

REVISANDO A ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DPSIR COMO BASE PARA UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA A SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Andressa Bezerra Soares*
José Carlos Lázaro da Silva Filho**
Monica Cavalcanti Sá de Abreu***
Francisco de Assis Soares****

RESUMO: Visando à melhoria do processo de tomada de decisão da gestão de comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas, este ensaio teórico busca revisar a estruturação do modelo DPSIR (Driving Forces, Pressures, State, Impact and Response) criado pela proposta pela European Environmental Agency (EEA) e adotado pela Water Framework Directive (WFD) da União Europeia (UE). Este modelo abrange o conceito de sustentabilidade amplo, baseado no tripé ambiente, economia e sociedade, um dos problemas centrais da discussão (de processo de decisões) do gerenciamento de bacias hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: DPSIR; Bacias Hidrográficas; Indicadores de Sustentabilidade.

* Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará – UFC; Mestre em Controladoria pela Universidade Federal do Ceará - UFC. E-mail: andressa@cagece.com.br

**Doutor em Planejamento Ambiental pela Technische Universität-Berlin (Alemanha); Mestre em Administração na área de Gestão de C&T pelo PPGA da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. E-mail: lazaro@ufc.br

*** Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Bolsista Produtividade; Docente Adjunto IV da Universidade Federal do Ceará – UFC. Coordenadora do Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade - LECoS/UFC. E-mail: mabreu@ufc.br

**** Mestre em Economia pela Universidade Federal do Ceará – UFC; Docente do Curso de Mestrado Profissional em Controladoria da Universidade Federal do Ceará – UFC; Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará – UFC. E-mail: soares@ufc.br

REVIEWING THE DPSIR STRUCTURING MODEL UNDERPINNING A SUPPORT SYSTEM FOR THE SUSTAINABILITY OF HYDROGRAPHIC BASINS

ABSTRACT. Current theoretical essay reviews the structures of the DPSIR model (Driving Forces, Pressures, State, Impact and Response), established by the European Environmental Agency (EEA) and adopted by the Water Framework Directive (WFD) of the European Union (EU), to improve the management process of hydrographic basins. The model comprises the concept of broad sustainability underpinned by environment, economy and society, precisely one of the central discussion (decision process) issues of hydrographic basins management.

KEYWORDS: DPSIR; Hydrographic Basins; Sustainability Indexes.

INTRODUÇÃO

Vários desafios para a gestão hídrica brasileira fogem da questão restrita da hidrologia e dos conhecimentos das ciências exatas. Desafios como o “gerenciamento urbano integrado das águas”, “os usos integrados dos sistemas hídricos e de conservação ambiental”, “o gerenciamento de bacias hidrográficas” e “a capacitação de recursos humanos” (BRASIL, 2002, p. 20-23) podem, e já são, tratados pelas ciências sociais aplicadas e pesquisadores dessas áreas. A gestão dos recursos hídricos utiliza a unidade territorial da bacia hidrográfica.

Na perspectiva sistêmica de Laura (2004) bacia hidrográfica pode ser concebida como um sistema complexo, aberto, cujos elementos biológicos, sociais e econômicos se encontram em estreita inter-relação, com fluxos,

influências e linhas de ação que atravessam suas fronteiras. Através dessa visão aborda-se então uma questão político-administrativa, visto que a criação de conflitos intrassetoriais e intersetoriais (mercado, estado e sociedade civil) devido a diferentes interesses e perspectivas sobre naturais e/ou ambientais relacionados com a água (LAURA, 2004).

Os Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas (CGBH) foram instituídos na Lei das Águas, a Lei nº 9.433, de 1997, como fórum para a gestão dos problemas hídricos de uma bacia hidrográfica. Seu caráter participativo, também instituído pela lei, expõe que diferentes representantes da sociedade, com diferentes conhecimentos e paradigmas venham a gerenciar as questões da bacia de seu comitê. No entanto, o caráter participativo e multissetorial dos comitês não eliminam a questão do gerenciamento de um bem público e o processo de tomada de decisão, onde há um grau de subjetividade inerente ao processo e à diversidade de paradigmas entre as coalizões que se estruturam no processo participativo proposto. Esse alto grau de subjetividade do gerenciamento pode ser reduzido com a busca de ferramentas de apoio à decisão que possam, através de metodologias validadas pela comunidade internacional, sintetizar informações e conceitos para a discussão em arenas multissetoriais, facilitando a busca de um processo decisório mais próximo de uma *real participação*, como proposto por Arnstein (1969).

Não por menos, a Agenda 21, em seu capítulo sobre Informações para a Tomada de Decisões (Capítulo 40), faz um chamado para a criação de indicadores de desenvolvimento sustentável e estabelece duas áreas-programas: a redução das diferenças em matéria de dados e a melhoria da disponibilidade de informação. Permanecendo nesta linha, para que isto seja possível, é necessário o desenvolvimento de modelo de referência no qual as informações possam ser organizadas (CUNHA, 2002).

Dentre os modelos de sustentabilidade preocupados em representar as relações de causa-efeito existentes entre as dimensões, destacam-se o PSR (Pressão, Estado, Resposta) adotado pela *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), o DSR (Força Motriz, Estado, Resposta) da *United Nations*

Commission on Sustainable Development UNCDS e, mais recentemente, o DPSIR (*Driving Force, Pressure, State, Impact and Response*, aqui não traduzido por FPEIR Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) em aplicação pela *European Environmental Agency* (EEA) (GIUPPONI, 2002). Este último, desde 2000, foi adotado pela *Water Framework Directive* (WFD) da União Europeia (UE), visando à proteção dos recursos hídricos e, com base neste modelo, foram desenvolvidos vários estudos na Europa para a definição de ferramentas de suporte à tomada de decisão, equilibrando os diversos usos e interesses existentes em torno da água.

2 A DECISÃO NA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

2.1 GESTÃO DE COMITÊS: PARTICIPAÇÃO E ASSIMETRIA DE CONHECIMENTO E PODER

Conforme autores como Santos (2001), Silva Filho (2005) e Silva Filho, Abreu e Kuchler (2009), pode-se notar que a institucionalização legal da participação na gestão de águas, através dos comitês de bacias, nem sempre atinge o que Arnstein (1969) define como *verdadeira participação*. Um dos problemas percebido pelos autores citados acima é a assimetria de poder causada pela falta de difusão de dados técnicos entre os membros dos comitês, essa por sua vez causada pela não compreensão por representantes não técnicos da sociedade dos dados em discussão (FEÁAS; GIUPPONI; ROSATO, 2006). Isto é fundamental na decisão final coletiva de um fórum como um comitê de bacias e pode ser otimizado através de um processo de decisão claro para todos os participantes do processo de tomada de decisão.

2.2 TOMADA DE DECISÃO

É crescente a adoção de planos participativos para a solução de problemas, principalmente os relacionados com a questão ambiental. A adoção destas políticas visa a envolver os agentes para que tenham consciência do problema e da dimensão de sua responsabilidade para o alcance da solução. Esse incremento

no número e tipos de agentes envolvidos na tomada de decisão faz emergir a necessidade de uso de técnicas de mediação e modelos, que possam conciliar as expectativas de todos os participantes. Nesses casos, seguindo a perspectivas de Rufino (2002), a tomada de decisões deve ser dinâmica, levando em consideração diferentes estratos da sociedade, cada qual com sua visão de ordem cultural, socioeconômica, institucional, política e ambiental.

O processo de tomada de decisão começa com a identificação dos problemas e a quantização do mesmo. Em um processo de tomada de decisões coletivo sobre sistemas complexos, os problemas podem e devem ser reduzidos a índices, com uma clareza dos indicadores que o compõem, facilitando a compreensão desses diagnósticos pelos diversos participantes do processo. Após o diagnóstico, segue a formulação de políticas e estratégias e a implementação de ações visando às metas políticas e técnicas. O ciclo de uma decisão gerencial fecha-se com a análise dos resultados, que pode ser melhor processada através de uma nova avaliação do índice e de seus indicadores.

Na avaliação de conceitos complexos como a sustentabilidade um dos principais problemas está na tendência de separar os fatores econômicos, sociais e ambientais nos seus processos de formulação de políticas públicas, fato este que tem implicações profundas sobre a eficiência e a sustentabilidade do desenvolvimento. Então, os planos devem incorporar formas de conciliar políticas econômicas, sociais e ambientais e, para tanto, deve-se desenvolver ferramentas que permitam monitorar a situação ambiental, o manejo dos recursos naturais, o impacto e as consequências do desenvolvimento sobre meio ambiente de maneira agregada (CUNHA, 2002).

Um elemento crucial para a tomada de decisões e que aumenta a assertividade das soluções adotadas é a utilização de informações. A produção de informação para a tomada de decisão implica no conhecimento de que e de como se deve medir e monitorar o desenvolvimento e contempla todas as áreas e níveis de decisão (CUNHA, 2002). Essas informações a serem utilizadas podem ser colocadas em diferentes níveis conforme os seus aspectos de agregação de trabalho analítico.

3 A PIRÂMIDE DE INFORMAÇÕES

É inquestionável a importância das informações para qualquer tomada de decisão, e estas podem ser repassadas em diferentes níveis, conforme a pirâmide de fontes de informações (Figura 1) desenvolvida pelo *World Resources Institute*, denominada “pirâmide das informações”. (HAMMOND et al. 1995).

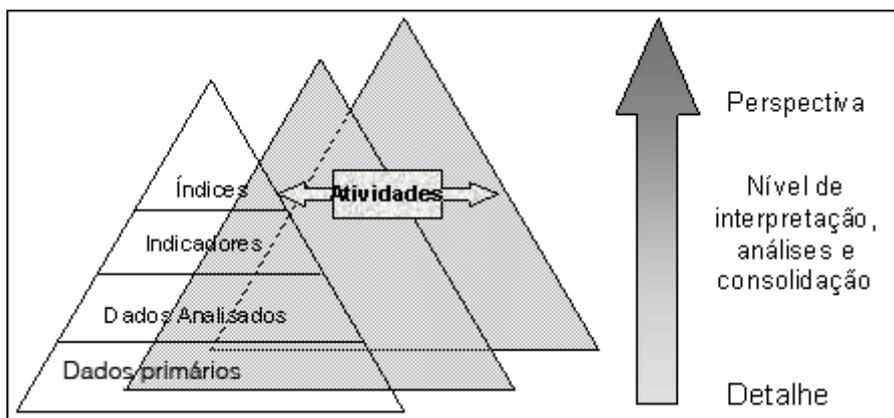


Figura 1 Pirâmide das Informações

Fonte: Soares (2007) adaptado de Hammond e colaboradores (1995, p.1)

Na base da pirâmide, temos os **dados primários** que se referem aos dados puros e retratam a situação de maneira detalhada. Com este nível de informação, é possível analisar os problemas de várias formas, dependendo do conhecimento dos decisores sobre a questão do problema e dos métodos matemáticos utilizados, limitando a decisão participativa. Imediatamente acima, têm-se os **dados analisados**, ou seja, os dados primários processados, visando a tornar a informação mais acessível para diversos decisores. Em seguida, há os **indicadores** empregados para quantificar informações, torná-las mais significantes e simplificar informações de fenômenos complexos, como os dados econômicos, sociais e ambientais de uma região. A seleção de um indicador a ser utilizado já pode ser um processo participativo, visto a maior facilidade de

compreensão a esse nível pelos participantes, já que esses devem ser pessoas interessadas no tema em qual se propõe a participar na decisão.

Por último, os **índices** são representações matemáticas mais condensadas dos indicadores obtidos agregando e ponderando certo número de indicadores. Temos como exemplo clássico o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Essa agregação de dimensões não é simples; o primeiro passo consiste em definir os indicadores de cada dimensão e construí-los consistente e validamente a partir de dados primários analisado. Dentro do processo participativo, a construção de um índice com as características locais do processo passa por outras duas questões além da simples definição dos indicadores: a definição da importância de cada dimensão e, por conseguinte, do coeficiente (peso) de cada indicador (ponderação) no índice.

3.1 INDICADORES

Assim o processo de decisão, acreditando-se na disponibilidade de dados primários a serem analisados nas três dimensões, deve iniciar em fóruns participativos com a definição de indicadores. Para a OECD, um indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponte e forneça informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa (BELLEN, 2002; 2005). Na mesma direção, a *European Environmental Agency* (EEA) define indicador com um valor representativo de um fenômeno observado em estudo; geralmente, quantifica informações, agregando diferentes e múltiplos dados (PREUX et al., 2004). Os indicadores são passíveis de padronização e assim comparados com as mesmas informações de outras áreas, regiões ou países.

O quadro 1 propõe alguns critérios básicos nas escolhas dos indicadores.

Quadro 1 Critérios para seleção de indicadores.

CRITÉRIOS BÁSICOS	CARACTERÍSTICAS
Pertinência política e utilidade para os usuários:	Dar uma imagem representativa das condições do meio ambiente. Ser simples, fácil de interpretar e permitir a análise das tendências. Refletir as modificações do meio ambiente e das atividades humanas correspondentes. Servir de referência às comparações internacionais. Ser de porte nacional ou representativo de problemas regionais de meio ambiente, visando o interesse nacional. Se reportar a um valor limite ou a um valor de referência ao qual o comparar, de sorte que os usuários possam avaliar sua significância.
Exatidão de análise:	Assentar-se sobre os fundamentos teóricos corretos, tanto em termos científicos quanto técnicos. Basear-se em conceitos internacionais e com consenso internacional quanto à sua validade. Poder se reportar aos modelos econômicos, dos sistemas de previsão e de informação.
Mensurabilidade. Os dados necessários para construir um indicador devem:	Estar imediatamente disponíveis ou ser acessível na razão custo/benefício razoável. Ser acompanhado de uma documentação adequada e de qualidade reconhecida. Ser atualizado em intervalos regulares segundo procedimentos confiáveis.

Fonte: Soares (2007)

3.2 ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE: MODELOS PARA O INTER-RELACIONANDO INDICADORES

O uso de modelos conceituais baseados na casualidade tem benefícios importantes. Com uma organização estruturada dos indicadores, transmitem-se informações claras e concisas aos responsáveis pelas decisões; ajuda-se a esclarecer como as informações fornecidas pelos indicadores se relacionam com os processos e como as ações específicas da gestão, política ou não, podem resolver problemas ambientais ocasionados pelo homem; e também interligam diferentes áreas, mas que se relacionam, por exemplo, transporte/meio ambiente e agricultura/meio ambiente (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

Os modelos baseados em estudos estatísticos são os mais utilizados - e no sentido de serem medidas de desenvolvimento sustentável a OECD, pelo modelo PSR, influenciou fortemente trabalhos posteriores - sendo tidos como modelos estáticos porque seu foco nas pressões, no estado e na resposta, representa determinado instante.

No entanto, as avaliações do caso da água de uma dada região não se podem restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Devem abranger, também, os inter-relacionamentos dos recursos hídricos com as demais peculiaridades geoambientais e socioculturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade e do desenvolvimento socioeconômico, bem como a conservação dos recursos naturais (REBOUÇAS, 1997 apud SILVA, 2004).

Enfim, a interação dos indicadores com os modelos constitui ponto crucial para a análise da sustentabilidade. A qualidade dos indicadores pressupõe fontes confiáveis e concepções apropriadas para interpretação daquilo que se quer medir. Por outro lado, a constituição correta das interações dos indicadores por meio de equações explicativas forma a percepção sobre o problema que se quer entender e analisar para tomada de decisão.

4 MODELOS DE ANALISE

É importante conhecer a evolução de formação de modelos para compreender

quais os fatos e ações o levaram para o estágio atual. Diante disto, neste tópico, procura-se apresentar os modelos PSR e DSR, precursores do modelo atual DPSIR (aqui detalharemos apenas os indicadores do DPSIR).

4.1 MODELOS PSR E DSR

O modelo *PSR* (*Pressure, State, Response*) ou *PER* (Pressão, Estado, Resposta) foi desenvolvido pela OECD com base no modelo original de pressão-resposta proposto por Friends e Raport, em 1979. É o mais bem aceito em todo o mundo, em razão da sua simplicidade e facilidade de uso e pela possibilidade de ser usado em diferentes níveis e atividades humanas, e é considerado um marco de referência para estruturação de indicadores (CUNHA, 2002). Baseia-se no fato de que as atividades humanas produzem pressões; estas podem afetar o estado do ambiente, levando a sociedade a apresentar respostas a esses problemas (TURNES, 2004).

Conforme Rufino (2002), o PSR fundamenta-se em uma rede de causalidade em que se acredita que as atividades humanas originam pressões sobre o meio ambiente (indicadores de pressão), que, por sua vez, interferem no meio, alterando a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (indicadores de estado) e, a razão deste fato, produz-se uma resposta que tende a minimizar ou anular esta pressão (indicadores de resposta), como ilustrado na figura 2.

O PSR procura desenvolver indicadores que destacam as ligações entre as atividades humanas, as subsequentes mudanças no estado do ambiente que advêm destas pressões e as respostas da sociedade em relação a estas mudanças. É elaborado após a definição de três tipos de indicadores - pressão, estado e respostas, - que devem refletir o relacionamento entre os efeitos ambientais, suas causas e as medidas necessárias (OLIVEIRA; LIMA; VIEIRA, 2005).

Com o objetivo de elaborar indicadores ambientais para a agricultura, a OECD desenvolveu o modelo **DSR** (*Driving Force, State, Response*, ou seja, Forças Motrizes, Estado, Resposta – FER).

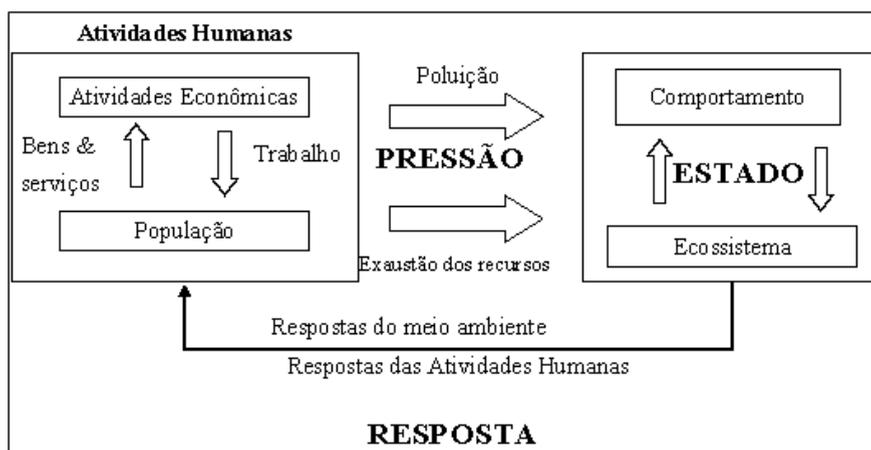


Figura 2 Esquema do Modelo PSR.

Fonte: Soares (2007) Adaptado de Walmsley (2002) e Hammond e colaboradores (1995, p. 11)

Conforme se nota na figura 3, no DSR a pressão foi substituída pelas forças motrizes. Este conceito reconhece que a agricultura pode causar bons e maus impactos. O primeiro ocorre, por exemplo, utilizando tecnologia de irrigação mais adequada, visando à otimização do uso da água; já o segundo, quando faz uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos. As forças motrizes também comportam os fatores do comportamento dos agricultores, das políticas públicas, dos fatores econômicos, sociais e culturais nas atividades da agricultura (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

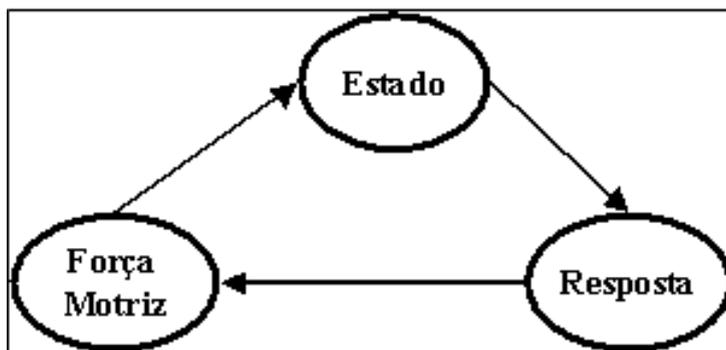


Figura 3 Esquema do Modelo DSR.

Fonte: Soares (2007) Adaptado de Niemeijer e Groot (2006).

4.2 MODELO DPSIR

Com vistas a relatórios ambientais e estruturas para a descrição de problemas ambientais, mediante a formalização das relações entre vários setores das atividades humanas e o meio ambiente como relações de causalidade, o EEA desenvolveu o modelo DPSIR (*Driving Forces, Pressure, State, Impact, Response*), considerado uma versão mais sofisticada do modelo de PSR da OECD (GIUPPONI, 2002).

Como modelo de avaliação integrada do meio ambiente, define valores para as atividades humanas responsáveis por gerar pressões, isto é, as forças motrizes; e considera os elementos do impacto no ambiente, que exigem ações de resposta nos diferentes setores (ações políticas e macroeconômicas). Busca, também, as interações do meio ambiente com o desenvolvimento social e econômico e é bastante útil para estruturar as informações necessárias. O estado do meio ambiente não pode ser compreendido sem que as pressões a que é submetido sejam entendidas (OLIVEIRA; LIMA; VIEIRA, 2005).

De acordo com a estrutura do DPSIR, vários aspectos dos desenvolvimentos sociais e econômicos são as **forças motrizes** que exercem **pressão** no meio ambiente (positiva ou negativa). Essas conduzem às mudanças no seu **estado**, que, por sua vez, conduzem aos **impactos** na saúde humana, nos ecossistemas e nos

recursos naturais, resultando em **resposta** da sociedade direcionada para forças motrizes, pressões e/ou estado, ou até diretamente no impacto (NIEMEIJER; GROOT, 2006).

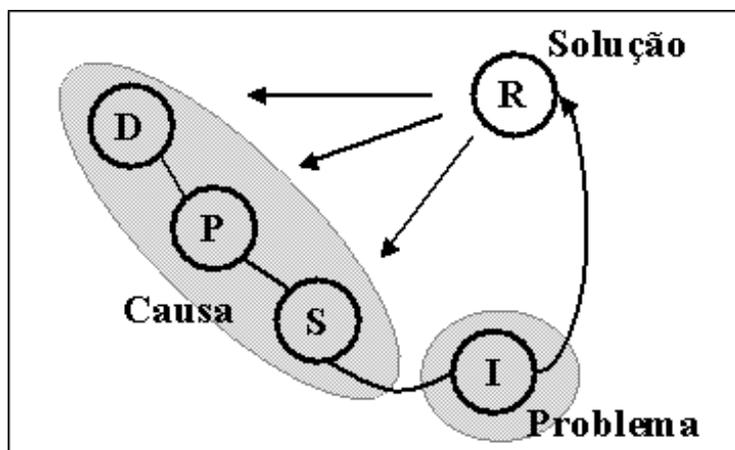


Figura 4 Esquema do Modelo DPSIR

Fonte: Soares (2007) Adaptado de Giupponi (2002)

Como se pode observar na figura 4, as forças motrizes, as pressões e o estado são as causas do problema em foco; o impacto é o problema e a resposta é a solução do problema. Então, para formular e solucionar o problema, os indicadores para a estruturação do modelo são:

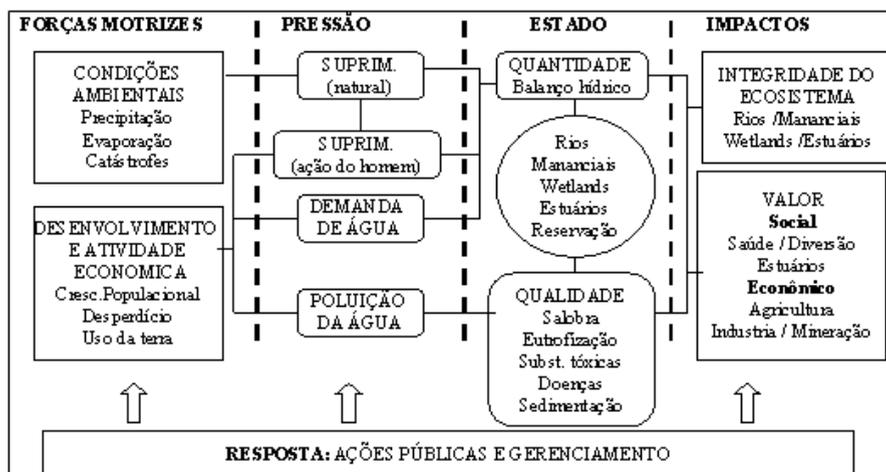
- Indicadores de **força motriz (D)**- refletem as influências do homem e das atividades humanas que, quando combinadas com as condições ambientais, provocam mudanças no meio ambiente;
- De **pressão (P)**- descrevem as variáveis que diretamente causam (ou podem causar) problemas ambientais;
- De **estado (S)**- mostram a qualidade, ou seja, a atual condição do ambiente;
- De **impacto (I)**- descrevem os efeitos das mudanças de estado; e
- De **resposta (R)**- descrevem o esforço da sociedade para resolver os problemas, sejam eles na forma de políticas, leis, tecnologias limpas, dentre outros.

5 DPSIR E SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A definição de indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos representa nova direção do desenvolvimento, pois se acredita que facilitará a elaboração de um sistema de informações, possibilitando a integração dos diversos aspectos das atividades econômicas com os aspectos ecológicos e permitindo a produção de estatísticas facilitadoras da interpretação da dinâmica do monitoramento e avaliação da sustentabilidade (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2000).

Após estudos sobre modelos para a análise da sustentabilidade de recursos naturais, foi escolhido o modelo DPSIR, pois se trata de um padrão conceitual aceito internacionalmente (BIDONE; LACERDA, 2004; PIRRONE et al., 2005; BORJA et al., 2006) principalmente quando se tratando da análise de sustentabilidade em bacias hidrográficas, que permite o acompanhamento das relações sociedade-meio ambiente e comparações nos planos nacional e internacional, pois os países estão, progressivamente, realizando acordos para o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente.

Corroborando esta posição, Giupponi, Mysiak e Vargas (2002) coloca que o DPSIR provou ser bastante eficiente na formalização de todo o processo de tomada de decisão no contexto do gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, mas análises teóricas e metodológicas mostraram a necessidade de desenvolver uma ferramenta integrada e dinâmica para apoiar a decisão. Outro autor, Walmsley (2002), desenvolveu conceitualmente o modelo DPSIR para análise de bacias hidrográficas conforme a figura 5.



Fonte: Soares (2007) Adaptado de Walmsley (2002).

A *Water Framework Directive* (WFD), uma iniciativa da Comunidade Europeia para a sustentabilidade dos recursos hídricos, definiu como modelo básico de estudo o DPSIR com os indicadores conceituados conforme o quadro 2:

Quadro 2 Indicadores do modelo DPSIR proposto pela WFD.

INDICADORES	DEFINIÇÃO
Força motriz	As atividades antropogênicas devem causar efeitos ambientais (indústria, agricultura)
Pressão	O efeito direto das forças motrizes (efeitos que causem mudanças no escoamento do corpo hídrico ou mudança na química da água)
Estado	As condições dos corpos hídricos resultante dos fatores naturais e antropogênicos (características físicas, químicas e biológicas)
Impacto	A reação do meio ambiente as pressões (mortalidade de peixes, mudanças no ecossistema)
Resposta	As medidas tomadas para melhorar o estado dos corpos hídricos (restrição do uso, limitação do número de pontos poluentes, melhoria nas práticas da agricultura)

Fonte: Water Framework Directive – WFD (2002).

A além desse quadro de definição a WFD propõe ainda quatro etapas para a análise das bacias hidrográficas através do modelo DPSIR, sendo elas (BORJA et al., 2006):

- a) Descrever as forças motrizes, especialmente, uso do solo, desenvolvimento urbano, indústria, agricultura e outras atividades que causem pressões;
- b) Identificar as pressões com os possíveis impactos nos corpos hídricos e nos usos da água, considerando que o resultado das pressões pode não atender as metas da WFD;
- c) Avaliar os impactos resultantes das pressões; e

d) Avaliar o risco de não atender os objetivos da WFD.

A Fundação Getúlio Vargas – FGV (2000), em estudo de consultoria realizado para o Ministério do Meio Ambiente, no ano de 2000, intitulado *Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil* também fez a proposição de grupos de indicadores de forças motrizes, pressão, estado, impacto e resposta. Partindo das forças motrizes definidas como saneamento básico, agricultura, energia, indústria, navegação e pesca; a consultoria também delineou indicadores de pressão, estado, impacto e resposta, referentes a cada força motriz citada.

6 MODELAGEM TEÓRICA DO MODELO DPSIR ANÁLISE MULTICRITÉRIO MATRICIAL

Então, tendo-se a ciência a respeito desses conflitos, o planejamento dos recursos hídricos passa por um período de reformulação de seus métodos de avaliação de opções e de desenvolvimento de procedimentos e técnicas correspondentes. Essa mudança parte da tradicional análise custo-benefício para a análise multicriterial. A principal desvantagem da primeira, em relação à segunda, é a impossibilidade de incluir outros objetivos, além da maximização dos benefícios econômicos.

Os métodos multicritérios provêm da pesquisa operacional tradicional e surgiram da constatação de algumas limitações apresentadas por este tipo de investigação (MATZNAUER, 2003). Além de ser utilizado para análise individual de políticas públicas, uma das grandes vantagens do modelo de multiatributos é sua capacidade de ser aplicado em decisões conjuntas e sua aplicabilidade em questões reais de análise e decisão de políticas públicas (CARVALHO, 2005).

A decisão inicia-se com a estruturação do problema, ao mesmo tempo em que as informações disponíveis são coletadas e o problema é explorado. As opções possíveis, respostas nos termos do modelo DPSIR, são definidas e os critérios que visam à avaliação de seu desempenho são identificados. Em sequência, as performances das opções são modeladas, de acordo com o método

de multicritérios. Como resultado, obtém-se a **matriz de análise**, a qual contém o desempenho das opções apresentadas com diferentes escalas dos critérios. Antes de qualquer associação com critérios diferentes, o desempenho das opções deve ser comparável. Durante os procedimentos, com a aplicação de uma função de valor, os critérios são transformados em valores de uma escala uniforme. A função de valor traduz o desempenho de uma opção em um valor, que representa o grau em que o objetivo da decisão é combinado.

Como o foco da **análise multicritério** (MCA) de decisão é reduzir o desempenho dos vários critérios das opções em um único valor para facilitar o ranqueamento, a grande quantidade de regras de decisão difere na maneira em que os critérios de cada escolha são agregados em único valor. Não há método universal para qualquer tipo de problema de decisão; os responsáveis pelas decisões devem escolher aquele que melhor corresponde a sua finalidade.

Finalmente, uma **análise da sensibilidade** verifica a validação da escolha final, com pequenas alterações nas preferências expressas pelo responsável das decisões. Em uma situação em que haja diversos atores envolvidos no processo de decisão, as escolhas individuais devem ser comparadas e uma opção, que represente a decisão do grupo, deve ser selecionada.

Assim, podemos ilustrar a utilização do modelo DPSIR através de uma sequência, de etapas de aplicação: conceitual, de formulação de soluções e de escolha (Figura 6).

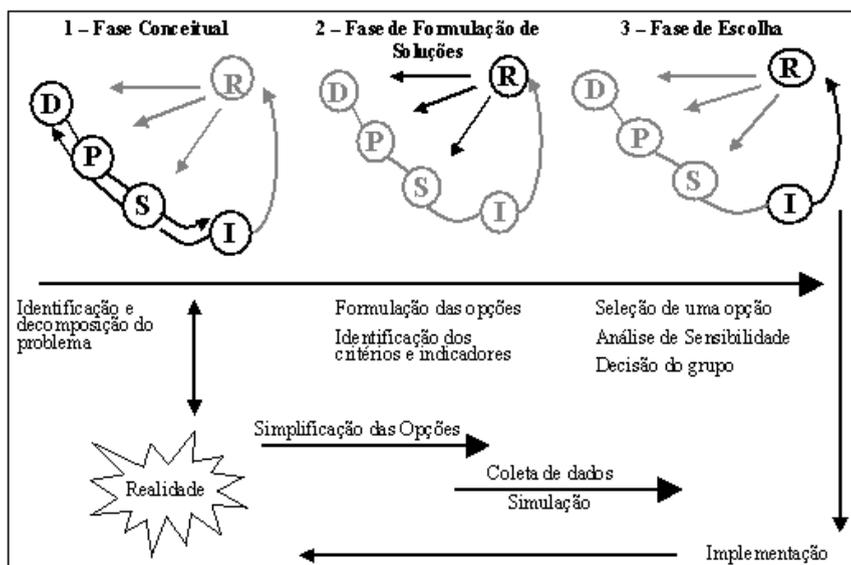


Figura 6 Esquema das Fases de Modelagem

Fonte: Soares (2007)

Descrevendo-as temos que:

- 1) **Etapa conceitual:** identificação da causas e exploração do problema. O modelo DPSIR permite que usuários conceituem e estruturem as decisões de acordo com: as relações de causa-efeito, a descrição das variáveis de sustentabilidade, indicadores, a validade conceitual internacional e a coerência com a realidade local. No mundo real, após detectar um impacto investiga-se as possíveis causas do problema para identificar as respostas possíveis, isto é, prosseguem atrás dos impactos até a identificação das forças motrizes mais prováveis. Este processo conduz os decisores na formulação da cadeia DPS, que fornece uma descrição conceitual das causas, das relações e dos problemas em que as decisões devem ser baseadas. Essa fase representa o início do processo decisório, seguido geralmente pela identificação do modelo apropriado e pela análise dos dados no contexto da decisão. A informação é organizada então no formato de indicadores, tabulada e alocadas aos nós da

cadeia DPS.

- 2) **Etapa de formulação de soluções:** definir opções e gerar simulações. Na segunda fase, as opções possíveis, ou seja, as respostas do modelo DPSIR, são definidas e os critérios úteis para a avaliação de seu desempenho são identificados. De acordo com a base dos indicadores disponíveis ou possíveis de obtenção de dados primários. Deve-se estruturar, de maneira coerente, como as forças motrizes, pressões e estado estão distribuídos (espacial e temporalmente) como variáveis das bacias hidrográficas. Estas variáveis, relevantes para o processo decisório, advindas dos resultados de modelos hidrológicos ou de outras fontes, são organizadas na **matriz de análise (AM)**, contendo os valores dos indicadores das opções para cada critério de decisão. Neste estágio os valores dos indicadores são medidos em unidades e escalas diferentes. Na fase seguinte, os valores dos indicadores são feitos comparáveis pela normalização e/ou pela aplicação de funções do valor e usados para preencher a **matriz de avaliação (EM)**.
- 3) **Fase de escolha (análise da decisão multicritério):** Empregando técnicas de análise multicritério (MCA), todas as opções são julgadas ao encontro de suas contribuições para solução dos impactos observados expressados na **matriz de avaliação (EM)**. O uso da MCA visa a reduzir a multidimensionalidade dos problemas relacionados com a tomada de decisão em uma única medida, permitindo um ranqueamento eficaz das respostas.

Não há método universal apropriado para nenhum tipo do problema da decisão; assim, os trabalhos em desenvolvimento na EU seguem três modelos de decisão para a criação de matriz de avaliação: a) Ponderização Aditiva Simples ou SAW (*Simple Additive Weighting*); b) Média Ponderada Ordenada ou OWA (*Order Weighting Average*), e c) Técnica para Ordenar Preferências por Similaridade com a Solução Ideal, ou TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS*). Cabe aos pesquisadores que seguirem este caminho testar e validar o melhor método, aplicando esses métodos conforme a literatura (HWANG; YOON, 1981).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do artigo foi trazer uma revisão da estruturação teórica do modelo conceitual atualmente em uso na Europa para a avaliação da sustentabilidade de bacias hidrográficas. Apresentado a sua consistência teórica até a proposição de modelagem (ainda conceitual) espera-se contribuir com a difusão deste modelo e expor a discussão para analisar a viabilidade de aplicação do mesmo, seja para bacias hidrográficas ou outros sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS

ARNSTEIN, S. R.. A Ladder of Citizen Participation. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 35, n. 4, p. 216-224, 1969.

BELLEN, H. M. V.. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Um Levantamento dos Principais Sistemas de Avaliação. In: ENCONTRO DA ANPAD, 26., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: EnAnpad, 2002.

BELLEN, H. M. V.. **Indicadores de Sustentabilidade**. Uma Análise Comparativa Rio de Janeiro, RJ: Ed. FGV, 2005.

BIDONE, E. D.; LACERDA, L. D.. The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 4, n. 1, p. 5-16, mar. 2004.

BORJA, Á. et al.. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. **Estuarine - Coastal and Shelf Science**, v. 66, n. 1-2, p. 84-96, 2006.

CARVALHO, M. A.. Uma Introdução à Análise de Políticas Públicas: Análise Custo-Benefício, Árvores de Decisão e Modelos de Multiatributos. In: ENCONTRO DA ANPAD, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: EnAnpad,

2005.

CUNHA, F. L. S. J.. O uso de indicadores de sustentabilidade na avaliação dos impactos das atividades econômicas e na tomada de decisões. In: ENCONTRO DE ECONOMIA PARANAENSE, 1., 2002, Maringá. Disponível em:<<http://www.uel.br/cesa/ecopar/1ecopar/art1eco013.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2006.

FEÁS, J.; GIUPPONI, C.; ROSATO, P. **Water Management, Public Participation and Decision Support Systems: the MULINO Approach.** Disponível em:<<http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/dss2/jacowate.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2006.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos no Brasil.** Projeto Indicador de Sustentabilidade para a Gestão de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, RJ: FGV/ CIDS/EBAP, 2000. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/estudos/doc/indicad.pdf>>. Acesso: 18 jun. 2006.

GIUPPONI, C.; MYSIAK, J.; FASSIO, A.. **mDSS user's guide.** Venice: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2003.

GIUPPONI, C.. From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process. In: MULINO CONFERENCE ON EUROPEAN POLICY AND TOOLS FOR SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT, 2002, Venice. **Anais Eletrônico...** Disponível em:<<http://siti.feem.it/mulino/dissemin/intcom/giuppon.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2006.

HAMMOND, A. et al.. **Environmental indicators -- A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development.** Washington, D.C.: World Resources Institute, 1995. Disponível em:<http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf>. Acesso em: 21 set. 2007.

HWANG, C. L.; YOON, K. S.. **Multiple attribute decision making: methods and applications.** New York: Springer, 1981.

LAURA, A. A. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos – MISGERH; o caso da bacia dos Sinos.** 2004. 519fls. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2004.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnológica. **Diretrizes Estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.** Brasília, DF: MCT/CGEE, 2002.

MATZENAUER, H. B. **Uma metodologia multicritério construtivista de avaliação de alternativas para o planejamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas.** 2003. 669fls. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2003.

NIEMEIJER, D.; GROOT, R. S. Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. **Environment, Development and Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 89-106, 2006.

OLIVEIRA, R. E. S.; LIMA, M. M. C. L.; VIEIRA, J. M. P. An indicator system for surface water quality in river basins. In: INTER-CELTIC COLLOQUIUM ON HYDROLOGY AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES, 4., 2005, Guimarães. **Proceedings of...** Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4638>>. Acesso em: 6 maio 2006.

PIRRONE, N. et al. The Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) approach for integrated catchment-coastal zone management: preliminary application to the Po catchment-Adriatic Sea coastal zone system. **Reg Environ Change**, v. 5, p. 111-137, 2005.

PREUX, D. et al. **Progress with the development of Eurowaternet-Emissions.** [S. l.]: European Topic Centre on Water, May 2004. [Internal report final draft].

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do Município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais.** 2002. 123fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2002.

SANTOS, M. E. P. As Águas como direito e como commodity - uma contradição em termos? In: ENCONTRO DA ANPAD, 25., 2001. Campinas. **Anais...** Campinas, SP: EnAnpad, 2001.

SILVA, U. P. **Análise da importância da gestão participativa dos recursos hídricos no Ceará:** um estudo de caso. 2004. 246fl. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE: UFC, 2004.

SILVA FILHO, J. C. L. **Eine Metrópole und ihre Gewässer.** Berlin: Logos. 2005.

SILVA FILHO, J. C. L.; ABREU, M. C. S.; KÜCHLER, J.. Participação, Integração e Paradigmas: Gestão Ambiental através dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. **REAd**, v. 15, n. 2, ed. 63, p. 1-27, maio/ago. 2009.

SOARES, A. B. **Análise da Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará.** Fortaleza, 2007. 121fl. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração, Atuaria e Contabilidade - – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE: UFC, 2007.

TURNES, V. A. **Sistema DELOS: indicadores para processos de desenvolvimento local sustentável.** 2004. 237fl. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2004.

WALMSLEY, J. J.. Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems. **Environmental Management**, v. 29, n. 2, p. 195–206. 2002.

WATER FRAMEWORK DIRECTIVE. Guidance for the analysis of Pressures and Impacts in accordance with the Water Framework Directive.

Pressures and Impacts Analysis Final Version 5.3: 04 December 2002 Disponível em:<http://www.bipro.de/_prtr/documents/impres.pdf>. Acesso em: 20 maio 2006.

Recebido em: 09 Fevereiro 2011

Aceito em: 16 Maio 2011