

ASPECTOS CONCEITUAIS, LIMITES E DESAFIOS DA APLICAÇÃO DO MODELO FORÇA MOTRIZ, PRESSÃO, ESTADO, IMPACTO, REPOSTA – FMPEIR EM PESQUISAS AMBIENTAIS

Francisco Otávio Landim Neto

Universidade Federal do Ceará

otaviogeo@oi.com.br

Antônio Jeovah de Andrade Meireles

Universidade Federal do Ceará

meireles@ufc.br

Edson Vicente da Silva

Universidade Federal do Ceará

cacauceara@gmail.com

1 - Introdução

O desenvolvimento de pesquisas ambientais apresenta uma complexidade elevada, tendo em vista que a realidade é dinâmica sendo constantemente modificada por um conjunto de ações antropogênicas. Nesse sentido, faz-se necessária a efetivação de análises multi e interdisciplinares que levem em consideração diversas dimensões presentes em nossa sociedade: socioeconômica, demográfica, e a capacidade de suporte dos recursos ambientais.

Objetivando-se chegar a compreensão e quantificação dos impactos ambientais foram desenvolvidos indicadores adequados que comportem caracterizações rápidas, sensíveis, específicas, confiáveis e economicamente viáveis voltados ao planejamento e manejo, requerendo a integração das ciências naturais e sociais (SOARES, 2007).

O conjunto de reflexões externadas nesta nota de pesquisa estão relacionadas a análise dos aspectos conceituais e a apresentação de discussões voltadas aos limites e desafios concernentes a aplicação do modelo de indicadores: Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta – FMPEIR em pesquisas ambientais.

A compilação das reflexões presentes neste texto advém de uma pesquisa exploratória com sistematização realizada durante a tese de doutorado intitulada “Aplicação de

indicadores ambientais do modelo FMPEIR: subsídios para o planejamento e gestão da bacia hidrográfica do rio São Gonçalo – CE” vinculada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

São efetivadas reflexões teóricas e metodológicas através de estudos da temática em questão. Verifica-se que o modelo de pesquisa supracitado é utilizado em âmbito nacional e internacional por agentes estatais e em investigações acadêmicas. Diante deste contexto, alguns questionamentos se fazem necessários, a saber, i) quais são os aspectos conceituais do Modelo FMPEIR? ii) quais são os limites e desafios da aplicação do modelo supracitado em pesquisas ambientais?

2 - Aspectos conceituais do Modelo FMPEIR

Nos últimos 30 anos os países membros que constituem a Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OECD) vem trabalhando em políticas ambientais voltadas para a elaboração e utilização da informação ambiental reunida em indicadores ambientais e articulada as dimensões econômicas e sociais (POLANCO, 2006).

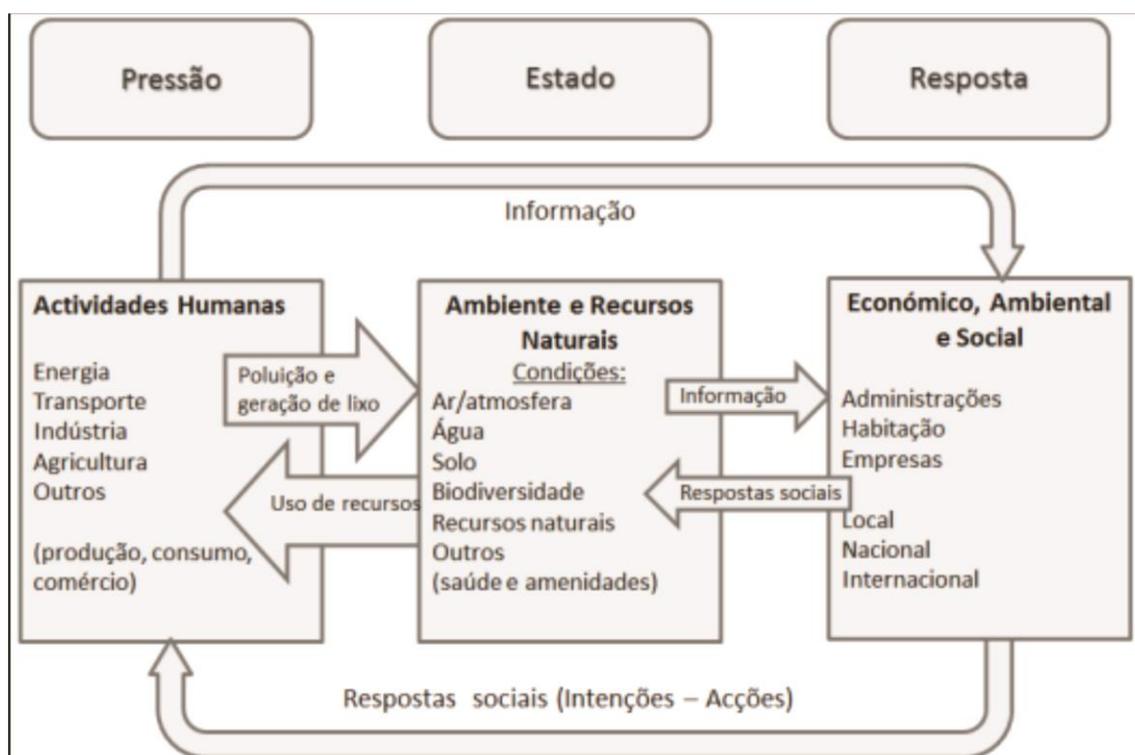
Em estudos ambientais, pode ser mais utilizado o modelo estrutural conhecido como FMPEIR, desenvolvido pela Agência Europeia do Ambiente, na década de 1990, sendo utilizado para mensurar os impactos ambientais provenientes das ações humanas, como também estabelecer diagnósticos, prognósticos ambientais e instrumentos que subsidiam o planejamento ambiental (LANDIM NETO, et al., 2013).

O modelo *FMPEIR* teve como origem uma estrutura mais simplificada, designada pela abreviatura PER (pressão – estado – resposta). Conforme Casado (2007 p. 28), o modelo PER estabelecia “as relações entre as pressões que a sociedade exerce sobre o ambiente, o estado resultante ou a condição do ambiente e a resposta que a sociedade deve dar para aliviar ou prevenir os impactos negativos resultantes destas pressões”. Nesse contexto Oliveira et al. (2014, p. 120 e 121) informam que,

O modelo Pressão-Estado-Resposta (PER) foi inicialmente desenvolvido pela OECD para estruturar políticas ambientais. Para isso considera: atividades humanas exercem pressão no ambiente e afetam a qualidade e quantidade de recursos naturais (estado); A sociedade reage a essas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais e através de mudanças de conscientização e comportamento (resposta social).

Este modelo apresenta informações inerentes as atividades humanas que exercem pressões sobre o ambiente, tais como emissões de poluentes ou mudanças no uso do solo, que podem induzir alterações, no estado ambiental (LANDIM NETO, et al, 2013). Assim, a sociedade devia responder às mudanças com o estabelecimento de um conjunto de políticas ambientais e econômicas, visando a instituição e execução de programas destinados a prevenção, redução ou moderação das pressões e/ou estragos ambientais (LANDIM NETO, et al, 2013). A figura 1 explicita a estrutura causal do modelo PER.

Figura 1 - Estrutura do Modelo PER.



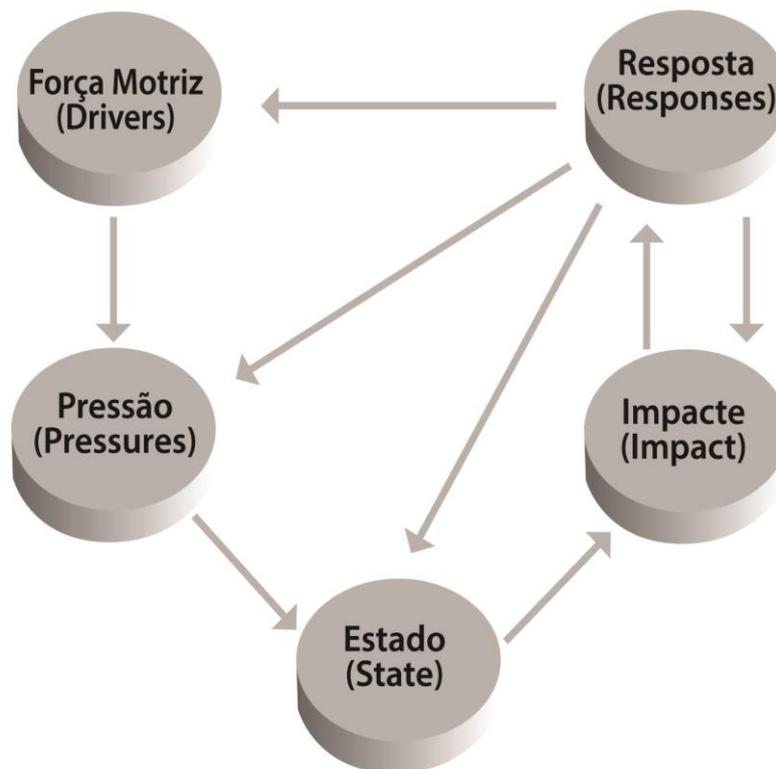
Fonte: (OCDE; 2003, p.21)

O modelo citado utiliza indicadores gerais que não eram capazes de identificar a natureza das interações que resultam da ação das sociedades sobre o meio ambiente, como também não oferecia informações a respeito das estruturas e funções dos ecossistemas (OLIVEIRA, 2007). O modelo PER não possibilitava o delineamento de ações de prevenção, à medida que não beneficiava a análise dos impactos ambientais.

Então, conforme Jidelberto (2001) foi importante mudar o conceito de pressão para força motriz, considerando que a palavra pressão contém significado negativo, enquanto

a força motriz pode produzir mudanças tanto negativas como positivas. A Figura 2 aponta a inter-relação das categorias de indicadores usados no modelo FMPEIR.

Figura 2 - Inter-relações das categorias de indicadores usados no modelo FMPEIR



Fonte: Adaptado Giupponi (2002).

Conforme Gari; Newton; Icely (2015) o modelo FMPEIR versa sobre a análise das relações de causa-efeito entre as cinco categorias e abrange também a avaliação dos problemas sociais e ecológicos de sistemas ambientais sujeitos às influências antropogênicas.

Os elementos presentes no modelo FMPEIR estão relacionados em uma cadeia de conexões, à medida que as forças motrizes exercem pressões sobre o estado de um ambiente, causando impactos. Então, a sociedade toma consciência do problema e responde com a adoção de políticas em diversas instâncias, o que pode afetar qualquer parte da cadeia entre as forças motrizes e os impactos. Cabanillas (2007) aponta os indicadores como um componente essencial deste modelo, sendo selecionados para fornecer dados acerca do estado do ambiente analisado e dos impactos causados.

Com o intuito de compreender o modelo em foco, é necessário reportar-se a sua natureza, que possui como marco de referência o desenvolvimento de indicadores

ambientais correspondentes a descritores quantitativos das pressões sobre o estado do ambiente e das alterações de sua qualidade, constituindo-se a base de critérios de tratamento e transmissão de informação ambiental (CASADO, 2007).

O modelo FMPEIR procura conectar as forças motrizes às pressões que estão ocorrendo no meio ambiente e que estão alterando o estado. Essas alterações podem, por sua vez, causar impactos que correspondem a uma interferência sobre determinados ambientes, intervenção essa que pode ser positiva ou negativa, ocasionada pela própria dinâmica natural ou pelas atividades socioeconômicas. Definir se essa interferência é negativa ou positiva, pauta-se no resultado que essa alteração acarreta a um dado sistema ambiental (SANTOS, 2004). Os impactos negativos necessitam de resposta da sociedade, de maneira a modificar ou minimizar os efeitos das ações humanas.

A estrutura do modelo citado apresenta as informações ambientais de forma a responder as seguintes questões básicas; i) quais são os mecanismos motores de transformação do espaço? ii) como eles afetam a dinâmica socioambiental? iii) por que isso está acontecendo? iv) o que se está fazendo e o que se pode fazer a respeito? e, v) o que poderá acontecer se não agirmos ?

Para Soares, et al, (2011), o modelo em foco foi desenvolvido com vistas a subsidiar a elaboração de relatórios ambientais, pois possui estruturas para a descrição dos problemas ambientais, mediante a formalização das relações entre vários setores das atividades humanas e o meio ambiente, como relações de causalidade. Ressalta-se que esse modelo está estruturado de uma forma integrada que interage por meio de ligações causais.

3 - Limites e desafios de aplicação do modelo FMPEIR em estudos ambientais

Conforme análise efetivada por Gari; Newton; Icely (2015) é possível verificar discrepâncias na aplicação das informações em categorias do modelo FMPEIR. A modificação com a terminologia do modelo é um dos fatores que tem contribuído com a aplicação equivocada, sendo que as mesmas variáveis são muitas vezes colocados sob diferentes categorias apesar dos autores afirmarem usar a mesma. O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de discrepâncias na definição dos indicadores do modelo supracitado.

Quadro1 - Discrepâncias na definição dos indicadores do modelo FMPEIR.

Referência	Processos
------------	-----------

	Agricultura	Urbanização	Espécies invasoras	Eutrofização	Mudança de uso da terra	Extração de água
Impress, (2003)			Pressão			
Newton et al., (2003)				Estado		
Bidone; Lacerda, (2004)		Força Motriz				
Mea, (2005)			Força Motriz			
Borja et al., (2006)	Força Motriz					
Lin et al., (2007)		Pressão	Pressão			
Spangenberg, (2007)						Pressão
Haase and Nuissi, (2007)				Pressão	Força Motriz	
Zaldívar et al., (2008)	Força Motriz				Pressão	
Omann et al., (2009)					Força Motriz	Pressão
Pinto et al., (2013)			Força Motriz			Força Motriz
Newton et al., (2014)	Força Motriz	Força Motriz	Pressão	Estado		

Fonte: Adaptado Gari; Newton; Icely (2015, p. 65).

De acordo com a análise de Rekolainen et al (2003, p.348), o modelo FMPEIR apresenta quatro deficiências,

“[...] ele cria um conjunto de indicadores estáticos que servem como base para a análise, não leva em conta a alteração da dinâmica do sistema; não captura tendências exceto através da repetição do estudo dos mesmos indicadores em um regular intervalo; não ilustra claras as relações de causa-efeito para os problemas ambientais; e sugere uma dimensão unidirecional linear em cadeias causais no contexto complexo dos problemas ambientais”.

Outra crítica efetuada ao modelo diz respeito a negação de possíveis relações sinérgicas existentes entre as categorias do modelo FMPEIR. Por exemplo, um impacto específico pode ser causado por várias condições e por respostas a outros impactos (MAXIM et al, 2009).

Depreende-se que os efeitos sinérgicos, tão comuns na natureza, são ignorados. Assim, de acordo com o autor supracitado o modelo FMPEIR não é bom suficiente como uma

ferramenta analítica, uma vez que não lida com a complexidade de interdependências do mundo real. Cooper (2012, p.03) ainda argumenta que existe uma deficiência no modelo FMPEIR devido suas limitações de definição baseada na,

Falta de um conjunto bem definido de categorias de informação dificulta a comparabilidade entre os estudos, mesmo de uma mesma questão; As definições das forças motrizes e pressão referindo-se à "evolução" refletem, necessariamente, alterações no nível, por isso não está claro como eles podem relacionar-se com as atividades do estado estacionário que, no entanto, resulta em mudanças nos ecossistemas; Uma vez que o impacto, os efeitos sobre os seres humanos e do ecossistema a fronteira entre o estado e o impacto não é clara.

Ao abordar as limitações de definição e conceitual do modelo, deve-se adotar dois princípios orientadores: as categorias devem se alinhar com qualquer um dos sistemas humanos ou sistemas ecológicos, tanto quanto possível de modo a suportar mensuração - entre as categorias de informação relativas a sistemas humanos, e deve-se evitar a introdução de novas categorias de modo a manter o número total para o mínimo possível (COOPER, 2012). O Quadro 2 apresenta a proposta de ressignificação das categorias do modelo FMPEIR.

Apesar da intensa utilização em pesquisas o modelo FMPEIR é alvo de um conjunto de críticas, a saber, i) é constituído por um conjunto de indicadores estáticos e não pode levar em conta a dinâmica do sistema em discussão (REKOLAINEN, et al, 2003); ii) não são claras as relações de causa e efeito dos problemas ambientais complexos (SVARSTAD, et al, 2007); e, iii) sugere cadeias causais unidirecionais e lineares de problemas ambientais (SVARSTAD, et al, 2007).

O modelo FMPEIR explicitamente não inclui serviços presentes nos ecossistemas, ou o lugar de seres humanos, de valores sobre serviços do ecossistema e seu foco sobre as forças motrizes, torna difícil capturar totalmente as necessidades das comunidades humanas locais ou regionais (COLLINS et al, 2010).

Quadro 2 - Resignificação das categorias analíticas do Modelo FMPEIR

Ações	Definição
Segregando Impactos e Renomeando	<ul style="list-style-type: none"> • No modelo FMPEIR, a categoria impacto foi reservada para os impactos sobre os sistemas humanos, para apoiar comparação com o valor de atividades, com mudanças nos ecossistemas, tratada como parte da categoria do estado; • Cientistas naturais verificaram a dificuldade do emprego da palavra "impacto" exclusivamente neste contexto e, instintivamente, usou-a para englobar ecossistema em mudança; • Por conseguinte, é necessário projetar a categoria de impacto para o Bem-estar visando conotar a restrição da antiga categoria de impacto para efeitos no sistema humanos, enquanto que o termo engloba impacto estado e Bem-Estar como formas alternativas de impacto
Ampliando o objetivo do Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Movendo-se mudanças nos ecossistemas da categoria de Impactos à categoria de Estado torna desnecessário fazer uma distinção entre as duas categorias. A categoria de Estado encapsula, assim, o ambiente ou ecossistema; • As alterações relacionadas que não são capturadas pela categoria Pressão modificado (ver abaixo) também estão incluídos na categoria de Estado.
Pressão como um mecanismo de ligação	<ul style="list-style-type: none"> • Esta categoria no modelo FMPEIR implica ingerência humana, mas no âmbito modificado é preciso um significado mais amplo como representando o mecanismo ou processo que intermedeia entre a ação humana e o Estado que é de interesse. Como tal, torna-se mais conceitual e aberto a várias utilizações dependentes na análise relevante.
Níveis distintivos de Forças Motrizes	<ul style="list-style-type: none"> • A modificação chave se concentra na categoria sobre as atividades humanas que dão origem a pressão sobre os sistemas naturais de modo que a relação entre os dois é mais explícita. O modelo FMPEIR refere-se a grande escala e potencialmente mudanças de longo prazo em sistemas humanos que estão em algum contexto a partir de atividades específicas que precipitam mudanças nos ecossistemas; • No entanto, alguns objetivos precisam ser oferecidos para reconhecer essas mudanças mais amplas bem como as atividades associadas com as pressões imediatas. Por conseguinte, a definição de Força no âmbito modificado destaca uma atividade ou processo dentro do sistema humano, mas permite a separação entre Forças imediatas (aquelas próximas às pressões) e subjacentes Forças Motriz (presente no modelo FMPEIR).

Fonte: Adaptado de Cooper (2012 p.05-06).

O modelo FMPEIR desagrega parcialmente as tipologias de indicadores do modelo PER, mas mantém os mesmos problemas do modelo em que se baseia, acrescentando-se o fato de que um indicador pode ficar enquadrado em mais do que uma tipologia, o que dificulta a sua estruturação (FONTES, 2014). Faz-se necessário enfatizar que o foco deve estar baseado na integração das ligações entre os nós do modelo FMPEIR levando-se em consideração os indicadores socioeconômicos e ambientais tendo em vista compreender melhor a dinâmica de causa e efeito.

Conforme a exposição de Carr, et al, (2007) o quadro de indicadores do modelo supracitado tem por objetivo original identificar indicadores adequados para a medição e avaliação dos problemas ambientais. Qiu; Fan (2013, p. 81) asseguram que “o quadro FMPEIR permite compreender melhor as interações complexas e dinâmicas de cada parte no sistema”. Apesar das limitações citadas, conforme análise empreendida por Landim Neto, et al (2015), o modelo FMPEIR estabelece uma análise integrada dos problemas ambientais, levando-se em consideração suas causas e fornecendo um conjunto de respostas necessárias que podem ser efetivadas na prática pelo poder público, comunidades e setores outros, que constituem a sociedade civil.

4 - Considerações Finais

Existem vários modelos para orientar a organização das informações ambientais, os quais irão se diferenciar em função dos objetivos a serem alcançados, tais como a elaboração de diagnóstico ambiental ou a avaliação de impactos ambientais. Nos estudos ambientais, entretanto, existe uma necessidade de se obter informação clara e específica sobre: i) as forças motrizes; ii) as pressões ambientais resultantes; iii) o estado do meio ambiente; iv) os impactos resultantes de alterações na qualidade ambiental; e v) a resposta da sociedade a essas mudanças no ambiente

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, a Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA) desenvolveu o modelo FMPEIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta).

É utilizado em diversas regiões do mundo para mensurar e qualificar os impactos ambientais provenientes das ações humanas, como também estabelecer diagnósticos,

prognósticos ambientais e instrumentos que subsidiam o planejamento ambiental e o desenvolvimento de políticas públicas condizentes com a realidade local.

Ressalta-se que o mundo real é muito mais complexo do que pode ser expresso em simples relações causais em análise de sistemas. Há arbitrariedade na distinção entre o sistema ambiental e o sistema social. E, além disso, muitas das relações entre os sistemas social e ambiental não são suficientemente apreendidas ou são difíceis de capturar em um quadro simples.

REFERÊNCIAS

CABANILLAS, Nagore Dávila. La Aplicacion del Modelo DPSIR al Area Funcional de Gernika-markina (Bizkaia). Un Ensayo Metodológico de Analisis Territorial. **Anais XXXIII Reunión de Estudios Regionales: Competitividad, Cohesión y Desarrollo Regional Sostenible**, 2007. 24p.

CARR, E.R; WINGARD, P.M; YORTY, S.C; THOMPSON, M.C; JENSEN, N.K; Roberson, J. Applying DPSIR to sustainable development. **Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.** v. 14, 2007, p.543–555.

CASADO, A. M. de A. Sistemas de Indicadores para a Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais. Um Caso de Estudo (**Dissertação de Mestrado**). Portugal. Universidade do Minho. Escola de Engenharia, 2007. 289p.

COLLINS, S.L; CARPENTER S.R; SWINTON S.M; ORENSTEIN, D.E; CHILDERS, D.L. An integrated conceptual framework for long-term social–ecological research **Frontiers in Ecology and the Environment** nº 9. 2010, p. 351–357.

COOPER, P. The DPSWR Social Ecological Accounting Framework: Notes on its Definition and Application. **School of Management University of Bath**. Bath BA27AY. 2012.13p.

FONTES, I. C. S. Modelo para Avaliação de Cenários para o Desenvolvimento Sustentável na Região do Oeste e Vale do Tejo. **Dissertação de mestrado**. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa. 2014, 133p.

GARI, S. R; NEWTON, A; ICELY, J. D. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. **Ocean & Coastal Management**, nº 103, 2015. p 63-77.

GIUPPONI, C. From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic 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/giupponi.pdf>>. Acesso em: 20 outubro de 2015.

JIDELBERTO, R, H. “Modelos Contingentes de Conocimiento para la Toma de Decisión em Medio Ambiente, Desarrollos en Economía ecológica/ecossistêmica”. **Revista Tendências**. San Juan de Pasto. (coletânea) vol. 2, n.2, diciembre 2001.p.1-44.

LANDIM NETO, F. O; GORAYEB, A; PEREIRA FILHO, N. S; SILVA, E.V; COSTA, N.O; MENDES, J. S. The Use of Cartography to the Application of the DPSIR model to the Diagnosis of the Hydrographic basin of the Guaribas river in Northeastern Brazil: Guidelines for Local Environmental Management. **Brazilian Journal of Cartography** nº 67/5 Special Issue 27th ICC, 2015 p.1005-1015.

LANDIM NETO, F. O; GORAYEB, A; SILVA, E.V; MEIRELES, A.J.A; PEREIRA FILHO, N.S. Application of the DPSIR model for the diagnosis of an estuary of the Brazilian Northeast: a tool for local and regional management. **Journal of Coastal Research**, v. 65, 2013, p. 986-990.

MAXIM, L; SPANGENBERG, J.H. O'CONNOR, M. An **analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework**. 2009 Ecol. Econ. 12p.

OECD **Environmental Indicators: Development, Measurement and Use**. OECD, 2003 Paris. 37p.

OLIVEIRA, F. R; NEVES, G; SENA-SOUZA, J. P; ALVES, R. P; MARTINS, E. S; COUTO JUNIOR, A. F; NARDOTO, G. B. Análise da Fragmentação da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu como Subsídio ao Modelo Pressão-Estado-Resposta. **Espaço e Geografia (UnB)**, v. 17, p. 207-234, 2014.

OLIVEIRA, M.L.B.C. Possibilidades de aplicação do modelo FPSEEA\OMS na construção de indicadores de saúde ambiental. (**Dissertação**) Universidade Católica de Brasília, 2007. 155p.

POLANCO, C. Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisions. **Gestión y Ambiente**. v. 9- n.2 p. 27-41 2006.

QIU, Y; FAN, Y. A Problem Structuring Method for Innovation Strategy: A Tentative DPSIR Approach. **iBusiness**, 2013, v.5, p.80-83.

REKOLAINEN, S; KÄMÄRI, J; HILTUNEN, M; SALORANTA, T.M. A conceptual framework for identifying the need and role of models in the implementation of the water framework directive. **Int. J. River Basin Manag.** 2003, nº1, p.347–352.

SANTOS, R. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184p.

SOARES A B; SILVA, FILHO, J, C, L da; ABREU, M, C, Sá de; SOARES, F, A. Revisando a estruturação do modelo DPSIR como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.3, 2011, p. 521-545.

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

SVARSTAD, H; PETERSEN, L.K; ROTHMAN, D; SIEPEL, H; WÄTZOLD, F. Discursive biases of the environmental research framework DPSIR. **Land Use Policy** 2007, n°25, p.116–125.