# A CIÊNCIA LIMNOLÓGICA E A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS COMO SUPORTE AOS ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

# LIMNOLOGICAL SCIENCE AND THE QUALITY OF SURFACE WATERS AS SUPPORT FOR STUDIES IN HYDROGRAPHIC BASINS

# LA CIENCIA LIMNOLÓGICA Y LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES COMO SOPORTE PARA LOS ESTUDIOS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**Lorrane Barbosa Alves**
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)
lorrane.geo@gmail.com

**Charlei Aparecido da Silva**
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
charleisilva@ufgd.edu.br

**Rafael Brugnolli Medeiros**
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
rafaelmedeiros@ufgd.edu.br

## Destaques

- A Limnologia é uma ciência cujo conceito impõe sua importância temporal.
- Os indicadores ambientais e parâmetros de qualidade da água configuram-se como essenciais no processo de análise em bacias hidrográficas.
- Entender o Brasil com suas complexidades e adotar as bacias hidrográficas como unidade de estudo foi o grande ganho que a PNRH trouxe para as questões hídricas.
- Teoricamente, a ação democrática sobre as águas deve ser seguida adotando questões econômicas, ambientais, culturas e sociais em um mesmo peso de igualdade nas tomadas de decisões.

v.17, n.33, 2026 - ISSN 2176-9559
REL/DOI 10.30612

**RESUMO**

A limnologia tem como premissa básica estudar a complexidade e o dinamismo dos recursos hídricos. Entendê-la, portanto, é fundamental nos estudos que utilizam as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gerenciamento. Sob esta ótica, o presente estudo permeia discussões voltadas aos aspectos teóricos que pairam sobre a ciência limnológica, apontando sua importância e complexidade diante de inúmeros indicadores ou parâmetros físicos, químicos e biológicos que são comumente levados em consideração no processo de análise em bacias hidrográficas. De tal forma, nota-se um marcante avanço nessa ciência, mas ainda muito a ser explorado, especialmente na relação da qualidade das águas e a efetiva promoção de melhoria nas bacias hidrográficas, sobretudo na criação de comitês de bacias e sua aplicação no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. O fato do Brasil ser dotado de grande disponibilidade hídrica, ainda se mostra como algo que se dilui quando discutimos que a disponibilidade estará sempre relacionada com a qualidade da água e sua efetiva possibilidade de uso.

**Palavras-chave:** Limnologia; Recursos Hídricos; Enquadramento; Bacias Hidrográficas.

**ABSTRACT**

The basic premise of limnology is to study the complexity and dynamism of water resources. Understanding it, therefore, is fundamental in studies that use river basins as planning and management units. From this point of view, this study discusses the theoretical aspects of limnological science, pointing out its importance and complexity in the face of the countless physical, chemical and biological indicators or parameters that are commonly taken into account in the process of analyzing river basins. As such, there has been a marked advance in this science, but there is still much to be explored, especially in relation to water quality and the effective promotion of improvements in river basins, especially in the creation of basin committees and their application in the planning and management of water resources. The fact that Brazil is endowed with great water availability still seems to be diluted when we discuss the fact that availability will always be related to the quality of the water and its effective possibility of use.

**Key words*:*** Limnology; Water resources; Framework; Watersheds.

**RESUMEN**

La premisa básica de la limnología es estudiar la complejidad y el dinamismo de los recursos hídricos. Su comprensión, por lo tanto, es fundamental en los estudios que utilizan las cuencas hidrográficas como unidades de planificación y gestión. Desde este punto de vista, este estudio se centra en los aspectos teóricos de la ciencia limnológica, señalando su importancia y complejidad frente a los innumerables indicadores o parámetros físicos, químicos y biológicos que habitualmente se tienen en cuenta en el proceso de análisis de las cuencas hidrográficas. Como tal, ha habido un marcado avance en esta ciencia, pero todavía queda mucho por explorar, especialmente en relación con la calidad del agua y la promoción efectiva de mejoras en las cuencas

hidrográficas, especialmente en la creación de comités de cuenca y su aplicación en la planificación y gestión de los recursos hídricos. El hecho de que Brasil esté dotado de una gran disponibilidad de agua todavía se diluye cuando discutimos el hecho de que la disponibilidad siempre estará relacionada con la calidad del agua y su posibilidad efectiva de uso.

**Palabras clave:** Limnología; Recursos hídricos; Encuadramiento; Cuencas hidrográficas.

## INTRODUÇÃO: O CONCEITO DE LIMNOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma revisão conceitual sobre os estudos de limnologia, demonstrando como essa ciência estuda a complexidade e o dinamismo dos recursos hídricos brasileiros. Logo, parte-se para o apontamento da importância dos estudos limnológicos, e, também, a complexidade existente na seleção dos indicadores ambientais e parâmetros de qualidade da água, os quais configuram-se como essenciais no processo de análise em bacias hidrográficas e no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A Limnologia é uma ciência cujo conceito impõe sua importância temporal, por se tratar de um tema que estuda um dos recursos mais importantes para o desenvolvimento social, cultural, econômico e político de uma sociedade: a água. Assim, a limnologia é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica de uma bacia hidrográfica e no desenvolvimento do território, pois preocupa-se em estudar as águas interiores.

Esteves (1998), referência nos estudos limnológicos, traz consigo o conceito de que a limnologia trata de todas as massas d'água continentais, independentemente de suas origens, dimensões e concentrações salinas. Já Margalef (1983, p. 1) considera a limnologia como estudo do conjunto de águas doces e epicontinentais, sendo muito utilizada como sinônimo de "ecologia das águas não marinhas". Ainda permanecendo com um viés voltada à ecologia, têm-se o conceito, segundo Tundisi e Tundisi (2008) ligado ao ecossistema, ou seja, uma unidade natural que consiste em componentes vivos (bióticos) e não vivos (abióticos), pertencente a um fluxo de energia e ciclos de materiais.

Os recursos hídricos apresentam uma complexidade e um dinamismo de acordo com as características de cada bacia hidrográfica pertencente a determinada região, sendo a ciência limnológica a responsável por compreender tal complexidade e dinamismo, proporcionando informação à comunidade e subsidiando ações governamentais no âmbito de políticas públicas, ações mitigadoras e mesmo conservacionistas e preservacionistas. A Limnologia se preocupa em estudar não apenas os meios bióticos e abióticos aquáticos, mas também procura compreender as principais atividades ou eventos que são capazes de alterar as características desses recursos hídricos, a partir de uma visão integrada. "As interações entre as condições climatológicas, os sistemas aquáticos e a bacia hidrográfica têm efeito extremamente importante sobre o funcionamento dos processos biogeoquímicos e biofísicos" (Tundisi *et al.,* 2015, p. 195).

O desenvolvimento da limnologia como uma ciência organizada se deu no final do século XIX e no início do século XX, com a implantação e estabelecimento de estações limnológicas e laboratoriais para fins de análise dos graus de trofia, isto é, a qualidade das águas frente ao enriquecimento por nutrientes e sua consequência no aumento exponencial das algas (Tundisi e Tundisi, 2008; AESabesp, 2011; EEEP, s/d).

De fato, isso trouxe um avanço no estudo da correlação entre componentes presentes no sistema fluvial e das suas inter-relações com o ecossistema, discutindo-se fatores que exercem influência sobre a qualidade, quantidade e perenidade das águas. Assim, compreendendo-se, de forma integral, os fenômenos presentes nos sistemas fluviais, tendo o trabalho do pesquisador François Alphonse Forel um alicerce teórico e metodológico, além da primeira utilização do conceito de Limnologia.

Forel (1892), em sua primeira monografia "*Le Léman, Monographie Limnologique"*, publicada em Lausanne/Suíça, caracteriza-se por uma nova linha de pesquisa como uma descrição de todas as observações, leis e teorias que se referem aos lagos em geral, tendo como unidade de estudo o "Lago Léman" entre a França e Suíça, sendo fortemente influenciado pelo conceito de microcosmo de Forbes, um naturalista que possui uma íntima relação com a disseminação da Ecologia como ciência (Margalef, 1983; Esteves, 1998; Tundisi e Tundisi, 2008).

Portanto, a partir das observações meteorológicas, temperatura das águas e outros aspectos biológicos, físicos e químicos, a obra de Forel (1892) se tornou um

catálogo inefável para quem se habilita a estudar limnologia, considerado muito evoluído para as pesquisas realizadas à época (Margalef, 1983). Mostra-se que a Limnologia apresentava como objeto de estudo apenas os lagos, mas com o desenvolvimento de seu conceito ao longo do tempo (Quadro 1) foi ampliando o seu objeto de estudo, abarcando pesquisas voltadas a outras características de recursos hídricos, como rios, represas, córregos, entre outros ambientes lóticos e lênticos. Além destes, os estuários (região de entrada dos rios no mar) são objetos de estudo tanto dos limnólogos como dos oceanógrafos (Esteves, 1998).

**Quadro 1 -** Principais estágios da Limnologia e os avanços conceituais ao longo do tempo.

| Período | Autor(es) | Descrição |
|---|---|---|
| 1901 | F. A. Forel | Classificação física baseada nas características térmicas de lagos |
| 1911 | E. A. Birge e C. Juday | Classificação química baseada em estratificação e oxigênio dissolvido |
| 1915 | A. Thienemann | Classificação química e zoológica baseada no balanço de oxigênio e na colonização de sedimentos |
| 1917 | E. Naumann | Produção biológica foto-autotrófica na coluna de água, acoplada à concentração de matéria orgânica no sedimento e balanço de oxigênio |
| 1932 | A. Thienemann e F. Rutner | Expedição Sunda, na Indonésia |
| 1938 | S. Yoshimura | Oxigênio e distribuição vertical de temperatura em lagos no Japão – Análises comparativas |
| 1941 | C. H.Mortimer | Interações sedimento-água. Circulação em lagos |
| 1942 | R.Lindeman | Teoria trófico-dinâmica aplicada a lagos. Introdução ao conceito de lagos como sistemas funcionais |
| 1952 | E. Steeman Nielsen | Introdução da técnica de medidas da produtividade primária com rádio-isótopo (14 C) |
| 1956 | E. P. Odum | Desenvolvimento da técnica de medidas de metabolismo de rios |
| 1956 | G.E. Hutchinson e H. Löffler | Classificação térmica de lagos |
| 1958 | R. Margalef | Introdução da teoria da informação nos processos de sucessão fitoplanctônica |
| 1964 | PBI | Início formal do Programa Biológico Internacional |
| 1968 | R. Vollenweider | Conceito de carga proveniente das bacias hidrográficas e seus efeitos na eutrofização dos lagos |
| 1974 | H. Mortimer | Hidrodinâmica dos lagos |
| 1974 | J. Overbeck | Microbiologia aquática e bioquímica |
| 1975 | G.E. Likens e Borman | Introdução ao estudo da bacia hidrográfica como unidade. |
| 1990 | R. Wetzel | Interações entre os sistemas litorâneos e a zona pelágica em lagos |
| 1994 | J. Imberger | Hidrodinâmica de lagos. Novas metodologias para medidas em tempo real |
| 1997 | C.S. Reynolds | Síntese sobre as escalas temporais e espaciais nos ciclos do fitoplâncton |
| 1998 | Francisco de Assis Esteves | É a ciência que está diretamente envolvida com a utilização racional e com a conservação dos recursos hídricos, tem papel central no mundo contemporâneo. Assim, avaliar o metabolismo dos ecossistemas aquáticos continentais auxiliam na utilização racional e tornam viável o controle da qualidade da água. |
| 2004 | Goldman e Sakamoto e Kumagai | Impactos das mudanças globais em lagos e reservatórios |
| 2008 | José Galina Tundisi e Takako Matsumura Tundisi | É o estudo do conjunto das águas continentais em todo o planeta, incluindo lagos, represas, rios, lagoas, águas costeiras, áreas pantanosas, lagos salinos e estuários. |

**Fonte:** Adaptado de Tundisi e Tundisi (2008).

Nesta perspectiva, a origem do conceito está vinculada à ciência dos lagos, mas a raiz grega *limne* faz referência a uma divindade associada a água em geral, e, portanto, resulta em sua aplicação tanto a lagos quanto fontes, ou outros tipos de águas (Margalef, 1983). Diante do exposto, essa ampliação se deu em 1922, onde têm-se um marco para os estudos em limnologia, com o primeiro Congresso Internacional de Limnologia, que atuou com veemência na ampliação dos campos de atuação desta ciência, incluindo outros ecossistemas aquáticos continentais.

O quadro 1 representa as abrangentes obras de releituras sobre o conceito de limnologia e a evolução desta ciência. Ao analisá-lo, pode-se considerar dois vieses de análise: o primeiro refere-se aos recentes artigos e publicações que têm se debruçado em compreender temáticas e áreas específicas, mais do que propriamente debater o conceito; o segundo, por sua vez, observa-se a ausência de avanços conceituais em limnologia na última década, o que evidencia a necessidade de atualização de suas bases.

Como retratado, "a limnologia fornece informações, através de pesquisas sobre a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, subsídios indispensáveis para as diversas formas de manejo destes ecossistemas e de suas espécies" (Santos e Pereira Filho, s/d, p. 211). Devido a estes fatores, esta ciência necessita cada vez mais ganhar espaço nas discussões acadêmicas, visto sua evolução como ciência demonstrar os avanços promovidos a partir das pesquisas desenvolvidas por Forel e de diversos autores ao longo dos anos (sendo criadas classificações, técnicas, conceitos e demais estudos relativos a esta ciência).

Neste viés, a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) contribuiu significativamente no desenvolvimento das tecnologias e da ciência, com as pesquisas limnológicas isso não se difere, se beneficiando sobretudo no caráter experimental, especialmente na Europa, América do Norte e Japão, onde as pesquisas com este enfoque se tornaram intensas. Neste período observa-se que na ciência limnológica, as relações de causa e efeito que predominam na fase anterior (descritiva) são substituídas por experimentos tanto *"in situ"* como *"in vitro"* (Esteves, 1998).

Percebe-se, assim, que sua evolução ocorreu paralelamente ao avanço do uso antrópico sobre o meio, e após a Segunda Guerra Mundial a ciência limnológica e o estudo da qualidade das águas consolidaram-se ao estudar o ambiente aquático sob o

prisma sistêmico (Margalef, 1983; Odum, 1988; Tundisi e Tundisi, 2008), incorporando nessa análise conceitos vinculados ao ecossistema e a Teoria Geral dos Sistemas.

Além da ciência limnológica fornecer informações sobre o meio aquático, esta tem a função de proporcionar apoio para a elaboração de projetos voltados à conservação, preservação, recuperação e manutenção dos mananciais hídricos. Diante dos atuais impactos antrópicos sobre sistemas fluviais, o combate à eutrofização se tornou uma das principais aplicações da limnologia, obtendo sucessos indubitáveis (Margalef, 1983).

A Limnologia é uma ciência muito complexa e extensa. A crescente deterioração da qualidade da água doce e a redução de sua disponibilidade encontra na Limnologia sólidas teorias e ferramentas para contribuir na compreensão e na solução desses problemas. A contenção de processos como a deterioração, correção e prevenção das alterações nas águas interiores só pode ser realizada se existir uma base sólida de conhecimento científico (Tundisi e Tundisi, 2008; AESabesp, 2011).

Diante desta complexidade, o estudo limnológico foi se ramificando em algumas especializações necessárias quando se trabalha com a qualidade das águas superficiais, até para facilitar sua compreensão. Determinados termos surgiram como:

- Limnologia Física: trata apenas do estudo dos parâmetros físicos da água (temperatura, cor, condutividade elétrica);
- Limnologia Química - diz respeito somente ao estudo dos parâmetros químicos da água (pH, oxigênio dissolvido, DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, DQO – Demanda Química de Oxigênio, dentre outros);
- Limnologia Aplicada – volta-se ao estudo da biologia da pesca, da aquicultura, da produtividade pesqueira, da produtividade primária, entre outras;
- Limnologia Paleontológica - trata do estudo dos fósseis existentes nos sedimentos dos lagos;
- Limnologia de Reservatórios - é a mais nova especialização desta ciência, surgida em razão da construção de barragens para diferentes propósitos, como produção de energia elétrica, navegação, controle de enchentes, pesca, dentre outros, e tem por finalidade, o estudo do impacto ambiental provocado tanto sobre os seres vivos, quanto sobre a qualidade e quantidade da água.

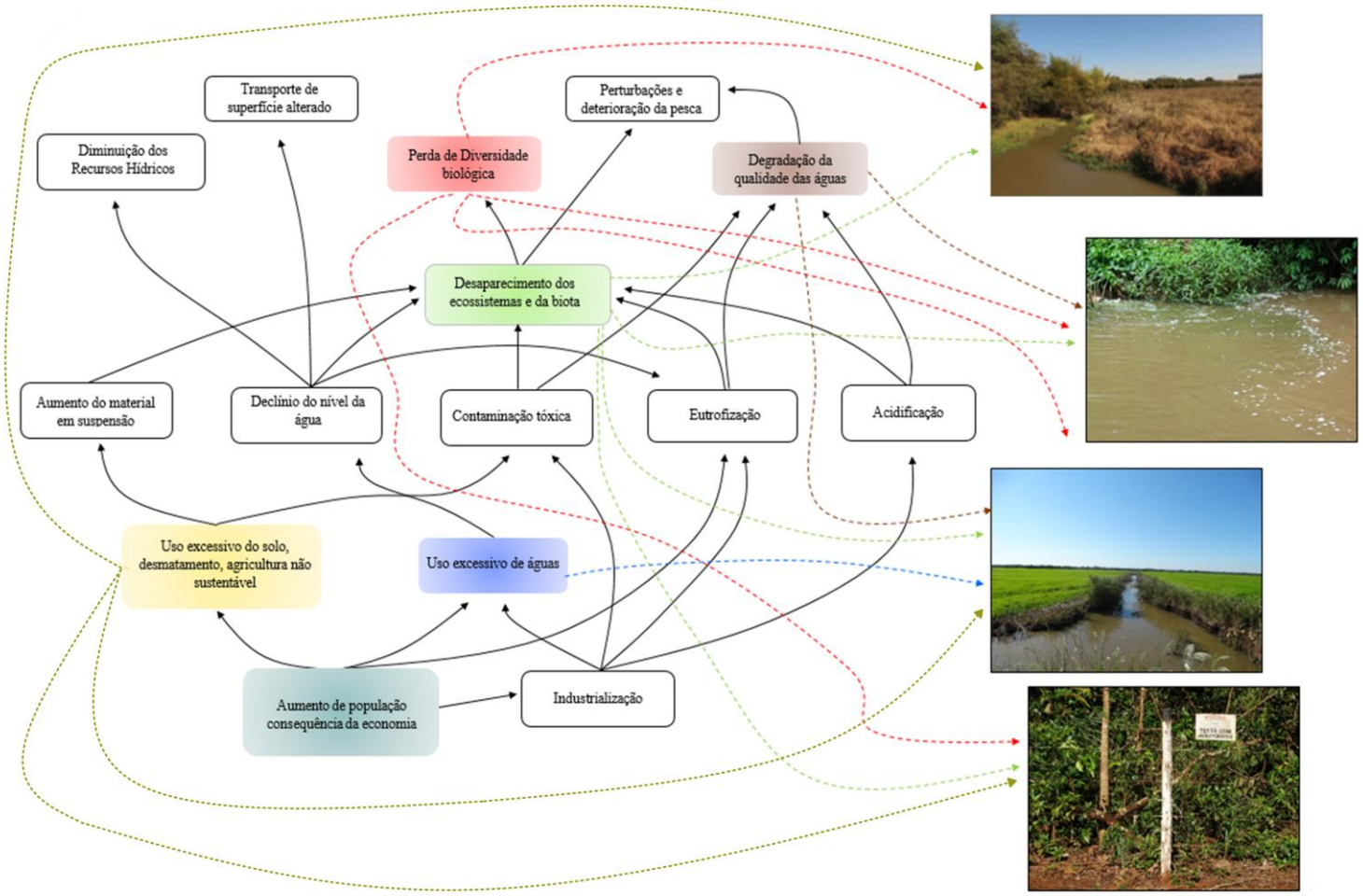
Sob tais ramificações, a Limnologia preocupa-se em estudar e compreender os recursos hídricos e sua qualidade, como já retratado, mas para a manutenção e preservação dos mesmos é necessário analisar, de maneira integrada, a bacia hidrográfica com todos os seus elementos e suas características, atentando-se em observar a ação dos principais atores que moldam e influenciam os elementos da paisagem, tendo como foco, o elemento água.

Compreende-se, portanto, que a qualidade das águas pode ser afetada em seus diferentes estados ao longo do ciclo hidrológico, além de sofrer influência de vários fatores associados à bacia hidrográfica. Por exemplo, durante a fase descendente da água (quando ocorre a precipitação), o contato com a superfície da Terra, especialmente em áreas impactadas pelas atividades humanas, pode ocorrer alterações de suas características (Telles, 2013). Assim, em um cenário de mudanças climáticas, com eventos extremos de precipitação, e, suas consequências, compreender isso nos parece ainda urgente e essencial.

Em suma, é importante enfatizar que os sistemas fluviais desempenham um papel essencial dentro da Bacia Hidrográfica, em que a água passa a ser o componente que mais possui relações com os demais, ou seja, é um elo entre todos, o que a torna um importante indicador de qualidade ambiental (Piroli, 2022). As características das bacias hidrográficas determinam, por exemplo, a origem do material que contribui para a formação e o funcionamento de lagos, rios e represas (Tundisi e Tundisi, 2008).

A Figura 1 apresenta alguns dos principais agentes que influenciam a qualidade das águas em uma bacia hidrográfica, e, a partir disto, suas consequências. Ademais, parte-se da premissa de que qualquer ocupação, como o "uso dos recursos naturais, movimentação de solo, erosão, impermeabilização e desmatamentos, emissão de poluentes, exerce impactos diretos na quantidade e qualidade da água disponível na bacia" (Carvalho, 2014, p. 34).

**Figura 1 –** Principais processos de contaminação e poluição das águas e suas consequências em bacias hidrográficas.




**Fonte:** Elaborado pelos autores (2025)

Desta forma, torna-se necessário compreender que uma bacia hidrográfica é uma unidade dinâmica e integrada, e qualquer modificação implicará na qualidade e quantidade das águas de maneira direta e/ou indireta. Portanto, adotar a bacia hidrográfica como objeto de estudo e utilizar a limnologia como base de análise revela-se oportuno, especialmente nas investigações geográficas. A partir das informações obtidas na caracterização fisiográfica da bacia e na quantificação e qualificação de parâmetros físico-químicos, torna-se mais perceptível identificar possíveis alterações na água, inclusive aquelas decorrentes à ação antrópica.

## INDICADORES LIMNOLÓGICOS PARA AVALIAR A QUALIDADE DA ÁGUA

A realização de um estudo detalhado das relações e interações nas bacias hidrográficas analisadas requer a seleção criteriosa de indicadores ambientais, pois é a partir desses elementos que o pesquisador poderá extrair informações relevantes sobre essas áreas. Os indicadores ambientais têm a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem no meio (Santos, 2004), isto é, pode-se considerar os indicadores ambientais como instrumentos de avaliação de determinada área. A palavra "indicador" deriva da palavra latina *indicare*, que significa destacar ou revelar algo (Magalhães Júnior, 2007).

> A importância dos indicadores ambientais está associada à sua utilização como um instrumento que a sociedade terá para avaliar seu progresso, sua evolução ou ainda um instrumento de planejamento e gestão dos espaços urbanos e rurais. O conjunto de indicadores ambientais servirá para propiciar um melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para indicação de medidas preventivas de degradação ambiental e consequentes prejuízos econômicos para a sua reparação (Mattar Neto *et al*., 2009, p. 206).

Os indicadores são modelos simplificados da realidade com a capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos e de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos, devendo assim, ser compreendidos como informações qualitativas (Magalhães Júnior, 2007), e a partir das colocações supracitadas, foram selecionados determinados indicadores de cunho físico e químico capazes de apontar as características da água.

Os quadros 2 e 3 apontam as características e as consequências que cada indicador, em excesso, ocasiona nos recursos hídricos. A partir das concentrações identificadas é possível reconhecer a real situação que se encontra o recurso hídrico.

> Um indicador exige uma ou mais unidades de medida (tempo, área, etc.) e, muitas vezes, padrões para referenciar sua interpretação. Os padrões seriam valores que expressam os limites nos quais a ocorrência de um indicador deve ser ou não nociva ao homem ou ao seu ambiente (Magalhães Júnior, 2007, p. 172).

Na seleção destes indicadores, é necessário atentar-se para a "compatibilização a ser feita na sobreposição, comparação ou cruzamento dos elementos que compõe a

temática" (Santos, 2004). De acordo com Magalhães Júnior (2007, p. 177), existem diversas classes de indicadores ambientais propostos no mundo todo, em termos de pressões, impactos, estado e respostas, destacando-se:

- Indicadores socioeconômicos e de qualidade de vida (saúde, emprego, renda, etc.);
- Indicadores ecológicos (biodiversidade, unidades de conservação, proteção ambiental, etc.);
- Indicadores de estrutura política/legal/institucional (resposta do poder público aos problemas ambientais, nível de conformidade legal de ações e iniciativas, etc.);
- Indicadores ambientais (envolvendo diferentes dimensões ambientais, simultaneamente);
- Indicadores hidrológicos (fluxo de estoque, disponibilidade de qualidade da água);
- Indicadores demográficos (estado e dinâmica populacional; pressões sobre os recursos naturais);
- Indicadores de desenvolvimento sustentável (indicadores que tentam aproximar-se da mensuração do nível de conformidades políticas e modelos de gestão em relação ao desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, proteção ambiental e justiça/equidade social).

**Quadro 2 -** Indicadores físicos, com alguns autores que os conceituam.

| LIMNOLOGIA FÍSICA | | |
|---|---|---|
| **Parâmetro** | **Autor(es)** | **Conceito** |
| Temperatura | Richter e Azevedo Netto (1991) | A temperatura da água tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor, etc. |
| | Couto (2018) | A temperatura da água é ditada pela radiação solar, salvo nos casos de despejos industriais, de termelétricas e de usinas atômicas que operam nas margens do lago ou reservatório. A temperatura exerce maior influência nas atividades biológicas. Também governa os tipos de organismos que podem viver ali. A temperatura também influencia na química da água. Quando as diferenças de temperatura geram camadas d´água com diferentes densidades, formando uma barreira física que impede que se misturem e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente na coluna d´água, criando assim a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente. |
| Turbidez | Richter e Azevedo Netto (1991) | Presença de partículas suspensas na água com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do grau de turbulência. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. É impraticável tentar correlacionar a turbidez com o peso da matéria em suspensão. Quanto mais subdividida uma fixada quantidade de uma dada substância, maior será a turbidez. |
| | Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água (2018) | A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os recursos hídricos. A alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação. |
| | Fundação Nacional de Saúde (2014) | A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas). Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão. |
| Condutividade Elétrica | Richter e Azevedo Netto (1991) | Depende da quantidade de sais dissolvidos na água, e é aproximadamente proporcional a sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos numa amostra. |
| | Fundação Nacional de Saúde (2014) | A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. A condutividade elétrica da água deve ser expressa em unidades de resistência (mho ou S) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m). |
| Sólidos Totais e Sólidos Totais Dissolvidos | Norma Técnica Interna SABESP (1999) | Sólido é o estado da matéria caracterizado pela rigidez, por uma forma própria e pela existência de um equilíbrio com o líquido proveniente da sua fusão. Há várias classificações para sólidos: - Sólidos Totais: todas as substâncias que permaneçam na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra; - Sólidos Dissolvidos: todas as substâncias que não ficaram retidas na filtração e permaneceram após total secagem de determinado volume de amostra. |
| | Piveli (1996) | Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura preestabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais; sólidos em suspensão; dissolvidos; fixos e voláteis). |

**Org.:** Autores (2025).

**Quadro 3 -** Indicadores químicos, com alguns autores que os conceituam.

| LIMNOLOGIA QUÍMICA | | |
|---|---|---|
| **Parâmetro** | **Autor(es)** | **Conceito** |
| Potencial Hidrogeniônico (PH) | Richter e Azevedo Netto (1991) | Usado para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Mede a concentração de íon hidrogênico ou sua atividade. Condições ácidas aumentam de atividade à medida que o pH decresce e, vice-versa, condições alcalinas se apresentam a pH elevados. O pH tem pouco significado como ponto de referência na Engenharia Sanitária. Talvez seu único significado resida na igualdade entre as concentrações de íons de hidrogênio e hidroxila. |
| | Telles (2013) | É a medida da acidez ou alcalinidade de uma solução. O pH da água pura a 25°C é igual a 7, variando de 0 a 7 nos meios ácidos e de 7 a 14 nos alcalinos. O valor do pH rege muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente e também nos sistemas biológicos. Valores de pH entre 6,5 e 8,5 não provocam grandes danos nos organismos aquáticos. |
| Oxigênio Dissolvido (OD) | Richter e Azevedo Netto (1991) | O conteúdo de oxigênio nas águas superficiais depende da quantidade e tipo de matéria orgânica instáveis que a água contenha. A quantidade de oxigênio que a água pode conter é pequena, devido à sua baixa solubilidade (9,1 mg/L a 20 °C). Águas de superfícies, relativamente límpidas, apresentam-se com saturação de oxigênio dissolvido, porém esse pode ser rapidamente consumido pela demanda de oxigênio de esgotos domésticos. |
| | Esteves (1998) | As principais fontes de oxigênio para a água são: atmosfera e fotossíntese. A solubilidade de oxigênio na água como de todos os gases depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Com a elevação da temperatura, ocorre a redução da solubilidade do oxigênio na água. Por outro lado, com o aumento da pressão observa-se uma maior solubilidade do oxigênio na água. |
| Cloretos | Richter e Azevedo Netto (1991) | O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais e é um auxiliar eficiente no estudo hidráulico de reatores como traçador. O limite máximo desejável em águas para consumo humano não deve ultrapassar 200 mg/L. Concentrações de cloretos, mesmo superiores a 1000 mg/L, não são prejudiciais ao Ser Humano, a menos que ele sofra de moléstia cardíaca ou renal. A restrição de sua concentração máxima está ligada, entretanto, ao gosto que o sal confere à água. |
| | Fundação Nacional de Saúde (2014) | Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que podem provocar. |
| Acidez Carbônica | Garcez (2004) | Acidez de uma água é a capacidade desta em reagir quantitativamente com uma base forte até um valor estipulado de pH. Tal parâmetro contribui para a ocorrência de processos corrosivos e influencia as taxas de reações químicas, especialmente os processos biológicos. |
| | Fundação Nacional de Saúde (2014) | O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibrocimento) de um sistema de abastecimento de água, e por essa razão, o seu teor deve ser conhecido e controlado. |
| | Libânio (2005) | O fósforo apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico, originando-se da dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica. Por atividade antrópica, o aporte de fósforo aos recursos hídricos pode ocorrer, semelhante ao nitrogênio, por despejos domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviação de criatório de animais. |

**Org.:** Autores (2025).

Sabe-se que estes indicadores físicos e químicos interagem com outros elementos da paisagem, e essa interação é influenciada de acordo com a característica de cada bacia hidrográfica, ou seja, os indicadores não possuem o mesmo peso nas diversas áreas a serem trabalhadas. Portanto, é necessário atentar-se aos componentes de cada bacia, como as rochas, solo, precipitação, vegetação, entre outros, a fim de analisar se os mesmos alteram ou não a qualidade das águas superficiais, que por sua vez, podem ser modificadas pela ação antrópica.

Nesse sentido, os estudos realizados não representam fielmente todas as ações presentes na bacia, mas servem como exemplos que contribuem para a compreensão e a análise de suas particularidades. Um exemplo a ser ressaltado, levando-se em conta os fatores naturais que alteram a qualidade das águas superficiais, é o comprimento e inclinação das vertentes.

À medida que se registra um volume pluviométrico elevado, pode-se ocorre um escoamento superficial de maior energia em vertentes mais íngremes, carreando maior quantidade de sedimentos aos recursos hídricos. Esse processo pode alterar parâmetros como o pH, os sólidos totais, a turbidez, a condutividade, entre outros, afetando a qualidade da água de rios, córregos, lagos, entre outros corpos hídricos.

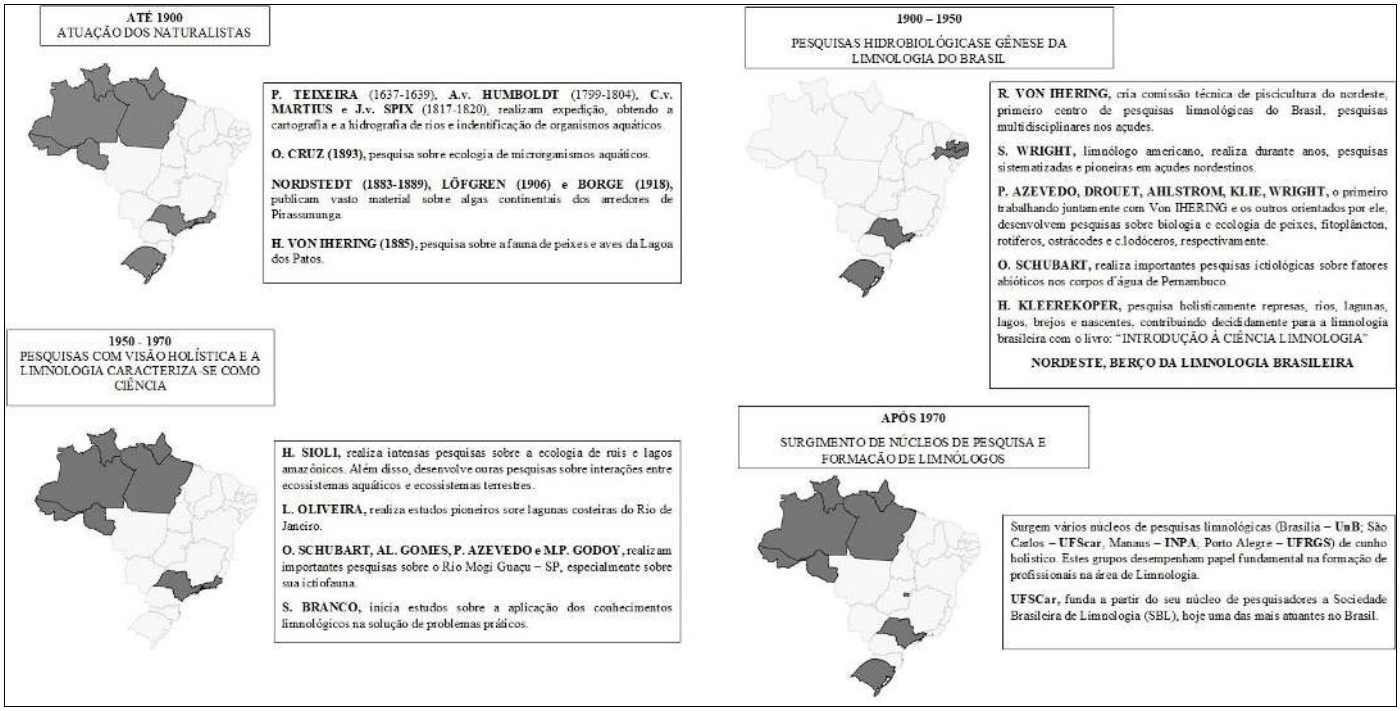
É importante destacar que as alterações de origem natural na qualidade das águas tendem a ser menos agressivas quando comparadas às modificações de origem antrópica. Isso se deve ao fato de que, socialmente, o processo de recuperação das bacias hidrográficas nem sempre é respeitado, o que resulta em diversos impactos negativos ao meio ambiente, como a degradação dos ecossistemas aquáticos, a supressão da vegetação, o surgimento de voçorocas, sendo alguns desses impactos tão intensos, que impedem a recuperação natural do ambiente.

Por ora aludida, devido ao apoio e crescente utilização da ciência Limnológica nos estudos voltados à qualidade das águas e na percepção de que as bacias hidrográficas brasileiras vêm padecendo ante aos impactos antrópicos negativos, como a contaminação e poluição, é que foi feita esta abordagem na presente discussão.

## ESTUDOS LIMNOLÓGICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

Os estudos relacionados a Limnologia no Brasil deram início na região nordeste com o americano Stillman Wright, sendo vistos, anteriormente, segundo Esteves (1998), como estudos de cunho autoecológico e hidrobiológico, considerando os rios amazônicos como o "berço" dos estudos da ecologia aquática no país (Figura 2).

**Figura 2 –** Distribuição geográfica das etapas da história da Limnologia no Brasil.




**Fonte:** Adaptado de Esteves (1998).

Nos últimos 25 anos, com a fundação da Sociedade Brasileira de Limnologia (1982), a consolidação dos Congressos de Limnologia e a publicação da Acta Limnologica Brasiliensia, firmou-se definitivamente a Limnologia como ciência no Brasil (Tundisi e Tundisi, 2008, p. 29).

> O caminho do desenvolvimento da Limnologia no Brasil é semelhante aos seguidos pela Limnologia europeia e norte-americana, assumindo cada vez mais o caráter experimental em suas pesquisas. Stillman Wright foi o primeiro limnólogo a atuar no Brasil e a desenvolver pesquisas realmente de cunho limnológico dentro do padrão daquelas desenvolvidas, na época, na Europa e na América do Norte (Esteves, 1998).

"Outras contribuições ao desenvolvimento da Limnologia no Brasil foram iniciadas com base em aplicações médicas, microbiológicas e para estudos da comunidade de peixes com a finalidade de ampliar a capacidade de produção de alimento" (Tundisi e Tundisi, 2008, p. 28). Oswaldo Cruz é considerado um dos principais pioneiros em pesquisas relacionadas aos microrganismos aquáticos no país (Esteves, 1998). É importante ressaltar, que Oswaldo Cruz não era um Limnólogo, isto é, seus estudos não possuíam um cunho limnológico, mas sim, sanitarista.

> Em sua tese, *A veiculação microbiana pelas águas*, Oswaldo Cruz aponta que em rios, a densidade das bactérias é função da intensidade da precipitação atmosférica, visto que esta traz matéria orgânica, que serve de substrato para o crescimento destes organismos. Já para lagos e lagoas, O. Cruz atribuiu a variação da densidade de bactéria à origem das águas (Esteves, 1998)

"Um marco relevante estabelecido no Brasil a partir de 1971 foi a implantação de um conjunto de estudos com a abordagem sistêmica da bacia hidrográfica e da Represa UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa), que introduziu metodologias [...] nos estudos aquáticos no Brasil" (Tundisi e Tundisi, 2008, p. 29). O desenvolvimento de metodologias aplicadas a Limnologia no país estava associado a "formação de profissionais especializados, com a criação do curso de pós-graduação em diferentes áreas, passando a pesquisar, de maneira integrada, ecossistemas selecionados, visando, na maioria dos casos, a elaboração de modelos" (Esteves, 1998).

Após décadas de estudos a fim de concretizar a Limnologia como uma ciência, tendo como objetivo compreender a dinâmica complexa dos recursos hídricos, contribuindo de maneira significativa nos projetos voltados a recuperação, preservação, manutenção dos recursos hídricos, é que esta vem conquistando espaço nas discussões atuais. "O que impulsiona os estudos limnológicos nos últimos tempos é o aumento significativo da degradação dos ecossistemas de águas interiores, principalmente pelos despejos de vários tipos de resíduos e por efeito do desmatamento da bacia hidrográfica" (Santos e Pereira Filho, s/d, p. 210).

No Brasil, a oficialização da bacia hidrográfica como unidade territorial estratégica de gestão, sobrevalorizou a sua utilização como unidade de estudo. Tal obrigação foi estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e determinada pela Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, que agrupa princípios e normas para a

gestão dos recursos hídricos. Esta normativa também definiu a água como um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, estabelecendo que, em situações de escassez, o uso prioritário deve ser destinado ao consumo humano e à dessedentação de animais.

Ademais, essa lei estabeleceu que a gestão das águas deve assegurar o uso múltiplo dos recursos hídricos, adotando a bacia hidrográfica como unidade territorial básica para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Com isso, torna-se essencial que essa gestão ocorra de forma descentralizada, com a participação conjunta do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Em se tratando dos objetivos principais, a Lei 9.433/1997, em seu Artigo 2º, assegura às atuais e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (Brasil, 1997). Para isso, é necessário o constante monitoramento e enquadramento dos recursos hídricos, sobretudo por se tratar de uma das melhores formas de controlar e analisar determinado sistema fluvial, permitindo diagnosticar as principais alterações negativas sobre o meio e a relação destas com as atividades antrópicas.

Diante dessas condições, a Resolução CONAMA nº 357, publicada em 18 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos recursos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, juntamente aos parâmetros para a definição de suas classes. Essa resolução trouxe uma série de especificações para determinar a qualidade de recursos hídricos, considerando assim, que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, prevenção, precaução, poluidor-pagador, usuário-pagador e integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza (CONAMA, 2005).

Essas classes de enquadramento não devem estar baseadas apenas em seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, já que pondera a saúde e o bem-estar humano, com um o equilíbrio ecológico aquático, e que estes não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas (CONAMA, 2005).

Conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2013), esse enquadramento é referência para instrumentos de gestão de recursos hídricos e

representa uma meta de qualidade das águas a ser alcançada ou mantida de acordo com os usos preponderantes, com o intento de assegurar às águas, qualidade compatível com seus usos, o que reduz os gastos de combate à eventual poluição e/ou contaminação dos recursos hídricos, mediante ações preventivas permanentes.

Logo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (2005) dispõe diretrizes e parâmetros para o enquadramento das águas doces, salobras e salinas. Neste artigo, enfatizou-se o enquadramento das águas doces superficiais, sendo estas: Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV; cada uma com suas preconizações e limitações de uso (Quadro 4).

**Quadro 4 -** Classes de enquadramento das águas superficiais e suas preconizações de uso.

| Classes | Principais Preconizações para a utilização das Águas Superficiais |
|---|---|
| Classe Especial | a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;<br>b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;<br>c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. |
| Classe I | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;<br>b) a proteção das comunidades aquáticas;<br>c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;<br>d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;<br>e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| Classe II | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;<br>b) a proteção das comunidades aquáticas;<br>c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;<br>d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;<br>e) a aquicultura e a atividade de pesca. |
| Classe III | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;<br>b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;<br>c) a pesca amadora;<br>d) a recreação de contato secundário;<br>e) a dessedentarão de animais. |
| Classe IV | a) a navegação;<br>b) a harmonia paisagística. |

**Fonte:** Adaptado da Resolução 357/2005 do CONAMA e Brugnolli *et al.* (2022).
**Org.:** Elaborado pelos autores.

Diante dessa resolução do CONAMA, houveram algumas revogações em relação ao lançamento de efluentes. Dentre estas, destaca-se a Resolução nº 430 do CONAMA, publicada em 13 de maio de 2011, que complementou e alterou parcialmente a Resolução 357/2005, pois discute sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, em que o "lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas" (CONAMA, 2011).

## OS COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E O AVANÇO DA CIÊNCIA LIMNOLÓGICA NO BRASIL

O papel fundamental dos Comitês de bacias é formar uma estrutura operacional com representantes do executivo e da comunidade para discutir as bacias hidrográficas, seus usos múltiplos e, com base no poder público, estabelecer estratégias e responsabilidades de gestão. A ideia de Comitê vem justamente da formação de um colegiado, mas somado a isso, o debate de ações de interesse comum é fundamental. Segundo a ANA (2013) esse fórum tem como foco, abordar diferentes visões, atuações e reunir pessoas para definir um uso comum, que é as águas e as bacias hidrográficas.

A ideia ultrapassada da água como um bem inesgotável já "caiu por terra" desde meados da década de 1930, quando da execução do Código das Águas – Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934 (Alves, Silva e Brugnolli, 2021). O código foi uma das primeiras iniciativas para institucionalizar políticas públicas de gestão da água, que passou a ser o primeiro e único instrumento legal, até então, sobre recursos hídricos (Marinho e Moretti, 2013). Contudo, apesar do seu inegável avanço, foi apenas a partir das conferências sobre o meio ambiente nas décadas de 1960 e 1970 que isso efetivamente ganhou lugar de debate nas comunidades e reuniões da Organização das Nações Unidas.

Teoricamente, a ação democrática deve ser seguida, adotando questões econômicas, ambientais, culturas e sociais em um mesmo peso de igualdade nas tomadas de decisões. Algo emblemático, simples de entender, mas que de maneira lógica, é pouco seguido na prática. A escassez hídrica parece algo distante e pouco

discutido, sobretudo em um cenário de grande disponibilidade hídrica, talvez por isso há tão poucos comitês em regiões amazônicas.

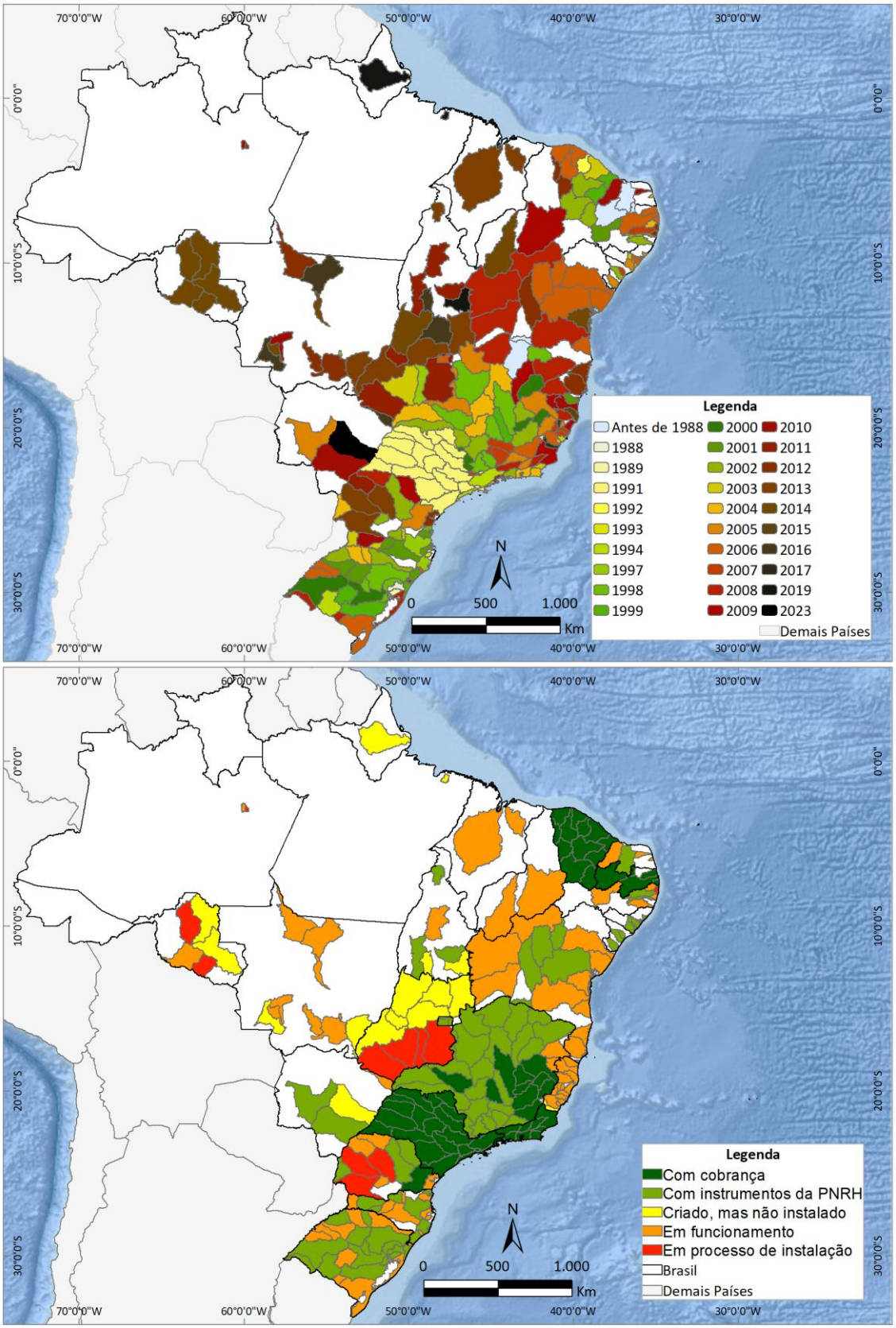
Igualmente distante, está o debate de que a bacia hidrográfica é um território desprovido de imagem e identidade, discussão levantada por Cardoso (2003). A bacia não exibe identidade social:

> A diversidade de atores que estão trabalhando na sua gestão possui percepções espaciais calcadas em outras referências territoriais; a referência da bacia terá necessariamente que ser construída e disputada com as unidades e percepções já existentes. No entanto, a maioria dos comitês dá pouca importância ao aspecto da construção simbólica da bacia. Um exemplo típico é a divulgação de mapas apenas com os rios ou com informações do tipo 'qualidade da água' ou 'tipos de uso da água', sem que estejam inseridos os principais referenciais geográficos dos atores sociais envolvidos (Cardoso, 2003, p. 40).

Nas últimas duas décadas, o Brasil passou por significativas reformulações institucionais nos procedimentos de gestão dos recursos hídricos (Moretti; Marinho, 2017). No entanto, ainda é evidente a carência de Comitês de Bacias Hidrográficas em regiões como o Centro-Oeste e o Norte do país (Figura 3), áreas marcadas por constantes transformações nos usos das terras. Nessas regiões, a expansão da agricultura avança muitas vezes sem a devida aplicação de uma legislação que considere de forma adequada a gestão e os usos múltiplos das águas.

A escassez de comitês, especialmente em áreas como a Amazônia e o Pantanal, evidencia os desafios para a efetiva aplicação da legislação vigente. Além disso, a atuação dos comitês existentes é desigual: enquanto alguns já adotaram instrumentos como a cobrança pelo uso da água ou implementaram integralmente os mecanismos previstos na PNRH, outros ainda dependem de ações do Poder Público para sua efetiva instalação e funcionamento nas bacias a que pertencem.

**Figura 3 –** Comitês existentes no Brasil e seu grau de atuação, com relação à PNRH.




**Fonte:** Adaptado de ANA (2023).

Atualmente, o Pantanal é um bioma em contínuo processo de assoreamento. As áreas de planalto no entorno contribuem com o carreamento de sedimentos oriundos das lavouras de soja. Além disso, as bacias hidrográficas que drenam suas águas para o Pantanal, vêm sendo progressivamente utilizadas para monoculturas de soja, o que já reduz os pulsos de inundação da planície. Como consequência, as áreas tornam-se cada vez mais suscetíveis a incêndios, secas e escassez relativa de água.

A recente Lei nº 6.160 (Mato Grosso do Sul, 2023), sancionada em conjunto com o atual Ministério do Meio Ambiente, buscará promover a conservação, proteção, restauração e exploração sustentável do Pantanal, porém, a criação de um comitê para essa área é fundamental para assegurar que essa legislação seja efetiva e, ainda, pensar em formas de integrar a comunidade na criação de legislações específicas para o Pantanal.

É fato, ainda, que a sociedade civil ou grande parte dela, não adentra à essas temáticas, muitas não têm noção de que pertence a uma bacia hidrográfica e que protegê-la é dever constitucional. Cardoso (2003, p. 40) enfatiza que, para que "essa unidade seja objeto de uma gestão coletiva, é necessário que haja um sentido que motive as pessoas e instituições a participar desse processo de gestão".

Entender o Brasil com suas complexidades e adotar as bacias hidrográficas como unidade de estudo foi o grande ganho que a PNRH trouxe para as questões hídricas. A falta de aplicabilidade dessa legislação é igualmente complexa por conta da dimensão territorial, quantidade de municípios que pertencem a uma mesma bacia hidrográfica, bem como estados, o que deixa a gestão dificultosa, morosa e onerosa.

## CONCLUSÕES

Adotar a bacia hidrográfica como unidade de estudo e seus recursos hídricos enquanto objetos de análise não é novidade, na Geografia isso tem sido realizado com frequência e eficiência. Tampouco não é mais de difícil acesso e manuseio equipamentos que permitam a análise de parâmetros físico-químico que se apresentam como indicadores da qualidade da água e análise; visto a diversidade de equipamentos existentes e com grande capacidade de mensuração dos dados analisados.

Contudo, esses equipamentos são onerosos, o que ainda limita o acesso para pesquisadores, acadêmicos e uma gama de profissionais que queiram discutir, analisar e aprender mais sobre a ciência limnológica, na teoria e *práxis*; esse é um desafio ainda a ser ultrapassado a fim de aumentar o número de profissionais capacitados para atuar no campo dessa ciência. Aqui vislumbra-se um campo fértil para a Geografia, apesar da limnologia ainda ocupar um espaço tímido e pouco estruturado em seus estudos e aplicações.

Como premissa básica, é na água que se manifestam os componentes e as dinâmicas de uma bacia hidrográfica; ela reflete, de forma direta, todas as alterações ocorridas em seus limites. Por isso, a avaliação da água é essencial para a gestão de bacias e dos recursos hídricos, revelando, por meio da aplicação de conceitos da limnologia, elementos geográficos muitas vezes ocultos.

Em suma, avanço e aprimoramento de estudos limnológicos e sua disseminação frente as prefeituras, universidades, escolas, ONGs e na sociedade em geral, pode propiciar uma caracterização mais fiel do quadro dos recursos hídricos brasileiro na escala local, e isso irá permitir avanços e alterações em legislações específicas, e mesmo fomentar e incrementar a criação de comitês de bacias hidrográficas e outros instrumentos de gestão participativa. A existência de apenas 200 comitês de bacia, conforme dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), é alarmante, considerando a complexidade das bacias hidrográficas brasileiras e o fato de que menos de metade do território nacional está sob a atuação desses comitês.

O processo de criação e expansão dos comitês de bacia, instituído com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) em 1997, aproxima-se de três décadas de existência. Embora avanços relevantes tenham sido alcançados nesse período, especialmente no que se refere à implantação dos comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas e à elaboração de uma legislação específica para parâmetros de qualidade da água, os desafios permanecem expressivos, especialmente frente aos impactos associados às mudanças climáticas e à emergência climática que se impõe.

Pensar que no Amazonas, Pará e Amapá só existe um comitê em cada estado, e Roraima e Acre não existem comitês é alarmante, não apenas por se tratarem de estados amazônicos, mas pela ineficácia de uma legislação que está vigente há quase 30 anos. Para além disso, a quantidade de comitês no norte do Mato Grosso do Sul e Mato

Grosso está distante da necessidade posta, essencialmente em razão do modelo agroexportador e o consumo evidente de água nesses estados.

Diante da complexa realidade brasileira, o futuro do mais precioso patrimônio natural e social, a água, dependerá diretamente das ações que implementamos hoje. Há décadas o país convive com um cenário de negligência à gestão dos recursos hídricos, com um modelo econômico de cunho predatório sobre os recursos naturais. Um exemplo se refere ao avanço da agricultura sob os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia; ou mesmo a Caatinga, que anteriormente possuía áreas que eram impensadas de serem ocupadas por lavouras, mas que atualmente se apresenta pressionada no que se refere a qualidade e quantidade de água disponível, que em certas regiões são naturalmente escassas.

Portanto, há uma necessidade de pensar no avanço da ocupação antrópica e no impacto sobre os recursos hídricos, em especial os de superfície. Atrelar a estudos de limnologia nas novas concepções é fundamental para continuar o avanço nas políticas e processos de gestão de recursos hídricos. A ciência evolui conforme há a aplicação e fomento de pesquisas e melhorias no aspecto legislativo, para, enfim, avançar às regiões que não possuem comitês no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília:** ANA, 2013. Disponível em: http://www.cbh.gov.br/EstudosETrabalhos/20140108101800_CadHidrico_vol5_completo.pdf. Acesso em: 20 set. 2018.

ALVES, L. B.; SILVA, C. A. da; BRUGNOLLI, R. M. As legislações das águas superficiais e a gestão de bacias hidrográficas no contexto sul-mato-grossense. **Formação (Online),** v. 28, n. 53, 2021.

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP (AESABESP). **Limnologia:** o estudo das águas continentais. Revista Saneas, ano XII, n. 40, p. 3, jan./fev./mar. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. **Diário Oficial da União:** seção 1, n. 92, p. 89, 13 maio 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 3 mar. 2018.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; SILVA, C. A. da. Calidad de las aguas superficiales en sistemas kársticos. Un estudio de la cuenca hidrográfica del río Formoso, Bonito, Mato Grosso do Sul – Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 78, p. 107–129, 2022.

CARDOSO, M. L. de M. **A democracia das águas na sua prática: o caso dos Comitês de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais.** 2003. Tese (Doutorado em Antropologia Social) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2003.

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, v. esp., p. 26–43, 2014.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013:** Sólidos: método de ensaio. São Paulo: SABESP, 1999. Disponível em: http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf. Acesso em: 13 abr. 2018.

COUTO, J. L. V. do. **Temperatura da água.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), 2018.

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL (EEEP). **Limnologia e qualidade da água.** Curso técnico em Aquicultura. Governo do Estado do Ceará: Secretaria da Educação, s.d.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FOREL, F. A. **Le Léman:** monographie limnologique (1892–1904). Lausanne: F. Rouge, 1892.

GARCEZ, L. N. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitários e industrial.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Átomo, 2005.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos:** realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARGALEF, R. **Limnología.** Barcelona: Omega, 1983. 1010 p.

MARINHO, V. L. F.; MORETTI, E. C. **A água e a gestão de recursos hídricos:** construções conceituais e repercussão práticas no Brasil. In: SALINAS-CHÁVES, E.; MAURO, C. A.; MORETTI, E. C. (orgs.). Água, recurso hídrico: bem social transformado em mercadoria. Tupã: ANAP, 2017.

MARINHO, V. L. F.; MORETTI, E. C. Os caminhos das águas: as políticas públicas ambientais e criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. **Geosul**, v. 28, n. 55, p. 123–142, 2013.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 6.160, de 18 de dezembro de 2023. Dispõe sobre a conservação, a proteção, a restauração e a exploração ecologicamente sustentável da Área de Uso Restrito da Planície Pantaneira (AUR-Pantanal). **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul**, n. 11.355, 19 dez. 2023.

MATTAR NETO, J. *et al.* Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 205–214, 2009.

MORETTI, E. C.; MARINHO, V. L. F. A gestão de recursos hídricos no Brasil e os Comitês de Bacias Hidrográficas: a experiência do CBH-Miranda (MS). **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 17, p. 123–140, 2017.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Tradução: Christopher J. T.; Supervisão da tradução: Ricardo Iglesias Rios. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas:** planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2022. 145 p.

PIVELI, R. P. **Qualidade da água.** Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Faculdade de Saúde Pública – USP, Aula 5, 1996.

PROGRAMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA (PNQA). **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA).** Agência Nacional das Águas (ANA), 2018. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 2 mar. 2018.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

SANTOS, F. C. dos; PEREIRA FILHO, W. **Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de ambientes aquáticos continentais.** s.d. p. 209–222. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/ebook01/Art.12.pdf. Acesso em: 1 mar. 2018.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Texto, 2004. 184 p.

TELLES, D. D'A. **A água e o ambiente.** In: GÓIS, J. S. de (colab.). Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão. São Paulo: Blucher, 2013. p. 501.

TUNDISI, J. G. *et al.* **Limnologia de águas interiores:** impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem suas instituições em razão da infraestrutura concedida para realização de pesquisas. A primeira autora agradece a CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. O segundo autor ao CNPq pela concessão da bolsa produtividade em pesquisa, chamada nº09/2022.

Recebido em fevereiro de 2025.

Revisão realizada em junho de 2025.

Aceito para publicação em outubro de 2025.