



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E SOCIAIS – CCJS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS – UACC
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

JONAS ALVES MARIZ

**ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-BACIA DO
RIO PARAÍBA**

SOUSA - PB

2019

JONAS ALVES MARIZ

**ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-BACIA DO
RIO PARAÍBA**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Administração do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Allan Sarmento Vieira.

SOUSA - PB

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE
Biblioteca Setorial de Sousa UFCG/CCJS
Bibliotecária – Documentalista: MARLY FELIX DA SILVA – CRB 15/855

M343a Mariz, Jonas Alves.
Análise sustentável da pegada hídrica total na sub-bacia do
Rio Paraíba. / Jonas Alves Mariz. - Sousa: [s.n], 2019.

34 fl.:il. Col.

Artigo Científico (Curso de Graduação em Administração) –
Centro de Ciências Jurídicas e Sociais - CCJS/UFCG, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Allan Sarmento Vieira.

1. Recursos Hídricos. 2. Pegada Hídrica. 3. Sustentabilidade. I.
Título.

Biblioteca do CCJS - UFCG

CDU 35:556.18

JONAS ALVES MARIZ

**ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-BACIA DO
RIO PARAÍBA**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Administração do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Allan Sarmento Vieira.

Aprovado em: 08/07/2019

BANCA EXAMINADORA

Allan Sarmento Vieira

Orientador

Maria de Fátima Nóbrega Barbosa

Examinador(a)

Sheylla Maria Mendes

Examinador(a)

ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA PEGADA HÍDRICA TOTAL NA SUB-BACIA DO RIO PARAÍBA

RESUMO

Nos últimos anos, a humanidade vem vivenciando um cenário de crise com relação ao crescimento populacional e a degradação do meio ambiente, exigindo cada vez mais, um esforço teórico-reflexivo dos problemas gerados pelo homem ao meio ambiente. Assim, esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a sustentabilidade da pegada hídrica total na sub-bacia do Médio Curso do Rio Paraíba, localizada no semiárido nordestino, no ano de 2018. Com base nisto, foram feitas análises com os métodos da pegada hídrica a fim de verificar a sua eficiência na geração de informações sobre a quantidade de água consumida nos principais setores de utilização da água. A pesquisa se classifica como exploratória e descritiva, uma vez que envolve pesquisa bibliográfica, estudo de caso, coleta de dados e ainda estabelece relações entre variáveis para que possa chegar ao resultado final. De acordo com os resultados, para o ano de 2018, ao analisar todo o contexto da sub-bacia do Rio Paraíba, é possível considerá-la como sustentável. O consumo de água total é insustentável no período não chuvoso. Diante da realização dessa pesquisa, acredita-se que os resultados possam servir para planejar o consumo eficiente da água, como também, alertar principalmente a população, empresas e gestores sobre a quantidade de água que está sendo utilizada nos diversos setores.

Palavras-chave: recursos hídricos, pegada hídrica, sustentabilidade.

ABSTRACT

In recent years, humanity has been experiencing a crisis scenario in relation to population growth and the degradation of the environment, increasingly requiring a theoretical and flexible effort of man-made problems to the environment. Thus, this research has as main objective to calculate the water footprint in the sub-basin of the Paraíba River, located in the northeastern semi-arid region, in the year 2018 and to analyze its sustainability. Based on this, analyzes were carried out with the water footprint methods in order to verify their efficiency in generating information on the amount of water consumed in the main sectors of water use. The research is classified as exploratory and descriptive, since it involves bibliographic research, case study, data collection and also establish relations among variables so that it can reach the final result. According to the results, for the year 2018, when analyzing the entire context of the Paraíba River sub-basin, it is possible to consider it as sustainable. Total water consumption is unsustainable in the non-rainy period. In the face of this research, it is believed that the results can serve to plan the efficient consumption of water, as well as to alert mainly the population, companies and environmental managers about the amount of water that is being used in the various sectors.

Keywords: water resources, water footprint, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O maior desafio da humanidade, no século XXI, é desenvolver a sustentabilidade dos recursos hídricos visando à disponibilidade e qualidade dos mesmos, promovendo o equilíbrio entre os seres humanos e a natureza. A água tornou-se, então, em tempos hodiernos, uma questão central a ser estudada e discutida. (COSGROVE; LOUCKS, 2015).

A demanda mundial por esse recurso natural vem aumentando nas últimas décadas, em decorrência de fatores como: crescimento populacional, desenvolvimento tecnológico e econômico, mudanças nos padrões produtivos e consumo exacerbado (CHEN *et al.*, 2016). Estes fatores, por sua vez, contribuem de forma significativa para a poluição ambiental e exaustão dos recursos hídricos, comprometendo, a qualidade da água e elevando os índices de estresse hídrico (UNESCO, 2018).

Outro aspecto a ser considerado é que a água não se encontra distribuída de forma uniforme pelo mundo, tornando-a, assim, objeto de conflitos em algumas regiões (CARMO, 2002; COSGROVE; LOUCKS, 2015). Frente a isto, o Brasil é beneficiado nos índices de disponibilidade hídrica territorial, pois segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), aproximadamente 12% da disponibilidade de água doce do planeta está localizada em território brasileiro. Entretanto, as áreas de menores índices populacionais do país concentram a maior parte dos recursos, existindo uma desigualdade e ocasionando questões referentes à disponibilidade dos recursos.

De acordo com o agrupamento de informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e ANA demonstram que, no ano de 2010, a região norte brasileira possuía aproximadamente 68% dos recursos hídricos total do Brasil, enquanto a densidade demográfica da região era de apenas 4hab/km². Por outro lado, ocorre uma situação antagônica na região nordeste, que apresenta elevado número de habitantes (34 hab/km²) para um baixo nível de recursos de apenas 3%.

A causa desse cenário decorre, além das irregularidades na distribuição de água, da presença abundante de climas no amplo território do Brasil. Dentre as macrorregiões brasileiras, o Nordeste é a que mais apresenta um cenário preocupante, visto que frequentemente enfrentam fenômenos climáticos causadores de longos períodos de estiagem, caracterizada por um baixo índice pluviométrico anual, com clima semiárido de altas temperaturas, dificultando o crescimento econômico da região e ocasionado problemas

sociais. Historicamente, a região possui frequentes períodos de crises hídricas, sendo a década de 90 descrita por frequentes registros de crises e a histórica seca de 2012, conhecida como a pior seca dos últimos 30 anos registrados na região.

Com relação à Paraíba, um dos Estados que compõe o Nordeste e pertencente ao chamado polígono das secas, a mesma vem enfrentando vários anos consecutivos de seca, já considerada como severa (AESAs, 2016). Segundo a Lei N° 175 de 7 de janeiro de 1936, o polígono das secas é composto de diferentes zonas geográficas que estão sujeitas a repetidas crises prolongadas de estiagens, causando grandes prejuízos na agropecuária nordestina e graves problemas sociais, razão pela qual são áreas especiais presentes nas providências do Poder Público do Brasil (BRASIL, 1936).

As medidas para mitigar os efeitos dos impactos provocados pelos períodos de secas deverão ser aplicadas de forma preventiva e durante a estiagem. A participação do Estado é fundamental para elaboração e desenvolvimento de Políticas Públicas eficientes no combate à seca, sendo administradas de forma organizada e participativa, possibilitando o desenvolvimento local e sustentável (SANTOS *et al.*, 2012).

Assim, considerando os atuais padrões de consumo insustentáveis de água se faz necessário à utilização de indicadores para quantificar o uso da água e descrever os níveis de escassez e de poluição desse recurso, auxiliando os gestores numa possível tomada de decisões. Neste contexto, surge um indicador multidimensional de sustentabilidade ambiental denominado Pegada Hídrica, empregado na utilização dos recursos hídricos, demonstrando o consumo direto e indireto dos processos e possibilitando a mensuração do volume de água total utilizado na produção de bens e/ou serviços de uma determinada delimitação geográfica. Método este presente na criação de estratégias eficientes de planejamento que objetiva dimensionar as relações de consumo entre as ações humanas e os recursos hídricos.

Diante de um futuro incerto, decorrente de uma exaustão dos recursos naturais, devido as mudanças climáticas ao descontrole das sociedades de consumo, estamos atualmente em um nível avançado de desenvolvimento industrial caracterizado pelo consumo excessivo de bens e serviços fazendo com que surja a necessidade das pessoas, países e organizações internacionais, desenvolver pesquisas que possam integrar as questões econômicas, sociais e ambientais, principalmente no que tange o principal recurso finito utilizado de forma exorbitante na produção, a água. Neste sentido, esta pesquisa analisa a sustentabilidade da sub-bacia do Rio Paraíba explorando a pegada hídrica total. Apresentando a seguinte

problemática: Qual o nível de sustentabilidade da sub-bacia do Rio Paraíba localizada no Estado da Paraíba para o ano 2018?

A determinação da pegada hídrica numa delimitada região geográfica é de suma importância para criação de ações que possibilitem mudanças nos padrões de consumo e que minimizem o uso indiscriminado da água de forma direta e indireta dos usuários (MARACAJÁ, 2014). As instituições possuem forte influência nos hábitos alimentares e podem persuadir a sociedade para o desenvolvimento de um consumo sustentável, sendo o marketing ambiental uma estratégia das instituições para vincular uma imagem ecologicamente consciente. Diante desse cenário problemático, as empresas deveram produzir mais alimentos com menos recursos e ser consciente a respeito da preservação dos recursos naturais (SILVA *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas o aumento global do consumo de água ultrapassou o dobro do crescimento populacional. A ocorrência desse consumo insustentável decorre principalmente do aumento da renda pessoal que promove novos padrões de vida e em consonância modifica os hábitos alimentares dos indivíduos. Tais mudanças são características de um estilo de vida moderno, marcado pelo crescimento da demanda de produtos que integram um elevado volume de água doce para sua produção, caracterizando comportamentos insustentáveis que estão provocando um futuro incerto para a humanidade. (COSGROVE; LOUCKS, 2015).

Durante séculos o desafio mundial estava correlacionado ao desenvolvimento de ações que tinha como objetivo central a diminuição da crise relacionada ao crescimento populacional, sendo necessária uma reflexão na tentativa de mensurar os problemas ocasionados pela sociedade e a sua influência no planeta Terra. Não somente os governos em geral, mas também os consumidores, todas as empresas e as comunidades podem desempenhar um papel fundamental na obtenção da preservação e manutenção dos recursos hídricos. A utilização de tecnologias atuais e as bases de informações sobre pegada hídrica vêm proporcionando o desenvolvimento de estudos que possibilitarão a diminuição dos padrões de consumo de água desde da cadeia produtiva até o consumidor final.

A pegada hídrica é um indicador metodológico que visa evidenciar os níveis de consumo que estão correlacionados com a produção de bens e serviços. Para Hoekstra *et al.* (2011) os indicadores de escassez são instrumentos capazes de evidenciar o déficit entre a disponibilidade e a demanda de água. Desta forma, a pegada hídrica pode ser utilizada na

elaboração e desenvolvimento de estratégias eficientes de planejamento buscando o uso eficiente da água (SILVA, 2016).

Como indicador utilizado na análise da sustentabilidade de uma determinada região geográfica, a pegada hídrica é apresentada como uma ferramenta que tem o intuito de promover a educação ambiental, monitorar o impacto humano no meio ambiente e informar a população dos possíveis bens e serviços que causam maiores prejuízos na diversidade do planeta. Estando presente a responsabilidade maior nos consumidores finais que devem priorizar os produtos e serviços de empresas que contribuem para a sustentabilidade ambiental.

Com base neste contexto o objetivo geral desta pesquisa é analisar a sustentabilidade da pegada hídrica total na sub-bacia do Médio Curso do Rio Paraíba-PB. Para tanto, a contribuição desta pesquisa será fundamental para dá continuidade na propagação de conhecimento para sociedade, já que a temática sobre os recursos hídricos requer cada vez mais estudos precisos que visam contribuir e alertar os padrões de comportamento insustentável dos seres humanos numa determinada bacia hidrográfica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A problemática ambiental surgiu como uma adversidade da civilização, criticando os modelos econômicos e as tecnologias dominantes da época. Com isso, surgiram os movimentos ambientalistas com o objetivo de defender a natureza em sua relação com a sociedade. Foi somente na década de 80 que os movimentos ambientalistas englobaram outros desafios da sociedade e com a preocupação frente ao meio ambiente, surgiu à expressão desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável está relacionado com a capacidade de suprir as necessidades de consumo atual, desenvolvendo planejamentos que possibilitem o não comprometimento das necessidades de gerações futuras. Para o alcance dos objetivos dessa pesquisa, foram abordados os seguintes temas: Gestão Ambiental, Gestão das Águas, Gestão das Demandas e Pegada Hídrica.

2.1 Gestão Ambiental

A gestão ambiental busca reduzir os impactos ambientais e construir laços com os indicadores de sustentabilidade ambiental. É a gestão que administra os recursos ambientais e informa aos consumidores como utilizar de forma racional e consciente os recursos finitos, visando à formalização da sustentabilidade.

As ações humanas estão provocando a degradação dos recursos naturais, o crescimento da extinção de espécies da fauna e flora e o aumento da temperatura da Terra. Os impactos ambientais afetam o equilíbrio dos ciclos ecológicos, provocando o desequilíbrio das relações constitutivas do ambiente. Diante dessa situação drástica, os debates internacionais evidenciaram a questão ambiental como sendo primordial para sustentabilidade dos recursos hídricos, onde as organizações deverão integrar as suas decisões a variável ambiental, apresentando uma responsabilidade a respeito da questão ambiental (KRAEMER, 2006).

O mundo está vivenciando transformações onde as empresas estão sendo pressionadas pela sociedade para efetuar mudanças no planejamento organizacional para disponibilizar produtos de qualidade que possuam responsabilidade frente ao meio ambiente. (BARBOSA, 2011 e JIMENEZ, 2007)

Nesse âmbito, a gestão ambiental surge com a capacidade de aperfeiçoamento das técnicas de produção e potencializar efetivamente o uso dos meios de transporte, como também reduzir ao mínimo o volume de material incorporado em um produto, entre outros. Todas essas vantagens competitivas são fundamentais para a ocorrência de mudanças institucionais (DIAS, 2017).

Para Barbieri (2004), a gestão ambiental é a realização de atividades administrativas que visam à redução dos impactos ambientais evitando a escassez dos recursos disponíveis. A implantação dessas políticas proporciona um olhar sustentável para o futuro, que em aspectos globais, a fase atual da gestão ambiental é caracterizada por concretizar os acordos multilaterais que incorporam uma ideia de sustentabilidade.

A gestão ambiental reflete a preocupação da sociedade para com o meio ambiente. Constituído de um processo de influência mútua, onde a sociedade e os órgãos ambientais estão fiscalizando as formas como as organizações modificam o meio em que vivemos. Nesse contexto, é evidenciada a criação de práticas gerenciais que objetivam a harmonia da relação

entre organizações e o meio ambiente, elevando a melhoria do desempenho ambiental. (JABBBOUR, 2013).

Diante do desordenamento das atividades humanas, Lavorato (2004) estabelece a gestão ambiental como um conjunto formado de ações e procedimentos que preservam os meios e grupos sociais. Com essa formação, as ações humanas devem ser ordenadas para possibilitar a origem de um impacto ambiental mínimo, desde a melhoria de técnicas utilizando os recursos de forma correta até a execução da legislação vigente.

Conforme Tinoco e Kraemer (2011), a gestão ambiental é compreendida como um sistema capaz de abordar diversas estruturas, atividades e processos organizacionais que desenvolvem de forma eficiente uma política de sustentabilidade ambiental. Sendo caracterizado como um conjunto de medidas coordenadas pelas organizações, que buscam minimizar os efeitos insustentáveis provocados, visando à conquista da qualidade ambiental desejada.

A gestão ambiental é a ciência relacionada com o exercício de atividades econômicas e sociais que fazem uso de práticas de maneira racional relacionadas aos recursos naturais, renováveis ou não, visando a preservação de um meio ambiente saudável para as futuras gerações. Essa ciência fortalece a garantia da conservação e a preservação da biodiversidade, a reeducação do consumo acentuado e a diminuição dos impactos ambientais dos exercícios humanos sobre os recursos naturais (BARSANO; BARBOSA, 2014). O estudo da pegada hídrica é um subsídio para o progresso da gestão ambiental, onde essa combinação provoca a construção de ações que realizam a reeducação ambiental da sociedade.

2.2 Gestão das Águas

Em termos absolutos, o Brasil é um país com a maior concentração disponível de recursos hídricos na superfície, mas o país possui uma divergência relacionando a densidade demográfica com a disponibilidade dos recursos nas regiões. É notório o desequilíbrio da gestão das águas no semi-árido nordestino, onde ocorre a degradação das águas na superfície e surge a possibilidade de abastecimento das populações com as águas subterrâneas (poços artesianos).

A sociedade está mudando suas atitudes em decorrência dos frequentes desastres ambientais e percebendo que se é necessário modificações relacionadas ao modo de tratar os recursos naturais. Com o surgimento de um mundo globalizado, a ocorrência do aumento da

demanda acompanhado pela diminuição da quantidade e qualidade das águas, todas essas circunstâncias levam a uma nova guerra mundial. É preciso gerenciar as demandas hídricas, sendo inicialmente identificados no processo o sujeito, o objetivo e as ações. Onde o sujeito é a sociedade, o objeto são os sistemas hidrológicos e as ações são as interferências realizadas pelos sujeitos no meio ambiente. (STUDART *et al.*, 2003)

Nessas circunstâncias, a água é indispensável para a harmonia dos seres vivos com os meios que estão inseridos. A responsabilidade de controlar os recursos fica designada a ANA e aos órgãos estaduais, que elaboram mecanismos de planejamento e coordenação direcionados para o aperfeiçoamento do uso da água. Atualmente esses órgãos estão fundamentados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresentada na lei N° 9.433 de 1997, mais conhecida como “Lei das Águas”. A PNRH possibilita avanços significativos na gestão dos recursos hídricos, associando os aspectos de quantidade e qualidade na diversidade geográfica e socioeconômica das regiões brasileiras (ANA, 2017)

Gomes e Barbieri (2004) expressam que a gestão dos suprimentos hídricos origina a introdução de instrumentos que realçam a conservação do uso mínimo e aborda políticas capazes de identificar e desenvolver novas fontes de água, sempre ponderando na diminuição do consumo de uma determinada região geográfica.

De acordo com Serrer e Scherer (2016), a gestão dos recursos hídricos é caracterizada pela descentralização de poderes. Com isso, ocorre a existência de sociedades juntamente com o Poder Público, tendo concordância com a Lei Federal n° 9.433/1997 que aborda o gerenciamento das águas como uma democracia participativa. Em complemento, são originados os Comitês de Bacia Hidrográfica que em consonância com as instituições representativas do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH) fazem o regulamento efetivo, democrático e participativo dos recursos hídricos na área de atuação, em cada bacia hidrográfica ou em grupos de bacias.

Campos (2008) idealiza o mesmo embasamento dos autores Serrer e Scherer (2016), que é a constituição da gestão das águas de forma descentralizada e participativa, demonstrando que o processo de gestão dos recursos hídricos ocorre de forma não linear em todas as regiões brasileiras. Para a autora, essa gestão começou a ser desenvolvida e implantada nos anos 90 pretendendo minimizar as crises hídricas e a discrepância existente entre a demanda e oferta dos recursos hídricos.

2.3 Gestão das Demandas

A crescente urbanização aliada à elevada densidade demográfica estão contribuindo consideravelmente para o aumento da demanda de água e para a poluição dos corpos hídricos, ocorrendo à escassez dos recursos hídricos e o surgimento de conflitos entre os diversos usuários de água. Diante dessa problemática, surge o conceito de gestão das demandas abordando um conjunto de medidas que abordam o comportamento humano e suas necessidades para induzir os usuários a reduzir o volume de consumo. Sendo desenvolvidos três instrumentos para a gestão das demandas: medidas conjunturais, incentivos e intervenção direta. As medidas conjunturais são regras baseadas no uso e abastecimento de água. Os incentivos podem ser econômicos, quando relacionados ao estabelecimento de tarifas e incentivos fiscais; ou não econômicos, propondo limites para os usuários e a realização de campanhas educativas (STUDART, 2003).

A gestão da demanda de água é compreendida como uma gestão integrada de recursos hídricos, surgindo como uma possibilidade de minimizar os conflitos relacionados à escassez de forma quantitativamente e/ou qualitativamente dos recursos hídricos (VIEIRA, 2008). Para complementar, Christofidis (2006) descreve que a gestão fortalece a harmonia da oferta com as necessidades de água, buscando englobar os usos consuntivos e não consuntivos, sem que ocorra a desorganização da sociedade.

Costa *et al.* (2016) abordam a gestão da demanda de águas como uma ferramenta para ser utilizada na redução da crise de estresse hídrico, com o intuito de ressaltar o uso eficiente e a redução do gasto exagerado de água pelos consumidores. Para o funcionamento eficiente da gestão, inicialmente é imprescindível conhecer a percepção das pessoas em relação aos recursos hídricos. Sucessivamente, ocorre a adoção de medidas e programas para redução do consumo de água.

É indispensável à construção de um modelo de gestão hídrica, capaz de propiciar o uso racional da água, baseado no gerenciamento das demandas. Assim, é enfatizada a gestão da demanda de água que está relacionada a uma ação/mudança, socialmente beneficente, que possibilita a redução ou modificação das demandas, representado como a gestão mais econômica de ampliação da disponibilidade hídrica (BUTLER; MEMON, 2006).

Para Sharma e Vairavamoorthy (2009) e Ribeiro e Braga (2008), as medidas de gestão de demanda podem ser agrupadas nas seguintes esferas:

- Tecnológicas: relacionada com a elaboração de um sistema de informação para controlar as perdas e os desvios nas redes de distribuição de água; e a possibilidade do uso da água de chuva ou de reuso com fontes alternativas de abastecimento;
- Econômicas e financeiras: incluem os estímulos fiscais para redução do consumo e adoção de novos instrumentos tecnológicos; a cobrança pelo uso da água bruta; e
- Sociopolíticas: que abrange ações regulatórias incluídas na legislação brasileira e ações educacionais que possibilita a incorporação da situação hídrica nas bases curriculares de instituições de ensino.

2.4 Pegada Hídrica

O conceito de pegada hídrica foi desenvolvido por Hoekstra e Chapagain, no ano de 2002, sendo denominada como o volume total de água doce que é utilizada (ou poluída) para produção de bens e serviços voltados para a população, objetivando quantificar o uso deste recurso e desenvolver práticas sustentáveis que poderão ser utilizadas pelos cidadãos para assegurar a diversidade do planeta (COSTA, 2014).

Para Yu *et al.* (2010) a pegada hídrica é um indicador de utilização de água doce que evidencia os usos direto e indireto, além disso, é empregado para conscientizar e racionalizar o consumo frente aos desastres ambientais. Essa ferramenta abordada na gestão de recursos hídricos permite informar aos usuários em geral o volume de água que está incorporada na fabricação de produtos ao longo de sua cadeia produtiva, podendo os consumidores analisar e quantificar a sua contribuição para a degradação ambiental.

É evidenciado que a água é consumida em todo o processo de produção. Portanto, o desenvolvimento da pegada hídrica possibilita quantificar o total de água utilizada ao longo da cadeia de fornecimento global, sendo capaz de monitorar o impacto humano sobre o meio ambiente. Essa metodologia possui um amplo campo de aplicações que pode ser alocada em escalas que vão desde um único produto, um processo, uma bacia hidrográfica, até mesmo nações e todo o planeta (SILVA *et al.*, 2013).

Nesse pensamento, Salazar (2012) destaca que a pegada hídrica é uma metodologia que busca o uso eficiente da água sendo segmentada em três tipos. A verde, que irá considerar o volume evaporado proveniente de precipitações ou que seja absorvida no produto, a azul, será considerada a evaporação das águas superficiais e/ou subterrâneas bem como a

incorporada no produto, e a cinza, que indicará o grau de poluição de água doce relacionado ao processo de produção.

A pegada hídrica (PH) total é dividida em três grupos: azul, verde e cinza. A PH azul é o indicador de consumo da água doce superficial e/ou subterrânea (SILVA *et al.*, 2013). De acordo com Hoekstra *et al.* (2011), existem quatro situações que podemos englobar a PH azul: 1. Evaporação da água; 2. Incorporação de água no produto; 3. Retorno incompatível com a área de captação e 4. Retorno da água em períodos distintos. Sendo a equação 1 utilizada para seu cálculo:

$$PH_{\text{proc,azul}} \left(\frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \right) = EAa + IAa + Qret(1)$$

Onde: EAa = Evaporação da água azul; IAa = Incorporação da água azul; Qret = Vazão de retorno perdida.

A PH verde é definida como o volume de água da chuva absorvido durante o processo de produção (SILVA *et al.*, 2013). Que para Hoekstra *et al.* (2011), a PH verde, consiste nas precipitações de água que são armazenadas temporariamente no solo ou vegetação, utilizando nos cálculos a equação 2 com a presença apenas da evaporação (EAv) e incorporação da água verde (IAv):

$$PH_{\text{proc,verde}} \left(\frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \right) = EAv + IAv(2)$$

Já a PH cinza, estabelece o grau de poluição de água doce que está associado ao processo produtivo (SILVA *et al.*, 2013). A PH cinza indica o volume de água doce que é necessário para assimilar a carga de poluição baseando-se nas concentrações naturais e nos padrões de qualidade existenciais de água (HOEKSTRA *et al.*, 2011). O desenvolvimento do cálculo constitui-se no desenvolvimento da 3ª equação onde ocorre a divisão da carga poluente (L, em massa/tempo) pela diferença entre a concentração do padrão ambiental de qualidade de água pra um determinado poluente (a concentração máxima aceitável c_{max} em massa/volume) e sua concentração natural no corpo d'água receptor (c_{nat} em massa/volume).

$$PH_{\text{proc,cinza}} \left(\frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \right) = \frac{L}{(c_{max} - c_{nat})} (3)$$

Os estudos relacionados à pegada hídrica são amplos, podendo fornecer cálculos de um simples produto até em dimensão de país. Nesse trabalho, utilizaremos os cálculos direcionados para uma bacia hidrográfica. Diante disso, o Programa Água Brasil (2014) destaca que o cálculo da pegada hídrica total de uma bacia é feito por meio do somatório de todas as estimativas dos componentes azul, verde e cinza dos principais setores de usuários da água, que utilizando essas informações elaboraram uma tabela descrevendo os principais usuários e a fórmula geral da pegada hídrica total.

Tabela 1: Fórmulas do cálculo da pegada hídrica total

| Principais Usuários da Água | | Abastecimento | Agricultura | Pecuária | Saneamento |
|--|-------------|---|--|--|---|
| Elementos da Pegada Hídrica (PH) | Verde | $\frac{DHC_{verde}}{Y}$ | $\frac{DHC_{verde}}{Y}$ | Não se aplica | Não se aplica |
| | Azul | $\frac{DHC_{azul}}{Y}$ | $\frac{DHC_{azul}}{Y}$ | $\frac{DHC_{azul}}{Y}$ | Não se aplica |
| | Cinza | $\frac{L}{\frac{(C_{max}-C_{nat})}{Y}}$ | $\frac{L}{\frac{(C_{max}-C_{nat})}{Y}}$ | $\frac{L}{\frac{(C_{max}-C_{nat})}{Y}}$ | $\frac{L}{\frac{(C_{max}-C_{nat})}{Y}}$ |
| Pegada Hídrica Total (PHT) | | $\sum (PH_v, PH_a, PH_c)$ | $\sum (PH_v, PH_a, PH_c)$ | $\sum (PH_a, PH_c)$ | PH_{cinza} |
| Análise Sustentável | Verde (EA) | $\frac{\sum PH_{verde}(x, t)}{DA_{verde}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{verde}(x, t)}{DA_{verde}(x, t)}$ | Não se aplica | Não se aplica |
| | Azul (EA) | $\frac{\sum PH_{azul}(x, t)}{DA_{azul}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{azul}(x, t)}{DA_{azul}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{verde}(x, t)}{DA_{verde}(x, t)}$ | Não se aplica |
| | Cinza (NPA) | $\frac{\sum PH_{cinza}(x, t)}{Q_{atual}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{cinza}(x, t)}{Q_{atual}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{cinza}(x, t)}{Q_{atual}(x, t)}$ | $\frac{\sum PH_{cinza}(x, t)}{Q_{atual}(x, t)}$ |
| Pegada Hídrica da Bacia ou Sub-bacia (PHB) | | $PHB = PHT_{abastecimento} + PHT_{pecuária} + PHT_{agricultura} + PHT_{saneamento}$ | | | |

DHC: Demanda hídrica da cultura, Y: Produtividade, CA: Consumo de água, EA: Escassez de água, DA: Disponibilidade de água, NPA: Nível de poluição da água, Qatual: Vazão atual mensal. Fonte: adaptado pelo autor (2018); PAB(2014).

A Tabela 1 detalha de forma exploratória as fórmulas principais e secundárias responsáveis pelo cálculo da pegada hídrica total, como também os principais consumos de recursos hídricos localizados e os elementos da pegada hídrica. Sendo levada em consideração a demanda hídrica da população, produtividade e consumo para construção do cálculo da pegada hídrica total de todos os usuários. Posteriormente, é usada a disponibilidade de água e a vazão atual para desenvolver o cálculo da análise sustentável.

3.METODOLOGIA

A pesquisa realizada pode ser classificada como exploratória e descritiva. Desse modo, é compreendida com pesquisa bibliográfica, estudo de caso e estabelecerá relações entre variáveis, utilizando instrumentos com a finalidade de coletar dados que evidenciarão o alcance dos objetivos propostos (RODRIGUES, 2007). Para o desenvolvimento desta pesquisa de âmbito ecológico optou-se pelo método dedutivo. Esse método permite ao pesquisador obter uma conclusão, através do raciocínio e da análise de um ponto mais geral para um mais específico, onde toda a informação ou conteúdo real da conclusão que estava pelo menos implícito nas premissas (RODRIGUES, 2007).

De acordo com o cenário analisado, essa pesquisa pode ser considerada como qualitativa, abordando duas vertentes do estudo, tanto a pesquisa quantitativa com a qualitativa. Segundo Rodrigues (2007), este método analisa os dados obtidos indutivamente e em seguida traduz em números as opiniões e informações que posteriormente deverão ser classificadas e analisadas. Para compreender e avaliar a pegada hídrica e sua sustentabilidade será utilizado os seguintes instrumentos: artigos e livros (pesquisa bibliográfica), manuais (Manual de Pegada Hídrica), sites, teses, entre outros.

Foi necessária uma expansão bibliográfica e exploratória objetivando a obtenção de conhecimento acerca das concepções relacionadas ao conceito da pegada hídrica dos diversos autores e direcionar os métodos disponíveis que serão relevantes para conjuntura do nível de sustentabilidade do Médio Curso da Sub-bacia do Rio Paraíba-PB. Desse modo, analisando os modelos apresentados nesse trabalho, deduziu-se que a pegada hídrica a ser explorada conseguirá demonstrar o estágio numérico de escassez da água e conseqüentemente viabilizará o conhecimento do nível de sustentabilidade do Médio Curso da Sub-bacia do Rio Paraíba-PB. Diante desse estudo e em conformidade com a problemática, será feita uma

avaliação completa da pegada hídrica na sub-bacia estudada, sendo consideradas as seguintes fases distintas: contabilizar a pegada hídrica, analisar a sustentabilidade e formular a contabilização.

De início, a análise da pegada hídrica foi calculada através do cenário da demanda populacional abrangendo os múltiplos usuários de água, do ano de 2018, identificando o padrão de consumo da região estudada. Diante dos resultados podem ser levantadas algumas conclusões quantitativas (percentuais) sobre o uso dos recursos hídricos na região estudada. Na fase seguinte, denominada como contabilização da pegada hídrica, foi possível quantificar os constituintes da pegada hídrica (azul, verde e cinza) tendo como embasamento os dados do ano de 2018.

Os principais métodos utilizados para mensuração da pegada hídrica são previstos no Manual de Avaliação de Pegada Hídrica (2011), construído pela *Water Footprint Network* (WFN), e a norma ISO 14.046, que abrange os impactos relacionados à disponibilidade e à qualidade da água, apresentando os impactos nos recursos hídricos.

Dando continuidade ao processo, a etapa final é de analisar a sustentabilidade da sub-bacia hidrográfica estudada. Com base na PH verde, que descreve o volume de água da chuva que é absorvido durante o processo de produção, e PH azul, que indica o consumo de água superficial e/ou subterrânea, foi realizada uma análise por meio dos indicadores de escassez de água (EA). Já para a avaliação da sustentabilidade da PH cinza, o indicador empregado foi o nível de poluição da água (NPA) que estabelece o grau de poluição da água doce. Diante das análises efetuadas será estabelecido o nível de sustentabilidade da sub-bacia estudada, se é sustentável ou insustentável considerando a complexidade e características do local.

3.1 Caracterização da Área Geográfica

A sub-bacia hidrográfica do rio Paraíba está localizada no semiárido nordestino com uma área de aproximadamente 20.071,83 km², compreendida entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35" e 37°2'15" Oeste de Greenwich, declarada como a segunda maior do Estado da Paraíba, abrangendo 38% do território paraibano.

Sendo nomeada uma das áreas geográficas mais relevantes do Estado, essa sub-bacia desenvolve um tripé fundamental para seu reconhecimento destacando-se: a área geográfica, a população acolhida e o Produto Interno Bruto (PIB). Em boa parte da extensão da sub-bacia

analisada são desenvolvidas atividades mineiras com a ocorrência de rochas presentes de diversos minérios que contribuem para a sua importância no cenário regional.

Figura 1 – Sub-bacia hidrográfica do Rio Paraíba-PB.



Fonte: AESA (2006).

É composta pelas sub-bacias do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. O englobamento dessas sub-bacias é responsável por disponibilizar recursos hídricos para 1.828.178 habitantes que correspondem cerca de 52% da população do Estado atuante. Além da grande densidade demográfica, na bacia estão incluídas as cidades de João Pessoa, capital do Estado e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para concentrar os objetivos dessa pesquisa, foi analisado a Pegada Hídrica nas seguintes áreas: Abastecimento Urbano e Rural, Saneamento, Agricultura Irrigada e Pecuária.

4.1 Aferição da Pegada Hídrica no Abastecimento Urbano e Rural

Para construção dos resultados é necessário coletar informações a respeito dos municípios abastecidos pelo Médio Curso da Sub-bacia do Rio Paraíba. Nesse momento, a base de dados utilizada foi a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que

forneceu a população projetada para o ano de 2018. O objetivo é de calcular o consumo de cada município, e para isso o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em conjunto com a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) disponibilizam dados do ano de 2018 como: o consumo médio per capita por indivíduo (IN022) e o índice de perdas na distribuição (IN049), que são dados fundamentais para construção do cálculo. A seguir, a Tabela 2 apresenta o cálculo pegada hídrica azul dos municípios que são abastecidos pela sub-bacia estudada.

Tabela 2: Pegada Hídrica Azul do Abastecimento em cada município no ano de 2018 em m³/ano.

| | MUNICÍPIO | POPULAÇÃO PROJETADA 2018 | PEGADA HÍDRICA AZUL (M ³ /ANO) |
|----|-------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | ALCANTIL | 5473 | 261394 |
| 2 | AROEIRAS | 19190 | 916528 |
| 3 | BARRA DE SANTANA | 8249 | 393978 |
| 4 | CAMPINA GRANDE | 407472 | 19461143 |
| 5 | CATURITÉ | 4807 | 229586 |
| 6 | FAGUNDES | 11355 | 542323 |
| 7 | GADO BRAVO | 8448 | 403482 |
| 8 | ITATUBA | 10801 | 515863 |
| 9 | MONTANHAS | 11295 | 539457 |
| 10 | NATUBA | 10458 | 499481 |
| 11 | POCINHOS | 18429 | 880182 |
| 12 | PUXINANÃ | 13630 | 650978 |
| 13 | QUEIMADAS | 43917 | 2097506 |
| 14 | RIACHO DE SANTO ANTÔNIO | 1951 | 93181 |
| 15 | SANTA CECÍLIA | 6574 | 313979 |
| 16 | UMBUZEIRO | 9902 | 472926 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Estes resultados iniciais de cada município irão ser somados ao cálculo de armazenamento das cisternas. Isso porque quando se trata de Pegada Hídrica do Abastecimento, é incluído todo o consumo de água. A Tabela 3 apresenta o monitoramento das cisternas dos municípios:

Tabela 3: Monitoramento das cisternas em cada município no ano de 2018 em m³/ano.

| MUNICÍPIO | M³ / ANO |
|--------------------------------|----------------------------|
| ALCANTIL | 17.124 |
| AROEIRAS | 26.248 |
| BARRA DE SANTANA | 19.736 |
| CAMPINA GRANDE | 2.200 |
| CATURITÉ | 20.084 |
| FAGUNDES | 16.572 |
| GADO BRAVO | 24.372 |
| ITATUBA | 21.916 |
| MONTANHAS | 5.312 |
| NATUBA | 1.072 |
| POCINHOS | 9.472 |
| PUXINANÃ | 6.800 |
| QUEIMADAS | 55.612 |
| RIACHO DE SANTO ANTÔNIO | 3.744 |
| SANTA CECÍLIA | 6.400 |
| UMBUZEIRO | 1.360 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Assim, somando os resultados da Tabela 1 e 2 teremos uma Pegada Hídrica Azul Totalde Abastecimento de 28.510.011 m³/ano.

4.2 Aferição da Pegada Hídrica no Saneamento

Para calcular a Pegada Hídrica do Saneamento é utilizado como fonte de dados as mesmas instituições geográficas mencionadas na Pegada Hídrica do Abastecimento. Sendo considerada a população projetada para o ano de 2018, o consumo médio per capita de água (INO22), o coeficiente de retorno médio, índice médio de esgoto tratado (IN046), concentração média de esgotos tratados e não tratados (Kg/m³), carga poluente de esgotos tratados e não tratados (kg/ano) e a concentração máxima permitida (kg/m³). Utilizado todos esses dados do ano de 2018, a Tabela 4 apresenta a pegada hídrica cinza do setor de saneamento das cidades que geram efluentes no Médio Curso da Sub-bacia do Rio Paraíba.

Somando todos os resultados, a pegada hídrica cinza total da região tem um valor de 751.250.744 m³/ano.

Ao observar toda essa análise é importante destacar que das 16 cidades analisadas, apenas duas cidades que são Campina Grande e Queimadas, possuem o tratamento de esgoto no seu território. Diante desse cenário, já é evidenciado uma poluição elevada em boa parte da sub-bacia.

Tabela 4: Pegada Hídrica Cinza em cada município no ano de 2018 em m³/ano.

| MUNICÍPIO | | PEGADA HÍDRICA CINZA (M ³ ANO) |
|-----------|-------------------------|---|
| 1 | ALCANTIL | 6945837,2764 |
| 2 | AROEIRAS | 24354214,7512 |
| 3 | BARRA DE SANTANA | 10468885,7469 |
| 4 | CAMPINA GRANDE | 517126659,3598 |
| 5 | CATURITÉ | 6100610,2298 |
| 6 | FAGUNDES | 14410740,4117 |
| 7 | GADO BRAVO | 10721438,5731 |
| 8 | ITATUBA | 13707653,6492 |
| 9 | MONTANHAS | 14334593,8309 |
| 10 | NATUBA | 13272349,0291 |
| 11 | POCINHOS | 23388422,2851 |
| 12 | PUXINANÃ | 17297964,9327 |
| 13 | QUEIMADAS | 55735489,7983 |
| 14 | RIACHO DE SANTO ANTÔNIO | 2476032,9849 |
| 15 | SANTA CECÍLIA | 8343127,0336 |
| 16 | UMBUZEIRO | 12566724,0472 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

4.3 Aferição da Pegada Hídrica na Agricultura Irrigada

Para estimar o setor agrícola foi utilizado duas componentes da pegada hídrica. A primeira será a PHverde, em função da absorção das culturas regionais e a segunda será a PHazul, em função da demanda de água para irrigação. Com isso, o cálculo foi desenvolvido com dados como o coeficiente de cultivo das culturas permanentes e temporais das regiões, a evaporação média mensal e a precipitação média mensal.

A evaporação média mensal está presente no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba apresentando as seguintes informações na Tabela 05:

Tabela 5: Evaporação Média Mensal (mm)

| Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-------|-------|-------|------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|
| 147,1 | 132,5 | 108,1 | 88,3 | 102,5 | 64,9 | 73 | 105,1 | 126,1 | 153,6 | 151,2 | 165 |

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos, 2001.

Na precipitação da região, conforme a Tabela 6, foi considerado todo o ano de 2018 e observado que o período de chuvas começa em Janeiro e se estende até Maio, favorecendo aos cultivadores sem ser necessário a utilização total de recursos armazenados. Essa informação será utilizada para calcular os valores da precipitação efetiva (Pefet).

Tabela 6: Precipitação Mensal (mm)

| Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 48,8 | 80,2 | 79 | 166 | 72,9 | 30,1 | 20,9 | 5,8 | 5,4 | 3,9 | 6 | 19,3 |

Fonte: AESA, 2018.

Com esses levantamentos, a PHverde foi calculada utilizando as diferentes culturas que possuem na região em conjunto com a área plantada, para construção da Tabela 7 apresentando os resultados da pegada hídrica verde. Ao formalizar o somatório das culturas, a Pegada Hídrica Verde Total da agricultura irrigada é de 34.756.130 m³/ano.

Tabela 7: Pegada Hídrica Verde da Agricultura Irrigada no ano de 2018 em m³/ano.

| CULTURAS | | TOTAL (M/ANO) | ÁREA PLANTADA (M ² ANO) - 2016/2017 | PEGADA HÍDRICA VERDE (M ³ /ANO) (2018) |
|----------|--------------------------|---------------|--|---|
| 1 | Manga | 0,21 | 600000 | 127920 |
| 2 | Coco | 0,21 | 890000 | 185819 |
| 3 | Goiaba | 0,20 | 810000 | 165540 |
| 4 | Banana | 0,23 | 5680000 | 1311285 |
| 5 | Batata doce (s - es) | 0,22 | 2700000 | 586062 |
| 6 | Mandioca/Inhame (s - es) | 0,14 | 9800000 | 1355213 |
| 7 | Milho (s - es) | 0,19 | 85000000 | 16573725 |
| 8 | Cana-de-açúcar (s - es) | 0,22 | 1200000 | 262680 |
| 9 | Feijão | 0,10 | 93600000 | 9045504 |

| | | | | |
|-----------|------------------------|------|----------|---------|
| 10 | Feijão-Fava | 0,10 | 20750000 | 2005280 |
| 11 | Sisal | 0,19 | 15700000 | 3000663 |
| 12 | Abacate | 0,22 | 70000 | 15233 |
| 13 | Tomate (s - es) | 0,21 | 570000 | 121208 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O mesmo desenvolvimento irá acontecer na pegada hídrica azul total da agricultura irrigada. Utilizando as culturas da região e a área plantada, possibilitando o cálculo do volume de água que deverá ser aplicada na agricultura irrigada.

As culturas presentes a seguir foram escolhidas em virtude da presença considerável na área de estudo. A Tabela 8 reúne todos os dados pesquisados e estima o valor de 152.170.324 m³/ano.

Tabela 8: Pegada Hídrica Azul da Agricultura Irrigada no ano de 2018 em m³/ano.

| CULTURAS | | TOTAL (M/ANO) | ÁREA PLANTADA (M²ANO) - 2016/2017 | PEGADA HÍDRICA VERDE (M³/ANO) (2018) |
|-----------------|---------------------------------|----------------------|---|--|
| 1 | Manga | 0,21 | 600000 | 552432 |
| 2 | Coco | 0,21 | 890000 | 760296 |
| 3 | Goiaba | 0,20 | 810000 | 638126 |
| 4 | Banana | 0,23 | 5680000 | 6739547 |
| 5 | Batata doce (s - es) | 0,22 | 2700000 | 1538069 |
| 6 | Mandioca/Inhame (s - es) | 0,14 | 9800000 | 3461164 |
| 7 | Milho (s - es) | 0,19 | 85000000 | 59480875 |
| 8 | Cana-de-açúcar (s - es) | 0,22 | 1200000 | 793848 |
| 9 | Feijão | 0,10 | 93600000 | 56149704 |
| 10 | Feijão-Fava | 0,10 | 20750000 | 12447718 |
| 11 | Sisal | 0,19 | 15700000 | 9238587 |
| 12 | Abacate | 0,22 | 70000 | 69102 |
| 13 | Tomate (s - es) | 0,21 | 570000 | 300857 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

4.4 Aferição da Pegada Hídrica na Pecuária

Para calcular a pegada hídrica total da pecuária foram utilizadas duas componentes. A primeira será a Pegada Hídrica Verde, em função do consumo dos animais e a segunda será a Pegada Hídrica Azul, em função da dessedentação dos rebanhos considerados. Com isso, o

cálculo foi desenvolvido reunindo dados como a quantidade de cabeças de bovinos, equinos, suínos, caprinos, ovinos e galináceos; o consumo de água média e o consumo médio de silagem.

Tabela 9: Dados dos rebanhos da Sub-bacia do Rio Paraíba.

| TIPOS | CATEGORIAS | Nº DE CABEÇAS (UND) | CONSUMO MÉDIO DE SILAGEM (Kg/Cabeça/Dia) | TIPOS DE SILAGEM | CONSUMO TOTAL DE SILAGEM (TON./ANO) |
|-------|------------|---------------------|--|------------------|-------------------------------------|
| 1 | BOVINOS | 114070 | 15 | CAPIM | 624533 |
| 2 | EQUINOS | 7367 | 7 | CAPIM | 18823 |
| 3 | SUÍNOS | 40004 | 3,2 | MILHO | 46725 |
| 4 | CAPRINOS | 39372 | 2,94 | MILHO | 42250 |
| 5 | OVINOS | 46076 | 2,92 | MILHO | 49108 |
| 6 | GALINÁCEOS | 2307192 | 0,13 | MILHO | 109476 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A Tabela 9 apresenta o consumo total de silagem responsável pelos rebanhos presentes na região. Com essa informação, se faz necessário projetar a quantidade de área necessária que deverá ser plantada para suprir esse consumo e agrupar com a evapotranspiração total das culturas de capim e milho. É diante desse conjunto de informações que a pegada hídrica verde da pecuária desenvolve o valor de 32.929.503 m³/ano. Conforme a tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Pegada Hídrica Verde da Pecuária.

| TIPOS DE SILAGEM | CONSUMO TOTAL DE SILAGEM (TON./ANO) | ÁREA A SER PLANTADA (M ² /ANO) | EVAPOTRANSPIRAÇÃO TOTAL (E _{tverde}) (M/ANO) | PEGADA HÍDRICA VERDE (M ³ /ANO) |
|------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| CAPIM | 643356 | 91907991 | 0,21 | 19138001 |
| MILHO | 247559 | 70731093 | 0,19 | 13791502 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Para o desenvolvimento da Pegada Hídrica Azul da Pecuária, foi necessário o engajamento de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que demonstram o consumo elevado da cultura de bovinos e galináceos da região, o que irá favorecer o aumento da PHazul. Conforme dispõe a tabela 11 a seguir:

Tabela 11: Pegada Hídrica Azul da Pecuária.

| CATEGORIAS | Nº DE CABEÇAS (UND) | CONSUMO DE ÁGUA MÉDIO (L/DIA) | PEGADA HÍDRICA AZUL (M³/ANO) |
|-------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| BOVINOS | 114070 | 20 | 832711 |
| EQUINOS | 7367 | 18 | 48401 |
| SUÍNOS | 40004 | 5 | 73007 |
| CAPRINOS | 39372 | 3 | 43112 |
| OVINOS | 46076 | 3 | 50453 |
| GALINÁCEOS | 2307192 | 0,23 | 193689 |

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Assim, somando a PHazul das categorias, temos uma Pegada Azul Total da Pecuária de 1.241.374 m³/ano. Diante da aferição das pegadas hídricas de cada setor considerado na pesquisa: abastecimento, saneamento, agricultura e pecuária, será obtido o valor da pegada hídrica total da Sub-bacia do Rio Paraíba no ano de 2018.

Tabela 12: Pegada Hídrica Total na Sub-bacia do Rio Paraíba no ano de 2018.

| PRINCIPAIS SETORES | PH AZUL (m³/ano) | PH VERDE (m³/ano) | PH CINZA (m³/ano) |
|--|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ABASTECIMENTO HUMANO | 28.510.011 | - | - |
| SANEAMENTO | - | - | 751.250.744 |
| AGRICULTURA IRRIGADA | 152.170.324 | 34.756.130 | - |
| PECUÁRIA | 1.241.374 | 32.929.503 | - |
| PEGADA HÍDRICA TOTAL | 181.921.709 | 67.685.633 | 751.250.744 |
| PEGADA HÍDRICA DA SUB-BACIA DO RIO PARAÍBA (2018) | 1.000.858.086m³/ano | | |

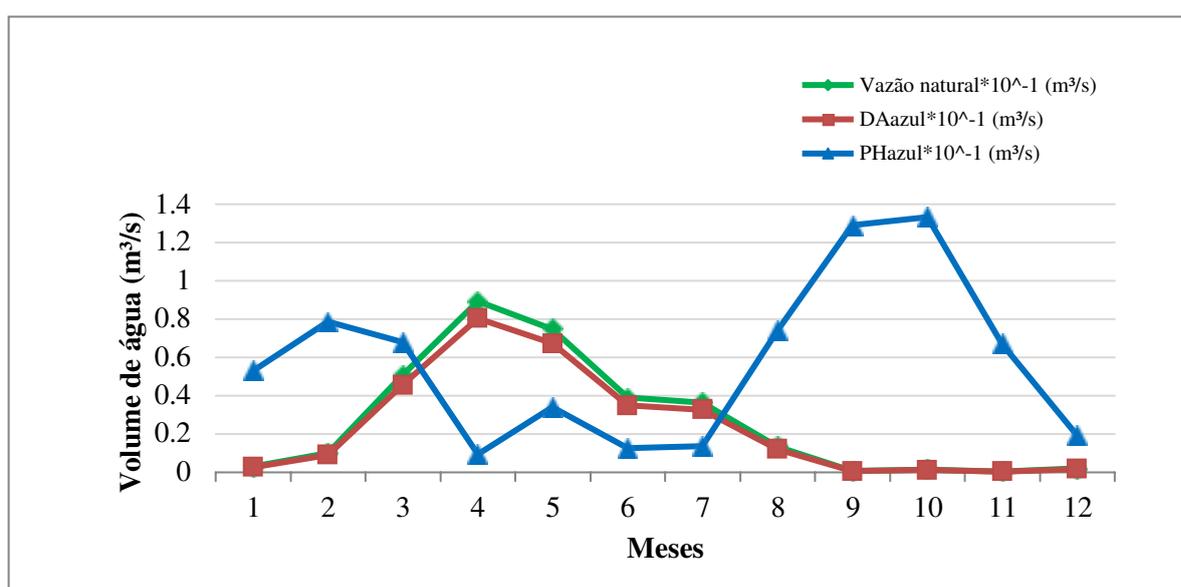
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Vale ressaltar que o cálculo da pegada hídrica total de uma bacia hidrográfica é desenvolvido por meio do somatório de todos os presentes componentes dos principais setores de consumo de água da sub-bacia.

4.5 Análise da Sustentabilidade da Sub-bacia do Rio Paraíba no ano de 2018

A Figura 2 mostra a análise da sustentabilidade considerando a vazão natural e a disponibilidade de água (DAazul) para deferir os níveis de escassez da sub-bacia. Para se fazer a análise da figura, torna-se necessário entender que o ponto crítico será a situação na qual a pegada azul excede a disponibilidade de água azul.

Figura 2: Análise da Sustentabilidade da Sub-bacia do Rio Paraíba no ano de 2018.

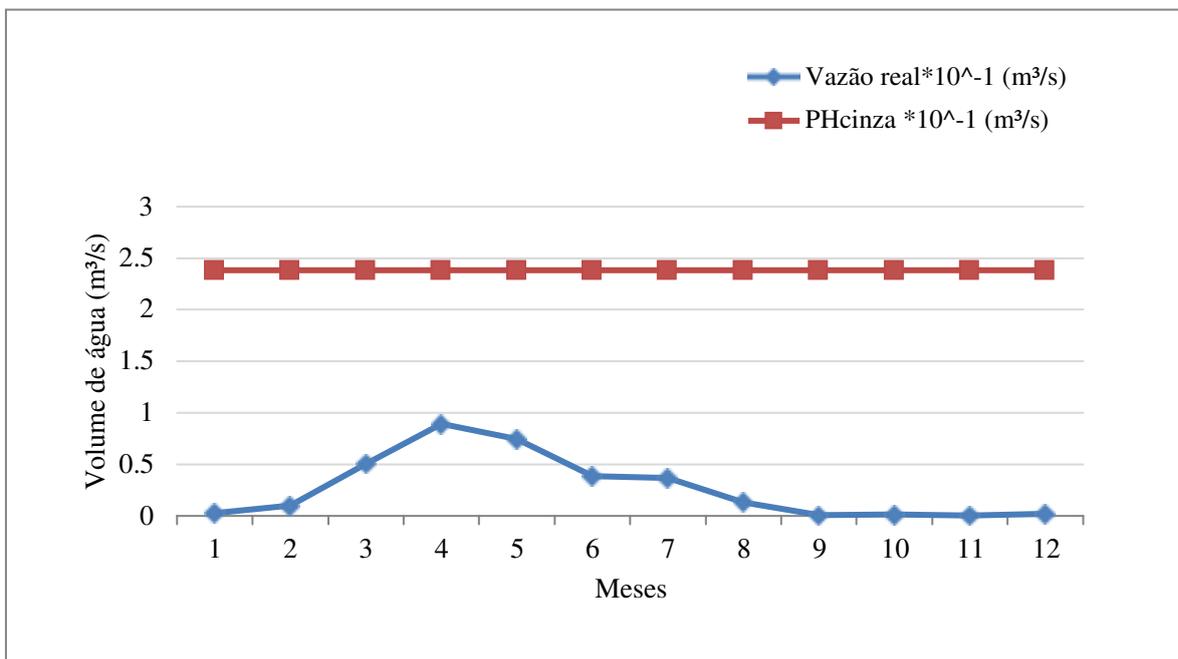


Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Como demonstra a Figura 2, o consumo de água total é insustentável entre os meses de agosto e março. Em meados de março, o período que começa as chuvas, a demanda de água supera a pegada azul, sendo um período próspero de ações que visam armazenar águas para diminuir as preocupações com o período de seca. Diante dessa situação, é possível executar um planejamento de longo prazo que possa diminuir o consumo nos períodos insustentáveis.

Ao analisar a Sustentabilidade da Pegada Cinza, é desencadeado o mesmo cenário. Nota-se que durante todo o período em análise, a sub-bacia fica em estado crítico. Ainda é possível observar um crescimento considerável na vazão entre março e julho, mas mesmo assim, o nível de poluição da água se encontra elevado e constante.

Figura 3: Análise da Sustentabilidade Ambiental da Pegada Hídrica Cinza na Sub-bacia do Rio Paraíba no ano de 2018.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Como justificativa, não foi possível realizar a análise da Sustentabilidade da Pegada Hídrica Verde, uma vez que os dados disponíveis para estudos não são suficientes para complementar a avaliação da região. Sendo necessário um estudo de campo para mapear uma possível imagem da área em estudo. O presente trabalho não foi discutido com outros autores pelo motivo desse ser o único estudo na área da Sub-bacia do Médio Curso do Rio Paraíba, impossibilitando uma análise comparativa da região.

5.0 CONCLUSÃO

Agregando todos os resultados da pesquisa, pode-se observar que os setores que demandam água são os de agricultura irrigada, na água azul e da pecuária, na água verde. Ao analisar todo o contexto da sub-bacia no ano de 2018, é possível considerá-la como sustentável.

A situação da mesma se descreve no seguinte contexto: na análise da Pegada Hídrica Azul, o consumo médio anual é de 5,7687 m³/s, em contrapartida, a disponibilidade de água média é de 2,4068 m³/s. Ao efetuar os cálculos da análise, será considerado o valor de 0,4172 (divisão de DA por PHazul). Sendo classificada como aceitável dentro dos parâmetros estabelecidos no Manual de Avaliação de Pegada Hídrica. Porém, nos períodos de seca, a demanda é superior a disponibilidade de água, sendo necessário aumentar ações de captação de água para possibilitar a diminuição da curva da PHazul e da disponibilidade de água. Vale ressaltar que o governo tem por obrigação implementar políticas públicas que conscientize a população sobre o consumo exacerbado, podendo efetuar ações que minimizem as perdas e roubos de água.

Diante da realização dessa pesquisa, acredita-se que os resultados possam servir para planejamentos de uso eficiente da água, como também, alertar principalmente a população, empresas e gestores sobre a quantidade de água que está sendo consumida nos diversos setores.

Observar que no decorrer de toda a pesquisa, foram encontradas dificuldades na busca e coleta dos dados, visto que procurou-se coletar alguns dados em Órgãos Municipais, Estaduais e Federais, mas alguns destes não estavam atualizados, prejudicando a eficiência da pesquisa. Também não foi possível introduzir o setor industrial pela falta de informações que existia, onde se espera que nas futuras pesquisas a serem realizadas possa ser considerado também este setor.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba..**Climatologia Gráficos**. 2016. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/jsp/monitoramento/chuvas/climatologiasGraficos.jsp>> Acesso em: 20 de set. de 2018.

_____. **Meteorologia – Chuvas**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 02 de mai. de 2019.

_____. **Planos Diretores de Bacia**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/planos-diretores/>>. Acesso em: 10 de abr. de 2019.

_____. **Rio Paraíba**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>Acesso em: 02 de nov. de 2018.

AESBE. Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais. **Principais Processos de Tratamento de Esgotos Adotados no Brasil**. Disponível em: < <http://abes-dn.org.br/?p=2499>>. Acesso em: 18 de mai. de 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Geo Brasil Recursos Hídricos. Brasília - DF, 2010. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 de set. de 2018.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília - DF, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 18 de set. de 2018.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BARBOSA, P. A.; GOMES, S. Desenvolvimento sustentável: qualidade ambiental ISSO 14000 um estudo de caso na Anglo American Unidade Tailings Catalão. **Revista CEPPG**. v. 24 (1), p. 45-59, 2011.

BARSANO, P. R.; BARBOSA, R. P. **Gestão Ambiental**. Érica, 2014.

BRASIL. **Lei n. 175, de 07 de jan. de 1936**. Regula o disposto no art. 177 da Constituição. Rio de Janeiro, jan. 1936. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-175-7-janeiro-1936-505857-publicacaooriginal-76071-pl.html>>. Acesso em: 18 de set. de 2018.

BUTLER, D.; MEMON, F. (2006). **Water demand management**. London, UK: IWA Publishing.

CAMPOS, V. N. O. **O Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e o Consejo de Cuenca del Valle de México**. 2008. Tese (Doutorado em Integração da América Latina) - Integração da América Latina, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARMO, R. L. Population and water resources in Brazil. In: HOGAN, D. J.; BERQUÓ, E.; COSTA, H. S. M. **Population and environment in Brazil: Rio + 10**. Campinas: CNPD, ABEP, NEPO, 2002.

CARVALHO, D. M.; BERENGUER, M. E. M. 2016. **Pegada Hídrica e Análise de Sustentabilidade do Tratamento de Água no Brasil: Um Estudo de Caso da ETA Laranjal**. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CHEN, X.; DINGBAO, W.; FUQIANG, T.; SIVAPALAN, M.(2016). From channelization to restoration: Sociohydrologic modeling with changing community preferences in the Kissimmee River Basin, Florida. **Water Resour.** n. 52, p. 1227–1244, doi:10.1002/2015WR018194.

CHRISTOFIDIS, D. Água e Agricultura. **Revista Plenarium**, v. 3, n. 3, p. 44-59, 2006.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005**. Águas Doces. Classe 2. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 18 de mai. de 2019.

COSGROVE, W. J.; LOUCKS, D. P. (2015), Water management: Current and future challenges and research directions, **Water Resour**, n. 51, p. 4823–4839, doi:10.1002/2014WR016869.

COSTA, D. C. C.; MARTORANO, L. G.; MARQUES, M. C.; EL-HUSNY, J. C.; NACIF, A. Pegada Hídrica como indicador de sustentabilidade em pólo de grãos na Amazônia. **Enciclopédia biosfera**. v. 13(23), p. 920-929, 2016.

COSTA, H. G. A.; MELO, W. F.; ALMEIDA, J. S.; MARACAJÁ, P. B.; JOSÉ EURISMAR MOISÉS DE SOUZA MARTINIANO, J. E. M. S.; NÓBREGA, J. Y. L.; SOUSA, J. S. Gestão da demanda de águas superficiais: o caso de José da Penha - RN (2009-2013). **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 9, n. 1, p. 62-76, 2015.

COSTA MARTINS, A.; CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Alocação e Realocação do Direito de Uso da Água: Uma Proposta de Modelo de Mercado Limitado no Espaço. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 2, 2002.

COSTA LEONARDO. **Contribuições para um modelo de gestão da água para a produção de bens e serviços a partir do conceito de pegada hídrica**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia da produção). Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

DIAS, R. **Gestão Ambiental - Responsabilidade Social e Sustentabilidade**, 3 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento**. Universidade Federal da Paraíba, 1999.

GOMES, J. L.; BARBIERI, J. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. **CadernosEBAPE**. v. 2(3), p. 2- 21, 2004.

HOEKSTRA, A.Y; CHAPAGAIN, A.K.; The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives.**EcologicalEconomics**, v.70, p 749-758, (2011).

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K.; ALDAYA, Maite M.; MEKONNEN; Mesfin M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: estabelecendo o Padrão Global**.; Tradução para português. (2011).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a.Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 de nov. de 2018.

_____. **Cidades e Estados do Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 de abr. de 2019.

_____. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=resultados>>. Acesso em: 30 de abr. de 2019.

_____. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=16787&t=resultados>>. Acesso em: 10 de mai. de 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO. **ISO 14046:2014**. Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines.Geneva: ISO, 2014.

JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. C. **Gestão ambiental nas organizações: fundamentos e tendências**. São Paulo: Atlas, 2013.

JIMENEZ, D. C. **Gestão ambiental organizacional: gerenciamento da questão ambiental no Banco do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração). Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2007. 39f.

KRAEMER, M. E. P. **Gestão ambiental: um enfoque no desenvolvimento sustentável**. 2006. Disponível em: <www.ambientebrasil.com.br/gestao/des_sustentavel.doc>. Acesso em: 20 de nov. 2018.

LAVORATO, Marilena. As vantagens do benchmarking ambiental. **Revista Produção Online**, v. 4, n. 2, 2004.

LEÃO, R. S. Pegada Hídrica: Visões e Reflexões Sobre sua Aplicação. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, n. 4, p.159-162, out./dez., 2013.

MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; NETO, J. D.; ARAUJO, L. E. ; Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p.113-125, jun. 2012.

MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. ; SILVA, V. P. R.; Regionalização da Pegada Hídrica do Estado da Paraíba. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v.4, n.1, p. 105-122, 2014.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO REGIONAL (MIR). O Gerenciamento Dos Recursos Hídricos e o Mercado de Águas. Brasília, DF. 1994. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>>. Acesso em:18 de set. de 2018.

PAB. Programa Água Brasil; Pegada Hídrica de Bacias Hidrográficas; Iniciativa da Agência nacional de Águas, Fundação Banco do Brasil e WWF-Brasil; publicado (2014).

RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Consenso como medida de sustentabilidade no gerenciamento da demanda de água. In: LIRA, W; LIRA, H; SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.. (Org.). **Sustentabilidade: um enfoque sistêmico**. Campina Grande: EDUEP, 2008.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia científica**. Paracambi, RJ: FAETEC/IST, 2007.

SALAZAR, V. L. P. Pegada Hídrica. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 9(2), p. 1-4, 2012.

SANTOS, E. ; MATOS, H.; ALVARENGA, J. ; SALES, M. C. L. A seca no Nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-Ce. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n.5, p. 819-830, 2012.

SERRER, F.; SCHERER, M. O sistema brasileiro de gerenciamento dos recursos hídricos: uma proposta democrática e participativa no tratamento da água. **Revista Direito em Debate**, v. 25, n. 45, p. 209-228, Set. 2016.

SHARMA, S. K. ; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009). Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries. **Water and Environmental Journal**, n. 23, p. 210-218.

SILVA, V. P. R. da.; ALEIXO, D. O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p.100-105, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100014>.

SILVA, L. da.; EVANGELISTA, G. M. Pegada Hídrica como indicador de sustentabilidade em bacias hidrográficas do semiárido. In: I Congresso Internacional da diversidade do semiárido. v. 1, Campina Grande, 2016. **Anais...** Campina Grande: Editora Realize, 2016. p.1-16. Disponível em: <<http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos>>. Acesso: 20 de nov. de 2018.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Anual de Água e Esgotos**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 24 de abr. de 2019.

STUDART, T. M. C.; CAMPOS, N. Gestão da demanda. **Gestão de águas: Princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2003.

TINOCO, E. T.; KRAEMER, M. P. **Contabilidade e gestão ambiental**, 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ORGANIZAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA DAS NAÇÕES UNIDAS (UNESCO). **Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas 2015: Água para um Mundo Sustentável**. 2015. Paris, UNESCO. Disponível em: http://www.unesco.org/new/pt/brasil/abou-this-office/single-view/news/the_main_un_report_on_water_is_launched_at_the_8th_world_wa/. Acesso em: 18 de set. de 2018.

_____. World Water Development Report 2018. 2018. **In: Nature-based Solutions for Water**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>. Acesso em: 18 de set. de 2018.

_____. **Soluções baseadas na natureza para gestão da água**. 2018. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261594por.pdf>. Acesso em: 18 de set. de 2018.

VIEIRA, Z. M. C. L. Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

YU, Y.; HUBACEK, K.; FENG, K.; GUAN, D. (2010). Assessing regional and global water footprints for the UK. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1140-1147.