

DANIELLE MARINHO DE SALES

**SISTEMATIZAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA  
AVALIAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA PROPOSTA PRELIMINAR**

Artigo científico apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Valdenildo Pedro da Silva  
Coorientadora: Dra. Leci Martins Menezes Reis

NATAL  
2018

DANIELLE MARINHO DE SALES

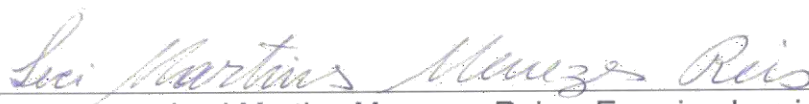
**SISTEMATIZAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA  
BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA PROPOSTA PRELIMINAR**

Artigo científico apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

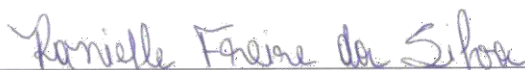
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 28/06/2018, pela seguinte Banca Examinadora:



Valdenildo Pedro da Silva – Presidente da banca  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Leci Martins Menezes Reis – Examinadora interna  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Ranielle Freire da Silva – Examinadora externa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

## SISTEMATIZAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA PROPOSTA PRELIMINAR

### SYSTEMATIZATION OF SUSTAINABILITY INDICATORS FOR THE EVALUATION OF HYDROGRAPHIC BASINS: A PRELIMINARY PROPOSAL

Danielle Marinho de Sales\*  
Valdenildo Pedro da Silva\*\*  
Leci Martins Menezes Reis\*\*\*

**RESUMO:** Propõe-se, com este estudo, a sistematização de indicadores de sustentabilidade para a avaliação de bacias hidrográficas que são de fácil entendimento, refletem sobre a situação ambiental de mananciais e possibilitam a tomada de decisão. Para isso, procurou-se sistematizar alguns indicadores de sustentabilidade essenciais para a avaliação de bacias hidrográficas, representados nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, a partir de dois estudos empíricos. A metodologia adotada baseou-se em revisão de literatura, seguida da sistematização de indicadores de sustentabilidade de Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016), apoiando-se, também, em outros referenciais como teses, livros técnicos e periódicos. Dentre os resultados principais do estudo, destaca-se a definição de dezenove indicadores significativos, concentrados nas dimensões supracitadas, os quais podem contribuir para a avaliação da sustentabilidade de uma dada bacia hidrográfica. A conclusão destaca que a atualização dos indicadores analisados é de grande contribuição, visto que as dinâmicas natural e social locais da área de uma determinada bacia têm pressões e alterações tanto na instalação de novas tecnologias quanto nas mudanças de políticas públicas e privadas, que vêm se desenvolvendo e se tornando insustentáveis.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Indicadores. Bacia hidrográfica.

**ABSTRACT:** It is proposed to systematize sustainability indicators for the evaluation of watersheds that are easy to understand, to reflect the environmental situation of water sources and to enable decision making. In order to do so, we sought to systematize some essential sustainability indicators for the evaluation of hydrographic basins, represented in the environmental, social, economic and institutional dimensions, based on two empirical studies. The methodology was based on literature review, followed by the systematization of sustainability indicators by Oliveira (2016) and Righetto e Dias (2016), based on other thesis references, technical books and periodicals. The main results of the study were the definition of nineteen significant indicators, focused on environmental, social, economic and institutional dimensions that can contribute to the assessment of the sustainability of a given river basin. The conclusion is that the updating of sustainability indicators is of great contribution since the natural and local dynamics of the area in a given basin have pressures and changes, both in the installation of new technologies and in the changes of public and private policies, which developing and becoming unsustainable.

Keywords: Sustainable development. Indicators. Hydrographic basic.

\*Aluna do curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

\*\*professor orientador do curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

\*\*\*Professora orientadora do curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

## 1 INTRODUÇÃO

O padrão de desenvolvimento, pautado no crescimento econômico, tem propiciado o aumento de aspectos e impactos ambientais, por conseguinte, gerando degradação local, oriundos das relações inadequadas do homem com os recursos naturais, dentre os quais destacam-se: a água, a vegetação, o solo e o ar. Esses recursos naturais são definidos como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso, ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo homem, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço (VENTURI, 2006).

Com o aumento da população mundial, requereu-se que o meio ambiente ofertasse cada vez mais recursos naturais para suprir as necessidades demandadas pela sociedade, tanto a nível local como global. Concomitantemente, observa-se que os ecossistemas, principalmente os hídricos, sofrem os efeitos indesejáveis de ações antrópicas as quais contribuem para que ocorra a contaminação do solo, da água e do ar, além da destruição da fauna e flora provocando a degradação do meio ambiente, principalmente nas bacias hidrográficas, a partir do desmatamento da massa ciliar, erosão e assoreamentos fluviais (MOUSINHO, 2012).

Simultaneamente à demanda antrópica por recursos naturais, também, tem-se vivenciado o aumento da degradação ambiental, provocado pelo modelo de vida incompatível com a capacidade de resiliência de ecossistemas hídricos, o que vem requerendo estudos localizados, desde a Rio-92 no foco da sustentabilidade, e que contribuam na determinação de indicadores de sustentabilidade atrelados ao desenvolvimento sustentável (PHILIPPI JR.; MALHEIROS, 2012).

A partir desse evento, o termo desenvolvimento sustentável, proposto pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente (CMMD, 1988), passou a ser entendido como um desenvolvimento econômico que envolvesse a questão ambiental. Para essa entidade, o desenvolvimento sustentável é aquele que atenda às necessidades das populações atuais sem comprometer as futuras. Foi no âmbito dessa discussão que surgiu a necessidade de se definir indicadores de desenvolvimento sustentável, visando “descrever a realidade de forma simples e confiável, orientar a escolha de dados para medir avanços, bem como passar mensagem sobre os desafios ambientais, humanos, econômicos, tecnológicos e políticos associados” (MALHEIROS; COUTINHO; PHILIPP JR., 2012, p. 34-35).

Embora existam, recentemente, estudos contemplando a definição de indicadores de sustentabilidade para a avaliação da situação atual da bacia hidrográfica, como o de Oliveira (2016) e o do balanço hídrico desse sistema das aquíferas barreiras, dos autores Righetto e Dias (2016), tem-se percebido a necessidade alguma atualização ou sistematização de indicadores de desenvolvimento mais sustentáveis e voltados principalmente para bacia hidrográfica. As bacias hidrográficas têm sofrido intensas pressões sobre seu ambiente físico, quer sejam em meios urbanos ou rurais, com consequências danosas a qualidade ambiental e de vida da população da área da bacia.

Sabe-se que a prática de desmatamento da vegetação nativa, tem sido motivo de aflição no entorno e na maioria das bacias hidrográficas brasileiras, quer seja de pequeno ou grande porte, pois essa prática inadequada tem gerado diversos problemas socioeconômicos, ambientais e institucionais, com a perda de biodiversidade, o assoreamento, o aumento das emissões de gases de efeito estufa e a diminuição de territórios de populações tradicionais, dentre outros cenários. (FALCÃO; NOA, 2016).

Mediante esse contexto, mesmo que existam literaturas sobre o tema em pauta, algumas lacunas são observadas quanto à necessidade de uma sistematização de indicadores adequados para se mensurar a sustentabilidade de bacias hidrográficas entre diferentes dimensões. Partindo dessa lógica, o estudo procurou responder a seguinte indagação: que indicadores de sustentabilidade podem ser sistematizados e considerados essenciais para a avaliação de bacias hidrográficas, representados nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, a partir desses dois estudos empíricos?

Para responder a essa indagação o objetivo geral foi o de sistematizar alguns indicadores de sustentabilidade essenciais para a avaliação de bacias hidrográficas, representados nas dimensões ambiental, social, econômica e institucional, a partir de dois estudos empíricos disponíveis.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O desenvolvimento sustentável motiva uma mudança de comportamento dos seres humanos para com o meio ambiente, tal como no modo de formular, implementar e avaliar políticas públicas de desenvolvimento. Na operacionalização deste conceito aparece a necessidade de considerar novas formas de mensuração do crescimento e da garantia de que exista um processo transparente e participativo para o debate e para tomadas de decisão na busca do desenvolvimento sustentável (PHILIPP JR.; MALHEIROS, 2012).

### **2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A busca pelo desenvolvimento sustentável tornou-se uma panaceia para quase todas as sociedades, mas não tem sido de fácil compreensão. Por isso, proporcionando vários mal-entendidos, ambiguidades e deficiências a esse termo, como pontuou Baroni (1992). Para a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1992), os objetivos que derivam do conceito de desenvolvimento sustentável estão relacionados com o processo de crescimento das cidades e de estilos insustentáveis e que não objetiva a conservação do uso racional dos recursos naturais incorporados às atividades produtivas. (CMMAD, 1988, 1992).

Existem três correntes divergentes no âmbito da economia sobre a sustentabilidade que são: a convencional, a ecológica e a biofísica. A corrente convencional acredita que a sustentabilidade seria atingida a partir de uma condição econômica estacionária, ou seja, a qualidade de vida de uma sociedade seguiria melhorando, sem necessariamente exigir um crescimento econômico (VEIGA, 2010).

Por sua vez, a corrente ecológica defende que os países que já atingiram o crescimento econômico ideal deveriam realizar uma transição para um desenvolvimento sem crescimento econômico e contribuir para que os países que ainda necessitam crescer economicamente o façam de forma ambientalmente menos agressiva. A corrente biofísica acredita que a economia poderia crescer sem que os limites do meio ambiente fossem atingidos e, dessa forma, os recursos naturais não seriam esgotados. Isso seria possível por meio de uma remodelagem do processo produtivo em que a oferta de bens e serviços deveria se desmaterializar e consumir cada vez menos energia à luz da ecoeficiência, conceituado como sendo processos produtivos que consomem menos energia (VEIGA, 2010; PHILIPPI JR. 2014).

Sabe-se, nas palavras de Constanza (1994), que existe uma inter-relação entre o conceito de sustentabilidade e a capacidade de carga de um ecossistema, de modo que esta seria a viabilidade da interação complexa entre os sistemas dinâmicos ecossistêmicos e socioeconômicos.

Convém destacar, que a sociedade moderna parte do pressuposto de que não é elemento do meio ambiente, e que este, através da tecnologia, pode ser dominado e regulado a partir dos desejos humanos. Nesse sentido, os economistas tradicionais compreendem a natureza como apenas um setor da economia, que se traduz na disponibilidade de insumos em forma de recursos naturais (florestas, solos, água, ar), quando, na verdade, é a economia e os seres humanos que fazem parte de um sistema maior, denominado de ecossistema. Desse modo, a interação das atividades humanas deve respeitar os ciclos da natureza, como já faziam de forma correta as sociedades denominadas de primitivas (CAVALCANTI, 2004).

Não se pode negar que existem obstáculos para que a sociedade siga os caminhos do desenvolvimento sustentável, dentre alguns merecem destaque: o escasso conhecimento dos fenômenos ambientais, os quais estão associados a sua incerteza e dinâmica; a deficiência de indicadores que facilite o monitoramento sistemático; as dificuldades para avaliar os danos provocados ao meio ambiente; a ausência da participação das comunidades em processos de tomada de decisão; além de um sistema institucional que privilegia grupos de interesses, de uma maneira muito lenta que responda as demandas da sociedade; além disso, os ganhos econômicos em curto prazo não levam em consideração os estragos ao meio ambiente (COSTA, 2013).

## 2.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

O termo indicador origina-se do latim *indicare* que corresponde a apontar, anunciar (HAMMOND, 1995), ou a um sinal dado, um alerta ou uma informação sobre alguma coisa ou situação. Ele é entendido como sendo uma medida que pode ser utilizada para evidenciar e comunicar fenômenos complexos de maneira simples, incluindo tendências e progressos ao longo do tempo, com assinalou a UNEP-united nations environment programme(2012). Ou como disse Gallopín (1996), o indicador constitui uma variável que pode transmitir informação sobre o estado e/ou tendência dos atributos (de qualidade, características, propriedades) de um sistema.

Sabe-se que a discussão sobre indicadores teve início por volta dos anos de 1970 e 1980, como resultado de esforços de governos e organizações internacionais visando a elaboração e divulgação dos primeiros Relatórios sobre o Estado do Ambiente. O governo holandês foi pioneiro na adoção de indicadores ambientais, em 1989, para avaliar os resultados da implementação do Plano de Política Ambiental Nacional (HAMMOND, 1995).

Recentemente, difundiu-se a discussão sobre indicadores de sustentabilidade que têm sido compreendidos, na maioria das vezes, como sendo variáveis que procuram orientar ou mensurar o desenvolvimento em razão da sustentabilidade, como destacou Van Bellen (2004). Os indicadores de sustentabilidade surgiram a partir da necessidade de melhor operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável, de modo que, para se determinar a sustentabilidade são necessárias informações que representem a realidade de dado local em uma visão multidimensional (PHILIPPI JR., MALHEIROS, 2012).

Entre diversas ferramentas criadas para se avaliar e monitorar o desenvolvimento sustentável, os indicadores de sustentabilidade destacaram-se por

serem dinâmicos e contemplarem as dimensões da sustentabilidade (social, econômica, ambiental e institucional) permitindo agregações, contextualização da análise e apresentação de “[...] um cenário delineado por seu conjunto e não simplesmente pelo exame individual de cada indicador” (IBGE, 2008, p. 8).

Um indicador pode ser definido como um conjunto de parâmetros que permitem medir modificações antrópicas de um determinado sistema e comunicar de maneira simples, o estado deste sistema em relação aos critérios e metas definidos para avaliar sua sustentabilidade (MOURA, 2002).

Os indicadores, como bem ressaltaram Carvalho et al. (2011), são ferramentas utilizadas para auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, sendo a sua principal função fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável do sistema na sociedade.

Por meio da utilização de indicadores ambientais deve ser possível a análise das condições, mudanças da qualidade ambiental, além de favorecer o entendimento das interfaces da sustentabilidade, bem como de tendências, como uma ferramenta de suporte no processo de tomada de decisão e formulação de políticas e práticas sustentáveis (PHILIPPI JR.; MALHEIROS, 2012), pois os indicadores têm como função diagnosticar a saúde do ecossistema e fornecer uma ferramenta para monitorar condições e mudanças ambientais ao longo do tempo (JORGENSEN, 2005).

Os indicadores de sustentabilidade precisam ser definidos e atualizados frente a um enfoque sistêmico para que reflitam a realidade e possam mostrar tendência, tensões e causas, em seu conjunto, que inviabilizam a sustentabilidade local. Nessa perspectiva, os indicadores são parte de um sistema de informação sobre o desenvolvimento sustentável, no qual são integrados dados de natureza social, econômica e ambiental (PHILIPPI JR., 2012).

### 2.3 BACIA HIDROGRÁFICA

Conceitua-se bacia hidrográfica, como sendo uma unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos delimitada por sua própria natureza, essencialmente pelos limites de escoamento das águas superficiais, afluentes e subafluentes, que convergem para o leito de um rio principal (BRASIL, 1997; CHRISTOFOLETTI, 1999). A bacia, seus recursos naturais e habitantes impõem condições físicas, biológicas, econômicas, sociais e culturais que conferem características que são particulares a cada uma. Ela caracteriza os efeitos de montante para jusante, porém grande parte das reações causa-efeito extrapola os limites da bacia, criando conflitos com a administração social, econômica e política (MAGALHÃES; BARP, 2014)

Além disso, as bacias hidrográficas possuem expressividade espacial, constituindo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. As bacias de drenagem são unidades fundamentais para mensuração dos indicadores geomorfológicos, para a análise da sustentabilidade ambiental baseadas nas características do geossistemas e o elemento socioeconômico. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A lei 9.433/97, da Política Nacional de Recursos Hídricos brasileira, define a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para implementação da política nacional de recursos hídricos e atuação do sistema nacional de gerenciamento de

recursos hídrico. Essa legislação propõe que o gerenciamento de bacias seja feito por intermédio de avaliação que integre a sociedade e o ambiente vivencial das pessoas. Nesse contexto, a bacia hidrográfica é tida como unidade de gestão que desempenha um papel importante quanto a disponibilização hídrica da bacia como um todo. No entanto, algumas localidades que fazem uso da água da bacia estão preocupadas apenas com a sua própria realidade, não levando em consideração o que possa acontecer a jusante (BRASIL, 1997).

Nesse sentido, concorda-se com as palavras de Lanna (2001) de que, há uma forte interação entre o desenvolvimento sustentável e a gestão de bacia no sentido de que se tenha um desenvolvimento humano com proteção com o meio ambiente.

### **3 METODOLOGIA**

O estudo sobre a sistematização e/ou atualização de indicadores de sustentabilidade para a avaliação de bacia hidrográfica é importante, tendo em vista serem úteis como ferramentas de gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, considerando o objetivo principal do presente trabalho optou-se por desenvolver uma pesquisa exploratória e descritiva (GIL, 2010), baseada na leitura e análise crítica dos trabalhos de Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016), bem como em outras fontes de dados múltiplos, alcançados por diversos procedimentos metodológicos (GIL, 1991), permitindo a aglutinação de um conjunto de indicadores fáceis e simples que podem descrever, interpretar e avaliar qual a real situação de sustentabilidade de uma bacia hidrográfica.

Em relação aos objetivos pretendidos, esta pesquisa pode ser classificada como sendo exploratória porque possibilita uma maior percepção sobre o assunto, descreve e avalia o comportamento de alguns indicadores, define e pode classificar fatos e variáveis (GIL, 1991), além de envolver levantamentos de referenciais teóricos e bibliográficos (GIL, 1991). Além desse tipo, ela pode ser, também, classificada como descritiva porque visa descrever as características principais de importantes indicadores de sustentabilidade úteis para a avaliação de bacias hidrográficas, bem como permitir as características de uma determinada bacia, um dado fenômeno ou experiência de um estudo realizado, possibilitando a interrelação entre variáveis (GIL, 1991).

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após leitura e análise dos estudos científicos de Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016), bem como de outros referenciais sobre indicadores de sustentabilidade para a avaliação de bacia hidrográfica, os resultados principais do trabalho em questão foram principalmente a sistematização de indicadores em quatro dimensões (ambiental, social, econômica e institucional) que possam ser utilizados em futuro estudos sobre essa temática.

Inicialmente, afirmar-se que os indicadores de sustentabilidade têm que atender parâmetros correlacionados ao um referencial teórico/documental ou por via de ponderação, uma vez que para cada indicador, se estabelece a função relação positiva (+) ou negativa (-). Ou seja, se o aumento do valor do índice do indicador, a partir do parâmetro ou da ponderação definida, refletir situação positiva ocorre-se sustentabilidade desejada. Por outro lado, se a redução do índice do indicador, a partir do parâmetro ou da ponderação definida, refletir uma situação negativa a sustentabilidade será indesejada. Considera-se que os dados utilizados devem



referir-se ao objeto do estudo, contudo faz-se necessária a padronização de indicadores, a fim de que se possa comparar o índice de sustentabilidade em um determinado estudo de caso.

A bacia hidrográfica é um território demarcado por sua própria natureza, na qual interagem condições que perpassam o ambiente, a sociedade, a econômica e a institucionalidade. Por isso, que se procurou sistematizar indicadores que possam enunciar a sua situação atual em termos de danos e impactos ambientais. Para isso, foram definidos alguns indicadores, considerando as dimensões ambiental, social, econômica e institucional, como pode ser compreendido a seguir.

#### 4.11 Dimensão Ambiental (A)

A dimensão ambiental corresponde a relação direta antrópica *versus* recursos naturais da área da bacia, representada pelo solo, vegetação, ar e água. Em seguida foram atualizados e sistematizados os seguintes indicadores de sustentabilidade:

- a) índice de qualidade de água (IQA), simbolizado por A1: visa a garantia da disponibilidade da água e saneamento para todos, tratando-se da relação entre a qualidade da água e as necessidades de consumo: humano, dessedentação de animais, indústria e irrigação, dentre outras. Para se analisar a qualidade da água, leva-se em consideração, sobretudo, as características químicas e as físicas. (AYERS; WESTCOT, 1999; SILVA et al., 2018). Quanto maior o IQA, a função relação será positiva (+);
- b) área de reserva legal da vegetação nativa (%), simbolizado por A2: mapeando uma parcela mínima de cada sistema agropecuária que mantém preservada a flora nativa. Os aspectos desse indicador são: dimensão total do terreno e da reserva legal em hectare, conforme o parâmetro de 20% /ha. (BRASIL, 2012). A partir desse parâmetro legal, quanto maior a área, a função relação será positiva (+);
- c) desmatamento (%), simbolizado por A3: identificando a conversão, diretamente induzida pelo homem, de terra com floresta para terra sem floresta. (FALCÃO; NOA, 2016; PAIVA; CHAUDHRY; REIS, 2004; MMA, 2011). Quanto maior for o índice de desmatamento a função relação será negativa (-);
- d) assoreamento do rio (%), simbolizado por A4: conceituado como um processo que consiste na acumulação de partículas sólidas ou sedimentos no interior de corpos d'água (rio, riacho, lago, barreiro, açude), podendo ocorrer quando a força de um agente transportador natural como águas ou ventos depositam no leito. (INFANTI; FORNASARI, 1998; DILL, 2002). Quanto maior for o índice de assoreamento a função relação será negativa (-);
- e) impermeabilização do solo (%), simbolizado por A5: conceituada como um processo de cobertura do solo por materiais como cimentação, asfaltamento, calçamento e edificações, entre outros. Esse processo faz com que o solo perca a capacidade natural de absorção da água e, conseqüentemente, aumente sua vazão e/ou escoamento, durante a precipitação pluviométrica a jusante de rio. (VILLELA; MATTOS, 1978; GOMES, 2014). Quanto maior for o índice de impermeabilização a função relação será negativa (-).

#### 4.1.2 Dimensão Social (S)

A dimensão social corresponde à realidade do bem-estar social e da cidadania, comum aos moradores na área da bacia hidrográfica. Para isso foram atualizados os seguintes indicadores:

- a) alfabetização (%), simbolizado por S1: conceituado como sendo alfabetizada uma pessoa que sabe ler e escrever um bilhete simples, em um idioma qualquer, porém, a pessoa “que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu e a que apenas assinava o próprio nome foi considerada analfabeta” (BRASIL, 2001, p. 24). Quanto maior o percentual de alfabetização, a função relação será positiva (+);
- b) domicílios com abastecimento de água e saneamento (%), simbolizado por S2: utilizando os parâmetros do IBGE do ano de 2010 (BRASIL, 2010) que considera como formas adequadas de abastecimento de água aquela fornecida pela rede geral ou obtida através de poço ou nascente na propriedade. (SILVA et al., 2018). Quanto menor for o índice de abastecimento de água, a função relação será negativa (-);
- c) domicílios com coleta de resíduos sólidos (%), simbolizado por S3: mensura domicílios com coleta de resíduos sólidos, esses definidos conforme a NBR 10.004/2004, como sendo no estado sólido e semissólido resultante de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição...” (BRASIL, 2004; SILVA et al., 2018). Quanto maior for o índice de coleta de resíduos domiciliar, a função relação será negativa (-);
- d) uso de equipamento de proteção individual (índice), simbolizado por S4. Dimensiona os locais de produção que fazem usos de equipamentos de proteção individual (EPIs), como o próprio nome expressa, devem ser utilizados pelas pessoas que manipulam maquinários ou ferramentas de trabalho que se constituem em perigo para segurança no ambiente do trabalho (LONDRES, 2011; REIS, 2013). Quanto maior for o percentual do uso de EPIs, a função relação será positiva (+);
- e) local de origem do trabalhador (%), simbolizado por S5: analisa o percentual de geração de emprego e renda, visto como aproveitamento da mão-de-obra local, simultaneamente possibilitando a redução do êxodo rural e permitindo a satisfação e o bem-estar social familiar. (RODRIGUES, et al., 2006; REIS, 2013). Quanto maior for o percentual, do local de origem do trabalhador, a função relação será positiva (+).

#### 4.1.3 Dimensão Econômica (E)

A dimensão econômica enfatiza o potencial local da bacia hidrográfica frente ao objetivo da sustentabilidade por meio da capacidade de inovar, de diversificar e de articula racionalmente os recursos naturais e econômicos com o gerenciamento de oportunidades de trabalho e renda, fortalecendo o bem-estar de pessoas por meio do cultivo de bananeira, interagindo e respeitando as condições de outras dimensões. Nesse contexto foram definidos os seguintes indicadores:

- a) produtividade de atividades agrícolas (ton./ha.), simbolizado por E1: expressa à relação entre as variáveis produção e dimensão de terra em hectare. Isso corresponde à capacidade que a lavoura, localizada na bacia, detém para produzir em toneladas por hectares (ton./ha.). (TRIOMPHE, 1996). Quanto maior for o percentual, de produtividade, a função relação será positiva (+);
- b) rendimento médio mensal (R\$), simbolizado por E2: indica a utilização, como referência, do valor do salário mínimo necessário para uma família de 4 pessoas (2 adultos e 2 crianças), calculado pelo Departamento Intersindical de Estatísticas e

Estudos Socioeconômicos (DIEESE) para o ano de estudo. (DIEESE, 2018). Quanto maior for o valor do rendimento mensal, a função relação será positiva (+);

c) percentual de desemprego (%), simbolizado por E3: corresponde a taxa de desemprego ou taxa de desocupação, devendo ser medida em percentual (%) e calcula-se dividindo-se a população desocupada pela população economicamente ativa, multiplicado por 100 (BRASIL, 2018). Quanto maior for o percentual, de desemprego, a função relação será negativa (-);

d) índice do produto interno bruto (PIB) per capita (R\$), simbolizado por E4: analisa a situação socioeconômicas com o fim de mensurar o nível de desenvolvimento e economia de determinadas localidades, caracterizado pelo total de valores contabilizados a partir dos bens e serviços produzidos no local, que pode ser anual, mensal ou trimestral (BRASIL, 2010). Quanto maior for o índice do PIB, a função relação será positiva (+);

e) comercialização (%), simbolizado por E5: busca relaciona-se com a satisfação das necessidades do consumidor e do produtor, considerando que o produto comercializado seja fonte de renda e geração de emprego direto e indireto, devendo permear os canais de distribuição e de comercialização, tão importantes quanto à destinação do benefício ao produtor. (ANTUNES; RIES 1998). Quanto maior o valor do canal de comercialização direta com o mercado consumidor, a função relação será positiva (+).

#### 4.1.4 Dimensão Institucional (I)

Os indicadores relacionados a essa dimensão devem oferecer informações no que diz respeito ao processo de empoderamento das pessoas nos quesitos da orientação política, da capacidade participativa e dos esforços realizados na medida em que contribua as mudanças necessárias para a implementação dos objetivos do desenvolvimento sustentável. Desse modo foram definidos os seguintes indicadores:

a) atividade intrageracional, Comitê de bacia e associação de moradores (índice), simbolizado por I1: voltado para práticas culturais e hábitos dos moradores na área da bacia hidrográfica, verificando o índice de disseminação de atividades praticadas pelos chefes de família, de empresa, de comitês e de associações, dizendo respeito também, à necessidade de conciliar valores culturais e reduzir rupturas na cultura, padrões de consumo e êxodo rural (SEN, 2010). Quanto maior o percentual intrageracional, a função relação será positiva (+);

b) acesso à assistência técnica (índice), simbolizado por I2: mensura o índice de recebimento de assistência técnica como princípio de que “[...] o que as pessoas conseguem realizar é influenciado por oportunidades econômicas, liberdades políticas, poderes sociais e por condições habilitadoras, como boa saúde, educação básica, incentivo e aperfeiçoamento” e assistência técnica e tecnológica (SEN, 2010, p. 18). Quanto maior o índice de assistência técnica, a função relação será positiva (+);

c) concessão de linhas créditos (%), simbolizado por I3: quantifica a ocorrência de concessão de crédito rural e isenção fiscal, ao estimular a adição de tecnologia e aumentar a produtividade local, oferta de alimentos e matérias-primas oriundas da agropecuária, indústria, artesanato, serviços dentre outras visando fortalecer o empoderamento de pessoas empreendedoras reduzir o êxodo rural e indigência social pontual. (PRIMAVESI, 2013; REIS, 2013). Quanto maior o percentual de concessão de linhas de créditos, a função relação será positiva (+);

d) tecnologia e transferência de tecnologias (índice), simbolizado por I4: dimensiona o uso de tecnologias em ambiente protegido da bacia hidrográfica, tendo como propósito apresentar para a comunidade a importância socioeconômica da produção nos diversos segmentos propulsores da economia local, devendo ocorrer em um ambiente permeado por abordagens e discussões de temas baseados em trabalhos técnicos científicos e práticos, além das intensas trocas de experiências entre aqueles que deles participam. (DIAS, et al. 2018). Quanto maior o for a disseminação de tecnologias e transferências da mesma, a função relação será positiva (+).

Buscando uma melhor visualização das dimensões, dos indicadores, das fontes consultadas e da função relação (positiva ou negativa) com o processo de desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica, apresenta-se o quadro 1, no qual consta os principais indicadores de sustentabilidade que foram sistematizados e atualizados para contribuir com a orientação e a mensuração do desenvolvimento de uma dada bacia hidrográfica em função da sustentabilidade, em termos de condições ambiental, social, econômica e institucional.

Quadro 1– Dimensões e indicadores de sustentabilidade definidos

Fonte: Elaboração própria (2017).

Dimensões	Indicadores		Fonte	Função
Ambiental (A)	<b>A1</b>	Índice de qualidade de água (IQA)	Ayers e Westcot (1999), Isaias (2008);	+
	<b>A2</b>	Área de reserva legal da vegetação nativa (%)	Brasil (2012).	+
	<b>A3</b>	Desmatamento (%)	Falcão; Noa, 2016; Paiva, Chaudhry e Reis (2004); MMA (2011)	-
	<b>A4</b>	Assoreamento do rio (%)	Infanti; Fornasari (1998); Dill (2002)	-
	<b>A5</b>	Impermeabilização do solo (%)	Villela; Mattos (1978); Gomes (2014)	-
Social (S)	<b>S1</b>	Alfabetização (%)	Brasil (2010)	+
	<b>S2</b>	Domicílios com abastecimento de água e saneamento (%)	Brasil (2010); Silva et al. (2018)	+
	<b>S3</b>	Domicílios com coleta de resíduos sólidos (%)	Brasil (2004); SILVA, et al. (2018)	+
	<b>S4</b>	Uso de equipamento de proteção individual (índice)	Londres (2011); Reis (2013)	+
	<b>S5</b>	Local de origem do trabalhador (%)	Rodrigues, et al. (2006); Reis (2013)	+
Econômica (E)	<b>E1</b>	Produtividade de atividades agrícolas (ton./ha.)	TRIOMPHE (1996)	+
	<b>E2</b>	Rendimento médio mensal (R\$)	DIEESE (2018)	-
	<b>E3</b>	Percentual de desemprego (%)	Brasil (2018)	+

	<b>E4</b>	Índice do produto interno bruto (PIB) per capita (R\$)	Brasil (2010)	+
	<b>E5</b>	Comercialização (%)	Antunes e Ries (1998)	
Institucional (I)	<b>I1</b>	Atividade intrageracional, Comitê de bacia e associação de moradores (índice),	Sen (2010)	+
	<b>I2</b>	Acesso à assistência técnica (índice)	sen (2010)	-
	<b>I3</b>	Concessão de linhas créditos (%)	Primavesi (2013); Reis (2013)	+
	<b>I4</b>	Tecnologia e transferência de tecnologias (índice)	Dias, et al. (2018)	+

Os resultados principais mostraram uma sistematização integrada de 19 indicadores, a partir dos trabalhos de Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016), abrangendo quatro dimensões – ambiental, social econômica e institucional – consideradas imprescindíveis à sustentabilidade de uma bacia hidrográfica. Além disso, o presente estudo arrolou algumas fontes fundamentais para servir de base e de parâmetros para a avaliação da sustentabilidade, que pode ser considerada como positiva ou negativa.

Trata-se, portanto, de um conjunto de indicadores que, estavam são capazes de avaliar a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, por serem os mais significativos e importantes para avaliar o estado atual de uma bacia.

### 3 CONCLUSÃO

A sistematização e atualização de indicadores de sustentabilidade é de grande contribuição visto que a dinâmica natural e da sociedade local ocorrem simultaneamente frente às mudanças do ambiente, tanto na instalação de novas tecnologias quanto nas mudanças de políticas públicas e privadas, que vêm se desenvolvendo no entorno de bacias hidrográficas, alterando as suas condições ambientais, socioeconômicas e institucionais.

A definição dos indicadores de sustentabilidade distribuídos nas respectivas dimensões : ((ambiental: índice de qualidade de água (IQA), área de reserva legal da vegetação nativa (%), desmatamento (%), assoreamento do rio (%), impermeabilização do solo (%)); ( social: alfabetização(%), domicílios com abastecimento de água e saneamento (%), domicílios com coleta de resíduos sólidos (%), uso de equipamento de proteção individual (índice), local de origem do trabalhador (%));( econômica: produtividade de atividades agrícolas (ton./ha.), rendimento médio mensal (R\$), percentual de desemprego (%), índice do produto interno bruto (PIB) per capita (R\$), comercialização(%)); ( institucional : atividade intrageracional, Comitê de bacia e associação de moradores (índice), acesso à assistência técnica (índice), concessão de linhas créditos (%), tecnologia e transferência de tecnologias (índice)), apresentado por este estudo, sistematizados a partir de duas pesquisas já realizadas, podem contribuir para a orientação e a mensuração do desenvolvimento sustentável de uma área de bacia hidrográfica, de menor porte. Essa proposição de indicadores pode contribuir para que novas tomadas de decisão sejam baseadas em informações de indicadores, podendo constitui-se numa importante ferramenta de

gestão dos recursos hídricos. O uso de indicadores pode contribuir para que se tenha a gestão da bacia hidrográfica, para fins de manejo e controle adequado do recurso hídrico e do ambiente geofísico, componentes vitais a construção de uma sociedade mais sustentável localmente.

O quadro de indicadores propostos, originados a partir dos trabalhos de Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016), bem como de outros referenciais teóricos pesquisados, pode ser utilizado por qualquer outra bacia hidrográfica que partilhe de um mesmo contexto socioeconômico, ambiental e institucional com similitude aos trabalhos científicos analisados. Contudo, existem limitantes do presente estudo, tendo em vista a dimensão geográfica da bacia hidrográfica analisada por Oliveira (2016) e Righetto e Dias (2016). Nessa perspectiva, sabe-se que existem bacias hidrográficas de maiores tamanhos e dimensões do que a avaliada por esses autores, por isso os indicadores arrolados, neste estudo, passam a requerer outros indicadores, adaptações e descartes para a avaliação de sustentabilidade, devido à singularidade e complexidade de cada bacia. Além disso, tendo em vista o caráter propositivo do presente estudo, os indicadores agrupados aqui devem ser validados em avaliação posterior, para verificar se são eficazes na análise de sustentabilidade de uma bacia hidrográfica.

## .REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos – Classificação, 2004.

ANTUNES, L. M.; RIES, L. R. **Gerência agropecuária**: análise de resultados. Guaíba,RS: Agropecuária, 1998.

IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: resultados do universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011.

IBGE. **Objetivos de desenvolvimento sustentável: indicadores**. IBGE, 2018. Disponível Em <:https://indicadoresods.ibge.gov.br/objetivo/objetivo?n=6> Acesso em: 4 jun.2018.

IPEA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de pesquisa. Instituto de Pesquisa Aplicada. IPEA. Brasília, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433. 8 de jan de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Secção 1, p. 470.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 12.305. 2 de ago de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF,3 ago. 2010. Seção 1. p. 3

\_\_\_\_\_.MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**: acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA monitoramento do bioma cerrado 2009-2010. Brasília: MMA, 2011.

CAVALCANTI, C. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 149-158 jun. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COSTA.R.J.Z. **Sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão e planejamento de recursos hídricos de bacias hidrográficas**: o caso da bacia hidrográfica do rio Almada- BA. 2013. 292 f. (Doutorado) –Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e sociais.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Emprego e carreiras**. DIEESE. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/analiseped/ped.html> Acesso em: 4 jun. 2018.

DILL, P.R.J. **Assoreamento do reservatório do Vacaraí-Mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica contribuinte**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado)–UFSM, Santa Maria.

DIAS, T. A. B. et al. **Redução das desigualdades**: contribuições da Embrapa. Brasília: EMBRAPA, 2018.

FALCAO, M. P; NOA, M. **Definição de florestas, desmatamento e degradação florestal no âmbito do REDD+**. 33p. 2016, Maputo.

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

GIL, A. C., 1991. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas, São Paulo, Brasil, 3ª. ed., 159 pp.

GOMES, Emerson de Souza. **A dinâmica hidrológica fluvial em bacias hidrográficas com diferentes taxas de impermeabilização do solo em Guarapuava-PR**. 171f. 2014. Dissertação (mestrado em geografia área de concentração em dinâmica da paisagem e dos espaços rurais e urbanos)–Universidade Estadual do Centro oeste, Guarapuava, PR.

HAMMOND, A.; et al. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington: World Resources Institute, 1995.

INFANTI, J.N.; FORNASARI, F.N. Processos de dinâmica superficial. Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. 586p. 131-152.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água**: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas. 168f. 2008. Dissertação (mestrado em desenvolvimento sustentável)– Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2008

JORGENSEN, S.E. Introduction. In: JORGENSEN, S.E.; COSTANZA, R.; XU, F.L. (Eds.). **Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health**. New York: CRC Press Taylor e Francis Group, 2005.

LANNA, A. E. Sistemas de gestão de recursos hídricos: análise de alguns arranjos institucionais. **Ciência & Ambiente**, n. 21, 21-56. 2001.

MALHEIROS, T.F; COUTINHO, S.M.V; PHILIPPI JUNIOR, A. Desafios do uso de indicadores na avaliação da sustentabilidade. In: PHILIPPI JUNIOR, A. MALHEIROS, T.F. **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental**. Barueri, Sp: Manole, 2012.p.1-29.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, nº 3, p. 370-374,



mar. 2002. Disponível em :< [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102002000300018&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102002000300018&script=sci_abstract&lng=pt) > Acesso em 10 de maio 2018.

MOUSINHO, D.S. **Simulação numérica do fluxo hídrico subterrâneo na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN** 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

OLIVEIRA, A. S. **Uso e ocupação do solo e a concentração de metais pesados no sedimento e na água: bacia do rio Pitimbu.** Natal: UFRN, 2012.

OLIVEIRA, V.M.M. **Sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Pitimbu- RN: proposta de indicadores e índice.** 2016.121f. Dissertação de mestrado (Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal: IFRN,2016. Disponível em:<<https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/911>>.Acesso em: 10 maio 2018.

PAIVA, J.B.D.; CHAUDHRY, F.H.; REIS, L.F.R. **Monitoramento de bacias hidrográficas e processamento de dados.** São Carlos: RiMa,2004..

PHILIPPI JR. A; MALHEIROS, T. F. **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2012.

PRIMAVESI, O. **Manejo ambiental agrícola: para agricultura tropical agrônômica e sociedade.** São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 2013.

REIS, L. M.M. **Avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas de bananeira irrigada de formas diferentes de produção moderna e tradicional: o caso de Ipangaçu–RN.** 2013. 210 f. (Doutorado em recursos naturais)–Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

RIGHETTO, A. M.; DIAS, D. F. **Balço hídrico do sistema aquífero barreiras na bacia hidrográfica do rio Pitimbu-RN.** Águas Subterrâneas. v.30, n 3, p. 394-410, 2016.Disponível em:<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/28620/18579>>. Acesso em: 21 maio 2018.

SECRETÁRIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Elaboração do plano de gestão integrada na bacia do Rio Pitimbu. R7. Relatório Final.** Consórcio VBA-Tecnosolo. Out. de 2005.

SENA, D. S. **Avaliação da qualidade da água do rio Pitimbu.** 2008. 143 f. Dissertação (Mestrado em engenharia sanitaria )–Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SILVA, J.S.V. da; SANTOS, R. F. dos. **Estratégias metodológicas para o zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari.** Campinas: Embrapa, 2011.

SILVA, M. S. L. da, et al. **Água e saneamento: contribuições da Embrapa**. Brasília: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1090194/agua-e-saneamento-contribuicoes-da-embrapa> >. Acesso em: 4 jun. 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **UNEP Year Book 2012: emerging issues in our global environment**. United Kingdom, 2012.

UNITED NATIONS. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Brasil: United Nations Conference on Environment & Development, 1992. 338 p. Disponível em: <[http://www.sidsnet.org/docshare/other/Agenda21\\_UNCED.pdf](http://www.sidsnet.org/docshare/other/Agenda21_UNCED.pdf) >. Acesso em: 12 Maio 2018.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos Principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE – FGV**, v. 2, mar. 2004.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, 2010. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100006)> Acesso em 24 Fev. de 2018.

VENÂNCIO, R.S. **Avaliação do crescimento de ocupação da bacia do rio Pitimbu com subsídios para estudos de possíveis impactos dos recursos naturais**. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em engenharia sanitaria) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária. Natal, RN, 2014.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 20, Ago. 2006. p. 9-17. Disponível em :< <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74004/77663> > Acesso em : 30 de abr de 2018.