

# INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DE GESTÃO AMBIENTAL: ANÁLISE DE POTENCIALIDADES, LIMITAÇÕES E APLICABILIDADES NO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA NO BRASIL

Frederico Yuri Hanai – Professor Adjunto – Universidade Federal de São Carlos – UFSCar –  
fredyuri@ufscar.br

## RESUMO

A necessidade de indicadores que avaliem o desempenho e a sustentabilidade de sistemas socioambientais é especialmente urgente na gestão do ambiente, inclusive no gerenciamento da água. O objetivo do presente trabalho é analisar as potencialidades e limitações de alguns indicadores de sustentabilidade usualmente empregados em gestão ambiental, verificando seu uso no processo de gerenciamento da água no Brasil, à luz da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Os indicadores possuem a função de identificar as características relevantes de um sistema e clarificar as complexas relações entre as diferentes variáveis envolvidas num fenômeno específico, tornando-o visível ou perceptível para comunicar as suas informações contidas, constituindo-se em instrumentos úteis de análise e gestão. Assim, a aplicação de indicadores e a adaptação de seus modelos tornam-se prioritárias e componentes valiosos, úteis e fundamentais para subsidiar os processos de planejamento, tomada de decisão e gerenciamento da água, exigindo investigações científicas e análises de aplicações práticas.

**Palavras-chave:** indicadores de sustentabilidade; indicadores de recursos hídricos; gestão da água.

## **INTRODUÇÃO**

---

O processo de análise e gestão ambiental, recorrendo aos princípios de sustentabilidade, exige ações de previsão, avaliação e acompanhamento de atividades e intervenções humanas, incidindo na necessidade de diferentes instrumentos para planejamento, controle e monitoramento ambiental.

O controle e o monitoramento ambiental constituem-se em procedimentos essenciais para o processo de planejamento e gestão ambiental do uso de recursos naturais, dentre eles os hídricos, e desta forma, exigem indicadores e instrumentos que possibilitem medir e documentar sistematicamente o processo de transformações socioambientais em bacias hidrográficas.

A necessidade de um conjunto de indicadores que avaliem a viabilidade, o desempenho e a sustentabilidade de um sistema é especialmente urgente na gestão ambiental em todos os níveis e aplicações, inclusive no planejamento, gestão e análise de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

O gerenciamento dos recursos hídricos envolve os processos de planejamento, articulação, controle e regulação do uso racional das águas, compreendendo ações de avaliação da conformidade das condições atuais com as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos que são exercidas por meio de instrumentos de gestão (BRASIL, 1997, 2000, 2005). A concepção dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e planejamento de bacias hidrográficas deve assegurar a equidade de acesso dos usuários da água e dos recursos naturais, a fim de configurar oportunidades concretas da busca pela sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade constituem-se em instrumentos importantes para o gerenciamento de recursos hídricos e fundamentais para o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas, que devem promovidos de forma participativa e sistêmica, por meio da desejável integração de atores sociais, usuários, planejadores e gestores de água na bacia.

A gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica pode ser orientada por um conjunto de indicadores, montado de acordo com a finalidade do estudo, que contribua para esclarecer quanto ao estágio de desenvolvimento em que ela se encontra e os aspectos mais críticos relativos à sustentabilidade do seu desenvolvimento (MARANHÃO, 2007).

Têm surgido diversas propostas de sistemas de medição que buscam identificar os significados de sustentabilidade. Estes significados podem ser identificados por meio de indicadores, que se constituem como valiosas e úteis ferramentas capazes de subsidiar os processos de tomada de decisão na gestão e no desenvolvimento de projetos, programas e políticas setoriais relacionados à água, sob a égide da sustentabilidade.

O reconhecimento da complexidade, que alcançam os problemas de medição de indicadores, constitui-se em um importante desafio motivador para a idealização e o estabelecimento de indicadores e seus modelos de gestão, de forma a contribuir com informação significativa sobre as distintas dimensões da sustentabilidade.

Assim, é prioritário o desenvolvimento de ferramentas, diretrizes e procedimentos metodológicos confiáveis e integradores para gerenciamento de recursos hídricos, a fim de auxiliar no avanço dos processos de tomada de decisões, na comunicação de riscos ambientais, na resolução de conflitos, no planejamento e gestão de bacias hidrográficas, exigindo bases do conhecimento científico e aplicação práticas de modelos propostos.

Desta forma, torna-se importante e relevante o estudo sobre as potencialidades e limitações de adoção dos indicadores de sustentabilidade na gestão da água e de bacias hidrográficas, analisando-os quanto às suas características desejáveis, relevantes, assim como algumas concepções e aplicações no Brasil.

## **INDICADORES E SUAS CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS**

---

Os indicadores são variáveis que representam operacionalmente um atributo (qualidade, característica ou propriedade) de um sistema, sintetizando as informações essenciais sobre a sua viabilidade e sua dinâmica de transformação (UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2001). Os indicadores “são componentes essenciais na avaliação global do progresso rumo ao desenvolvimento sustentável” (GALLOPÍN, 1997, p. 1). Indicadores são componentes necessários da rede de informações para a compreensão do mundo, para tomada de decisões e para planificação de ações (MEADOWS, 1998).

Os indicadores identificam as características relevantes de um sistema e clarificam as complexas relações entre as diferentes variáveis envolvidas num fenômeno específico, tornando-o visível ou perceptível para comunicar as suas informações contidas, constituindo-se em instrumentos úteis de análise objetiva sobre o fenômeno considerado. Constituem-se como valiosas e úteis ferramentas para subsidiar o processo de tomada de decisão em gestão, desenvolvimento e monitoramento de programas, projetos e políticas de desenvolvimento.

O uso de indicadores, como medidores de processo do desenvolvimento sustentável, possui as seguintes funções principais (GALLOPÍN, 1996; BOSSEL, 1999; REED et al., 2006):

- reconhecer metas e objetivos, mostrando se condições e tendências em relação às finalidades de gestão estão sendo atingidos e satisfeitos;
- fornecer antecipadamente uma informação de advertência, sinalizando a necessidade de ações corretivas da estratégia de gestão;
- subsidiar o processo de tomada de decisão, proporcionando informação relevante para apoiar a implementação de políticas;
- tornar-se a base para o gerenciamento dos impactos ambientais (avaliar a eficiência de várias alternativas);
- refletir a condição geral de um sistema, permitindo análise comparativa no tempo e no espaço (situações e locais);
- antecipar condições e situações futuras de risco e de conflito.

As características desejáveis e mais importantes dos indicadores são: confiáveis; de baixo custo de coleta e análise; simples; limitados em número; significativos; relevantes; eficientes; reativos; pertinentes; fáceis de se entender; exequíveis; práticos; mensuráveis e controláveis pela gestão; precisos, exatos; consistentes; conceitualmente bem fundamentados; e hábeis para mostrar tendências a longo do tempo (STANKEY et al., 1985; HARDI e ZDAN, 1997; BOSSEL, 1999; ROME, 1999; VALENTIN e SPANGENBERG, 2000; TWINING-WARD e BUTLER, 2002; MEADOWS, 1998; REED et al., 2006).

A seleção e a definição de indicadores envolvem a adoção de quatro critérios básicos, segundo a OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 2002): a pertinência política; a utilidade para os usuários; a exatidão da análise e a mensurabilidade, que remetem às seguintes considerações (MEADOWS, 1998; BOSSEL, 1999; DEPONTI *et al.*, 2002):

- 1) os indicadores devem reconhecer condições ou resultados de desenvolvimento em uma localidade;
- 2) os indicadores devem ser descritivos ao invés de avaliativos (devem descrever uma situação e não avaliar uma condição);
- 3) os indicadores devem ser relativamente fáceis de se medir, não exigindo esforços complexos e grandes dispêndios de tempo;
- 4) os indicadores devem ter validade, objetividade e consistência, sem ambiguidade;
- 5) os indicadores devem ter coerência e ser sensíveis às alterações do ambiente (mudanças no tempo e no sistema);
- 6) os indicadores devem permitir enfoque integrador, ou seja, fornecer informações condensadas sobre vários aspectos do sistema em uma escala adequada;
- 7) os indicadores devem permitir a relação com outros indicadores, facilitando a interação entre eles;
- 8) os indicadores devem ser provocativos, levando à discussão, ao aprendizado e à mudança;
- 9) o significado dos indicadores deve ser completamente claro e compreensível por todos envolvidos na sua medição (independente do nível técnico e educacional dos usuários);
- 10) os indicadores devem fornecer uma visão integrada do todo.

Os requisitos e propriedades desejáveis de procedimentos para medição de indicadores são (GALLOPÍN, 1997):

- Os valores dos indicadores devem ser mensuráveis (ou pelo menos observáveis no caso de características qualitativas);
- Os dados devem estar prontamente disponíveis ou possíveis de se obter (por meio de medições especiais ou atividades de monitoramento);
- A metodologia de obtenção de dados, processamento de dados e construção de indicadores deve ser clara, transparente e padronizada;
- Os meios para estabelecimento e monitoramento dos indicadores devem estar disponíveis, isto inclui capacidades financeiras, humanas e técnicas;
- Os indicadores ou conjuntos de indicadores devem ser de custos eficazes;
- A aceitação política em nível apropriado (local, nacional e internacional) deve ser promovida (indicadores que não são aceitos por tomadores de decisão são improváveis de influenciar decisões);
- A participação do público (e suporte para isto) no uso de indicadores é altamente desejável, como um elemento de exigência geral na busca do desenvolvimento sustentável.

Os indicadores para planejamento e gestão de recursos hídricos devem ser selecionados pelos seus usuários de forma a atender às necessidades próprias do sistema de planejamento e gestão de recursos hídricos, dentre as quais se destacam (MARANHÃO, 2007):

- Monitorar a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e os efeitos decorrentes da implementação dos programas e projetos que são conduzidos, bem como o progresso e o cumprimento das metas fixadas;
- Sinalizar a necessidade de corrigir o curso de programas e projetos sempre que o desvio desses se tornar excessivo;
- Estabelecer normas regionais e globais;
- Determinar o impacto de ações empreendidas ou situações existentes; e
- Medir e comparar a eficácia de ações alternativas.

A seleção criteriosa e a definição de bons indicadores podem propiciar alguns benefícios locais:

- Melhores tomadas de decisões, diminuindo riscos ou custos ambientais;
- Identificação de efeitos emergentes, permitindo ações preventivas;
- Identificação de impactos, permitindo ações corretivas quando necessárias;
- Medição do desempenho da implementação de planos e ações de gestão, avaliando os resultados e progresso;
- Grande responsabilidade, permitindo informações confiáveis para tomadas de decisões amplamente aceitas;
- Monitoramento constante, conduzindo à melhoria contínua dos instrumentos de gestão.

## **SISTEMAS E ESTRUTURAS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

---

Um Sistema de Indicadores constitui-se numa importante base referencial para monitoramento e controle da eficiência de ações executadas, de estratégias, programas, planos, projetos e políticas de desenvolvimento, visando concretizar o verdadeiro significado de desenvolvimento sustentável.

Um sistema de indicadores deve ser formulado com foco na identificação prática e definição clara de seus objetivos, e deve ser elaborada uma estrutura flexível e efetiva de implementação deste sistema para converter os resultados obtidos dos indicadores em ações de gestão e manejo (TWINING-WARD e BUTLER, 2002).

## **Estrutura das Nações Unidas para o desenvolvimento de estatísticas ambientais (FDES – *Framework for the Development of Environment Statistics*)**

Desenvolvida no começo da década de 1980, esta foi a primeira estrutura oficial amplamente reconhecida para a organização de indicadores ambientais. Consiste essencialmente numa lista de verificação destinada a reunir sistematicamente as estatísticas ambientais e os indicadores, porém sem a tentativa de estabelecer contabilização ou relações funcionais entre as variáveis estatísticas e os indicadores (GALLOPIN, 1997; PATTERSON, 2002).

## **Modelo Pressão-Estado-Resposta (PER, em inglês PSR – *Pressure-State-Response*) e Força Motriz(Condutora)-Estado-Resposta (FCER, em inglês DPSIR - *Driving Forces-Pressure-State-Impact-Response*)**

Conhecido internacionalmente, este modelo é talvez o sistema mais amplamente utilizado para indicadores de sustentabilidade e foi proposto por um grupo de pesquisadores canadenses no começo dos anos 1990 (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2002a, 2002b). O modelo foi adotado pela OECD (*Organization for Economic and Cooperation Development*) e pela Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (*United Nations Commission on Sustainable Development* - UNCSO) como estrutura padrão para indicadores de sustentabilidade.

A partir do modelo PER, surgiu o modelo Força Motriz(Condutora)- Estado-Resposta (FCER, em inglês DPSIR - *Driving Forces-Pressure-State-Impact-Response*), que inclui similarmente os aspectos sociais, econômicos e ambientais, incorporando as causas da pressão e dos impactos produzidos no estado das condições ambientais.

O modelo PER é cíclico e se baseia no conceito de causalidade, e reflete as relações que as atividades humanas (pressões, forças motrizes) exercem sobre o meio ambiente e modificam a qualidade e quantidade (estado) dos recursos naturais e das situações sociais e econômicas. A sociedade responde a estas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais (respostas), e estas produzem retroalimentação direcionada a modificar as pressões das atividades humanas (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2002a, 2002b).

O modelo se organiza em três tipos básicos de indicadores:

- Indicadores de pressão, que descrevem refletem as pressões diretas e indiretas das atividades humanas exercidas sobre o meio ambiente;
- Indicadores de estado, que descrevem as condições ambientais (qualidade do meio ambiente, quantidade e qualidade dos recursos naturais) num determinado momento;
- Indicadores de resposta, que correspondem aos esforços que a sociedade responde às mudanças ambientais. Integram as políticas das diferentes administrações territoriais e setoriais para prevenir, atenuar ou reduzir a degradação das condições ambientais.

Para Bossel (1999), Marzall e Almeida (1999), a mais séria objeção a esta abordagem sobre indicadores é a que o modelo negligencia a natureza sistêmica e dinâmica do processo.

O modelo PER/FCER é baseado na causalidade e considera a lógica linear (efeito em função da causa), e não a avaliação de sua interação e por isso tem conduzido a políticas institucionais errôneas devido a uma interpretação simplificada das inter-relações entre os aspectos a serem medidos (GALLOPÍN, 1997; SEGNESTAM, 1999; PINTÉR, HARDI e BARTELMUS, 2005).

Neste modelo, a representação de impactos por cadeias isoladas de pressão, estado, impacto e resposta nem sempre é permissível, e geralmente não se torna uma adequada aproximação (BOSSSEL, 1999). Os impactos em uma cadeia podem ser pressões, e em outra pode ser estados, ou vice-versa. Geralmente existe a ambiguidade se o aspecto a ser medido por um indicador é representado por uma força motriz ou um estado. Além disso, existem múltiplas pressões para a maioria dos estados e múltiplos estados surgem da maioria das pressões, criando dificuldades na identificação dos indicadores (PINTÉR, HARDI e BARTELMUS, 2005).

Para Bossel (1999), as múltiplas pressões e impactos não são considerados, e as reais (geralmente não lineares) relações entre os diferentes componentes de uma cadeia não são contabilizados por este tipo de modelo conceitual.

## **Indicadores para Agenda 21 e sustentabilidade local**

Nesta abordagem, os indicadores são gerados por meio de processos da construção da Agenda 21 local, cuja ênfase está no conceito de sustentabilidade local com o estabelecimento de indicadores participativos de desenvolvimento sustentável.

A definição de indicadores sugere um processo de consulta e de consenso que discutem problemas específicos de uma localidade em direção ao desenvolvimento sustentável.

As iniciativas de estabelecimento de indicadores participativos têm princípio de trabalhar e definir indicadores relacionados diretamente aos objetivos e metas que conduzam à sustentabilidade local. Entretanto, existem limitações específicas da aplicação deste modelo, sendo a principal relacionada com a perda de visão regional, estando integrada e influenciada por processos de tomadas de decisões regionais e nacionais (UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2001).

## **Indicadores de desenvolvimento sustentável propostos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)**

No Brasil, o trabalho de construção de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável realizado pelo IBGE foi inspirado nos trabalhos desenvolvidos pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, que publicou o documento *Indicators of sustainable development: framework and methodologies* (COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2001).

O trabalho do IBGE toma como referência este documento e as recomendações adicionais que o sucederam, adaptando seu conteúdo às particularidades brasileiras. Além do desafio de construir indicadores capazes de caracterizar e subsidiar o processo de desenvolvimento sustentável em nível nacional acrescenta-se a exigência de expressar as diversas dimensões da diversidade característica do país (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004).

O conjunto de indicadores selecionados representa 59 indicadores distribuídos nas seguintes dimensões e seus respectivos temas: ambiental (atmosfera, terra, água doce, oceanos, mares, áreas costeiras, biodiversidade, saneamento), social (população, trabalho, rendimento, saúde, educação, habitação, segurança), econômica (quadro econômico, padrões de produção e consumo) e institucional (quadro institucional e capacidade institucional) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004).

Estes indicadores baseiam-se nas informações disponibilizadas pelo IBGE e por outras instituições, que possuem uma base estatística sólida, com o intuito de estimular a emergência de novas demandas, a identificação de novos parceiros na produção de informações e a construção de novas abordagens que subsidiem a conquista do desenvolvimento sustentável.

## **ALGUNS SISTEMAS DE INDICADORES DESENVOLVIDOS PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL**

---

Devido à relevante importância das ferramentas para a gestão de recursos hídricos e de bacias hidrográficas no Brasil, recentemente têm sido empenhados esforços em estudos, pesquisas e desenvolvimento de inovadores sistemas de indicadores de sustentabilidade, que têm sido aplicados e testados em diversas bacias hidrográficas brasileiras.

Alguns estudos relevantes recentes sobre sistemas de indicadores são descritos sucintamente a seguir:

- Maranhão (2007) buscou em sua tese conceber um interessante sistema de indicadores para subsidiar o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, propondo assim, o Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, denominado SINPLAGE, que consiste em oito indicadores numa estrutura lógica alicerçada em quatro dimensões do gerenciamento dos recursos hídricos (disponibilidade, usos, vulnerabilidade e gestão): disponibilidade hídrica alocável; potencial de vazão regularizável; retiradas totais; relação entre as cargas de DBO remanescente e assimilável nos corpos hídricos; área da cobertura vegetal nativa remanescente em relação à área total da bacia; grau de destinação adequada de resíduos sólidos domiciliares produzidos; suite Institucional I e II (avaliação da existência, funcionamento e atendimento às necessidades dos instrumentos de gestão outorga, enquadramento, Plano de Recursos Hídricos e sistema de informações sobre Recursos Hídricos). O sistema foi aplicado a algumas bacias hidrográficas (dos rios Jutaí, Tocantins-Araguaia, Paraíba do Sul, Tietê e Verde

Grande), cujos indicadores se destinam a apoiar os gestores no monitoramento e na implementação de planos e gestão integrada dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas (MARANHÃO, 2007);

- Corrêa (2007) definiu um conjunto de 21 indicadores de sustentabilidade selecionados a partir de uma lista de 73 indicadores identificados na literatura científica específica, estabelecendo-o como uma ferramenta para subsidiar a gestão de recursos hídricos, no âmbito de um Comitê de Bacia do Tietê-Jacaré (SP). Nesta pesquisa, a autora observou a importância da obtenção e sistematização das informações na escala adequada, considerando as especificidades locais e identificou que alguns indicadores apresentam dificuldades para sistematização, medição ou obtenção da informação (inexistência de dados primários disponíveis) (CORRÊA, 2007);
- Isaias (2008) estudou a composição de um Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (ISBH), integrando-se indicadores das dimensões ambiental, qualidade da água, socioeconômica e político institucional, a fim de subsidiar a adoção de políticas públicas no sentido da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos, aplicando-o em 11 microbacias do Distrito Federal (ISAIAS, 2008);
- Guimarães (2008) elaborou e aplicou um sistema de 40 indicadores de desenvolvimento sustentável com a finalidade de avaliar a adequação dessa ferramenta como um instrumento para gestão de bacias hidrográficas, aplicando-o de forma ilustrativa em 4 bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro-RJ (GUIMARÃES, 2008).

A Coordenadoria de Recursos Hídricos do estado de São Paulo realizou em 2010 um minucioso processo de revisão dos indicadores, a fim de descrever, detalhar, esclarecer e uniformizar o entendimento dos indicadores e parâmetro usualmente empregados no gerenciamento de recursos hídricos das bacias hidrográficas do estado de São Paulo. O resultado deste trabalho de releitura compreendeu 127 parâmetros e 42 indicadores, citados resumidamente a seguir (COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2010): crescimento populacional; população flutuante; densidade demográfica; responsabilidade social e desenvolvimento humano; agropecuária; indústria e mineração; comércio e serviços; empreendimentos habitacionais; produção de energia; uso e ocupação do solo; demanda de água; tipos de uso de água; captações de água; resíduos sólidos; efluentes industriais e sanitários; áreas contaminadas; erosão e assoreamento; barramentos em corpos d'água; qualidade das águas superficiais; qualidade das águas subterrâneas; balneabilidade de praias e reservatórios; qualidade das águas de abastecimento; disponibilidade de águas superficiais; disponibilidade das águas subterrâneas; cobertura de abastecimento; disponibilidade total de água; enchentes e estiagem; doenças de veiculação hídrica; danos à vida aquática; interrupção de fornecimento; conflitos na exploração e uso da água; restrições à balneabilidade em praias e reservatórios; despesas com saúde pública devido a doenças de veiculação hídrica; custos de tratamento de água; coleta e disposição de resíduos sólidos; coleta e tratamento de efluentes; controle da contaminação ambiental; abrangência do monitoramento; outorga de uso da água; autuações de uso irregular de águas; fiscalização de uso da água; melhoria e ampliação do sistema de abastecimento de água; recuperação de áreas degradadas; áreas protegidas.

Este conjunto de indicadores vem sendo amplamente adotado pelas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos e aplicados na elaboração dos Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos e dos Planos das Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Segundo alguns autores, os indicadores descritos integram apenas um simples conjunto para acompanhamento e controle de relatórios e planos estaduais de Recursos Hídricos, necessitando de operacionalização e articulação com o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

## **ALGUNS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E GESTÃO AMBIENTAL**

---

Nos últimos tempos, uma quantidade de indicadores tem surgido na tentativa de medir o progresso em direção ao objetivo da política de desenvolvimento sustentável. Atualmente existem muitos tipos, modelos e sistemas diferentes de indicadores de sustentabilidade que vêm sendo usualmente empregados, aplicados e testados em processos de gestão e análise ambiental, sendo alguns deles apresentados resumidamente a seguir:

- Pegada Ecológica (Ecological Footprint): é um indicador de sustentabilidade baseado em critérios ecológicos e foi desenvolvida e proposta por Wackernagel e Rees (1996) com objetivo de estimar a área requerida para sustentar direta e indiretamente a atividade de uma população ou de um sistema econômico. Corresponde, portanto, à quantidade de área terrestre e de água de um ecossistema requerida para manter o padrão de vida de uma população pelo uso e consumo dos recursos materiais

e energéticos, assim como para a assimilação dos resíduos produzidos. O método da Pegada Ecológica é uma ferramenta de cálculo que se fundamenta no conceito de capacidade de carga e inclui também a área perdida de produção de biodiversidade em função de contaminação, radiação, erosão, salinização e urbanização (WACKERNAGEL e REES, 1996). O método captura a esfera ambiental da sustentabilidade que é afetada pela atividade econômica humana, porém o sistema não abrange a dimensão social da sustentabilidade (BOSSSEL, 1999);

- Pegada Hídrica (Water Footprint): é um indicador multidimensional do uso de água que busca identificar não somente o uso direto do recurso hídrico por um consumidor ou processo produtivo, mas também o uso indireto de água. A Pegada Hídrica pode ser considerada como um indicador global de apropriação de recursos de água, juntamente com as medições tradicionais de retirada e consumo de água. A pegada hídrica de um produto é o volume de água utilizada para produzir o produto, medido ao longo de toda a cadeia de produção. É um indicador multidimensional que apresenta os volumes de água consumida e os volumes de poluição, cujos componentes do cálculo de água são especificados geograficamente e temporalmente (HOEKSTRA et al., 2009). A Pegada Hídrica possui ainda processos metodológicos de identificação em construção, com a possibilidade de aplicação de diferentes modelos hidrológicos para sua composição, e desta forma, possui algumas limitações de aplicação, principalmente relacionadas a obtenção de dados e disponibilidade de informações necessárias. Porém, é um potencial indicador para auxiliar na tomada de decisões, pois permite efeito comparativo (não como valor absoluto) de quantidade de água;
- Água Virtual (Virtual Water): consiste na quantidade de água necessária aos processos produtivos de bens e produtos industriais e agrícolas, ou de serviços, uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos. A Água Virtual, que se baseia no comércio indireto da água que está embutida em certos produtos, especialmente as commodities agrícolas. A identificação da água incorporada nos produtos pode auxiliar na compreensão dos efeitos do consumo, do comércio de recursos hídricos água, podendo formar a base para um melhor entendimento das negociações tanto de produtos quanto de relações políticas comerciais entre países (HOEKSTRA, 2003). Neste sentido, os indicadores da água virtual e pegada de água contribuem para a gestão integrada da água por considerar em conjunto a política de importações e exportações de produtos que utilizam água em sua produção;
- Painel de Sustentabilidade – Dashboard of Sustainability: é um índice agregado de vários indicadores que emprega meios visuais de apresentação para mostrar as dimensões primárias da sustentabilidade, fornecendo informações quantitativas e qualitativas sobre o progresso em direção à sustentabilidade. A ferramenta utiliza um painel com três mostradores que representam a sustentabilidade do sistema no que se refere às dimensões propostas e é usado para a comparação entre nações, regiões e cidades. O sistema permite a apresentação de relações complexas num formato altamente comunicativo, desenvolvido e mantido pelo *International Institute for Sustainable Development* (VAN BELLEN, 2004). O formato do Painel da Sustentabilidade consiste numa apresentação atrativa e concisa da realidade e se constitui numa importante ferramenta de comunicação para auxiliar os tomadores de decisão, públicos e privados, a repensar suas estratégias de desenvolvimento e a especificação de suas metas;
- Barômetro da sustentabilidade (Barometer of Sustainability): é uma ferramenta para medir e comunicar o bem estar de uma sociedade e o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável por meio da integração de indicadores biofísicos e de saúde social. Fornece um meio sistemático de organizar e combinar indicadores para que usuários possam visualizar os resultados por meio de índices. A ferramenta de avaliação é uma combinação do bem-estar humano e do ecossistema, sendo que cada um deles é mensurado individualmente por seus respectivos índices (PRESCOTT-ALLEN, 1997). Estes índices são representados graficamente na forma bidimensional, em que os estados do bem-estar humano e do ecossistema são colocados em escalas relativas (que variam de 0 a 100), indicando a situação em relação à sustentabilidade. Uma das vantagens deste sistema é a sua abordagem holística, obtida por meio da integração do bem-estar humano com o meio ambiente, permitindo a análise comparativa do conceito de sustentabilidade (VAN BELLEN, 2004);
- Indicadores de Fluxo de Material: o Instituto Wuppertal na Alemanha tem desenvolvido indicadores de fluxo de material na tentativa de medir os amplos impactos num sistema devido às atividades econômicas. O método descreve sistematicamente os fluxos físicos de recursos naturais, contabilizando todos os materiais e energia (incluindo as perdas) utilizados num processo produtivo (extração, produção, fabricação, uso, reciclagem e disposição final) de um produto particular ou serviço. A análise deste método considera a densidade real do material de um determinado produto, que é contabilizada por meio da consideração de todos os materiais e energia requeridos para o processo de produção completa menos o atual peso do produto, ou seja, a “mochila ecológica”. Os indicadores extraídos deste tipo de análise consistem numa ferramenta útil para melhoria e desempenho de processos (PATTERSON, 2002; NESS et al, 2007);



- Índice de sustentabilidade ambiental (ESI – *Environmental Sustainability Index*): este índice foi desenvolvido pelo Fórum Mundial de Economia no ano de 2001 para medir o progresso em direção a sustentabilidade ambiental e quantifica a probabilidade que um território possui de preservar valiosos recursos naturais efetivamente ao longo de um período de tempo. Consiste de 68 indicadores de cinco categorias diferentes: o estado dos sistemas ambientais; redução de estresses em sistemas ambientais; redução de vulnerabilidade humana em mudanças ambientais; capacidade social e institucional para lidar com desafios ambientais e habilidade de cumprir os padrões e acordos internacionais (PATTERSON, 2002; NESS et al., 2007);
- *Living Planet Index* (LPI): idealizado e utilizado pelo World Wildlife Fund (WWF), este índice mede o estado e a tendência global da biodiversidade em ecossistemas florestais, espécies marinhas e de águas doces (PATTERSON, 2002);
- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH): o IDH foi desenvolvido nos anos noventa (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP, 1990) e mede as dimensões sociais e econômicas do desenvolvimento sustentável baseando-se nos parâmetros de longevidade (expectativa de vida), de educação (taxa de analfabetismo adulta e matrículas escolares) e do padrão de vida (Produto Interno Bruto per capita) (PATTERSON, 2002);
- Índice de Desempenho Ambiental (EPI – *Environmental Performance Index*): consiste na medida padrão do desempenho de políticas direcionadas à redução de estresses ambientais na saúde humana e promoção da vitalidade de ecossistema e gestão de recursos naturais (BÖHRINGER e JOCHEM, 2007);
- Índice de Vulnerabilidade Ambiental (EVI – *Environmental Vulnerability Index*): compreende 32 indicadores de riscos, 8 indicadores de resistência e 10 indicadores que medem os danos e vulnerabilidade do ambiente (BÖHRINGER e JOCHEM, 2007);
- Índice de bem-estar econômico sustentável (ISEW – *Index of Sustainable Economic Welfare*): este índice foi desenvolvido por Daly e Cobb em 1989 para integrar exterioridades econômicas e ambientais no cômputo do bem-estar nacional. O índice ajusta práticas da contabilidade nacional para abranger um conjunto maior de causas determinantes do bem-estar, que incluem deduções para gastos militares, degradação ambiental e depreciação do capital natural (NESS et al., 2007).

Os indicadores constituem uma poderosa ferramenta no auxílio à tomada de decisão. No entanto, para sua determinação deve-se considerar não apenas a eficiência tecnológica das alternativas de uso da água, mas também os aspectos relacionados com os impactos ambientais (positivos e/ou negativos), os desdobramentos sociais e a componente econômica (MAGALHÃES JR., 2010).

Descobrir a possibilidade de aplicação dos indicadores de sustentabilidade descritos, podem-se vislumbrar novas possibilidades de intervenções, servindo como uma base para a formulação de novas estratégias eficazes de gestão de bacias hidrográficas.

## **CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Trabalhos, estudos e pesquisas sobre sistemas de indicadores de sustentabilidade têm sido elaborados e implementados para o gerenciamento de recursos hídricos. A investigação destes estudos de caso e a análise dos sistemas de indicadores empregados auxiliam no processo de aprimoramento dos instrumentos de gestão de bacias hidrográficas.

Não existe um conjunto de indicadores universal e unanimemente aceito, pelo fato inerente de que o indicador descreve um processo de controle, vinculado a especificidades e situações locais. Os indicadores devem ser definidos e/ou adaptados a cada realidade local, contemplando as características, prioridades e interesses específicos, para sua melhor aplicação efetiva, confiabilidade e aceitação política e social, considerando ao mesmo tempo, os aspectos integradores e multidimensionais regionais.

Os indicadores de sustentabilidade constituem-se em ferramentas complementares e integradoras para o gerenciamento de bacias hidrográficas. Os indicadores de sustentabilidade devem ser bem interpretados sob a ótica científica, política e de gestão. Devem, com a devida frequência, ser completados com outras informações qualitativas, técnicas e científicas, sobretudo para explicar os fatores que ocorrem ao longo do processo da gestão da água numa bacia hidrográfica. O atributo de um indicador isolado (valor absoluto) não possui significado. O indicador deve possuir objetivo de permitir comparações para identificação de efeitos e verificação da efetividade de ações e estratégias desempenhadas. A

comparação entre valores não possui intuito competitivo ou mesmo de classificação, mas deve comunicar valores referenciais sobre as condições e situações temporais para tomada de decisões.

A ideia da concepção proativa dos indicadores de sustentabilidade, contrastando com a reativa, surge da necessidade de indicadores que apontem para a geração de atitudes de prevenção (e não somente de correção) frente aos problemas e aos desafios socioambientais identificados pelos indicadores de impactos ambientais. A concepção proativa dos indicadores sugere que estes devem identificar aspectos da sustentabilidade, antecipando futuras necessidades, mudanças e problemas socioambientais e, ao mesmo tempo, induzindo à execução de ações para melhoria das condições observadas.

A análise conduzida permitiu concluir que indicadores vêm sendo crescentemente empregados em inúmeras e diversas situações verificadas na gestão dos recursos hídricos e bacias hidrográficas, cujas múltiplas variáveis intervenientes têm igualmente despertado grande interesse quanto às possibilidades de utilização de indicadores pela facilidade que oferecem para avaliar, comparar e orientar decisões (MARANHÃO, 2007).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Os indicadores constituem-se como valiosos e úteis instrumentos para subsidiar o processo de tomada de decisão na gestão e no desenvolvimento de projetos, programas e políticas de desenvolvimento setoriais. O reconhecimento da complexidade, que alcançam os problemas de medição de indicadores, constitui-se em um importante desafio motivador para a idealização e o estabelecimento de um conjunto de indicadores, de forma a contribuir com informação significativa sobre as distintas dimensões da sustentabilidade.

Até recentemente, o uso de indicadores na gestão de recursos hídricos se concentrou prioritariamente nas preocupações de disponibilidade hídrica (relação demanda e oferta de água) e de poluição hídrica (qualidade da água), focando nos problemas relacionados à escassez, ao esgotamento dos recursos hídricos e à satisfação da oferta de políticas setoriais em uma bacia hidrográfica.

Atualmente, a gestão de bacias hidrográficas tem exigido uma abordagem integrada e sistêmica, utilizando-se de indicadores de sustentabilidade e de sistemas especialmente estruturados para enfrentar a complexidade dos processos de tomada de decisões, comunicação de riscos ambientais, resolução de conflitos e planejamento de bacias hidrográficas. O reconhecimento desta complexidade constitui-se em um importante desafio motivador para aplicação de indicadores de sustentabilidade e novos modelos de gestão, de forma a contribuir com informação significativa sobre as distintas dimensões da sustentabilidade.

A interpretação dos indicadores de sustentabilidade proporciona a ciência do complexo e significativo papel da gestão ambiental, apontando a necessidade de fomentar discussões, estudos contínuos e aprofundados sobre indicadores e novas iniciativas de seu emprego em situações e condições distintas, assim como adaptação de métodos para intervenções estratégicas na gestão de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

A aplicação dos indicadores de sustentabilidade e seus sistemas inovadores possibilitarão testá-los e verificá-los quanto à sua utilidade, permitindo desta forma aprimorá-los, especificando quais são aqueles mais importantes e apropriados para a gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

A aplicação destes sistemas e indicadores de sustentabilidade possui grande relevância política, ambiental e socioeconômica, pois propicia novos instrumentos de contribuição às reflexões sobre a gestão de recursos hídricos e de bacias hidrográficas no Brasil.

## REFERÊNCIAS

---

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P.E.P. Measuring the immeasurable: a survey of sustainable indices. **Ecological Economics**, Elsevier, v.63, p.1-8, 2007.

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, methods, applications: a report to Balaton Group**. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, Manitoba, Canada, IISD, 1999. 124p.

BRASIL. Lei Federal Nº 9984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Lei Federal nº9433, de 8 de janeiro 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Resolução nº357/CONAMA, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CDS). **Indicators of sustainable development: framework and methodologies**. New York: Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, 2001. 294p. (Background paper N° 3).

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Releitura dos indicadores para gestão de recursos hídricos**. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo: São Paulo, 2010. 157p.

CORRÊA, M.A. **Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos na UGRHI Tietê-Jacaré (SP)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2007.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p.44-52, out/dez 2002.

GALLOPÍN, G C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modeling & Assessment**, v.1, n.3, p.101-117, set 1996.

GALLOPÍN, G.C. Indicators and their use: information for decision making. In: MOLDAN, B.; BILHARZ, S.; MATRAVERS, R. **Sustainability indicators: a report on the project on indicators of sustainable development**. Chichester, GB: Wiley and sons, 1997. 415p. Cap. 1, p. 13-27.

GUIMARÃES, L.T. **Proposta de um sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2008.

HARDI, P.; ZDAN, T. **Assessing Sustainable Development: principles in practice**. Winnipeg (Canada): International Institute for Sustainable Development, 1997.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M. M. **Water footprint manual: state of the art 2009**. Netherlands: Water Footprint Network, 2009. 131p.

HOESTRA, A.Y. Virtual Water: An Introduction. **Virtual Water Proceedings**, IHE, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; IBGE, 2004. 395p. (Estudos e Pesquisas, Informações Geográficas N° 4).

ISAIAS, F.B. **A Sustentabilidade da água: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. 168p. Brasília: CDS, 2008.

MARANHÃO, N. **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. Tese (Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007.

MARZALL; K.; ALMEIDA, J. O estado da arte sobre indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE POTENCIALIDADES E LIMITES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1999, Santa Maria-RS. **Atas...** Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1999, p.1-10.

MEADOWS, D. **Indicators and information systems for sustainable development: a report to the Balaton Group**. The sustainability Institute, 1998.

NESS, B.; URBEL-PIRSALU, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L. Categorising tools for sustainable assessment. **Ecological Economics**, Elsevier, Amsterdam, v.60, p.498-508, jan. 2007.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). **OCDE Environmental indicators: toward sustainable development**. Rumo ao desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais. Tradução Ana Maria S.F. Teles. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, Salvador, 2002. 244p.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OCDE Environmental indicators: toward sustainable development = Rumo ao desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais**. Tradução de Ana Maria S.F. Teles. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002a. 244p.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Working together towards sustainable development: the OECD experience**. Paris, France: OECD Publications Service, 2002b. 85p.

PATTERSON, M. **Headline indicators for tracking progress to sustainability in New Zealand**. Wellington, New Zealand: Ministry for the Environment, 2002. 126p. (Technical Report N° 71).

PINTÉR, L.; HARDI, P; BARTELMUS, P. **Sustainable development indicators: proposals for a way forward**. Discussion Paper Prepared under a Consulting Agreement on behalf of the UN Division for Sustainable Development. New York: United Nations Division for Sustainable Development, 2005. 35p.

PRESCOTT-ALLEN, R. Barometer of stability. In: MOLDAN, B.; BILHARZ, S.; MATRAVERS, R. **Sustainability indicators: a report on the project on indicators of sustainable development**. Chichester, GB: Wiley and sons, 1997. p.133-137.

REED, J.S.; FRASER, E.D.G.; DOUGILL, A.J. An adaptative learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. **Ecological Economics**, Elsevier, v.59, p.406-418, 2006.

ROME, A. Ecotourism impact monitoring: a review of methodologies and recommendations for developing monitoring programs in Latin America. **Ecotourism Technical Report Series**, n. 1, 1999.

SEGNESTAM, L. **Environmental performance indicators: a second edition note**. Washington: World Bank Environment Department, 1999. 50p. (Environmental Economics Series, paper N° 71).

STANKEY, G.H.; COLE, D.N.; LUCAS, R.C.; PETERSEN, M.E.; FRISSELL, S.S. **The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning**. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, UT: General Technical Report INT-176, 1985. 37 p.

TWINING-WARD, L.; BUTLER, R. Implementing STD on a Small Island: development and use of sustainable tourism development indicators in Samoa. **Journal of Sustainable Tourism**, vol. 10, n. 5, p. 363-387, 2002.

UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies**. New York: CSD (Commission on Sustainable Development) Work Programme on Indicators of Sustainable Development, 2001. 310p.

VALENTIN, A. SPANGENBERG, J.H. A guide to community sustainability indicators. **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier Science, v. 20, p. 381-392, 2000.

VAN BELLEN, H.M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, Brasil, ANPPAS, v.7, n.1, p.67-87, 2004.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth**. Gabriola Island, BC: New Society, 1996. 160p.