhamento constante para equilibrar reaproveitamento sustentável de resíduos, economia circular, segurança sanitária e prevenção de riscos ambientais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitem identificar que o principal problema regulatório associado ao uso agrícola de bioossólidos no Brasil não reside exclusivamente no conteúdo técnico da Resolução CONAMA nº 498/2020. Reside, sobretudo, na fragilidade dos mecanismos institucionais concebidos para sustentar sua aplicação. Essa distinção desloca o debate de uma oposição simplificada entre flexibilização e proteção ambiental para uma questão mais precisa: a efetividade da norma depende de condições que, conforme demonstrado pela própria trajetória regulatória do tema, não estão garantidas.

A análise documental demonstra que as alterações incorporadas pela Resolução nº 498/2020 possuem fundamento técnico identificável. A revisão dos critérios aplicáveis aos bioossólidos Classe A e Classe B foi concebida com base na Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM) e no princípio da dupla barreira de proteção, segundo o qual a segurança sanitária resulta da combinação entre padrões de qualidade do bioossólido e restrições de uso (Paes; Ferreira-Santos; Dias, 2023).

Esse aspecto possui relevância jurídica direta. Sarlet e Fensterseifer (2021) observam que a vedação ao retrocesso ambiental não impede revisões técnicas fundamentadas em novos conhecimentos científicos.

O que o princípio exige é que tais revisões não impliquem redução arbitrária dos níveis de proteção anteriormente assegurados. A existência de fundamento técnico identificável na documentação analisada afasta, portanto, a caracterização automática da atualização normativa como retrocesso ambiental.

A análise comparativa das normas também permite identificar inovações técnicas concretas que reforcem esse entendimento. A Resolução nº 498/2020 introduziu uma dupla classificação dos biossólidos: além da classificação microbiológica em Classes A e B, os materiais passaram a ser enquadrados em Classes 1 e 2 conforme os teores de substâncias químicas potencialmente tóxicas, com limites de concentração anual e carga máxima acumulada no solo receptor.

A norma também diferenciou os critérios de dose de aplicação conforme o objetivo: no uso agrícola convencional, a quantidade aplicada é calculada com base na necessidade de nitrogênio da cultura; em projetos de recuperação de áreas degradadas, o parâmetro passa a ser o teor de matéria orgânica necessário à reconstituição das condições do solo. Essas inovações ampliam o sistema de controle para além dos aspectos sanitários, incorporando riscos associados à acumulação de contaminantes químicos e diferenciando tecnicamente os contextos de aplicação.

Entretanto, Paes, Ferreira-Santos e Dias (2023) identificam uma fragilidade que merece atenção jurídica e regulatória: a Resolução nº 498/2020 não explicita em seu texto as metodologias utilizadas em sua concepção. A norma foi, em princípio, fundamentada na AQRM e na dupla barreira de proteção, mas não detalha esses fundamentos nos dispositivos regulatórios.

Essa omissão compromete a transparência do processo regulatório e dificulta a avaliação independente da adequação dos critérios adotados. Do ponto de vista do princípio da precaução, a ausência de fundamentação explícita também fragiliza a norma: não basta adotar medidas tecnicamente sustentadas, é necessário demonstrá-lo (Machado, 2016).

Reconhecer a legitimidade técnica da revisão não equivale a afirmar que o processo foi conduzido de forma institucionalmente adequada. O achado mais relevante desta pesquisa é que o mecanismo permanente de monitoramento previsto na própria Resolução nº 375/2006 nunca foi implementado. Esse mecanismo foi concebido para incorporar sistematicamente os avanços científicos ao processo regulatório.

Sua ausência significa que a revisão ocorreu fora do arranjo institucional originalmente desenhado para sustentá-la. Como aponta Machado (2016), a proteção ambiental efetiva exige não apenas normas adequadas, mas estruturas capazes de monitorar sua aplicação e corrigir falhas ao longo do tempo. A não implementação desse arranjo revela uma fragilidade que transcende a norma específica e diz respeito à capacidade do Estado de institucionalizar processos contínuos de governança ambiental.

Essa questão torna-se ainda mais relevante quando se considera que a Resolução nº 498/2020 ampliou significativamente o escopo de aplicação dos biossólidos Classe B. A maior flexibilidade nas

restrições de uso pressupõe, implicitamente, maior capacidade de monitoramento e fiscalização. A lógica da dupla barreira de proteção só funciona se a segunda barreira, representada pelas restrições de uso, for efetivamente cumprida e monitorada.

Sem estruturas institucionais adequadas, a flexibilização dos critérios formais não é acompanhada pelas condições práticas que a justificam. Como observam Bettiol e Camargo (2006), o aproveitamento agrícola de resíduos somente pode ser considerado ambientalmente adequado quando acompanhado por sistemas eficazes de monitoramento, avaliação de riscos e controle de qualidade.

A discussão sobre contaminantes emergentes aprofunda esse diagnóstico. A literatura internacional demonstra que resíduos farmacêuticos, hormônios e microplásticos presentes nos bio sólidos constituem uma agenda regulatória em aberto (Clarke; Smith, 2011; Richardson; Ternes, 2014). No contexto brasileiro, Montagner, Vidal e Acayaba (2017) apontam que o conhecimento sobre esses compostos vem crescendo, mas persistem desafios na padronização de métodos analíticos e no desenvolvimento de critérios regulatórios específicos.

Nenhuma das normas analisadas incorporou parâmetros abrangentes para esse grupo de substâncias. Isso não configura falha exclusiva da Resolução nº 498/2020, já que parte desse conhecimento se consolidou após a elaboração da regulamentação original. O ponto relevante é outro: a ausência do mecanismo permanente de monitoramento compromete exatamente a capacidade de incorporar esses novos conhecimentos ao processo regulatório de forma sistemática. O princípio da precaução, conforme Machado (2016), não tem por função impedir atividades potencialmente geradoras de risco, mas exigir que o sistema regulatório permaneça capaz de identificar riscos emergentes e responder a eles de forma tempestiva.

A ausência dessas novas perspectivas investigativas no texto normativo impede que o Princípio da Precaução seja plenamente exercido. Enquanto a norma permanece reativa a riscos já consolidados, a lacuna de diretrizes para métodos de investigação genômica ou de persistência ambiental de novos compostos deixa o sistema regulatório vulnerável à evolução das ameaças químicas e biológicas. A não implementação do grupo permanente de monitoramento previsto em 2006 agrava esse cenário, transformando uma lacuna técnica em um vazio de governança que compromete a segurança sanitária de longo prazo.

O conjunto dos resultados revela uma característica estrutural que ultrapassa o caso dos bio sólidos. Normas tecnicamente fundamentadas podem produzir resultados limitados quando implementadas sem as estruturas institucionais necessárias para fiscalizar seu cumprimento e promover revisões periódicas. A Resolução nº 498/2020 ilustra esse problema com precisão: foi elaborada com base em evidências reais, mas sem o mecanismo institucional previsto para sustentar o processo.

O principal desafio regulatório não reside, portanto, na oposição entre modernização normativa e proteção ambiental. Reside na construção de mecanismos capazes de compatibilizar o reaproveitamento sustentável de resíduos com a manutenção de níveis adequados de proteção ambiental e sanitária, condição

indispensável para que futuras revisões normativas permaneçam alinhadas aos princípios constitucionais que orientam o direito ambiental brasileiro.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar criticamente as alterações introduzidas pela Resolução CONAMA nº 498/2020 em relação às Resoluções CONAMA nº 375/2006 e nº 380/2006, examinando seus fundamentos técnicos, suas implicações regulatórias e sua compatibilidade com os princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental.

A análise documental realizada demonstrou que a Resolução nº 498/2020 não pode ser compreendida exclusivamente como um processo de flexibilização normativa. Os documentos técnicos que subsidiaram sua elaboração indicam que parte das alterações promovidas decorreu da incorporação de estudos científicos produzidos após a publicação da Resolução nº 375/2006, especialmente aqueles relacionados à avaliação quantitativa de riscos microbiológicos associados ao uso agrícola de biossólidos.

Nesse sentido, a pesquisa permitiu identificar que a atualização regulatória foi apresentada como resposta à necessidade de adequação da norma às evidências científicas acumuladas ao longo de mais de uma década de sua aplicação. Tal constatação afasta interpretações simplificadas que associam automaticamente qualquer revisão normativa à ocorrência de retrocesso ambiental.

Por outro lado, os resultados também evidenciaram que a discussão sobre a efetividade da nova regulamentação não pode ser dissociada das limitações institucionais observadas ao longo da trajetória regulatória do tema. Os documentos analisados registram que o grupo permanente de monitoramento previsto na regulamentação original não foi efetivamente implementado, comprometendo a institucionalização de um processo contínuo de avaliação e atualização normativa.

Esse achado revelou uma questão central para a governança ambiental brasileira: a existência de normas tecnicamente fundamentadas não garante, por si só, a efetividade da proteção ambiental. A qualidade da regulação depende igualmente da capacidade institucional de monitorar sua aplicação, produzir informações confiáveis e promover revisões periódicas compatíveis com a evolução do conhecimento científico.

A pesquisa também permitiu identificar que permanecem desafios regulatórios importantes relacionados à presença de contaminantes emergentes nos biossólidos. Embora a regulamentação brasileira tenha desenvolvido mecanismos robustos para controle microbiológico e monitoramento de metais pesados, a crescente literatura científica sobre compostos farmacêuticos, hormônios, microplásticos e outras substâncias emergentes evidencia a necessidade de aprofundamento das discussões técnicas e regulatórias sobre o tema (Clarke; Smith, 2011; Montagner; Vidal; Acayaba, 2017; Richardson; Ternes, 2014).

Sob a perspectiva jurídica, verificou-se que os princípios da precaução e da vedação ao retrocesso ambiental permanecem relevantes como parâmetros interpretativos para futuras revisões regulatórias. Contudo, a análise realizada sugere que sua aplicação não deve conduzir à imobilização normativa, mas sim à construção de processos regulatórios capazes de incorporar novos conhecimentos científicos sem comprometer os níveis de proteção ambiental e sanitária já alcançados.

Dessa forma, conclui-se que a principal contribuição da pesquisa consiste em demonstrar que o debate sobre a Resolução CONAMA nº 498/2020 ultrapassa a dicotomia entre modernização regulatória e retrocesso ambiental. O desafio central reside na construção de mecanismos institucionais capazes de assegurar que a atualização das normas ambientais ocorra de forma transparente, baseada em evidências científicas e acompanhada por sistemas permanentes de monitoramento e avaliação.

Por fim, entende-se que o fortalecimento da governança ambiental, a ampliação das pesquisas sobre contaminantes emergentes e a institucionalização de mecanismos contínuos de revisão regulatória constituem medidas fundamentais para garantir que o uso agrícola de bioSSólidos permaneça compatível com os objetivos de sustentabilidade, proteção da saúde pública e preservação ambiental que orientam o ordenamento jurídico brasileiro.

Este estudo possui limitações inerentes à sua natureza metodológica. Por tratar-se de pesquisa bibliográfica e documental, as análises realizadas fundamentam-se em documentos normativos, literatura científica e materiais técnicos relacionados ao processo de revisão regulatória, não contemplando investigação empírica sobre a implementação prática da Resolução CONAMA nº 498/2020.

Além disso, a pesquisa concentrou-se na análise do marco regulatório federal, não abrangendo eventuais normas estaduais ou procedimentos administrativos específicos adotados por órgãos ambientais e operadores de sistemas de saneamento.

Outra limitação refere-se à natureza dinâmica do conhecimento científico, particularmente no que tange aos contaminantes emergentes. Por tratar-se de um campo em constante desenvolvimento, as conclusões deste estudo devem ser compreendidas dentro do Ciclo da Pesquisa proposto por Minayo (2001), caracterizado como um processo em espiral no qual o produto final é sempre um "produto provisório capaz de dar origem a novas interrogações".

Dessa forma, admite-se que o surgimento de novas evidências científicas poderá demandar futuras revisões regulatórias e novos ciclos investigativos. Isso reforça que a inclusão formal e obrigatória de novas perspectivas investigativas nos instrumentos de controle não é apenas uma demanda acadêmica, mas um imperativo para garantir que o uso de bioSSólidos no Brasil não resulte em passivos ambientais irreversíveis sob o pretexto da economia circular. Sem esse canal institucional para atualizar a lei, o “produto provisório” da ciência não encontrará respaldo para proteger efetivamente a realidade agrária moderna, uma vez que os

resultados em pesquisas sociais constituem-se sempre como uma aproximação da realidade que não comporta um ponto de chegada definitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES. **Proposta de resolução que altera a Resolução CONAMA nº 375/2006**: versão com justificativas técnicas. Brasília: CONAMA, 2018. (Processo nº 02000.211850/2017-13). Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=22340. Acesso em: 22 jun. 2026.

BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; BEVILACQUA, Paula Dias; DIAS, Grazielle Menezes Fereira. **Avaliação quantitativa de risco microbiológico (AQRM) para uso de biossólidos na agricultura**. Viçosa: UFV, 2009.

BETTIOL, Wanderley; CAMARGO, Otávio Antonio de. **Lodo de esgoto**: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 ago. 2006a.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 380, de 31 de outubro de 2006**. Retifica a Resolução CONAMA nº 375/2006. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 nov. 2006b.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 498, de 19 de agosto de 2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 ago. 2020.

BROWN AND CALDWELL. **An Evaluation of Biosolids Management in Maine and Recommendations for the Future**: prepared for Maine DEP. [S. l.]: Brown and Caldwell, 2023. Disponível em: <https://www.maine.gov/tools/whatsnew/attach.php?id=12198306&an=1>. Acesso em: 16 jul. 2026.

CLARKE, Brian O.; SMITH, Stephen R. Review of ‘emerging’ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 226-247, 2011.

CONNECTICUT (Estado). General Assembly. **Public Act No. 24-59 (Substitute Senate Bill No. 292)**: An Act Concerning the Use of PFAS in Certain Products. [S. l.]: Connecticut General Assembly, 2024. Disponível em: <https://www.cga.ct.gov/2024/act/pa/pdf/2024PA-00059-R00SB-00292-PA.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HARRIS BEACH MURTHA. **New Developments in Sewage Sludge/Biosolids Management in Agriculture**. [S. l.]: Harris Beach Murtha, 2026. Disponível em:

<https://www.harrisbeachmurtha.com/insights/new-developments-in-sewage-sludge-biosolids-management-in-agricultural/>. Acesso em: 16 jul. 2026.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 24. ed. São Paulo: Malheiros, 2016.

MAGALHÃES, Tiago de Brito. **Uso agrícola de biossólidos: análise crítica da Resolução CONAMA 375/2006 na perspectiva da metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MAINE (Estado). Legislature. **L.D. 1911: An Act To Prohibit the Contamination of Clean Soils with So-called Forever Chemicals**. [S. l.]: Maine Legislature, 2022. Disponível em: <https://www.nacwa.org/news-publications/news-detail/2022/02/09/bill-would-ban-spreading-biosolids-with-pfas-in-maine>. Acesso em: 16 jul. 2026.

MASSACHUSETTS (Estado). Department of Environmental Protection. **Approval of Suitability (AOS) Holder Requirements and Guidance for PFAS in Residuals**. Boston, MA: MassDEP, 2026. Disponível em: <https://www.mass.gov/doc/approval-of-suitability-aos-holder-requirements-and-guidance-for-pfas-in-residuals/download>. Acesso em: 16 jul. 2026.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MONTAGNER, Cassiana Carolina; VIDAL, Cristiane; ACAYABA, Raphaela D'Anna. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: ONU, 1992. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>. Acesso em 23 jun. 2026.

PAES, Lucas Jediael de Souza; FERREIRA-SANTOS, Jussara; DIAS, Edgard Henrique Oliveira. Utilização agrícola de biossólidos: análise crítica da Resolução CONAMA nº 498/2020. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 16, n. 2, p. 439-455, 2023.

RICHARDSON, Susan D.; TERNES, Thomas A. Water analysis: emerging contaminants and current issues. **Analytical Chemistry**, v. 86, n. 6, p. 2813-2848, 2014.

ROCKEFELLER INSTITUTE OF GOVERNMENT. **Emerging State Regulations of PFAS for Biosolids**. [S. l.]: Rockefeller Institute of Government, 2026. Disponível em: <https://www.rockinst.org/blog/emerging-state-regulations-of-pfas-for-biosolids/>. Acesso em: 16 jul. 2026.

SAITO, Maria Lúcia. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 36 p.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Direito constitucional ambiental**. 7. ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2021.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. São Paulo: ABES, 2001.

Gilberto Soares do Nascimento | Andreia Klier | Carolina de Souza Ataíde | Daniel Andrade Rodrigues de Souza | Fabricio Mitsuyochi Ito | Iverson Alexandre Rozatti | Alexandre Botari | Júlio César Guerreiro | Máriam Trierveiler Pereira | Stella Alonso Rocha | Mariana Natale Fiorelli Fabiche

UNITED STATES. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). **Exposure Investigation Report: Perfluorochemical Serum Sampling In the vicinity of Decatur, Alabama.** Atlanta, GA: ATSDR, 2013.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Draft Sewage Sludge Risk Assessment for PFOA and PFOS.** Washington, DC: EPA, 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-01/draft-sewage-sludge-risk-assessment-pfoa-pfos.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2026.