



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

IGOR SOUZA OGATA

**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA**

CAMPINA GRANDE – PB

2018

IGOR SOUZA OGATA

**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA**

Monografia apresentada, como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), à Coordenação do Curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

CAMPINA GRANDE – PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O34i Ogata, Igor Souza.
Implementação do índice de pobreza hídrica na região hidrográfica do médio curso do Rio Paraíba [manuscrito] / Igor Souza Ogata. - 2018.
67 p. : il. colorido.
Digitado.
Monografia (Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira , Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Índice de pobreza hídrica. 2. Avaliação de sistemas ambientais. 3. Índices de sustentabilidade. 4. Bacias hidrográficas. I. Título

21. ed. CDD 333.91


IGOR SOUZA OGATA

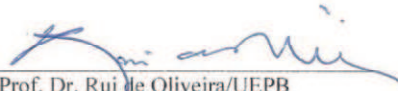
**IMPLEMENTAÇÃO DO ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA**

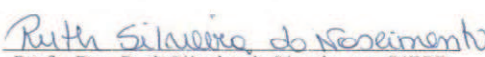
Monografia apresentada, como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), à Coordenação do Curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Aprovado em: 27/8/2018

Nota: 10,0 (dez virgula zero)


Prof. Dra. Céleide Maria Belmont Sabino Meira/UEPB
Orientadora


Prof. Dr. Rui de Oliveira/UEPB
Examinador


Prof. Dra. Ruth Silveira de Nascimento/UEPB
Examinadora

À Vovó por, depois de ter conquistado meus objetivos, ser a pessoa que mais me apoia na busca por um propósito.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por apesar do distanciamento, sempre está dando um jeito de me mostrar qual o melhor caminho a seguir.

A minha família, por me dar motivos para sair da cama em busca de conquistas profissionais, em especial a Vovó que quando preciso está ali, pronta.

A Vitor que misteriosamente cuida mais de mim que eu dele.

Aos meus colegas do curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental, Claudio, Libânia, Mainé, Daiane, Vitória, Rafael, Gloria, Janiele, Patrícia, Renata, Rosimary, Vitor e João, pelos finais de semana compartilhados.

A minha orientadora Celeide Maria Belmont Sabino Meira, pela confiança dispensada na elaboração deste trabalho.

Aos professores Rui e Ruth, por todos os momentos de aprendizado divididos nas atividades acadêmicas do Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental.

A Professora Gilvânia, pela paciência em entender nossas dificuldades e cuidar do curso para seu adequado desenvolvimento.

Aos meus alunos e amigos do Campus VIII da UEPB, por preencher os momentos de solidão em Araruna – PB e me fazer sentir em casa.

E a todos que contribuíram para o êxito desse trabalho.

Os mais fortes não nasceram para sobrepor aos mais fracos, mas para suportar suas fraquezas.

RESUMO

O Índice de Pobreza Hídrica é uma medida de avaliação da gestão dos recursos hídricos, segundo fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, através da base conceitual da pobreza hídrica, sendo constituído pelos componentes Recurso, Acesso, Capacidade, Uso, e Meio Ambiente. Neste trabalho, o Índice de Pobreza Hídrica foi implementado na Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba para verificar o grau de pobreza hídrica desta e indicar ações prioritárias para melhorar sua condição. De acordo com a metodologia adotada foram realizadas as etapas de seleção de variáveis, normalização de variáveis, ponderação dos componentes, agregação dos componentes e classificação do índice. Na etapa de ponderação dos componentes foram necessárias duas ponderações diferenciadas, uma com a componente principal referente ao desenvolvimento sustentável e outra com a componente principal referente aos recursos hídricos. Os valores do Índice de Pobreza Hídrica resultaram em uma pobreza hídrica moderada, independentemente da forma de ponderação utilizada, sendo representativo do sistema estudo. A análise dos componentes destacou que os componentes Acesso e Capacidade apresentaram melhores resultados e os componentes Recurso, Uso e Meio Ambiente piores, indicando a necessidade de investimento prioritário na disponibilidade hídrica, melhoria da eficiência nos usos múltiplos e preservação da integridade ambiental. Sendo assim, conclui-se que o Índice de Pobreza Hídrica realizou seu papel de indicador com eficácia, apresentando uma visão abrangente do sistema através de uma abordagem simplificada e que a análise dos resultados dos componentes do Índice de Pobreza Hídrica fornece subsídios técnicos para os tomadores de decisão, guiando-os nos aspectos que devem ser priorizados no gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavras-Chave: Índice de Pobreza Hídrica. Avaliação de sistemas ambientais. Indicadores e índices. Índices de sustentabilidade para bacias hidrográficas.

ABSTRACT

The Water Poverty Index is a parameter for the assessment of water resource management, based on physical, social, economic and environmental factors, through of water poverty conceptual framework, made up of Resource, Access, Capacity, Use and Environment components. This work carried out the Water Poverty Index on the Middle Paraíba River District Watershed for verified the water poverty level and assign priority actions to improve this place. According with the methodology steps was realized the variables selection, variables normalization, components weighting, components aggregation and index raking. In the weighting step, was required two different weighting, one regarding sustainable development principal component and other about water resource principal component. The values of Water Poverty Index resulted in a moderate water poverty level, independently on the mode of weighting utilized, being representative of the studied system. Examining the components of Water Poverty Index, highlight that Access and Capacity was the best results and Resource, Use and Environmental was worst, indicate the necessity of priority action in available water, multiple water use efficiency and preservation of environmental integrity. Hence, it has been concluded that the Water Poverty Index played its role with effectiveness, favoring an embracing view of the system through a simple approach. Also, the analysis of Water Poverty Index components provides technical support for the decision makers, guiding them on the aspects which should be prioritized in the water resource management.

Keywords: Water Poverty Index. Environmental systems assessment. Indicators and indexes. Sustainability indexes for watershed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pirâmide de informação.....	17
Figura 2 – Características de um bom indicador.....	18
Figura 3 – Estruturas conceituais PSR, DSR e DPSIR.....	21
Quadro 1 – Usos da água e causas da pobreza de água.....	33
Figura 4 – Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba.....	38
Quadro 2 – Classificação dos resultados do IPH.....	51
Figura 5 – Componentes do IPH da RHMRPB.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis selecionadas para desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica.....	40
Tabela 2 – Limites da normalização das variáveis do IPH.....	48
Tabela 3 – Componentes principais dos componentes do IPH na RHMRPB.....	49
Tabela 4 – Pesos dos componentes do IPH na RHMRPB (componente principal do desenvolvimento sustentável).....	50
Tabela 5 – Pesos dos componentes do IPH na RHMRPB (componente principal dos recursos hídricos).....	50
Tabela 6 – Valores das variáveis e normalizados dos componentes do IPH para a RHMRPB.....	53
Tabela 7 – Resultados dos IPH's para a RHMRPB, utilizando a ponderação pela componente principal do desenvolvimento sustentável e a componente principal dos recursos hídricos.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
CBH-PB	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba
DPSIR	Força Propulsora-Pressão-Estado-Impacto-Resposta
DSR	Força Propulsora-Estado-Resposta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPH	Índice de Pobreza Hídrica
IQA	Índice de Qualidade da Água
MEMIS	Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais incorporando Indicadores de Sustentabilidade
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PSR	Pressão-Estado-Resposta
RHMRPB	Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
UAR	Unidade Ambiental de Referência
UNICEF	United Nation Children's Fund
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 Indicadores e índices	16
<i>3.1.1 Etapas do desenvolvimento de um índice</i>	<i>20</i>
<i>3.1.2 Aplicabilidade na gestão ambiental</i>	<i>24</i>
3.2 O Índice de Pobreza Hídrica	28
<i>3.2.1 Relação entre recursos hídricos e pobreza</i>	<i>30</i>
<i>3.2.2 Implementações do Índice de Pobreza Hídrica</i>	<i>34</i>
4 METODOLOGIA	38
4.1 Caracterização da Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba	38
4.2 Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica	39
4.2.1 Seleção de variáveis	39
<i>4.2.1.1 Variáveis do componente Recurso</i>	<i>41</i>
<i>4.2.1.2 Variáveis do componente Acesso</i>	<i>41</i>
<i>4.2.1.3 Variáveis do componente Capacidade</i>	<i>43</i>
<i>4.2.1.4 Variáveis do componente Uso</i>	<i>44</i>
<i>4.2.1.5 Variáveis do componente Meio Ambiente</i>	<i>45</i>
4.2.2 Normalização das variáveis	46
4.2.3 Ponderação dos componentes	47
4.2.4 Agregação dos componentes	50
4.2.5 Classificação do índice	51
5 RESULTADOS	52
6 DISCUSSÃO	56

6.1 Sobre a avaliação da adequação do Índice de Pobreza Hídrica a Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba-----	56
6.2 Sobre a análise dos componentes do Índice de Pobreza Hídrica-----	57
7 CONCLUSÃO -----	61
8 REFERÊNCIAS -----	62

1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental é um processo que define objetivos e metas de uma organização para uso, controle, proteção e conservação do meio ambiente, sempre levando em consideração as limitações econômicas e sociais, a fim de alcançar um desenvolvimento sustentável (SEIFFERT, 2011). Além disso, Seiffert (2011) ainda relata que a gestão ambiental necessita ser flexível e buscar a melhoria e avaliação contínua de suas ações, de maneira a estar sempre evoluindo no sentido de superar as limitações econômicas, sociais e ambientais, com a finalidade de atender as necessidades básicas de todos os seres humanos indefinidamente (BARBIERI, 2016).

Dentre os pré-requisitos para realização de uma boa gestão ambiental, a avaliação contínua se destaca por fornecer informações valiosas que irão orientar os passos a serem seguidos no gerenciamento ambiental da organização, através da análise dos resultados de uma determinada ação, verificação de um padrão mínimo de qualidade, identificação de possíveis causas para o não cumprimento de meta, indicação de possíveis correções no sistema, entre outras finalidades (CAMPOS E MELO, 2008; FIGUEIREDO, 1996).

Devido à importância da avaliação contínua em sistemas de gestão ambiental, foi criada a norma ISO 14031 (ABNT, 2004), que apresenta caminhos para as organizações compreenderem, demonstrarem e melhorarem seu desempenho ambiental. No escopo do modelo de avaliação de desempenho ambiental, apresentado nesta norma, os indicadores são ferramentas fundamentais capazes de comparar desempenho ambiental de uma organização com sua política ambiental, objetivos, metas e outros critérios, bem como avaliar a evolução dessa organização ao longo do tempo.

Nesse sentido, N. Maranhão (2007) define indicadores como instrumentos que unam várias informações e forneçam, de forma simplificada, um panorama da situação da gestão das águas. Estes indicadores, fornecem uma percepção profunda do sistema a partir da observação de parte dele, sendo este o principal objetivo do indicador.

Mesmo com a capacidade do indicador de resumir o sistema sem perder informação, ainda existem sistemas onde sua complexidade não pode ser representada por um único indicador. A fim de analisar os vários aspectos de um sistema, os indicadores que o representam são agregados em índices, que são valores escalares, adimensionais, que obtêm uma representação compacta e objetiva de um sistema complexo (MARANHÃO, N., 2007; UNEP, 2007).

Na categoria de sistemas ambientais de grande complexidade estão os sistemas de gestão dos recursos hídricos, que por vezes são mal geridos devido a falta de uma informação completa, contudo, clara, objetiva e transparente. Sendo assim, índices podem ser utilizados para melhorar a gestão desses sistemas.

Dentre os índices que representam a efetividade na gestão dos recursos hídricos, foi desenvolvido no Reino Unido, pelo *Centre for Ecology and Hydrology*, o Índice de Pobreza Hídrica (IPH), que tem o intuito de avaliar a gestão dos recursos hídricos segundo os fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, relacionando a pobreza da população com a disponibilidade de água (MLOTE; SULLIVAN; MEIGH, 2002). Essa abordagem multicriterial, levando em consideração conhecimentos locais e valores culturais, torna o índice mais capaz de direcionar os tomadores de decisão a escolhas mais acertadas (MOLLE; MOLLINGA, 2003).

Sullivan, Meigh e Lawrence (2006) mostram que o IPH é dividido em cinco componentes: Recurso, Acesso, Capacidade, Uso e Meio Ambiente. O componente Recurso considera a quantidade e a qualidade da água dentro do sistema estudado, outro fator importante que é levado em consideração é a variabilidade temporal da água. O componente Acesso avalia a extensão do acesso à água para usos múltiplos, levando em consideração o tempo gasto com a coleta de água, a distância da fonte de água, o papel da mulher e a existência de conflitos. O componente Capacidade mostra a habilidade que a população tem em gerir sua água, através de variáveis que medem a renda, educação e saúde. O componente Uso abrange os principais usos da água no sistema (doméstico, industrial, agrícola, pecuário, de geração de energia entre outros) e a eficiência destes. E por fim, o componente Meio Ambiente que considera a integridade ambiental relacionada aos recursos naturais, considerando a degradação e a produtividade do meio ambiente.

Diante da capacidade de representação do IPH em relação a gestão dos recursos hídricos, esse trabalho objetiva implementá-lo na Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba, pois é uma área de grande importância social e econômica do estado da Paraíba e que sofre frequentemente com a disponibilidade de água. Sendo assim, espera-se verificar a capacidade do IPH em auxiliar a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos desta região hidrográfica a fim de melhorar sua condição de pobreza hídrica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Implementar o Índice de Pobreza Hídrica para a Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba.

2.2 Objetivos específicos

- Efetuar um levantamento de informações sobre a Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba e da metodologia de desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica;
- Identificar as variáveis adequadas ao desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica na região hidrográfica em estudo;
- Avaliar a pobreza hídrica da Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba;
- Realizar avaliação da adequação do Índice de Pobreza Hídrica desenvolvido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Indicadores e índices

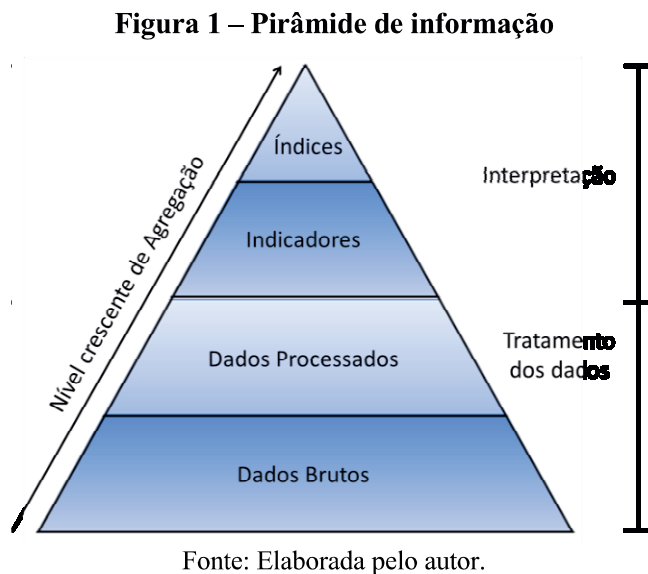
Há registros de indicadores desde a antiguidade, os quais eram coletados através de censos e serviam principalmente para se ter controle sobre as populações dos impérios e cobrar-lhes impostos. Todavia, estes só se tornaram instrumentos voltados ao planejamento prospectivo após a segunda guerra mundial, nascendo o que Kayano e Caldas (2002) chamam de primeira geração de indicadores, que são indicadores direcionados a uma visão unidimensional, geralmente econômica, do sistema, sendo de fácil entendimento e disponíveis em praticamente todos os países, como é o caso do Produto Interno Bruto (PIB), que por muito tempo foi utilizado para balizar o nível de desenvolvimento dos países.

O indicador por etimologia significa aquilo que indica, mas o indicador é muito mais que isso. Realizando um compendio dos diferentes conceitos de indicador (CECCONI; FRANCESCHINI; GALETTO, 2007; DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002; GARRIGA; FOGUET, 2010; JUNIOR; COSTA, 2011; KAYANO; CALDAS, 2002; LUNA, 2007; MARANHÃO, N., 2007; UNEP, 2007; UNESCO, 2013) verificou-se que indicador é uma ferramenta de representação confiável e imparcial de um sistema sob uma base contextual, no qual essa representação extrapola os limites da base contextual, fornecendo uma visão abrangente de todo o sistema, com a finalidade de melhorar o entendimento, comparar, avaliar resultados de intervenções, avaliar a distância para um objetivo, auxiliar na tomada de decisão, monitorar, fiscalizar ou prever tendências.

Na maioria das vezes um único indicador não é capaz de representar o sistema como um todo, assim, N. Maranhão (2007) cita que pode ser realizada uma agregação dos dados na forma de um índice. O índice é um valor escalar, adimensional, gerado pela agregação matemática de indicadores, obtendo uma representação compacta e objetiva de um sistema complexo (MARANHÃO, N., 2007; UNEP, 2007).

A relação entre indicadores e índice pode ser melhor entendida através da pirâmide da informação (Figura 1), na qual, a base é formada por uma diversidade alta de dados, sem nenhuma espécie de tratamento, chamada de dados brutos, ou seja, resultados de observações e medições diretas ou indiretas. À medida que os dados brutos são tratados estatisticamente, retirando os erros e as inconsistências, estes se tornam capazes de serem organizados em um banco de dados e apresentarem uma informação; até esse nível ocorre um trabalho de tratamento de dados e é voltado aos especialistas, cientistas e técnicos. Aumentando o nível de agregação

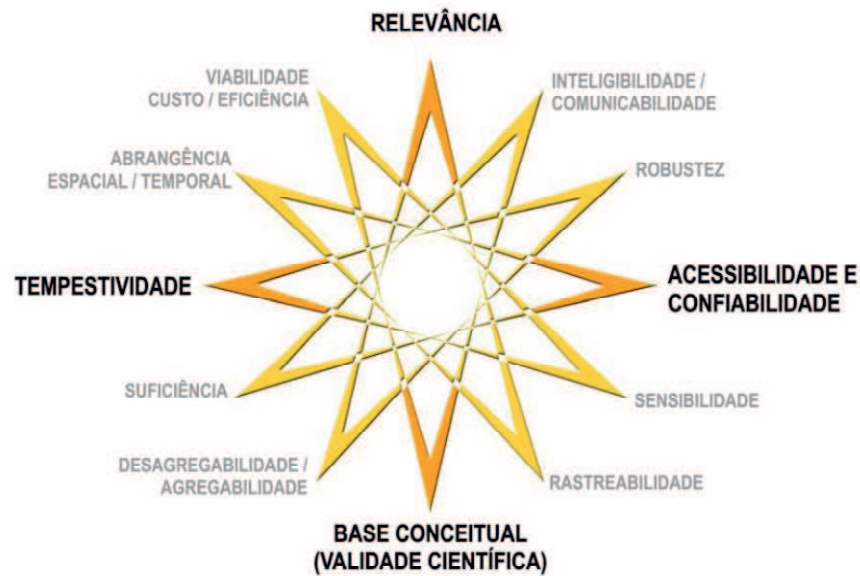
chega-se aos indicadores, que unem as informações, também conhecidas como variáveis. Por sua vez, os índices são agregações de indicadores, esses níveis de agregação (indicadores e índices) fazem parte de um trabalho de interpretação, que busca através de uma representação de um sistema, por uma base contextual, entendê-lo de maneira abrangente; isso é realizado por tomadores de decisão, gestores e o público em geral (LUNA, 2007; MARANHÃO, N., 2007; MOLLE; MOLLINGA, 2003).



Apesar de indicadores e índices serem conceitualmente diferentes, existem características comuns a eles que devem ser observadas para que esses sejam considerados adequados. Dessa forma, para simplificar a exposição das características de um bom indicador ou índice, ao falar das propriedades desses, os indicadores e índices serão denominados apenas de indicadores.

Há uma série de autores discutindo as melhores características que um indicador deve ter (DALE; BEYELER, 2001; DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002; JUNIOR; COSTA, 2011; JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012; KAYANO; CALDAS, 2002; LUNA, 2007; MARANHÃO, N., 2007; NIEMEIJER; DE GROOT, 2008; UNEP, 2007), mas N. Maranhão (2007) mostra em seu trabalho uma figura (Figura 2), que resume grande parte dessas características dos bons indicadores, portanto, esta foi a principal referência utilizada na exposição das características de um bom indicador.

Figura 2 – Características de um bom indicador



Fonte: N. Maranhão (2007).

Como mostrado na Figura 2, as quatro características mais importantes de um indicador são relevância, tempestividade, base conceitual e acessibilidade e confiabilidade. A relevância é a capacidade que o indicador tem de fornecer as informações para as quais este foi criado, identificando a essência do sistema que este estuda. A tempestividade é a capacidade do indicador de prover informações em tempo hábil, dando condições que ações sejam tomadas antes que os problemas possam surgir. O indicador deve ser construído sob uma base conceitual com validade científica e de metodologia conhecida, a fim de evitar qualquer ambiguidade sobre o que o indicador mede e seus resultados. Por último a acessibilidade e confiabilidade referem-se aos dados e ao indicador, respectivamente; ou seja, os dados que compõem o indicador devem ser acessíveis, de fácil manuseio, que possam ser usados com o mínimo de tratamento possível e de preferência que já existam em bancos de dados; por sua vez, o indicador deve ser confiável, tendo sido testado nas mais diversas situações; isso não garante que o indicador seja acurado, pois um indicador apenas precisa dar um sinal de como está o sistema e quais suas tendências (DALE; BEYELER, 2001; JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012; MARANHÃO, N., 2007).

Em Niemeijer e de Groot (2008), é mostrada a sugestão de o indicador ser *SMART* (uma alusão à palavra inglesa que significa esperto/inteligente), acrônimo formado pelas iniciais das características *Specific* (específico), *Measurable* (mensurável), *Achievable* (acessível), *Relevant* (relevante) e *Time-bound* (tempestivo), que se comparado às características expostas no parágrafo anterior, a acessibilidade, relevância e tempestividade

coincidem e a especificidade e mensurabilidade são definidas em uma base conceitual, assim, as duas propostas são iguais.

Retornando às características da Figura 2, o indicador também deve ter:

- Viabilidade: O indicador deve ser viável economicamente e tecnicamente, pois não há utilidade alguma de um indicador, se os dados que o compõe não possam ser gerados por falta de recursos financeiros ou tecnológicos (KAYANO; CALDAS, 2002).
- Abrangência espacial e temporal: O indicador pode apresentar resultados locais, regionais, nacionais e internacionais pela escala espacial e de curto, médio e longo prazos para a escala temporal, desta forma, deve haver a definição das escalas adequadas já na base conceitual.
- Suficiência: O indicador deve ser capaz de, por si só, representar todas as nuances do sistema, que este se propõe a representar.
- Agregabilidade e desagregabilidade: O indicador deve ser flexível o suficiente para que os dados que o compõem possam ser agregados e desagregados sempre que necessário, podendo também ser realizada a integração do indicador com outros dados, indicadores ou índices (DALE; BEYELER, 2001; JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012).
- Rastreabilidade: Esta propriedade é a capacidade de reproduzir os resultados do indicador, seja pelo acesso aos dados utilizados ou pela forma como eles foram tratados e calculados no indicador.
- Sensibilidade: O indicador deve ser sensível para as mudanças do sistema no tempo e no espaço, a fim de poder avaliar o que causa essas mudanças, mas essa sensibilidade não deve ser demasiada, para evitar que fatores insignificantes do sistema venham a interferir nos resultados, bem como evitar que o indicador seja manipulável (DALE; BEYELER, 2001; JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012).
- Robustez: Esta característica está ligada à característica da confiabilidade e da sensibilidade, pois é a ideia de o indicador produzir dados confiáveis, mesmo com interferência de fatores previamente definidos e em diferentes circunstâncias (NIEMEIJER; DE GROOT, 2008).
- Inteligibilidade/comunicabilidade: Como o indicador tem a função de comunicar, essas características são essenciais. Tanto os resultados, como o cálculo do indicador deve ser o mais simples e claro possível, permitindo o entendimento de todos, mesmo que não sejam especialistas e também permitir a comparação com outros casos de aplicação do

indicador. Porém, é importante ressaltar que deve haver a busca pelo equilíbrio entre simplicidade e apresentação de resultados robustos (DALE; BEYELER, 2001).

Difícilmente um indicador será capaz de englobar todas essas características, e muitas vezes o aumento de uma característica implica na diminuição de outra. Devido a isso, aquele que se propõe a desenvolver um indicador deve ter a habilidade de ser flexível e equilibrar o indicador para que essas características sejam aplicadas.

3.1.1 Etapas do desenvolvimento de um índice

Juwana, Muttill e Perera (2012) apresentam uma descrição de como desenvolver um índice, seguindo cinco etapas predefinidas, na qual a primeira é a seleção de variáveis, a segunda a normalização das variáveis, a terceira a ponderação, a quarta a agregação e a quinta a análise de robustez. Sendo que as duas primeiras estão relacionadas à construção do indicador, a terceira e a quarta ligada à construção do índice e a última de validação do índice.

Na primeira etapa é realizada a seleção das variáveis que comporão o indicador, sendo esta escolha sempre sob uma base conceitual, respeitando também as características de um bom indicador, supracitadas na Seção 3.1. Dale e Beyeler (2001) mostram três dificuldades na etapa de seleção: os programas de monitoramento geralmente têm limitações da quantidade de dados, isso é um problema, pois pode tornar a representação por indicadores falha, devido à falta de dados seguros, que muitas vezes implica em excesso de simplicidade, pela aplicação de estimativas, contudo, é importante não exagerar no detalhamento, pois pode tornar o indicador impraticável; definição ambígua dos objetivos é outra dificuldade, pois é necessário a clareza dos objetivos para se saber o que será medido; e o fato da etapa de seleção frequentemente não estar pautada em um rigor científico, finaliza esse conjunto de dificuldades, que impede as variáveis escolhidas de serem imparciais, não repetidas e/ou não manipuláveis.

Existem várias estruturas conceituais para basear a escolha das variáveis, mas todas elas utilizam o mesmo princípio de separar as variáveis por tipos e analisar dentre esses tipos os que melhor representam o sistema.

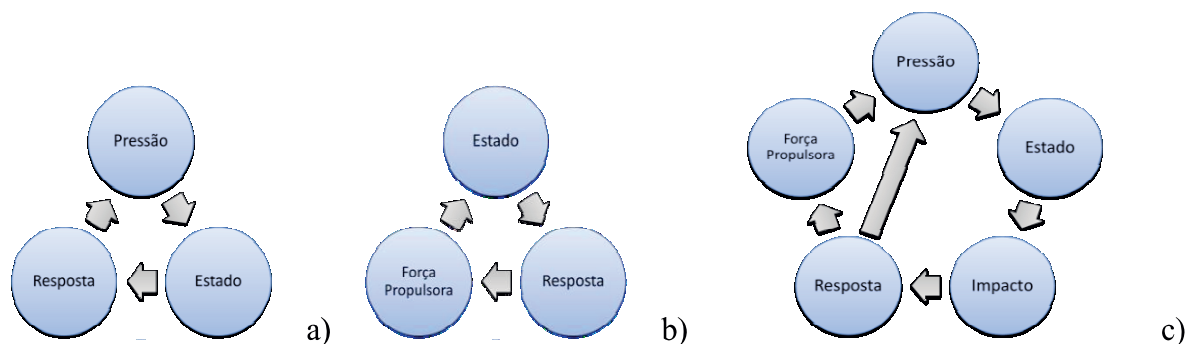
N. Maranhão (2007) apresenta a estrutura conceitual de Matriz de Indicadores-Metas, que relaciona os candidatos às variáveis que comporão o indicador com a base conceitual envolvida, os objetivos, as metas, o local e o tempo em que será aplicado o indicador; dentro desses aspectos as variáveis são segregadas em de recurso, de produto e de resultado. As variáveis de recurso são aquelas que representam os recursos do sistema que afetam diretamente

nos resultados produzidos por este, por exemplo, disponibilidade per capita de água ou porcentagem da população com coleta de esgoto. As variáveis de produto representam os bens, serviços e materiais produzidos pelo planejamento, mas que não interferem nos resultados dos objetivos deste planejamento, como exemplo, reuniões, relatórios, cursos e treinamentos. As variáveis de resultado representam os resultados efetivamente alcançados por um planejamento, que podem ser comparados com metas estabelecidas neste, como é o caso de informações sobre melhorias da qualidade de vida da população.

A estrutura conceitual de Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MEMIS), apresentada por Deponti, Eckert e Azambuja (2002), escolhe as variáveis através da apresentação delas pelos interessados na análise do sistema, sendo aquelas mais repetidas escolhidas ao final. Contudo, é importante ressaltar que todos os participantes do processo passam por um treinamento, sobre o que é o sistema e os objetivos que devem ser alcançados, para serem capazes de selecionar as variáveis adequadas.

Mostrada em vários trabalhos (MARANHÃO, N., 2007; NIEMEIJER; DE GROOT, 2008; UNEP, 2007) a estrutura conceitual de Pressão-Estado-Resposta (PSR) (Figura 3a) e suas variantes Força Propulsora-Estado-Resposta (DSR) (Figura 3b) e Força Propulsora-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (DPSIR) (Figura 3c), aparecem como as mais favoráveis estruturas a empregar numa escolha de variáveis, sendo baseadas numa análise de causa e efeito, no qual uma pressão, causada pelas atividades humanas (força propulsora), muda o estado (criando um impacto) do sistema que por sua vez, cria uma resposta da sociedade ao tentar se adaptar às mudanças no sistema, que novamente gera uma pressão, fechando o ciclo.

Figura 3 – Estruturas conceituais PSR, DSR e DPSIR



Fonte: Elaborada pelo autor.

As variáveis são classificadas nos seguintes grupos:

- Força propulsora: Representações das diversas atividades humanas que podem ocasionar tanto mudanças positivas como negativas. Exemplo: Uso do transporte à base de combustível fóssil.
- Pressão: Representações de ações que afetam diretamente o sistema. Exemplo: Emissão de gases do efeito estufa.
- Estado: Representações que refletem a situação do sistema, bem como suas tendências. Exemplo: Concentração de gases do efeito estufa na atmosfera.
- Impacto: Representações dos efeitos causados pelas pressões exercidas no sistema. Exemplo: Aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera ou aumento da temperatura média do Planeta.
- Resposta: Representações das ações realizadas pela sociedade para alcançar algum objetivo, frente às mudanças do estado e impactos no sistema, influenciando as forças propulsoras e pressões. Exemplo: Controle da emissão de gases do efeito estufa ou mudança de hábitos da população.

Ainda no trabalho de Niemeijer e de Groot (2008) foi desenvolvido, dentro da metodologia do PSR e suas variantes, uma rede de causas-efeitos, que não considera o sistema como corrente linear, como mostrado na Figura 3, tornando a análise mais próxima da complexidade do sistema, porém também mais complicada e muitas vezes até impraticável.

Todas essas metodologias de seleção de variáveis e indicadores devem ser realizadas de forma participativa, unindo a produção do conhecimento com a criação de normas (RAMETSTEINER et al., 2011), representadas pelo conhecimento científico, produzido pelos especialistas, e os anseios da sociedade, respectivamente. Esta abordagem participativa é interessante para entender melhor as interações entre o meio natural e o social, bem como os objetivos e os aspectos mais importantes a se considerar na base conceitual, pois muitas vezes a melhor representação científica não é a melhor para alcançar os objetivos.

A segunda etapa da metodologia exposta em Juwana, Muttil e Perera (2012) é a normalização das variáveis, pois como o indicador agrega informação de diversas unidades é necessário torná-las adimensionais para poder uni-las.

Uma das metodologias mais simples de normalização é o da classificação, no qual, após a obtenção das variáveis, estes são arranjados de forma ascendente ou descendente e normalizados em valores adimensionais; esta metodologia apesar de simples causa perda de informação no processo.

Outra metodologia é o redimensionamento contínuo, que classifica os valores entre 0 e 1 ou 0 e 100. As variáveis são classificadas através de limites superior e inferior, que podem ser definidos por metas a serem alcançadas ou os valores extremos do conjunto de dados. As Equações 1 e 2 mostram as fórmulas para fazer o redimensionamento contínuo nas escalas de 0-1 e 0-100, respectivamente, quando o limite superior é o mais preferido, caso contrário são usadas as Equações 3 e 4.

$$S_i = \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \quad (1)$$

$$S_i = \frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \times 100 \quad (2)$$

$$S_i = 1 - \left(\frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \right) \quad (3)$$

$$S_i = 100 - \left(\frac{X_i - X_{inf}}{X_{sup} - X_{inf}} \right) \times 100 \quad (4)$$

Onde, S_i é o valor normalizado, X_i é o valor a ser normalizado, X_{inf} o limite inferior e X_{sup} o limite superior.

O método do redimensionamento categórico é calculado da mesma forma que o método do redimensionamento contínuo, com apenas uma modificação, no qual após a normalização dos valores, estes são categorizados em classes, que podem ser numéricas ou qualitativas.

A porcentagem das diferenças anuais durante dois anos consecutivos é outro método de normalização. Nesta, os valores são normalizados por limites impostos pelos resultados do ano anterior; a Equação 5 mostra como normalizar por este método.

$$S_i = \frac{X_{i,t} - X_{i,t-1}}{X_{i,t}} \quad (5)$$

Onde, S_i é o valor normalizado, $X_{i,t}$ é o valor a ser normalizado e $X_{i,t-1}$ é o valor do ano anterior.

A última metodologia apresentada por Juwana, Muttill e Perera (2012) é a da distância para uma referência, no qual o valor a ser normalizado é dividido por um valor de referência (Equação 6), resultando no valor normalizado.

$$S_i = \frac{X_i}{X_r} \quad (6)$$

Onde, o X_i é o valor a ser normalizado, X_r é o valor de referência e S_i é o valor normalizado.

Continuando na etapa três da metodologia de Juwana, Muttill e Perera (2012) para construção de índices, vem o passo da ponderação. Na construção de um índice podem ser agregados variáveis ou indicadores (componentes) mais ou menos importantes dentro do sistema, sendo necessário determinar pesos para cada componente do índice, podendo ser realizado por métodos estatísticos ou participativos. O primeiro grupo reúne métodos estatísticos para analisar a correlação entre os componentes de um índice e avaliar qual o peso referente a cada um, dependendo da influência que cada um causa no resultado final do índice. O segundo grupo utiliza a opinião de experts e/ou interessados no sistema, para avaliar quais componentes do índice são mais ou menos importantes e ponderá-los.

A quarta etapa da metodologia é a agregação, que é realizada por um método aritmético ou geométrico. O cálculo aritmético (Equação 7) realiza uma perfeita substituíbilidade e compensação dos componentes do índice pelo valor do índice, que busca o valor médio entre todos os componentes, o que faz com que os componentes de valores maiores sejam compensados por componentes de valores menores. O cálculo geométrico (Equação 8), por outro lado, não realiza uma perfeita substituíbilidade e compensação dos componentes, buscando valorizar as extremidades do conjunto de dados agregados, de maneira que quanto mais distantes forem os valores dos componentes, mais distante da medida central o resultado do índice será (JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012).

$$I = \sum_{i=0}^N w_i S_i \quad (7)$$

$$I = \prod_{i=0}^N S_i^{w_i} \quad (8)$$

Onde, I é o valor do índice, w_i o peso atribuído ao componente S_i e N é o número de componentes no índice.

A quinta e última etapa é referente à análise de robustez, na qual o índice passa por análises de incerteza e sensibilidade, em diferentes circunstâncias, como locais, conjunto de indicadores, método de cálculo, entre outras. Esta análise é importante para avaliar situações particulares do índice, seus pontos fortes e limitações e componentes do índice que gerem inconsistências nos resultados do índice (JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012).

3.1.2 Aplicabilidade na gestão ambiental

Para entender a aplicabilidade de indicadores e índices na gestão ambiental, inicialmente é necessário entender o conceito desse sistema de administração, o qual é apresentado por Seiffert (2011) como:

[...] um processo adaptativo e contínuo, através do qual as organizações definem, e redefinem, seus objetivos e metas relacionados à proteção do ambiente, à saúde de seus empregados, bem como clientes e comunidade, além de selecionar estratégias e meios para atingir objetivos num tempo determinado através de constante avaliação de sua interação com o meio ambiente externo (SEIFFERT, 2011, p. 7).

Analisando a definição anteriormente exposta, ressalta-se algumas sentenças relevantes, que indicam a necessidade da gestão ambiental ser *flexível* (ser capaz de modificar seus objetivos, metas e ações conforme a dinâmica do sistema administrado), *contínua* (ser um processo que faz parte do cotidiano da organização, buscando a melhoria continuada do sistema), *holística* (ser um processo que busca a sustentabilidade da organização, não se preocupando apenas com os aspectos ambientais, mas também sociais e econômicos) e *mensurável* (ser um processo capaz de ser medido e conseqüentemente avaliado, a fim de verificar a efetividade de suas ações).

Seiffert (2011) ainda discorre que a gestão ambiental é constituída de três elementos básicos, a política, o planejamento e o gerenciamento. Nessa ótica a política é o conjunto de princípios e diretrizes legais que refletem os anseios da sociedade e regulamentam o uso, controle, proteção e conservação do meio ambiente. Por sua vez, o planejamento é a avaliação prospectiva que visa adequar o uso, controle, proteção e conservação do meio ambiente, compatibilizando os anseios expressos na política ambiental com proposição de intervenções estruturais e não estruturais. Enquanto que o gerenciamento é o conjunto de ações que executam e avaliam os planos de uso, controle, proteção e conservação do meio ambiente e nunca devem ser confundidos com a própria gestão, pois é apenas uma parte desta.

Inicialmente as propostas de gestão ambiental eram acanhadas, estimuladas apenas pela escassez de recursos. Contudo, a medida que os impactos relacionados a urbanização, industrialização e catástrofes ambientais de grande proporção tomaram conta do cotidiano da sociedade, a mesma inseriu no mercado uma consciência ambiental muito mais complexa, voltada não apenas a preservação do ambiente para o seu uso, mas também a internalizar os

impactos causados pelo processo produtivo das organizações (BARBIERI, 2016). No aspecto institucional a evolução foi semelhante, na qual inicialmente as organizações eram desarticuladas e a medida que as questões ambientais ganharam destaque estabeleceram uma série de regras no formato de comando e controle, que atualmente vem sendo substituídas por regras de mercado, que claramente são mais eficientes, pois caso as organizações não se adequem não serão competitivas (SEIFFERT, 2011).

No atual nível de gestão ambiental, Barbieri (2016) mostra que qualquer proposta deve conter pelo menos três dimensões, denominadas de temática, espacial e institucional. A dimensão temática delimita em qual assunto as ações da gestão ambiental irão se concentrar, se na emissão de efluentes, na preservação de recursos ambientais, na educação ambiental ou nos mais diversos temas, contudo, o que se deve levar em consideração é que esses temas estão conectados e uma intervenção em um deles promove mudanças em outros. A dimensão espacial, por sua vez, define a abrangência da ação da gestão ambiental, podendo atuar de forma local, regional, nacional e até global. E a dimensão institucional que se refere aos responsáveis pela ação, que pode ser uma instituição intergovernamental, governamental, não-governamental, a sociedade civil ou empresas.

Barbieri (2016) ainda fala sobre uma quarta dimensão, a dimensão filosófica, a qual a partir das ações de gestão ambiental, mudanças na forma como o homem se relaciona com a natureza vão se modificando, podendo causar aversão as questões ambientais ou interesse extremo por eles. Com base nesses posicionamentos, é importante deixar claro que qualquer extremo é prejudicial, portanto deve-se buscar atender as necessidades humanas, respeitando os limites do meio ambiente, a fim de alcançar um desenvolvimento sustentável.

Diante da conceituação anteriormente apresentada, Seiffert (2011) e Figueiredo (1996) indicam três estágios de atuação na gestão ambiental, por parte das organizações, sendo caracterizados em:

- Estágio 1: As organizações buscar manter-se longe dos problemas ambientais, resolvendo-os apenas para permanecer adequadas a legislação. Os sistemas de gestão ambiental são informais e entregues a técnicos que resolvem os problemas sem envolvimento da organização.
- Estágio 2: As organizações nesse estágio possuem sistemas de gestão ambiental formais e buscam estarem regular diante da legislação, mas também buscam oportunidades de ganhos no processo.

- Estágio 3: Nessa condição, as organizações possuem a visão de antecipação dos problemas ambientais, envolvendo em seus sistemas ambientais vários tipos de riscos, não apenas os já identificados, mas também os potenciais. De forma a integrar todas as atividades da organização.

No trabalho de Figueiredo (1996) ainda são apresentados outros dois estágios, o Estágio 0 e o Estágio 4, definidos como:

- Estágio 0: As organizações não percebem seus impactos ambientais e, portanto, não fazem nada para evita-los, eliminá-los ou mitiga-los.
- Estágio 4: Nesse nível, as organizações possuem seu sistema de gestão ambiental aplicado a todos os setores e níveis, os quais realizam avaliações continuadas de suas ações, a fim de buscar melhoria contínua e oportunidades, analisando o ciclo de vida do produto e os processos e operações, direta ou indiretamente relacionados as ações da organização.

Na busca por alcançar o quarto estágio da gestão ambiental, normas foram desenvolvidas e entre as mais conhecidas está a série ISO 14000, que especifica requisitos para organizações que desejem implementar sistema de gestão ambiental, a fim de alcançar metas ambientais estabelecidas pela própria organização.

No entanto, a implementação de um sistema de gestão ambiental não garante por si só a eficiência nos resultados, para isso é necessário a avaliação contínua (CAMPOS E MELO, 2008). Nesse sentido, no escopo da série ISO 14000, foi inserida a norma ISO 14031 (ABNT, 2004), que trata da avaliação de desempenho ambiental, a qual deve ser avaliada através de indicadores.

Dentro desse contexto, os indicadores são ferramentas para monitorar as ações das organizações e mensurar os resultados destas, a fim de verificar o alcance de uma determinada meta ambiental, visando a melhoria contínua do sistema (CAMPOS E MELO, 2008). Todavia, o indicador possui muitas outras funções dentro de um sistema de gestão ambiental, como a verificação de um padrão mínimo de qualidade ambiental, identificação de possíveis causas para o não cumprimento de meta, indicação de possíveis correções no sistema, auxílio no desenvolvimento de planos futuros, auxílio na tomada de decisão, mensuração do grau de sucesso de uma ação, demonstração ao público das ações de melhoria e monitoramento do estado do meio ambiente (CAMPOS E MELO, 2008; FIGUEIREDO, 1996).

Para conseguir alcançar essa variedade de finalidades, o indicador necessita ter características adequadas apresentadas por Lo-Iacono-Ferreira, Capuz-Rizo e Torregrosa-López (2018) como inteligível, útil, padronizado, sensível, coerente e representativo, enquanto que por Figueiredo (1996) como devendo ter simplicidade, utilidade e credibilidade, características essas que são muito semelhantes as apresentadas na Seção 3.1, portanto não necessitam ser novamente discutidas.

Contudo, Butt (2018) alerta que apesar do próprio conceito de indicador expressar a necessidade deste produzir um resultado imparcial, em muitos casos este pode ser enganoso, dependendo de como for realizada sua base conceitual, como for utilizado os termos técnicos e critérios de cálculo e como e por quem for efetuada a interpretação desses resultados. No mesmo trabalho, essa distorção nos resultados é explicada pela busca da viabilidade do indicador, que pode causar perda de informação excessiva, produzindo resultados parciais, distorcidos ou enganosos. Portanto, o indicador por si só não é capaz de realizar uma avaliação adequada do sistema ambiental, mas sim a avaliação dos resultados do indicador, analisando todos os seus vieses pode representar a real situação do sistema.

3.2 O Índice de Pobreza Hídrica

Há uma variedade de definições do IPH, alguns autores o definem simplesmente como um índice que combina medidas de disponibilidade e acesso à água com a capacidade das pessoas em ter o acesso à água (MOLLE; MOLLINGA, 2003), outros, como um índice que vincula o bem-estar da população com a disponibilidade de água, indicando o grau de impacto da escassez de água nas populações humanas (LAWRENCE; MEIGH; SULLIVAN, 2002; LUNA, 2007; SULLIVAN; MEIGH; LAWRENCE, 2006). Todavia, a definição mais completa é apresentada em Foguet e Garriga (2011), Garriga e Foguet (2010), Mlote, Sullivan e Meigh (2002) e Sullivan e Meigh (2003), no qual o IPH é conceituado como uma ferramenta interdisciplinar e holística que integra dados das ciências naturais e sociais, envolvendo a disponibilidade de água, o uso desta de maneira produtiva, a capacidade das pessoas em ter acesso à água e os fatores ambientais que esta água sustenta, para avaliar a pobreza hídrica.

O IPH foi desenvolvido na década de 2000, pelo *Centre for Ecology and Hydrology* de Wallingford no Reino Unido, com o objetivo de realizar uma medida integrada da escassez de água, unindo estimativas de disponibilidade de água e variáveis socioeconômicas que indicam pobreza, avaliando a relação entre pobreza e disponibilidade de água (KOMNENIC; AHLERS; VAN DER ZAAG, 2008; MLOTE; SULLIVAN; MEIGH, 2002). Sullivan (2002)

mostra em seu trabalho que o IPH pode ser desenvolvido por quatro metodologias, o método do intervalo, a abordagem de matriz, a abordagem de simples análise do tempo e a abordagem do índice composto convencional.

Dentre os métodos existentes, o do índice composto é o mais utilizado e em sua abordagem há uma série de componentes que são conjugadas para construção do índice, medindo a disponibilidade de água, o acesso à água segura e ao esgotamento sanitário e o tempo gasto na coleta de água, esses componentes têm pesos, respectivamente, que quando somados devem resultar no valor unitário. O cálculo do IPH por esse método é realizado através da Equação 9.

$$IPH = w_A A + w_S S + w_T (100 - T) \quad (9)$$

Onde, IPH é o Índice de Pobreza Hídrica, w_A é o peso atribuído ao componente disponibilidade de água, A é o componente disponibilidade de água, w_S é o peso atribuído ao componente esgotamento sanitário, S é o componente esgotamento sanitário, w_T é o peso atribuído ao componente tempo gasto na coleta de água e T é o componente tempo gasto na coleta de água.

À medida que o índice foi sendo desenvolvido, a abordagem do índice composto foi se tornando o método mais conhecido, passando por melhorias que resultou num IPH constituído por cinco componentes (Recurso, Acesso, Capacidade, Uso e Meio Ambiente), com pesos para cada componente, que somados resultam no valor um, sendo o índice estimado pela Equação 10. O componente Recurso é a disponibilidade física de água superficial, subterrânea, entre outras formas que sejam relevantes no local estudado (águas meteóricas, águas virtuais, água armazenada, água dessalinizada e reuso, por exemplo), levando em consideração não apenas a quantidade de água, mas também a variabilidade e a qualidade desta. O componente Acesso transmite a extensão do acesso à água para usos múltiplos, considerando a distância da fonte de água segura, o tempo para coleta da água e outros fatores como o papel da mulher na provisão de água e a existência de conflitos. O componente Capacidade mede a habilidade da população em gerir a água, caracterizada por variáveis relacionadas com renda, educação e saúde, podendo ser incluídas também variáveis que meçam o nível de participação pública no processo de gestão dos recursos hídricos. O componente Uso mede a eficiência do uso múltiplo da água, com ênfase nos usos doméstico, agropecuária e industrial. E o componente Meio Ambiente representa a integridade ambiental relacionada aos recursos naturais, considerando a

degradação e a produtividade do meio ambiente (SULLIVAN; MEIGH, 2003; SULLIVAN; MEIGH, 2006; SULLIVAN; MEIGH; LAWRENCE, 2006).

$$IPH = w_R R + w_A A + w_C C + w_U U + w_{MA} MA \quad (10)$$

Onde, IPH é o Índice de Pobreza Hídrica, w_R é o peso atribuído ao componente Recurso, R é o componente Recurso, w_A é o peso atribuído ao componente Acesso, A é o componente Acesso, w_C é o peso atribuído ao componente Capacidade, C é o componente Capacidade, w_U é o peso atribuído ao componente Uso, U é o componente Uso, w_{MA} é o peso atribuído ao componente Meio Ambiente e MA é o componente Meio Ambiente.

Há uma tendência da utilização do IPH em detrimento de outros índices que analisam a disponibilidade da água, como ferramenta de diagnóstico, para representar a situação da escassez de água e pobreza da população num determinado espaço e tempo ou como uma ferramenta de monitoramento, a fim de avaliar o progresso das ações de gestão dos recursos hídricos, devido às vantagens que esse apresenta (SULLIVAN; MEIGH, 2003). Luna (2007), Mlote, Sullivan e Meigh (2002) e Sullivan e Meigh (2003) mostram que as principais vantagens do IPH são a abordagem holística; a construção sistemática e transparente do índice; a utilização de uma base de dados já existente; a possibilidade de uma representação da complexidade das questões da água por valores numéricos; a capacidade de eleger prioridades de necessidades; a capacidade de habilitar os tomadores de decisão a agir imparcialmente, com base em escolhas racionais; a capacidade de informar as comunidades sobre a situação em que elas se encontram; a capacidade de aplicação em diferentes escalas espaciais; e a simplicidade de expressão dos resultados.

Apesar das vantagens do IPH, nenhum país ainda o utiliza como ferramenta de apoio à decisão, na extensão de seu território, pois essa prática se limita a falta de um banco de dados que una as diferentes instituições, nos diferentes níveis de gestão, criando uma rede de informações com uma abordagem integrada de coleta, armazenamento e uso dos dados e a inclusão do valor dos recursos naturais no planejamento macroeconômico do país, para que estivessem justificados os investimentos que por ventura fossem realizados. Nesse aspecto, fica clara a relação do IPH com as políticas públicas, mostrando que este é um índice com capacidade de melhorar diferentes enfoques da sociedade, com foco na disponibilidade de água.

3.2.1 Relação entre recursos hídricos e pobreza

Como discutido, o objetivo do IPH é avaliar a relação entre a pobreza e os recursos hídricos, mas como ocorre essa relação? Inicialmente para entender essa relação é preciso definir o que é pobreza. No trabalho de Luna (2007) há uma discussão sobre os diversos fatores que devem ser considerados na definição de pobreza, mas a autora somente conclui que o conceito deve estar adequado à aplicação na tomada de decisão de políticas públicas, objetivando a redução ou erradicação da pobreza, e não defini pobreza, pois esta é muito complexa e dinâmica variando em relação ao tempo e ao espaço.

Luna (2007) classifica a pobreza como absoluta e relativa. A pobreza absoluta equivale a uma medida, geralmente de renda, na qual todos os indivíduos que estiverem abaixo desse valor são considerados pobres; um exemplo disso é a linha da pobreza, que avalia certa quantidade monetária necessária para manter as necessidades básicas e participar da vida em sociedade. A pobreza relativa, por sua vez, é uma relação entre o padrão médio de vida de uma população, geralmente medido através da renda, e todos os indivíduos que estão abaixo desse padrão são considerados pobres.

Algo interessante de notar é que nessas classificações, a pobreza é sempre medida pela renda, contudo, a renda não é a única forma de medir pobreza ou riqueza de uma população, pois existem outros bens como acesso à informação, bem-estar social e interação com a natureza que independem e não são medidos pela renda. Com ênfase nesses aspectos Sen (1983) *apud* Luna (2007) introduz o conceito de qualidade de vida, a qual não é medida pelos bens que um indivíduo possui e sim pela capacidade que o indivíduo tem de utilizar esses bens para satisfazer-se, logo “a qualidade de vida das pessoas não é consequência direta do desenvolvimento econômico e sim um requisito para esse desenvolvimento” (LUNA, 2007, p. 22).

Nesse sentido, há três perspectivas da pobreza, a pobreza relacionada a um nível de rendimento, a pobreza relacionada à privação das condições básicas para manter as necessidades humanas e a pobreza relacionada à capacidade, na qual o indivíduo é pobre quando ele sente a ausência de alguma capacidade, que o impede de ter qualidade de vida (LUNA, 2007).

Apesar da complexidade e dinâmica da pobreza, Desai (1995) *apud* Mlote, Sullivan e Meigh (2002) define, brilhantemente e de uma forma simples, a pobreza como privação da capacidade, que é classificado em:

- Capacidade de ficar vivo/usufruir uma vida longa;
- Capacidade de assegurar a reprodução biológica;

- Capacidade para vida saudável;
- Capacidade para interação social; e
- Capacidade de ter conhecimento e liberdade de pensamento e expressão.

As capacidades anteriores são analisadas em termos de direitos de capital, que são o capital natural, o capital físico, o capital financeiro, o capital humano e o capital social. Estes direitos de capital são encarados como fatores de produção que devem ser utilizados para desenvolver um contínuo crescimento da qualidade de vida da população, sem trazer uma redução irreversível destas capacidades, focando na sustentabilidade e respeitando os limites da Terra (MLOTE; SULLIVAN; MEIGH, 2002).

Diversos estudos sobre a pobreza já foram desenvolvidos, mas muito poucos relacionaram os recursos hídricos à pobreza, dentre estes está o trabalho da World Health Organization (WHO) e da United Nation Children's Fund (UNICEF) pela Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Este programa realiza, em nível nacional, uma relação entre os dados de acesso à água e ao esgotamento sanitário, relacionando-os à situação socioeconômica dos países avaliados (SULLIVAN; MEIGH; LAWRENCE, 2006). Esse estudo deu início à discussão do conceito de pobreza de água, que para alguns autores é apenas a dificuldade de as pessoas assegurarem o acesso adequado e confiável à água, por outro lado, alguns autores definem como a incapacidade das pessoas em pagar pela água (KOMNENIC; AHLERS; VAN DER ZAAG, 2008). Desta maneira, Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) estabelecem que as pessoas são pobres de água quando não têm este recurso para as necessidades básicas devido à indisponibilidade dele, seja pela distância do corpo hídrico, pela degradação da qualidade da água ou simplesmente pela inexistência de água. Nesse mesmo trabalho, os autores dizem que as pessoas também podem ser pobres de água devido à pobreza de renda, situações em que há água disponível, mas a população não tem como pagar por ela. Contudo, no trabalho desenvolvido por Komnenic, Ahlers e van der Zaag (2008), aplicando o IPH em países com alto acesso à água, foi concluído que nessas localidades até mesmo os pobres de renda têm acesso à água, logo a definição de pobreza de água dada por Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) não é universalmente aplicável, necessitando que haja um aperfeiçoamento da definição.

Com a finalidade de avaliar as diferentes circunstâncias da pobreza de água Molle e Mollinga (2003) propuseram uma classificação dos usos de água e das causas da pobreza de água, apresentados no Quadro 1, tornando possível uma diversidade de combinações para

explicar a pobreza de água, sem pretensões de unir todas as possibilidades, mas apenas de fornecer uma visão geral de como pode ocorrer a pobreza de água.

Quadro 1 – Usos da água e causas da pobreza de água

Uso
[U1] Dessedentação – O mais vital e inelástico uso, considerado um direito humano, varia de 1 a 5 litros por dia, dependendo do clima local.
[U2] Uso Doméstico – Compreende o uso doméstico mais básico: cozinhar, limpar e realizar a higiene pessoal.
[U3] Segurança Alimentar – Corresponde ao recurso hídrico necessário às populações que produzem seu próprio alimento, como as comunidades rurais que realizam uma agricultura de subsistência.
[U4] Produção Econômica – O recurso hídrico necessário à produção de bens e que a escassez não afeta drasticamente o uso doméstico e a segurança alimentar.
[U5] Necessidades Ambientais – Recurso hídrico necessário para manter o ecossistema sustentável, não só em quantidade, mas também em qualidade.
Causa
[C1] Escassez Física – A escassez absoluta, na qual a disponibilidade do recurso hídrico é limitada pela natureza.
[C2] Escassez Econômica – Falta de acesso ao recurso hídrico pela impossibilidade dos indivíduos de pagar ou dispor de tempo para coleta da água, devido à distância.
[C3] Escassez Gerencial – Escassez devido à falta de gestão no sistema físico de suprimento de água, como vazamento no sistema de abastecimento de água, reservatórios sem manutenção, falta de controle na irrigação, aquíferos comprometidos, entre outras situações.
[C4] Escassez Institucional – Falha da sociedade em manejar o crescimento da demanda ou antecipar situações de crise, sendo incapaz de aplicar tecnologia e inovação institucional adequada.
[C5] Escassez Política – A subordinação política cria uma barreira para os indivíduos terem acesso à água disponível.

Fonte: Adaptado de Molle e Mollinga (2003).

A combinação U1C1 é a situação mais crítica, que ocorre no semiárido nordestino brasileiro, onde eventos de seca impedem a população de ter água até para beber. A combinação U3C3 é uma situação de comprometimento da produção alimentar de subsistência devido a problemas com o sistema de distribuição, seja por perdas ao longo da rede ou tecnologia ineficiente de irrigação. A combinação U3C4 seria novamente o comprometimento da produção alimentar de subsistência, mas agora devido à incapacidade da população em gerir suas ações frente aos recursos hídricos, como um caso de impossibilidade de irrigação, devido a poluição causada pelo lançamento de efluentes a montante do corpo de água. Outra combinação interessante é a U3/4C5, que representa uma situação semelhante à encontrada entre Israel e Palestina, onde a Palestina é impedida de realizar suas atividades econômicas e de subsistência,

devido a problemas políticos com Israel, que detém o controle da água a montante dos rios que passam na Palestina.

A partir dos conhecimentos previamente expostos fica, então, possível entender a relação entre os recursos hídricos e a pobreza, na qual a escassez de água é causa e consequência da pobreza, isso porque a escassez de água diminui sensivelmente a capacidade das pessoas, tornando-as pobres e incapazes de gerir corretamente os recursos hídricos, de maneira que os usos ineficientes decorrentes dessa má gestão induzem à escassez de água (KOMNENIC; AHLERS; VAN DER ZAAG, 2008; LUNA, 2007; MANANDHAR; PANDEY; KAZAMA, 2011, MARANHÃO, R., 2010), criando um círculo vicioso. Todavia, deve-se ter em mente que a escassez de água, por si só, não determina o nível de pobreza ou prosperidade de uma comunidade (FOGUET; GARRIGA, 2011; MLOTE; SULLIVAN; MEIGH, 2002), pois há uma infinidade de fatores que influenciam na pobreza, necessitando para isso uma abordagem holística; por isso o IPH é uma ferramenta tão pertinente.

3.2.2 Implementações do Índice de Pobreza Hídrica

O IPH foi experimentado em diversas partes do mundo e nas diferentes escalas em que pode ser utilizado, contudo, de uma forma muito experimental, a fim de avaliar o potencial que o índice tem de ser empregado universalmente. Nessa seção, os principais casos de emprego do IPH no mundo e também no Brasil serão mostrados e discutidos os resultados.

A primeira implementação do IPH foi feita pelos próprios pesquisadores do *Centre for Ecology and Hydrology*, em escala nacional. Lawrence, Sullivan e Meigh (2002) aplicaram o IPH em 147 países, criando uma classificação do país com maior IPH para o de menor; em geral os países desenvolvidos lideraram a classificação feita pelos autores, mas algumas surpresas foram bem interessantes, como o caso da Guiana e do Suriname que ficaram na quinta e sexta posição, respectivamente, devido aos altos valores nos componentes Recurso, Acesso e Uso e o caso da Bélgica que ficou na quinquagésima sexta posição, pois os componentes Recurso e Meio Ambiente tiveram valores muito baixos. O Brasil ficou na quinquagésima posição, apresentando valores médios para os componentes Recurso, Acesso e Uso e baixos valores para os componentes Capacidade e Meio Ambiente.

A comparação entre o Haiti e a República Dominicana, apresentada em Sullivan, Meigh e Lawrence (2006) mostra claramente a utilidade do IPH em escala nacional, pois estes dois países, que dividem uma mesma pequena ilha, têm condições meteorológicas e hidrológicas iguais, contudo a clara pobreza da população e falta de gestão com os recursos

hídricos e o meio ambiente no Haiti, faz com que este tenha um IPH de 35,12 pontos, enquanto que a República Dominicana tem IPH de 59,40 pontos.

Sullivan e Meigh (2006) e Sullivan, Meigh e Lawrence (2006) mostram em seus trabalhos a limitação do IPH em escala nacional, através dos resultados da implementação feita por Lawrence, Sullivan e Meigh (2002), no qual a Guiana se mostra abundante em recursos hídricos, com uma população pequena e com bons níveis de educação e saúde e grande parte de suas florestas preservadas. Contudo, essa é a realidade da população costeira do país, que difere bastante das condições da população urbana e periurbana, que tem sérios problemas de quantidade e qualidade da água. Nesses casos é muito mais efetivo concentrar os esforços para melhorar o acesso à água dessa população, diferente do que sugere o IPH em escala nacional.

Utilizando uma metodologia para eliminar os componentes do IPH que tivessem alta correlação, ainda empregando os dados de Lawrence, Sullivan e Meigh (2002), Cho, Ogwang e Opio (2009), chegaram à conclusão que apenas os componentes Capacidade e Meio Ambiente eram representativos e que os quinze primeiros países classificados foram todos países desenvolvidos, com o Canadá liderando-os. Contudo, a busca por remover dados repetidos terminou por culminar na eliminação do caráter holístico do índice, mostrando resultados que desconsideram a disponibilidade dos recursos hídricos e como essa água alcança a população e é utilizada, pois países como Estados Unidos, França e Alemanha, com baixos valores nos componentes Recurso e Uso, estiveram entre os primeiros países da classificação feita pelos autores.

Um estudo em escala nacional para os países limítrofes da Bacia do Rio Sava (Eslovênia, Croácia, Bósnia-Hezergovina e a antiga Sérvia-Montenegro) foi realizado, com o intuito de analisar como o IPH se comportaria em países com alto acesso, mas em diferentes situações de desenvolvimento socioeconômico; foi encontrado que a Sérvia e Montenegro era pobre em água, mas no país até os pobres tinham acesso à água e ao esgotamento sanitário, com uma cobertura de 93% e 87%, respectivamente, muito mais que a maioria dos países do mundo. Logo, não faz sentido dizer que um país desse nível é pobre em água (KOMNENIC; AHLERS; VAN DER ZAAG, 2008).

Em escala de bacia o IPH foi implementado nas porções média e superior da Bacia do Rio Jequetepeque no Peru, em 41 sub-bacias, por Garriga e Foguet (2010) e Foguet e Garriga (2011) utilizando uma metodologia que mistura a abordagem do índice composto do IPH com o modelo PSR. O IPH se mostrou muito útil, apresentando as sub-bacias que precisavam de mais atenção e os componentes que estavam com os piores valores.

Outra implementação foi realizada no Departamento de Lavalle em Mendoza, Argentina. O Departamento de Lavalle é uma Unidade Ambiental de Referência (UAR), área que vincula um conjunto de subsistemas natural, antrópico e cultural com características semelhantes. Essa espacialização foi escolhida porque na Argentina os dados são dispostos por UAR's e não por bacias hidrográficas. Foi aplicado o IPH para todo o Departamento de Lavalle, dividindo-o em região de oásis e deserto da UAR e foi observado que o grande problema da UAR é a disponibilidade dos recursos hídricos e a fragilidade do ecossistema, por ser um deserto, sendo esses fatores mais críticos no deserto que no oásis (ABRAHAM; FUSARI; SALOMÓN, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Kali Gandaki, estudada por Manandhar, Pandey e Kazama (2011), também indicou diretrizes muito importantes aos tomadores de decisão sobre a situação das sub-bacias que a compõem.

Mlote, Sullivan e Meigh (2002) implementaram o IPH em escala de comunidade, em doze comunidades piloto da Tanzânia, Sri Lanka e África do Sul, coletando dados diretamente com os moradores, por meio de questionários. Várias formas de IPH foram testadas, IPH para estação seca e chuvosa, para áreas urbanas e rurais e aplicando pesos às variáveis dos componentes. Os autores encontraram resultados bem consistentes com a realidade local, todavia, essa metodologia se torna impraticável de ser aplicada em grandes áreas; bem como houve sobreposição nas variáveis que constituem o índice (SULLIVAN; MEIGH, 2006; SULLIVAN; MEIGH; LAWRENCE, 2006).

Uma implementação do IPH, em escala de comunidade, que cobriu todo um país foi realizada por Heidecke (2006) em Benin. Destaca-se que isso só foi possível, porque o país é muito pequeno, com apenas 112.000 km² de área. Ele testou o IPH com uma variedade de formas, com pesos iguais e diferentes, com e sem o componente Capacidade e construíram cenários prevendo determinadas prioridades de ações governamentais, dando um poderoso subsídio aos tomadores de decisão.

Na Bolívia o IPH foi implementado em dez comunidades pilotos através da mesma metodologia utilizada por Garriga e Foguet (2010) e Foguet e Garriga (2011) na implementação do IPH no Peru. Foram encontrados resultados muito condizentes com a realidade, classificando as dez comunidades em três grupos de pobreza hídrica, criando uma diretriz das áreas que necessitavam de maior atenção (GARRIGA; FOGUET, 2010).

Parga et al. (2013) usaram o IPH na Província de Límari, no Chile, para cinco comunidades e na própria província que está localizada na bacia hidrográfica de mesmo nome, tendo sido concluído que as comunidades que estão na parte superior da província apresentam

menor pobreza hídrica do que as demais comunidades, devido principalmente as condições socioeconômicas da população que permite uma melhor gestão dos recursos hídricos.

Recentemente, algumas aplicações do IPH em escala de comunidade foram realizadas, especificamente em regiões do Egito (EL-GAFY, 2018) e em comitês de desenvolvimento de aldeias da sub-bacia do alto curso do Rio Bagmati, no Nepal (THAKUR; NEUPANE; MOHANAN, 2017). Em todos esses casos o IPH resultou na apresentação de prioridades, não apenas em quais áreas deveriam ser realizadas intervenções mais iminentemente, mas também qual o setor que precisaria de mais atenção, em relação aos componentes do IPH.

O IPH também já foi implementado no Brasil. No Ceará foi trabalhado por Luna (2007) e R. Maranhão (2010), a primeira autora utilizou o índice nos 33 municípios da Bacia do Salgado, utilizando uma metodologia que busca adequar o IPH ao semiárido brasileiro, subtraindo o componente Recurso do componente Uso, chamando a diferença de componente Disponibilidade; verificou que os municípios de Umari, Caririaçu, Abaiara e Jardim eram os mais pobres de água e Barbalha, Juazeiro do Norte e Crato os com maiores IPH's; a segunda autora utilizou a mesma metodologia proposta por Luna (2007), para os municípios de Cratêus, Independência, Novo Oriente, Parambu, Quiterianópolis e Tauá, mas não conseguiu adequar o índice a esses lugares, pois os resultados não foram representativos.

No ano de 2016 o estado do Rio de Janeiro foi objeto de dois estudos, empregando o IPH a nível de comunidade, sendo realizado na comunidade do Gargaú (SANTOS; FERREIRA, 2016) e no assentamento João Batista (LERNER; FERREIRA, 2016). Em ambos os casos, os indicadores utilizados para compor o IPH foram obtidos através de entrevistas com moradores e indicou quais os principais problemas, sendo que Lerner e Ferreira (2016) ainda apresentaram possíveis soluções para estes.

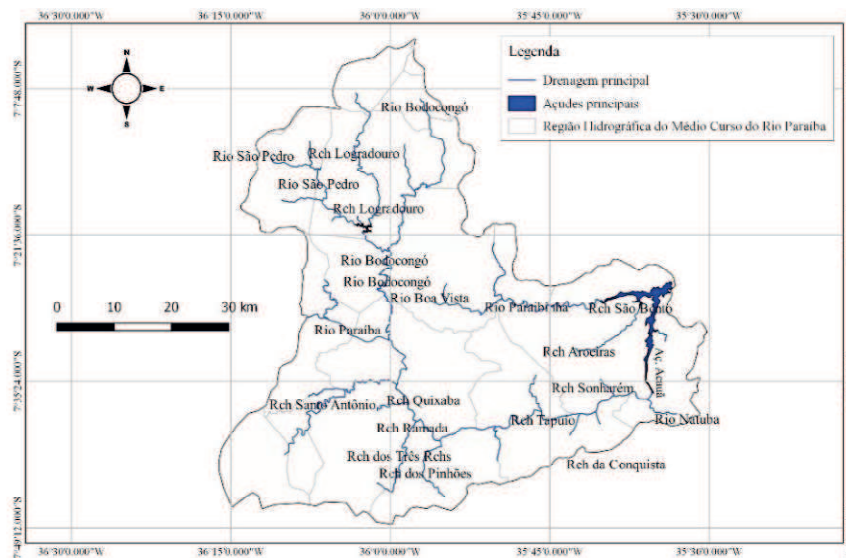
A Bacia do Rio Paraíba foi estudada quanto à pobreza hídrica através do IPH, especificamente nos municípios do médio curso do Rio Paraíba, tendo sido empregada a mesma metodologia do trabalho de Luna (2007) e sido constatado que o componente Acesso fez toda a diferença no valor final do índice, levando Campina Grande, município com maior percentual de domicílios com esgotamento sanitário dos municípios estudados, ao topo da classificação feita e Gado Bravo e Barra de Santana com os piores valores de IPH, pois também tiveram as piores porcentagens de cobertura de suprimento de água e esgotamento sanitário (ALMEIDA; LIRA; CURI, 2012).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba

Com 3.760,65 km² de área, a Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba (RHMRPB), possui um clima semiárido quente a semiúmido, com pluviosidade entre 600 mm e 1.100 mm, concentrado nos meses de abril a julho. Localizada no Planalto da Borborema, entre as latitudes 7°3'58'' e 7°47'43'' Sul e as longitudes 35°26'47'' e 36°16'11'' Oeste (Figura 4), o Médio Paraíba é uma região de transição de clima, relevo, fauna e flora, apesar do bioma predominante ser a caatinga, que sofre um processo de *agrestização* do brejo, devido a atividades agropecuárias (AESAs, 2004).

Figura 4 – Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba



Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (AESAs, 2006), a região apresenta uma disponibilidade hídrica de 84.290.000 m³.ano⁻¹, praticamente toda superficial, tendo como maior corpo hídrico o Açude Argemiro de Figueiredo (Acauã), com capacidade máxima de acumulação de 253.000.000 m³, apresentando qualidade da água prejudicada pela salinidade e dureza, possuindo restrição para os usos no abastecimento humano, na agricultura e indústria. Por sua vez, a demanda para o ano de 2013 foi de 69.622.393 m³.ano⁻¹, estando a disponibilidade praticamente toda ativada.

A Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba é habitada por 540.519 pessoas, estando 81% na zona urbana e 19% na zona rural, possuindo Índice de Desenvolvimento

Humano (IDH) médio de 0,682 e PIB per capita de R\$ 9.523,82. O setor educacional conta com 1275 escolas de ensino pré-escolar, fundamental e médio, taxa de escolaridade média de 0,76 e taxa de alfabetização média de 0,77. A mortalidade infantil é baixa, mas a infraestrutura de saúde ainda deixa a desejar, possuindo 1429 leitos hospitalares, distribuídos nos municípios de Campina Grande, Barra de Santana, Boqueirão, Natuba e Umbuzeiro, abaixo do recomendado pela WHO. O saneamento é bom na condicionante abastecimento de água, pois 84% dos domicílios são abastecidos por rede, mas o esgotamento é precário com apenas 64% dos domicílios cobertos por rede de coleta, por sua vez, a coleta de resíduos sólidos acontece em 84% dos domicílios, mas todo o restante possui um manejo inadequado, em especial na zona rural, pois são os locais que comumente não possuem coleta de resíduos sólidos (BRASIL, 2011; IBGE, 2010a).

4.2 Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica

Assim como verificado na Seção 3.2.2, vários trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de implementar o IPH em suas diversas escalas, algumas vezes realizando modificações para adequá-lo à realidade local. Com o mesmo intuito foi realizado modificações no IPH, com a finalidade de adequá-lo às particularidades da RHMRPB, no entanto sempre respeitando a essência do IPH introduzida nos trabalhos de Sullivan (2002) e Lawrence, Meigh e Sullivan (2002).

Vale a pena destacar que o IPH é um índice formado por três níveis de agregação, sendo o primeiro nível denominado variáveis, o segundo nível componentes e o terceiro nível índice. Todavia, compondo o primeiro nível de agregação existem índices, indicadores e variáveis, e não apenas variáveis.

4.2.1 Seleção de variáveis

A seleção das variáveis ocorreu através de uma lista de verificação de variáveis utilizadas em trabalhos anteriores de implementação do IPH, das quais foram escolhidas aquelas mais adequadas às características da RHMRPB e que possuísem um banco de dados pré-existente de origem confiável, além de unir características de um bom indicador; com ênfase na relevância, viabilidade, acessibilidade, confiabilidade, tempestividade e robustez. A lista de variáveis selecionadas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis selecionadas para desenvolvimento do Índice de Pobreza

Componente Recurso		
Variável	Unidade	F
- Disponibilidade per capita de água	m ³ .ano ⁻¹ .hab ⁻¹	AESA (2006), AESA e SECTE
- Índice de qualidade da água	-	S
- Variabilidade quantitativa da água (coeficiente de variação)	%	AESA (20
- Variabilidade qualitativa da água (coeficiente de variação)	%	AESA (20
Componente Acesso		
Variável	Unidade	F
- Acesso ao abastecimento de água	%	
- Acesso ao esgotamento sanitário	%	
- Acesso à irrigação	%	
Componente Capacidade		
Variável	Unidade	F
- PIB per capita	R\$.hab ⁻¹	
- Índice de GINI	-	
- Taxa de mortalidade infantil em menores de 5 anos	‰	
- Índice de educação	-	
- Participação pública	-	
Componente Uso		
Variável	Unidade	F
- Consumo per capita de água	L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	
- Eficiência monetária do uso agropecuário	R\$.m ⁻³	AESA (
- Eficiência monetária do uso industrial	R\$.m ⁻³	AESA (
Componente Meio Ambiente		
Variável	Unidade	F
- Porcentagem de cobertura vegetal	%	
- Quantidade de espécies em ameaça de extinção	-	
- Variação da safra	%	
- Eficiência na outorga	-	

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2.1.1 Variáveis do componente Recurso

A primeira variável do componente Recurso é a disponibilidade per capita de água, que é a parcela da potencialidade hídrica que foi ativada, ou seja, está acessível aos usos múltiplos (AESAs, 2006). Dividindo a disponibilidade hídrica pela população que se beneficia dela, encontra-se a disponibilidade per capita de água, que tem o intuito de indicar a quantidade de água que é disponível para cada habitante.

Uma vez que, a disponibilidade per capita de água representa apenas as fontes naturais de água de uma área, então foi necessário incrementar as vazões importadas e decrementar as vazões exportadas, através de adutoras. Assim, foi verificado que a RHMRPB recebe a água da adutora de Boqueirão e exporta água pela adutora Acauã-Leste.

A variável selecionada para medir a qualidade da água no componente Recurso foi o Índice de Qualidade da Água (IQA) (CETESB, 2014), porque o monitoramento da qualidade da água na RHMRPB o utiliza como indicador, porém, nenhum dos autores apresentados na Seção 3.2.2, o utilizaram como variável. Vale a pena ressaltar que o monitoramento é realizado pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), apenas nos principais açudes da bacia, duas vezes ao ano, uma na estação chuvosa e outra na estação seca. Portanto, foi realizado uma média desses valores para estimar o IQA médio para cada açude monitorado. Além disso, para estimar o IQA médio da região estudada foi realizada uma média ponderada entre os IQA's médios dos açudes e suas respectivas capacidades de armazenamento, estas obtidas junto à Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

As últimas variáveis do componente Recurso representam a variabilidade quantitativa e qualitativa das águas. Para representar essa variabilidade foi selecionada a medida de dispersão conhecida como coeficiente de variação. Desta forma, foi calculado o coeficiente de variação para os volumes armazenados dos principais açudes da bacia, durante o ciclo hidrológico 2012-2013, segundo período definido pela AESAs. Por sua vez, a variabilidade qualitativa foi determinada pelo coeficiente de variação dos IQA's do mesmo ciclo hidrológico anteriormente mencionado. Para estimar o coeficiente de variação da área estudada, foi realizada uma média ponderada entre os coeficientes de variação dos açudes e suas respectivas capacidades de armazenamento.

4.2.1.2 Variáveis do componente Acesso

A variável acesso ao abastecimento de água é a variável que busca representar o grau de abastecimento humano e industrial, através da quantidade de domicílios que possuem abastecimento de água. Apesar de ter sido utilizada em implementações do IPH, como sendo a porcentagem de domicílios com abastecimento por rede de distribuição, é importante reconhecer a existência de soluções alternativas de abastecimento que também são capazes de suprir as demandas humanas e industriais.

Tendo em vista o anteriormente exposto foi considerado não só o abastecimento de água por rede de distribuição para representar o acesso ao abastecimento de água, mas também os abastecimentos por carro-pipa; poço ou nascente dentro da propriedade; poço ou nascente fora da propriedade; rio, açude, lago ou igarapé; água da chuva e outras maneiras de abastecimento.

Essas formas de abastecimento foram categorizadas em três classes, tendo a porcentagem dos domicílios referente a cada classe sido aplicada na Equação 11, para calcular a variável acesso ao abastecimento de água. A primeira classe é composta pelos domicílios abastecidos por rede geral, a qual é a forma mais adequada de acesso à água, pois presume-se um abastecimento mais seguro com água de melhor qualidade, sendo assim, a porcentagem dos domicílios da primeira classe recebeu um peso máximo na Equação 11. A classe que comporta as formas de abastecimento parcialmente adequadas é a segunda classe, sendo constituída pelos domicílios abastecidos por carro-pipa, poço ou nascente dentro da propriedade ou água da chuva, as quais são formas de abastecimento em que não existe garantia se houve o tratamento, mas são águas brutas, em geral, de melhor qualidade e/ou estão localizadas próximo dos usuários, assim, a porcentagem dos domicílios da segunda classe recebeu peso intermediário na Equação 11. A última classe é composta pelos domicílios abastecidos por poço ou nascente fora da propriedade; rio, açude, lago ou igarapé e outras maneiras, sendo consideradas formas inadequadas de abastecimento, pois são fontes com facilidade de contaminação, não possuem garantia de existência de tratamento e/ou estão distantes do consumidor, desta forma à porcentagem dos domicílios da terceira classe foi associado peso zero na Equação 11.

$$A_{\text{água}} = C_1 * 1 + C_2 * 0,5 + C_3 * 0 \quad (11)$$

Sendo $A_{\text{água}}$ a variável acesso ao abastecimento de água, C_1 a porcentagem de domicílios da primeira classe, C_2 a porcentagem de domicílios na segunda classe e C_3 a porcentagem de domicílios na terceira classe.

Além do acesso ao abastecimento de água é importante verificar também o acesso ao esgotamento sanitário, variável que representa a cobertura da população por esgotamento sanitário. Da mesma forma que a variável acesso ao abastecimento de água, foram considerados também formas alternativas de esgotamento além da rede coletora, como a fossa séptica, fossa rudimentar, vala, lançamento diretamente em rios, lagos ou mar, não possuir banheiro e outras formas de manejar os efluentes domésticos.

Essas formas de gerenciar os efluentes foram categorizadas em três classes, das quais foi calculada a porcentagem de domicílios de cada, para ser aplicada na Equação 12, a fim de estimar a variável acesso ao esgotamento sanitário. A primeira classe representa as formas adequadas de realizar o manejo dos efluentes, sendo constituída pelos domicílios com rede de esgoto ou fossa séptica; desta maneira, a porcentagem dos domicílios da primeira classe possuem peso máximo na Equação 12. A segunda classe representa as formas parcialmente adequadas de manejar o efluente, nas quais este é lançado em corpos d'água para ser diluído; a porcentagem dos domicílios da segunda classe recebeu peso intermediário na Equação 12. Constituída de manejos inadequados para os efluentes domésticos, a terceira classe une os domicílios com fossas rudimentares, valas, que não possuem banheiro e realizam outros manejos de seus efluentes, constituindo formas mais nocivas ao meio ambiente, uma vez que não há nenhum tratamento ou diluição e ainda têm uma grande possibilidade de contaminar aquíferos, a porcentagem dos domicílios da terceira classe recebeu peso nulo na Equação 12.

$$A_{\text{esgoto}} = C_1 * 1 + C_2 * 0,5 + C_3 * 0 \quad (12)$$

Sendo A_{esgoto} a variável acesso ao esgotamento sanitário, C_1 a porcentagem de domicílios da primeira classe, C_2 a porcentagem de domicílios na segunda classe e C_3 a porcentagem de domicílios na terceira classe.

Para representar o acesso ao abastecimento para uso agrícola foram empregados dados da área plantada e da área irrigada para o ano de 2006 segundo o Censo Agropecuário e a Produção Municipal Agrícola, ambos desenvolvidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), assim, a variável acesso à irrigação foi estimada pela razão entre a área irrigada e a área plantada.

4.2.1.3 Variáveis do componente Capacidade

O componente Capacidade busca representar a habilidade da população em gerir os recursos hídricos através de indicadores referentes à renda, saúde e educação. Para representar a renda foram selecionadas duas variáveis, o PIB per capita e o índice de GINI. O PIB per capita é a divisão de toda a renda gerada numa localidade durante um período, pela população dessa localidade, de maneira que expressa a renda média da população no período, desconsiderando a desigualdade na distribuição de renda. Para incluir a desigualdade na medida de renda no IPH, foi selecionado o índice de GINI, uma variável largamente empregada para essa função.

A variável selecionada para indicar o nível de saúde no componente Capacidade foi a taxa de mortalidade infantil em menores de cinco anos, sendo estimada pela razão entre o número de óbitos em menores de cinco anos por todos os nascidos vivos. Esta variável representa agravos à saúde devido ao desenvolvimento socioeconômico e infraestrutura sanitária e ambiental precárias.

O índice de educação foi a variável selecionada para representar o nível educacional da população, sendo o mesmo índice empregado no cálculo do IDH até o ano de 2009, no qual era realizada uma média ponderada entre a taxa de alfabetização e taxa de escolaridade, com pesos de 2 e 1, respectivamente. A taxa de alfabetização é a razão entre o número de pessoas alfabetizadas, pela população total, enquanto, que a taxa de escolaridade é razão entre o número de pessoas cursando o ensino fundamental, médio e superior pela população com idade entre 7 e 24 anos.

A última variável do componente Capacidade representa diretamente a participação da população na gestão dos recursos hídricos, através da avaliação da participação pública. Portanto, para avaliar o engajamento da população nas tomadas de decisão foram inseridos os aspectos da assiduidade dos membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB) nas reuniões realizadas e a frequência de realização dessas reuniões. A assiduidade dos membros do Comitê foi avaliada pelas listas de presença às reuniões realizadas, sendo a razão entre os membros presentes na reunião e todos os membros do Comitê. Por sua vez, a frequência das reuniões é a razão entre o número de reuniões realizadas no ano pelo número de reuniões planejadas para o ano. Dessa maneira, para estimar a variável participação pública foi realizada uma média entre as variáveis assiduidade dos membros do CBH-PB e a frequência de reuniões do mesmo.

4.2.1.4 Variáveis do componente Uso

No componente Uso foram selecionados os usos doméstico, agropecuário e industrial, para serem analisados, uma vez que são os usos mais representativos da área em estudo. Para representar o uso doméstico foi empregada a variável consumo per capita de água, que avalia a eficiência do uso doméstico através da quantidade de água que é consumida por dia, pela população atendida com abastecimento de água.

A fim de avaliar a eficiência do uso agropecuário foi selecionada a variável eficiência monetária do uso agropecuário, que realiza uma avaliação da eficiência do uso dos recursos hídricos na agropecuária com base em valores monetários, sendo obtida pela razão entre a riqueza gerada pelas atividades agropecuária e o volume de água utilizado no setor.

Para avaliar a eficiência do setor industrial foi selecionada a variável eficiência monetária do uso industrial, que representa a riqueza gerada para cada m³ de água utilizada na indústria, através da razão entre a riqueza gerada e o volume de água usado pela indústria.

4.2.1.5 Variáveis do componente Meio Ambiente

Dentro da base conceitual do componente Meio Ambiente, busca-se avaliar a degradação ambiental e a produtividade do meio ambiente. Sendo assim, para representar a degradação ambiental foram selecionadas as variáveis porcentagem de cobertura vegetal, quantidade de espécies em ameaça de extinção e eficiência na outorga e para representar a produtividade do meio ambiente a variável variação da safra.

A porcentagem de cobertura vegetal representa a preservação da flora, estimada pela razão entre a área com vegetação e a área total estudada. Por sua vez, a variável quantidade de espécies em ameaça de extinção busca representar a preservação da fauna, considerando apenas as aves e os mamíferos, classificados como ameaçados de extinção.

Com a finalidade de representar os mecanismos de proteção ao meio ambiente, foi selecionada a variável eficiência na outorga, que é estimada pela razão entre os usuários com outorga atualizada e todos os usuários outorgáveis, sejam estes com outorgas atualizadas, vencidas ou em processo de outorga.

Representando a produtividade do meio ambiente, está a variável variação da safra, na qual foi analisada a variação da quantidade de produtos agrícolas produzidos nos últimos cinco anos, para todas as culturas da região estudada. A variável é estimada pela Equação 13, e se o resultado for positivo houve um aumento na produção agrícola e se for negativo houve uma diminuição na produção agrícola.

$$V_{safra} = \left(\left(\frac{S_{t+5}}{S_t} \right) - 1 \right) * 100\% \quad (13)$$

Onde, V_{safra} é a variação da safra, S_t é a safra em um tempo predeterminado e S_{t+5} é a safra cinco anos após um tempo predeterminado.

4.2.2 Normalização das variáveis

No desenvolvimento do IPH foi necessário realizar a etapa de normalização, pois a multiplicidade de variáveis, e conseqüentemente de unidades, impede que estas sejam agregadas sem antes torná-las adimensionais.

O método empregado foi o redimensionamento contínuo, apresentado na Seção 3.1.1, utilizando uma escala de 0-100. Cada variável foi normalizada através de um limite superior e de um limite inferior, apresentados na Tabela 2, limites esses selecionados através de dados de órgãos oficiais ou trabalhos acadêmicos, que indicavam valores extremos que representassem metas a serem alcançadas e evitadas, respectivamente. Todavia, para algumas variáveis não foram encontrados estes valores extremos, e, nesses casos, os limites superior e inferior foram os valores máximo e mínimo que a variável era capaz de alcançar.

A variável consumo per capita de água, possui uma particularidade na normalização, no qual esta ocorre através de limites extremos ($200 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e de um limite ótimo ($100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), de maneira que se o consumo per capita de água estiver entre $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e $100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, utiliza-se a Equação 14 e se estiver entre $100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e $200 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, utiliza-se a Equação 15; esta forma de normalização tem o intuito de destacar que tanto a falta de água quanto o uso excessivo desta, comprometem a eficiência do uso doméstico. Em casos em que o consumo per capita de água for menor que $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ou maior $200 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, o valor normalizado é 0.

$$S_i = \frac{X_i - 50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}}{100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1} - 50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}} * 100 \quad (14)$$

$$S_i = 100 - \frac{X_i - 100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}}{200 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1} - 100 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}} * 100 \quad (15)$$

Onde, S_i é o valor normalizado e X_i é o valor do consumo per capita de água a ser normalizado.

4.2.3 Ponderação dos componentes

A etapa de ponderação, no desenvolvimento do IPH, foi realizada em dois momentos, inicialmente para as variáveis e posteriormente para os componentes.

As variáveis foram ponderadas igualmente, pois não houve o intuito de realçar as diferenças de importância entre elas.

Por sua vez, a ponderação dos componentes empregou o método estatístico da Análise de Componentes Principais (ACP), que foi criada por Hotelling em 1933, com o intuito de reduzir a quantidade de variáveis a serem analisadas em um universo amostral, mas preservando a informação, podendo também ser usada como uma metodologia que realiza agrupamentos de indivíduos com características semelhantes, seleciona variáveis mais importantes em determinadas análises e realiza a ponderação de variáveis num universo amostral (JOLLIFFE, 2002).

Tabela 2 – Limites da normalização das variáveis do IPH

Componente Recurso			
Variável	Lim. superior	Lim. Inferior	
- Disponibilidade per capita de água	1700 m ³ .ano ⁻¹ .hab ⁻¹	500 m ³ .ano ⁻¹ .hab ⁻¹	Falke
- Índice de qualidade da água	100	0	
- Variabilidade quantitativa da água (coeficiente de variação)	0%	30%	M
- Variabilidade qualitativa da água (coeficiente de variação)	0%	30%	M
Componente Acesso			
Variável	Lim. superior	Lim. Inferior	
- Acesso ao abastecimento de água	100%	0%	
- Acesso ao esgotamento sanitário	100%	0%	
- Acesso à irrigação	100%	0%	
Componente Capacidade			
Variável	Lim. superior	Lim. Inferior	
- PIB per capita	85.000,00 R\$.hab ⁻¹	1.000,00 R\$.hab ⁻¹	
- Índice de GINI	0,25	0,60	
- Taxa de mortalidade infantil em menores de 5 anos	20‰	50‰	
- Índice de educação	1	0,35	
- Participação Pública	1	0	
Componente Uso			
Variável	Lim. superior	Lim. Inferior	
- Consumo per capita de água	200 L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	50 L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	
- Eficiência monetária do uso agropecuário	40 R\$.m ⁻³	0,70 R\$.m ⁻³	
- Eficiência monetária do uso industrial	400 R\$.m ⁻³	10 R\$.m ⁻³	
Componente Meio Ambiente			
Variável	Lim. superior	Lim. Inferior	
- Porcentagem de cobertura vegetal	75%	10%	
- Quantidade de espécies em ameaça de extinção	0	72	
- Variação da safra	100%	-100%	
- Eficiência na outorga	100%	0%	

Fonte: Elaborada pelo autor.

A ACP é um método de análise multivariada que transforma um conjunto de dados correlacionados em outro conjunto de dados não correlacionados, chamados de componentes principais. Essas componentes são classificadas pela variância do conjunto de dados não correlacionados, contudo, apesar do método da ACP concentrar as análises na variância, ainda emprega a covariância ou a correlação no cálculo das componentes principais, de maneira que estas são representativas das informações fornecidas pelos dados originais (JOLLIFFE, 2002).

Através do software SPSS 13.0, selecionando a opção de cálculo por correlação, a ACP resultou em duas componentes principais (Tabela 3) que juntas explicavam quase 95% da informação dos dados originais, no qual, segundo o critério de Kaiser, na primeira componente principal se destacam os componentes Acesso, Capacidade, Uso e Meio Ambiente e na segunda componente principal se destaca o componente Recurso, sendo assim, está claro que a primeira componente principal representa o desenvolvimento da sociedade e a preservação do meio ambiente, ou seja, o desenvolvimento sustentável e a segunda componente principal representa os recursos hídricos, desta forma, estas podem ser denominadas de componente principal do desenvolvimento sustentável e dos recursos hídricos, respectivamente. Logo, foi decidido utilizar duas ponderações, uma para a componente principal do desenvolvimento sustentável e outra para a componente principal dos recursos hídricos.

Tabela 3 – Componentes principais dos componentes do IPH na RHMRPB

	Componentes Principais	Variância	Variância acumulada
1ª Componente	$0,664R + 0,934A + 0,908C - 0,745U - 0,724MA$	64%	64%
2ª Componente	$0,700R - 0,121A - 0,373C - 0,651U + 0,684MA$	31%	95%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: R = Componente Recurso; A = Componente Acesso; C = Componente Capacidade; U = Componente Uso; MA = Componente Meio Ambiente.

Para a definição dos pesos de cada componente do IPH foi realizada uma razão entre o fator que multiplica o componente do IPH e a soma de todos os fatores da componente principal. Os pesos para os componentes do IPH para a componente principal do desenvolvimento sustentável e para a componente principal dos recursos hídricos são expostos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Pesos dos componentes do IPH na RHM RPB (componente principal do desenvolvimento sustentável)

Componentes	Peso
Recurso	0,17
Acesso	0,24
Capacidade	0,23
Uso	0,19
Meio Ambiente	0,18

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5 – Pesos dos componentes do IPH na RHM RPB (componente principal dos recursos hídricos)

Componentes	Peso
Recurso	0,28
Acesso	0,05
Capacidade	0,15
Uso	0,26
Meio Ambiente	0,27

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2.4 Agregação dos componentes

Para o desenvolvimento do IPH foram realizadas duas agregação, uma primeira que agrega as variáveis, formando os componentes e uma segunda que agrega os componentes, formando o índice. A primeira agregação foi realizada por meio de média aritmética. Contudo, na segunda agregação foi empregada uma média geométrica (Equação 16), que é diferente da agregação original do IPH (SULLIVAN, 2002), mas devido ao método geométrico não realizar a compensação dos componentes do índice, os resultados do IPH apresentam-se mais representativos; essa variação na agregação dos componentes foi utilizada nos trabalhos de Foguet e Garriga (2011) e Garriga e Foguet (2010), apresentando resultados bem consistentes.

$$IPH = R^{w_R} * A^{w_A} * C^{w_C} * U^{w_U} * MA^{w_{MA}} \quad (16)$$

Em que IPH é o Índice de Pobreza Hídrica, R é o componente Recurso, A é o componente Acesso, C é o componente Capacidade, U é o componente Uso, MA é o componente Meio Ambiente, w_R é o peso atribuído ao componente Recurso, w_A é o peso atribuído ao componente Acesso, w_C é o peso atribuído ao componente Capacidade, w_U é o peso atribuído ao componente Uso e w_{MA} é o peso atribuído ao componente Meio Ambiente.

4.2.5 Classificação do índice

A fim de tornar o resultado do IPH mais inteligível, foi criada uma classificação nominal, que é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação dos resultados do IPH

Resultado do IPH	Classificação
0 – 30	Crítica
30 – 40	Alta
40 – 60	Moderada
60 – 90	Baixa
90 – 100	Insignificante

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS

Os primeiros resultados do desenvolvimento do IPH são encontrados na etapa de seleção das variáveis, esta etapa foi a mais extensa e exaustiva, pois nela ocorre a coleta de dados, que devido à necessidade de análise dos bancos de dados, demanda muito tempo. Particularmente, para a RHMRPB a coleta de dados foi dificultada, pois o monitoramento e o sistema de informação dos órgãos que gerenciam os recursos hídricos e o meio ambiente, do Estado da Paraíba, são falhos, optando, em alguns casos, pela utilização de estimativas. Contudo, os dados monitorados em escala federal foram prontamente encontrados e apresentaram confiabilidade. Os valores das variáveis do IPH para a RHMRPB estão dispostos na Tabela 6.

Ainda na Tabela 6 estão os resultados do procedimento de normalização das variáveis do IPH. A forma como foi realizada a normalização, utilizando limites superior e inferior, com base em metas a serem alcançadas e evitadas, respectivamente, tem o objetivo de impedir que em um conjunto de localidades onde se aplique o IPH, sempre haja uma localidade com valor normalizado muito alto e outro muito baixo, como o que ocorreu no trabalho de Komnienic, Ahlers e van der Zaag (2008). Naquela ocasião, a Eslovênia, a Croácia, a Bósnia-Herzegovina e a antiga Sérvia-Montenegro mesmo tendo características muito semelhantes, alguns foram classificados com baixa pobreza hídrica e outros com alta pobreza hídrica, devido à normalização ter sido realizada pelos valores extremos do conjunto de dados, dos países estudados, indicando uma metodologia inadequada.

A etapa de ponderação teve o intuito de dar pesos as variáveis e aos componentes com o mínimo de critérios subjetivos, logo foi utilizada a ponderação por método estatístico, eliminando a ponderação subjetiva, que torna a implementação do índice passível de interpretações errôneas e muitas vezes incomparável com outras implementações do IPH.

Também é importante ressaltar que, os resultados da aplicação do método da ACP apresentaram duas componentes bem consistentes com a base conceitual do IPH, pois uma das ponderações ressalta o desenvolvimento sustentável e a outra os recursos hídricos.

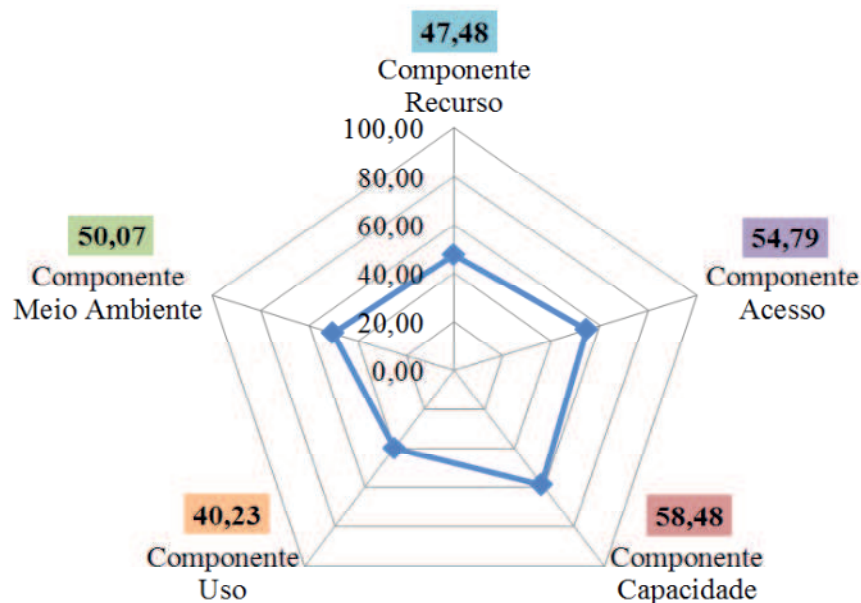
Tabela 6 – Valores das variáveis e normalizados dos componentes do IPH para a RHM

Componente Recurso	
Variável	Valores das variáveis
- Disponibilidade per capita de água	268,60 m ³ .ano ⁻¹ .hab ⁻¹
- Índice de qualidade da água	68,07
- Variabilidade quantitativa da água (coeficiente de variação)	11,08 %
- Variabilidade qualitativa da água (coeficiente de variação)	12,37 %
Componente Acesso	
Variável	Valores das variáveis
- Acesso ao abastecimento de água	89,22 %
- Acesso ao esgotamento sanitário	71,53 %
- Acesso à irrigação	3,62 %
Componente Capacidade	
Variável	Valores das variáveis
- PIB per capita	9.523,82 R\$.ano ⁻¹
- Índice de GINI	0,43
- Taxa de Mortalidade infantil em menores de 5 anos	18,18 ‰
- Índice de educação	0,76
- Participação Pública	0,70
Componente Uso	
Variável	Valores das variáveis
- Consumo per capita de água	108,41 L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹
- Eficiência monetária do uso agropecuário	1,63 R\$.m ⁻³
- Eficiência monetária do uso industrial	114,27 R\$.m ⁻³
Componente Meio Ambiente	
Variável	Valores das variáveis
- Porcentagem de cobertura vegetal	32,43 %
- Quantidade de espécies em ameaça de extinção	9
- Variação da safra	6,55 %
- Eficiência na outorga	25,00 %

Fonte: Elaborada pelo autor.

A primeira agregação resulta nos valores dos componentes para as áreas estudadas. Na Figura 5 estão os valores dos componentes para a RHMRPB, que apresentou resultados moderados para todas as componentes, segundo a classificação determinada na Seção 4.2.5. Contudo, vale a pena destacar que os componentes Acesso e Capacidade possuem valores maiores, destacando o desenvolvimento socioeconômico da região, enquanto que o componente Uso apresentou os menores valores, indicando que os usos múltiplos na região hidrográfica é ineficiente.

Figura 5 – Componentes do IPH da RHMRPB



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados da segunda agregação são os IPH's para a RHMRPB, que segundo a classificação feita na Seção 4.2.5 foi categorizada como de pobreza hídrica moderada, independentemente do tipo de ponderação utilizada. Os resultados para os IPH's da área estudada, utilizando a ponderação pela componente principal relacionada ao desenvolvimento sustentável e a componente principal dos recursos hídricos, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados dos IPH's para a RHMRPB, utilizando a ponderação pela componente principal do desenvolvimento sustentável e a componente principal dos recursos hídricos

Área de estudo	IPH – Componente principal do desenvolvimento sustentável	IPH – Componente principal dos recursos hídricos
Médio Paraíba	50,41	47,92

Fonte: Elaborada pelo autor.

Diante dos resultados é possível verificar que, na ponderação com a componente principal do desenvolvimento sustentável a RHMRPB possui resultado maior que na ponderação com a componente principal dos recursos hídricos. Esse resultado é condizente com os valores apresentados nos componentes do IPH na Figura 5, em que a região hidrográfica claramente possui melhores condições socioeconômicas que ambientais, devido aos valores mais altos dos componentes Acesso e Capacidade e valores mais baixos para os componentes Recurso, Uso e Meio Ambiente.

6 DISCUSSÃO

6.1 Sobre a avaliação da adequação do Índice de Pobreza Hídrica a Região Hidrográfica do Médio curso do Rio Paraíba

Relacionado ao objetivo de realizar uma avaliação da adequação do IPH para a RHMRPB, foi verificado que, a classificação da área como de pobreza hídrica moderada foi prevista, pois em todos os componentes do índice os valores foram entre 40 e 60 pontos, ou seja, dentro da faixa de pobreza hídrica moderada estabelecida na Seção 4.2.5, mesmo que tenha havido um destaque positivo para os componentes Acesso e Capacidade e um destaque negativo para o componente Uso.

Esse resultado descreve bem a RHMRPB, sendo representativo dele, pois apesar de possuir condições naturais em situação difícil, como por exemplo baixa disponibilidade per capita de água, cobertura vegetal escassa e aumento da produção agrícola pouco significativa, atrelado ao baixo rendimento econômico que o uso das águas na região hidrográfica produz, ainda assim possui boas condições sociais, como acesso ao saneamento básico, baixa mortalidade infantil em menores de cinco anos e índice educacional bom.

As circunstâncias supracitadas mostram que apesar das condições de oferta e demanda dos recursos hídricos na região do Médio Paraíba estarem em condições ruins, a situação socioeconômica se destaca positivamente. Logo, é possível verificar que a área necessita de uma melhor gestão dos recursos hídricos, em busca de aumentar a disponibilidade e tornar os usos mais eficientes. Sendo assim, a fim de melhorar a condição de pobreza hídrica na região hidrográfica, seria melhor atuar estrategicamente nos recursos hídricos e nas condições naturais, focando no equilíbrio entre oferta e demanda e preservando o meio ambiente. Contudo, é importante ressaltar que nenhum dos componentes do IPH para a RHMRPB apresentou pontos altos, inclusive nos componentes Acesso e Capacidade que apresentaram os maiores valores. Portanto, o resultado do IPH indica que todas as nuances da pobreza hídrica devem ser objeto de intervenção, desde as condições naturais até as condições socioeconômicas.

Um aspecto interessante a se mostrar é que o trabalho de Almeida, Lira e Curi (2012), aplicando o IPH no Médio Paraíba, apresentou resultados similares ao deste trabalho. No qual a pobreza hídrica também foi moderada e o componente Acesso foi o destaque positivo dentro da análise, especialmente quanto ao acesso ao saneamento básico.

Outro destaque, é que independentemente do tipo de ponderação, a RHMRPB manteve a pobreza hídrica em moderada, fortalecendo a hipótese de que há a necessidade de ações tanto

no âmbito dos recursos hídricos quanto no desenvolvimento sustentável da sociedade. Mesmo assim, vale a pena destacar que para a componente principal do desenvolvimento sustentável a região do Médio Paraíba apresentou IPH melhor, pois nessa ponderação os maiores pesos estão para os componentes Acesso e Capacidade, enquanto que para a ponderação da componente principal dos recursos hídricos os maiores pesos estão nos componentes Recurso, Uso e Meio Ambiente. Logo, como a RHMRPB teve seus maiores valores nos componentes Acesso e Capacidade, o IPH obteve resultado melhor para a componente principal do desenvolvimento sustentável, novamente indicando que a região possui melhor condição socioeconômica que natural.

6.2 Sobre a análise dos componentes do Índice de Pobreza Hídrica

Assim como discutido por Molle e Mollinga (2003), o valor do IPH está relacionado com uma possível análise dos componentes, que pode indicar quais os setores que necessitam de maior atenção, elegendo prioridades no gerenciamento dos recursos hídricos. Desta forma, torna-se necessário discuti-los mais profundamente, realizando o objetivo de avaliar a pobreza hídrica da RHMRPB, para ser entendida melhor a adequação do IPH a esta.

Ao analisar a região do Médio Paraíba, foi verificado que a disponibilidade per capita de água na área é bem pouca – $268,60 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1} \cdot \text{hab}^{-1}$ –, muito abaixo do valor considerado por Falkenmark (1989) apud Brown e Matlock (2011) como de escassez absoluta, ou seja, abaixo de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1} \cdot \text{hab}^{-1}$, explicada pela baixa quantidade de água disponível e grande quantidade de habitantes. Vale a pena ressaltar a dependência da RHMRPB da Região Hidrográfica do Alto curso do Rio Paraíba, no qual se encontra o Açude Epitácio Pessoa que abastece 5 cidades do Médio Paraíba, incluindo Campina Grande, maior centro urbano da região com mais de 400.000 habitantes.

Além desses aspectos, salienta-se no componente Recurso que a qualidade da água dos açudes monitorados é boa, apresentando IQA acima de 68 pontos e a variabilidade quantitativa e qualitativa é media, com coeficientes de variação abaixo de 15%, mas se comparado com outras regiões do semiárido é baixo, indicando que a quantidade e qualidade das águas da região hidrográfica não variam muito ao longo do ano.

Relacionado ao componente Acesso, houveram bons resultados, pois tanto a variável acesso ao abastecimento de água, quanto a variável acesso ao esgotamento sanitário tiveram altos valores, reflexo da alta urbanização dessa área, em especial do município de Campina Grande, que possui mais de 97% da população abastecida por rede de distribuição e 84%

possui rede de esgotamento sanitário ou fossa séptica. Contudo, o acesso de água para irrigação é precário, com menos de 4% das áreas plantadas realizando irrigação.

O componente Capacidade foi o de melhor resultado no Médio Paraíba, principalmente para os indicadores de saúde e educação, possuindo taxa de mortalidade infantil em menores de 5 anos melhor do que o recomendado pelo Banco Mundial (2012) e índice de educação acima de 70. Por outro lado, a renda per capita esta abaixo da média nacional, bem como a distribuição dessa riqueza não é boa, com índice de GINI de 0,43.

No componente Capacidade, destaca-se a variável participação pública que apresentou resultados altos, uma vez que as reuniões do comitê de bacia ocorrem como o planejado para o ano, apesar de a assiduidade às reuniões ser baixa, principalmente em relação aos representantes dos municípios que compõem a bacia. Contudo, com base nas atas de reunião do ano de 2012, foi verificado que os assuntos discutidos ainda estão aquém do objetivo do CBH-PB, com um caráter mais informativo e menos tomador de decisão, não havendo discussões nem sobre os conflitos existentes na bacia.

Por sua vez, o componente Uso apresentou o pior resultado dos componentes do IPH da RHMRPB, no qual, apesar da variável consumo per capita ser bem próximo do valor ótimo recomendado pela ONU, as eficiências monetárias do uso agropecuário e industrial possuem valores bem baixos, necessitando serem desenvolvidas ações prioritárias a esses usos na região hidrográfica.

O resultado do componente Meio Ambiente foi influenciado pela baixa cobertura vegetal, consequência da alta urbanização da área, apesar da quantidade de espécies ameaçadas de extinção ser pouca. Outro aspecto positivo foi o aumento na safra 6,5% entre os anos de 2006 e 2011. Contudo, o instrumento de outorga apresentou-se pouco difundido, pois apenas 25% dos usuários outorgáveis estavam com a outorga vigente. Devido a variação de aspectos positivos e negativos dentro das variáveis que constituem o componente Meio Ambiente, este apresentou resultado moderado.

A análise dos componentes do IPH para a região do Médio Paraíba, subsidia informações muito valiosas para a gestão dos recursos hídricos nessa área, como a clara necessidade de aumento da disponibilidade hídrica, desenvolvimento do acesso ao uso na irrigação, aumento da renda e melhor distribuição dessa, melhoria da eficiência dos usos múltiplos e preservação da integridade ambiental. Salienta-se que essas ações devem ser realizadas de forma integrada, de maneira que uma auxilie a outra no alcance de metas, como por exemplo a melhoria no acesso ao uso na irrigação, juntamente com a preservação do ambiente, melhore a produtividade agrícola e conseqüentemente a eficiência desse uso.

Também, torna-se importante ressaltar que as ações prioritárias apontadas pela análise dos componentes do IPH são muito semelhantes às ações dos programas propostos pelo PERH. No qual, foi verificado que os Programas nº 12, 13, 16, 17, 19 e 20, estão diretamente relacionados ao aumento de disponibilidade de água, seja através de obras como a inserção do Estado da Paraíba no modelo de gestão do projeto de integração do Rio São Francisco com bacias do nordeste setentrional e recuperação e manutenção de açudes ao longo do Estado da Paraíba, ou através de ações operacionais, realizando uma operação integrada dos reservatórios, otimização do uso dos pequenos açudes, que são vitais para o Estado da Paraíba e o melhor aproveitamento dos aquíferos cristalinos, que cobrem 87% do território paraibano.

Aumentar a disponibilidade não ocorre apenas com a gestão da oferta, mas também com a gestão da demanda, portanto, o PERH também propõe programas para melhorar o uso dos recursos hídricos, sendo proposto nos Programas nº 5, 22 e 23, ações que visam a cobrança pelo uso da água, a racionalização do uso urbano e o reuso da água, respectivamente. Essas ações além de aumentar a disponibilidade de água também são capazes de melhorar a eficiência dos usos múltiplos.

O acesso aos usos múltiplos busca ser expandido através dos Programas nº 14, 15 e 18, que são propostas de ações que normatizam o uso dos recursos hídricos na agricultura, realizam a macromedição da água bruta e implantam obras de infraestrutura hídrica, respectivamente, que de forma integrada com outros programas não apenas difunde o acesso a água, como também melhora a eficiência do uso desta.

Com a finalidade de melhorar a capacidade da população em gerir os recursos hídricos, o PERH propôs o Programa nº 1 de apoio à criação e funcionamento de comitês de bacias e associações de usuários de água, trazendo o aspecto da participação pública para a gestão dos recursos hídricos.

Relacionado diretamente à preservação do meio ambiente, o PERH propõe o Programa nº 24 que busca realizar a preservação ambiental dos mananciais, recuperando, protegendo e conservando áreas de nascentes, matas ciliares, e outras áreas de florestas remanescentes, além da realização do zoneamento ecológico-econômico.

O PERH também propõe programas que objetivam gerar informações para subsidiar a tomada de decisão, esses programas seriam indispensáveis para a realização desse trabalho, pois o maior entrave foi a falta de informação sobre a RHMRPB, que poderia ter sido facilmente solucionado se os Programas nº 7, 8 e 9 tivessem sido colocados em prática. Esses programas propõem a criação de um sistema de informação sobre os recursos hídricos, o monitoramento hidrometeorológico e o monitoramento da qualidade da água, respectivamente.

Apesar dos programas do PERH estarem em harmonia com os problemas apontados pela análise dos componentes do IPH, foi verificado, ao analisar o cronograma de execução dos programas do PERH, que muitos desses programas estão com suas atividades atrasadas. Logo, mesmo havendo um planejamento hábil para solucionar os problemas de pobreza hídrica da RHMRPB, falta um gerenciamento adequado.

Esses resultados mostram que o IPH realizou seu papel de indicador, dando uma visão abrangente do sistema através de uma abordagem simplificada, utilizando a base conceitual da pobreza hídrica.

7 CONCLUSÃO

Diante dos resultados e da discussão, foi verificado a necessidade de ações prioritárias na RHMRPB para o aumento da disponibilidade de água, de melhoria no acesso à irrigação, de aumento das eficiências dos usos múltiplos e de melhoria da integridade do meio ambiente. Contudo, é importante ressaltar que todos os componentes analisados no IPH apresentaram pontos fortes e pontos fracos, sendo necessárias intervenções em todos os aspectos da gestão dos recursos hídricos.

Independentemente da ponderação realizada, a região do Médio Paraíba obteve a mesma classificação do IPH, sendo caracterizadas por uma pobreza hídrica moderada, apresentando resultado condizente com a realidade da bacia, pois esta apesar de apresentar problemas relacionados à disponibilidade de água, ao uso ineficiente dos recursos hídricos e a integridade do meio ambiente possui um acesso aos usos múltiplos bem difundido, particularmente nos grandes centros urbanos e as características socioeconômicas boas.

A análise dos componentes do IPH promoveu uma visão abrangente da RHMRPB, apresentando os diversos problemas existentes nessa, direcionando ações prioritárias, tanto no âmbito natural quanto no âmbito socioeconômico, com capacidade de melhorar efetivamente a gestão dos recursos hídricos nessa localidade.

Em suma, verificou-se que o IPH foi representativo da situação da pobreza hídrica da RHMRPB, realizando seu papel de indicador, de fornecer uma visão abrangente do sistema através de uma análise simplificada, associada a sua base conceitual. Além disso, a análise dos componentes do IPH auxilia diretamente os tomadores de decisão na gestão dos recursos hídricos, dando subsídios a ações mais racionais, podendo eleger prioridades nas atividades a serem desenvolvidas, no contínuo melhoramento do uso, controle e proteção dos recursos hídricos. Com a ferramenta do IPH, a comunicação também foi melhorada, pois através da metodologia simples, sistemática e transparente, foi possível representar a complexidade da interação entre os recursos hídricos e a sociedade, num único valor numérico; ao mesmo tempo em que a classificação do IPH, traduz o significado desses números em relação à pobreza hídrica.

8 REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 14031**. Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRAHAM, E. M.; FUSARI, M. E.; SALOMÓN, M. **EL ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA Y SU ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES DE AMÉRICA LATINA**. Disponível em: <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/libro_bid/archi_dp/085.pdf>. Acesso em: 31 de Março de 2013.

AESA. **PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA, CONFORME RESOLUÇÃO Nº 1, DE 31 DE AGOSTO DE 2003, DO CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA**. Paraíba: AESA, 2004. 82 p.

AESA. **PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**. Paraíba: AESA, 2006. 256 p.

AESA. **ÚLTIMOS VOLUMES INFORMADOS DOS AÇUDES**. 2013a. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 06 de Novembro de 2013.

AESA. **Outorgas fornecidas na Bacia do Rio Paraíba**. 2013b. Dados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa: AESA, 2013.

AESA; SECTMA. **PLANO DE ADMINISTRAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO – PAOM SISTEMAS ADUTORES DO CARIRI E DO CONGO SEGUNDA FASE**. Tomo 1 e Tomo 2. Recife: Governo do Estado da Paraíba, 2006. 147 p. e 112 p.

ALMEIDA, M. A. de; LIRA, W. S.; CURI, W. F. **ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA APLICADO EM UM SUBBACIA HIDROGRÁFICA RIO PARAÍBA**. In: LIRA, W. S.; FRANÇA, B. F.; FRANÇA, M. I. C.; LIRA, H. de L. RECURSOS NATURAIS: Uma abordagem Multidisciplinar. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2012. p. 412-433.

BANCO MUNDIAL. **Indicators**. 2012. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2013.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **DATASUS**. 2011. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205>>. Acesso em: 08 de Novembro de 2013.

BROWN, A.; MATLOCK, M. D. **A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies**. Arkansas: Sustainability Consortium, 2011.

BUTT, B. Environmental indicators and governance. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 32, p. 84-89, 2018.

CAMPOS, L. M. DE S.; MELO, D. A DE. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção**, v. 18, nº 3, p. 540-555, Set./Dez. 2008.

CBH-PB. **Atas das reuniões do ano de 2012**. Dados fornecidos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. João Pessoa: CBH-PB, 2012.

CECCONI, P.; FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M. The conceptual link between measurements, evaluations, preferences and indicators, according the representational theory. **European Journal of Operational Research**, v. 179, p. 174-185, 2007.

CETESB. **IQA**. 2014. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-(iqa))>. Acesso em: 04 de Janeiro de 2014.

CHO, D. I.; OGWANG, T.; OPIO, C. Simplifying the Water Poverty Index. **Soc Indic Res**, v. 97, p. 257-267, Jun. 2009.

DALE, V. H.; BEYELER, S. C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, v. 1, p. 3-10, Mar. 2001.

DATASUS. **Indicadores de mortalidade**. 2013. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/livroidb/1ed/CapituloC.pdf>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2013.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 9 p., Out./Dez. 2002.

EL-GAFY, I. K. E. The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 9, p. 173-186, 2018.

FIGUEIREDO, M. A. G. DE. O Uso de Indicadores Ambientais no Acompanhamento de Sistemas de Gerenciamento Ambiental. **Produção**, Belo Horizonte, v. 6, nº 1, p. 33-44, Jul. 1996.

FOGUET, A. P.; GARRIGA, R. G. Analyzing Water Poverty in Basins. **Water Resour Manage**, v. 25, p. 3595-3612, Jul. 2011.

GARRIGA, R. G.; FOGUET, A. P. **THE ENHANCED WATER POVERTY INDEX: TARGETING THE WATER POOR AT DIFFERENT SCALES**. Barcelona, 2010. 11 p. Disponível em: <http://grecdh.upc.edu/publicacions/congressos/aigua/gine_2010_wisa>. Acesso em: 22 de Março de 2013.

HEIDECHE, C. DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A REGIONAL WATER POVERTY INDEX FOR BENIN. **International Food Policy Research Institute**, Washington, Paper 145, 55 p., Jan. 2006.

IBAMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite**. 2009. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/>. Acesso em: 19 de Novembro de 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Censo Agropecuário 2006. 2006. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?edicao=9830&t=resultados>>. Acesso em: 11 de Novembro de 2013.

IBGE. **Cidades@**. Censo Demográfico 2010. 2010a. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>>>. Acesso em: 04 de Novembro de 2013.

IBGE. **Mapas**. Fauna ameaçada de extinção. 2010b. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/fauna-ameacada-de-extincao.html>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2013.

IUCN. **Red List Spacial Data**. 2013. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/spatial-data>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2013.

JOLLIFFE, I. T. **Principal Component Analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2002. 518 p.

JUNIOR, G. L. de S.; COSTA, J. C. **Elaboração e Análise de Indicadores**. Amazonas: Governo do Amazonas, 2011. 40 p.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability – A review. **Science of the Total Environment**, v. 438, p. 357-371, Set. 2012.

KAYANO, J.; CALDAS, E. de L. **INDICADORES PARA O DIÁLOGO**. Serie indicadores, nº 8. São Paulo: Plataforma Contrapartes NOVIB, 2002. 9 p.

KOMNENIC, V.; AHLERS, R.; VAN DER ZAAG, P. Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high level of access?. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 34, p. 219-224, Mar. 2008.

LAWRENCE, P.; MEIGH, J.; SULLIVAN, C. The Water Poverty Index: an International Comparison. **Keele Economics Research Papers**, Staffordshire, v. 19, 17 p., Out. 2002.

LERNER, F.; FERREIRA, M. I. P. Avaliação de escassez hídrica em comunidades rurais no entorno de unidades de conservação de proteção integral: índice de pobreza hídrica no assentamento João Batista Soares, Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v. 10, n. 2, p. 103-118, Dez. 2016.

LO-IACONO-FERREIRA, V. G.; CAPUZ-RIZO, S. F.; TORREGROSA-LÓPEZ, J. I. Key Performance Indicators to optimize the environmental performance of Higher Education Institutions with environmental management system – a case study of Universitat Politècnica de València. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 846-865, 2018.

LUNA, R. M. **DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA (IPH) PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO**. Fortaleza: UFC, 2007. 138 p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, 2007.

MANADHAR, S.; PANDEY, V. P.; KAZAMA, F. Application of Water Poverty Index (WPI) in Nepalese Context: A Case Study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). **Water Resour Manage**, v. 26, p. 89-107, Set. 2011.

MARANHÃO, N. **SISTEMA DE INDICADORES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. 397 p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

MARANHÃO, R. M. R. **ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA (IPH) APLICADO A MUNICÍPIOS DOS SERTÕES DO INHAMUS DO SEMIÁRIDO DO CEARÁ – BRASIL**. Fortaleza: UFC, 2010. 107 p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2010.

MLOTE, S. D. M.; SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Water Poverty Index: a Tool for Integrated Water Management. In: **3rd WaterNet/Warfsa Symposium**, 2002, Dar es Salaam, 20 p.

MOLLE, F.; MOLLINGA, P. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. **Water Policy**, v. 5, p. 529-544, Jul. 2003.

NIEMEIJER, D.; DE GROOT, R. S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, v. 8, p. 14-25, 2008.

ONU. **O Direito Humano à Água e Saneamento**. 2013. Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em: 13 de Novembro de 2013.

PARGA, F.; LEÓN, A.; VARGAS, X.; FUSTER, R. **EL ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA APLICADO A LA CUENCA DEL RÍO LÍMARI EN CHILE SEMIÁRIDO**. Disponível em: <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted_libro_XII/articulos/093.pdf>. Acesso em: 31 de Março de 2013.

PNUD. **Education**. 2009. Disponível em: <<https://data.undp.org/dataset/Table-8-Education/mvtz-nsye>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2013.

RAMETSTEINER, E.; PÜLZL, H.; ALKAN-OLSSON, J.; FREDERIKSEN, P. Ecological Indicators. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 61-70, 2011.

SANTOS, R. DE S. F. DOS; FERREIRA, M. I. P. Índice de Pobreza Hídrica e sua adaptação às condições da comunidade de Gargaú, São Francisco do Itabapoana/RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v. 10, n. 2, p. 191-206, Dez. 2016.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SEMARH. **PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA**. v. I. Paraíba: Governo do Estado da Paraíba: 2001. 227 p.

SNIS. **Água e Esgoto**. 2010. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 11 de Novembro de 2013.

SUDEMA. **IQA dos semestres 2012.1, 2012.2 e 2013.1**. Dados fornecidos pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente. João Pessoa: SUDEMA, 2013.

SULLIVAN, C. Calculating a Water Poverty Index. **World Development**, v. 30, n. 7, p. 1195-1210, Fev. 2002.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Considering the Water Poverty Index in the context of poverty alleviation. **Water Policy**, v. 5, p. 513-528, Jun. 2003.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. **Water Resour Manage**, v. 21, p. 111-128, Jan. 2006.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J.; LAWRENCE, P. Application of the Water Poverty Index at Different Scales: A Cautionary Tales. **Water International**, v. 31, n. 3, p. 412-426, Set. 2006.

THAKUR, J. K.; NEUPANE, M.; MOHANAN, A. A. Water Poverty in upper Bagmati River Basin in Nepal. **Water Science**, v. 31, p. 93-108, Mar. 2017.

UNEP. **IEA Training Manual – Module 4**. 2007. Disponível em: <<http://www.unep.org/ieacp/iea/training/manual/module4/1090.aspx>>. Acesso em: 04 de Junho de 2013.

UNESCO. **Education Indicators and Data Analysis**. 2013. Disponível em: <<http://www4.unescobkk.org/education/efatraining/module-a3/2-the-concept-of-indicators/>>. Acesso em: 04 de Junho de 2013.