

1371 – A ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA VERDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUBAÉ

Victor Cabral Carneiro⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Membro do projeto de pesquisa Saneamento sustentável visando o nexos Energia-Água-Alimento na Universidade Estadual de Feira de Santana.

Eduardo Henrique Borges Cohim Silva⁽²⁾

Engenheiro Sanitário pela Universidade Federal da Bahia (1983). Mestre (2006) em Tecnologias Limpas Universidade Federal da Bahia. Doutor (2011) em Engenharia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente é professor titular da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Endereço⁽¹⁾: Av. Transnordestina, s/n – Novo Horizonte – Feira de Santana - Bahia - CEP: 44036-900- Brasil - Tel: +55 (75) 3161-8000- e-mail: ccabralvictor@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho apresenta como finalidade a quantificação da pegada hídrica verde na Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, localizado no Estado da Bahia. O estudo foi motivado pelo crescimento da necessidade do gerenciamento dos recursos hídricos em consonância com a escassez de estudos no que abrange a parcela de água verde em nosso território. A pegada hídrica consiste em um indicador que abrange o uso direto e indireto para a produção de um determinado produto, podendo ser dividido em três parcelas, verde (proveniente da chuva ou umidade do solo, azul (corpos hídricos superficiais ou subterrâneos) e cinza (poluição). Para a realização deste estudo, inicialmente ocorreu a delimitação da bacia e das APP's por meio de ferramentas de geoprocessamento, com a utilização de Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela missão SRTM, sequencialmente foram classificadas mediante a uso e ocupação do solo baseado em informações obtidas por meio do MapBiomas. A pegada hídrica verde obtida foi de aproximadamente 309 milhões de metros cúbicos no ano de 2020, representado por uma parcela de cerca de 166 milhões (54%) oriunda de pastagens, 80 milhões (26%) do campo florestal e 62 milhões (20%) da produção agrícola. A pegada hídrica verde se apresentou como insustentável em grande período do ano, no período entre outubro e fevereiro, destacando-se o mês de dezembro, com um índice de escassez de 4,5. Além disso, ao comparar os valores do uso e ocupação do solo do período de 1985 e 2020, foi possível notar um acréscimo de 100 km² de área destinadas a pastagens e um decréscimo de 48 km² de área florestal neste mesmo período. Por fim, nota-se que a área da Bacia Hidrográfica do Subaé se apresenta com 11% do uso e ocupação do solo de vegetação nativa, valor abaixo dos limites propostos pelas Metas de AIICHI, que é 17%, alertando sobre a necessidade da conservação desses espaços e da preservação dos ecossistemas e da biodiversidade.

Palavras-chave: Pegada Hídrica Verde; Gestão de Água; Biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE: Pegada Hídrica Verde, Gestão de Água, Biodiversidade, Bacia Hidrográfica, Rio Subaé.

INTRODUÇÃO

Conforme o crescimento das demandas hídricas em nosso planeta, ocorreram intensas modificações das pressões dos recursos hídricos conforme (UNESCO, 2014). Este crescimento pôde ser observado em Shiklomanov (1988) no qual relatou o aumento de aproximadamente sete vezes o volume de retirada de água doce, quando comparado aos índices do século passado. A retirada deste recurso em nosso planeta, nos alerta sobre a importância dos estudos que envolvem o gerenciamento, haja vista que a parcela da água doce é muito inferior ao volume de água salgada em nosso planeta, além de sua importância para a manutenção da vida humana.

Diante disso, foram desenvolvidos importantes ferramentas e indicadores que auxiliem no entendimento da dinâmica do uso da água, visando compreender e analisar a utilização desse recurso, com o objetivo de melhor gerenciar. Dessa forma, será utilizado o indicador de pegada hídrica (PH), que considera tanto o uso da água de forma direta quanto indireto, para produzir um determinado produto, (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011), podendo ser delimitado em três vertentes: pegada hídrica azul (superficial ou subterrânea); verde (água de chuva, desde que não ocorra o escoamento); cinza (poluição).

Dessa maneira, para esse trabalho foi utilizado o indicador de pegada hídrica verde como forma de avaliar a dependência que a região apresenta da água verde, buscando analisar o impacto da escassez desse recurso na biodiversidade da Região da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, localizado no Estado da Bahia. Isso será feito utilizando o georreferenciamento para a delimitação da bacia hidrográfica, sequencialmente, o estudo do uso e ocupação do solo e, por conseguinte, a realização dos cálculos necessários baseados nos dados encontrados no uso desse solo na região.

A escolha da quantificação da água verde se dá por ainda ser considerada negligenciada, havendo um foco maior apenas na água azul. A importância da consideração da água verde pode ser ratificada por meio dos estudos realizados por Mekonnen e Hoekstra (2011), que quantificou a pegada hídrica entre os anos de 1996 e 2005, obtendo uma média de 9.087 Gm³/ano, sendo 74% dessa parcela composta por água verde. Dito isto, estudos a respeito de tal escassez são necessários, pois esses recursos são indispensáveis para sustentação do ecossistema natural, além da produção de biomassa para diversas finalidades na economia humana, sendo necessárias análises mais profundas sobre o uso desses recursos.

OBJETIVO(S)

Objetivo geral

- O objetivo geral deste trabalho consiste em: determinar e analisar a pegada hídrica verde na Sub-bacia do Rio Subaé mediante o atual uso e ocupação do solo nesta região.

Objetivos específicos

- Calcular a escassez de água verde verificando a sustentabilidade da pegada hídrica verde na área de estudo;
- Avaliar como as atividades humanas podem se relacionar com a escassez de água verde na Bacia do Rio Subaé;
- Verificar o impacto da escassez de água verde na biodiversidade na área de estudo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Pertencente a Região Hidrográfica Nacional do Atlântico Leste e da denominada Recôncavo Norte e Inhambupe, a Sub-Bacia do Rio Subaé tem como seu principal corpo hídrico, o rio que leva o mesmo nome. A sua nascente se localiza na cidade de Feira de Santana, na região da lagoa do Subaé e apresenta uma extensão de aproximadamente 55 km. Além disso, ao se tratar da climatologia da área que envolve a bacia, temos que em conformidade com a classificação de Koppen-Geiger a região é Af, caracterizado por um clima tropical úmido a subúmido e seco para subúmido, apresentando valores de precipitação média de em torno de 1000 mm de chuva, e sua temperatura média anual com valores entre 24°C e 26°C.

A delimitação da área de influência dessa bacia e a delimitação das áreas de proteção permanente (APP), foi realizada por meio de geoprocessamento. Inicialmente, foi necessário definir espacialmente o divisor topográfico, para isso, foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) pré-processado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, com resolução de 30 m, oriundas da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) que possui como finalidade a produção de informações topográficas digitais com alta resolução, com isso, foi possível a delimitação da área de estudo, presente na Figura 1.

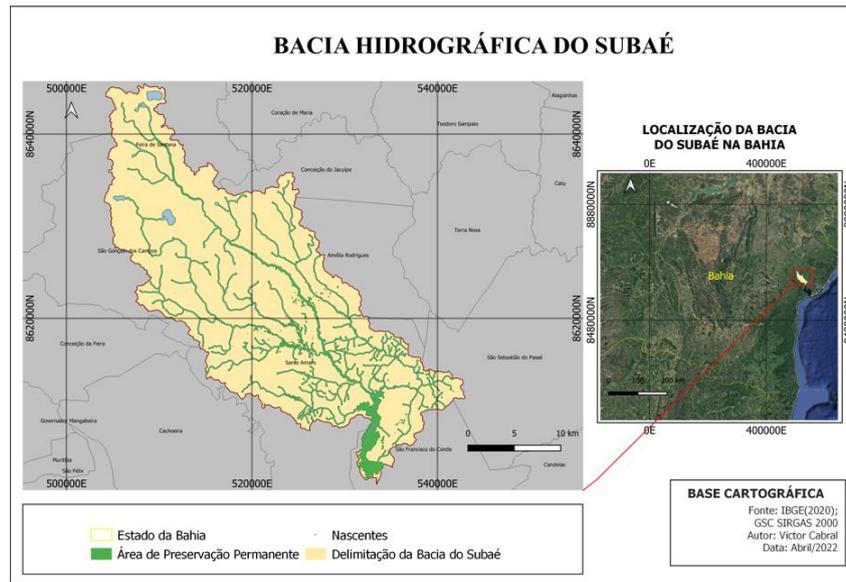


Figura 1: Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé (Fonte: Próprio Autor)

Sequencialmente, para a realização do estudo da ocupação do solo às margens da bacia delimitada, de seu ecossistema e da vegetação que compõe essa região foi utilizado a plataforma do MapBiomias, sendo possível a geração de mapas contendo informações da cobertura do solo na área de estudo (Apêndice 1). Dessa forma, será possível a obtenção de dados importantes da utilização desse solo, sendo utilizado como referência nos cálculos das determinadas culturas produzidas nas regiões.

De certo que a pegada hídrica pode ser necessária por diversos fatores e motivos. Diante disso, é necessário o detalhamento dos objetivos desta análise em consonância com o contexto que ele apresenta. Por conseguinte, a realização da etapa do cálculo e da avaliação da pegada hídrica verde foi baseado nas etapas e nos procedimentos presentes no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica de Hoekstra (2011). Dessa forma, é necessário inicialmente a definição dos objetivos e do escopo do estudo, sequencialmente a contabilização dos valores referente a pegada hídrica, avaliação da sustentabilidade e a formulação das respostas propostas.

A definição dos objetivos e dos escopos foram baseados no manual destinado a avaliação da pegada hídrica (Hoekstra, 2011), mantido pela Water Footprint Network – WFN.

Definição dos objetivos:

- I. Qual é a meta final?
R: Avaliar a pegada hídrica na região visando observar possíveis pontos críticos.
- II. Há um foco em uma fase específica?
R: Foco na contabilização da pegada hídrica verde e na avaliação da sustentabilidade na região.
- III. Qual é o escopo de interesse?
R: A pegada hídrica verde.
- IV. Qual a escala temporal?
R: O ano de 2020
- V. Qual será a área estudada?
R: A área estudada será a Bacia Hidrográfica do Rio Subaé.
- VI. Qual será o campo de interesse?
R: Contabilização da pegada hídrica e a verificação da sustentabilidade ambiental na região.

Definição dos escopos:

- I. Considerar a pegada hídrica azul, verde e/ou cinza?
R: Será considerado apenas a pegada hídrica verde

II. Qual o nível de resolução espaço-temporal?

R: Em conformidade com a Figura 2, a resolução espaço-temporal dessa pesquisa é classificada com nível B.

	Resolução espacial	Resolução temporal	Fonte de dados necessários sobre uso da água	Uso típico das contabilizações
Nível A	Média global	Anual	Literatura e banco de dados disponíveis sobre o consumo e poluição de água típicos, por produto ou processo.	Ações de conscientização, identificação preliminar dos componentes que mais contribuem para a pegada hídrica total; desenvolvimento de projeções globais do consumo da água.
Nível B	Nacional, regional ou de bacia	Anual ou mensal	Como no caso acima, mas o uso de dados específicos nacionais, regionais ou de bacias.	Identificação preliminar da dispersão e variabilidade espaciais; base de conhecimento para identificação de áreas críticas e decisões sobre alocação de água.
Nível C	Pequena bacia ou gleba	Mensal ou diária	Dados empíricos ou (se não forem diretamente mensuráveis) melhores estimativas do consumo e poluição da água, especificados por local e durante o ano.	Base de conhecimento para a realização de uma avaliação de sustentabilidade de uma pegada hídrica; formulação de uma estratégia para reduzir a pegada hídrica e os impactos locais associados.

Figura 2: Classificação da resolução espaço-temporal (Fonte: Hoekstra, 2011)

Quantificação da pegada hídrica verde

Para a obtenção dos valores de pegada hídrica verde nessa região será realizado cálculo da evapotranspiração real. Para isso, foi utilizado o banco de dados apresentado por Xavier et al. (2015), apresentando grades de resolução (0,25° x 0,25°) sendo composto por informações de precipitação diária, temperatura máxima e mínima, radiação solar, dentre outras variáveis necessárias para qualquer ponto do território brasileiro. A partir desses dados, foram gerados 15 pontos equidistantes na região da zona de estudo, sendo sequencialmente delimitadas subáreas de influência por meio dos polígonos de Thiessen.

Sequencialmente, para a estimativa da pegada hídrica verde na região da bacia do Rio Subaé, realizou-se os cálculos das pegadas hídricas referentes às parcelas voltadas para a pastagem, floresta e agricultura. A metodologia utilizada para isso foi em conformidade com o estudo realizado por Leal (2016) para a Bacia do Itapemirim. Dessa forma, temos que a pegada hídrica verde total é dada pela equação 1:

$$PH(\text{verde total}) = PH(\text{verde agrícola}) + PH(\text{verde pastagem}) + PH(\text{verde floresta}) \quad \text{equação (1)}$$

Sendo que,

- PH(verde total), pegada hídrica verde da bacia do Rio Subaé, m³/ano;
- PH(verde agrícola), pegada hídrica verde do setor agrícola, m³/ano;
- PH(verde pastagem), pegada hídrica verde das pastagens, m³/ano;
- PH(verde floresta), pegada hídrica verde das florestas, m³/ano.

Pegada hídrica verde das pastagens e das florestas

Os valores da pegada hídrica verde das pastagens e das florestas foram obtidos por meio do balanço hídrico proposto pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), realizado em cada pixel de área destinada a pastagem ou área florestal, de acordo com a classificação presente no MapBiomias.

$$PH(\text{verde pastagem}) = 10 * ETR_{\text{pastagem}} * A_{\text{pastagem}} \quad \text{equação (2)}$$

$$PH(\text{verde floresta}) = 10 * ETR_{\text{floresta}} * A_{\text{floresta}} \quad \text{equação (3)}$$

Sendo que,

ETR_{pastagem}, evapotranspiração real da área da pastagem, mm/ano;
ETR_{floresta}, evapotranspiração real da área de florestas, mm/ano;
A_{pastagem}, área de pastagem da bacia, ha;
A_{floresta}, área de floresta da bacia, ha.

Pegada hídrica verde do setor agrícola

Ao se tratar do setor agrícola, os valores da pegada hídrica verde foram obtidos por meio do produto entre a pegada hídrica de uma determinada cultura e a quantidade produzida no ano na região da bacia hidrográfica. Foram utilizados os números da produção agrícola municipal IBGE (2020), presente no Anexo A. Dessa forma, temos que:

$$PH(\text{verde agrícola}) = \sum (PH(\text{verde cultura}) * \text{Prod}(\text{cultura})) \quad \text{equação (4)}$$

Sendo que,

PH(verde cultura), pegada hídrica verde de uma determinada cultura, m³/ano;
Prod(cultura), produção anual da cultura, ton/ano.

Para a obtenção dos valores da pegada hídrica verde de uma determina cultura, é necessário inicialmente de sua demanda hídrica (DHC) e de sua produtividade. Dessa forma, temos que:

$$PH(\text{verde cultura}) = DHC \div P \quad \text{equação (5)}$$

Sendo que,

DHC, demanda hídrica da cultura, m³/ha;
P, produtividade da cultura, ton/ha.

A obtenção dos valores da produtividade de cada cultura presente na região foi feita por meio da divisão entre a produção agrícola e área de plantação (IBGE 2020). Ao se tratar da demanda hídrica de cada cultura, foi obtida pela evapotranspiração potencial mensal, calculada pelo método de Penman-Monteith, multiplicado pelo coeficiente de cultivo de cada cultura e pelo fator de conversão de mm para m³, como descrito na equação abaixo:

$$DHC = 10 * ETO * Kc \quad \text{equação (6)}$$

Em que,

ETo = evapotranspiração potencial, em mm;
Kc = coeficiente de cultivo, adimensional.

A pegada hídrica verde obtida para a área da Bacia do Rio Subaé no ano de 2020 foi de aproximadamente 309 milhões de metros cúbicos, sendo a maior parcela de pegada hídrica verde a proveniente da pastagem, representando 54% do valor total do PHverde. Sequencialmente, PH(verde floresta) representou cerca de 26%, com cerca de 80.63 milhões de metros cúbicos. Por fim, com cerca de 60.52 milhões de m³ o setor agrícola representou 20% do valor total. A seguir, na figura 3, é possível a comparação entre as três parcelas de pegada hídrica:

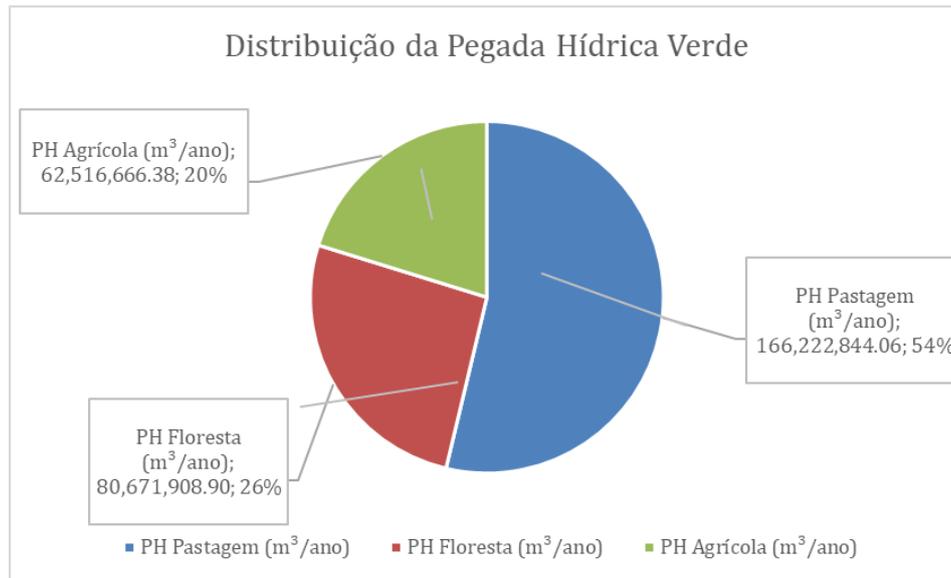


Figura 3: Distribuição da Pegada Hídrica verde (Fonte: Autor)

Durante a elaboração dos cálculos, utilizamos a área de cada cidade que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, diante disso, a cidade de Santo Amaro (BA) apresentou o maior valor da pegada hídrica verde ao considerar a soma das três parcelas, seguido da cidade de Feira de Santana (BA), como é possível observar na tabela a seguir:

Tabela 1: Pegada hídrica total por município da Bacia Hidrográfica.

<i>Cidade</i>	<i>PH Pastagem (m³/ano)</i>	<i>PH Floresta (m³/ano)</i>	<i>PH Agrícola (m³/ano)</i>	<i>PH Total (m³/ano)</i>
Amélia Rodrigues (BA)	14.533.295,94	9.215.229,19	877.549,92	24.626.075,05
Conceição do Jacuípe (BA)	1.908.773,17	372.545,70	3.556.571,20	5.837.890,06
Feira de Santana (BA)	11.079.852,21	10.722.759,79	45.105.191,04	66.907.803,04
Santo Amaro (BA)	82.486.467,28	42.384.348,91	3.021.083,12	127.891.899,31
São Francisco do Conde (BA)	13.909.111,57	2.394.336,88	479.119,50	16.782.567,95
São Gonçalo dos Campos (BA)	34.938.293,13	14.481.419,66	7.675.586,60	57.095.299,39
São Sebastião do Passé (BA)	7.367.050,76	1.101.268,76	1.801.565,00	10.269.884,52
Total	166.222.844,06	80.671.908,90	62.516.666,38	309.411.419,34

Fonte: Autor

Ao comparar o PH(verde pastagem) é possível observar que o valor da mesma é superior a soma das outras duas parcelas, isso se dá pelo fato de que a bacia apresenta uma área considerável de pastagem, que de acordo com os dados obtidos pelo MapBiomias representa cerca de 313.97 km², ou seja, 48.27% da área total da bacia, já a formação florestal representa cerca de 154.2 km² (23.71%) e a agricultura 67.99 km² (10.45%).

Por meio do mapeamento de uso e ocupação do solo foi possível a elaboração de um mapa contendo informações sobre a ocupação do solo, por meio dos dados obtidos da plataforma do MapBiomias, como é possível observar na Figura 4:

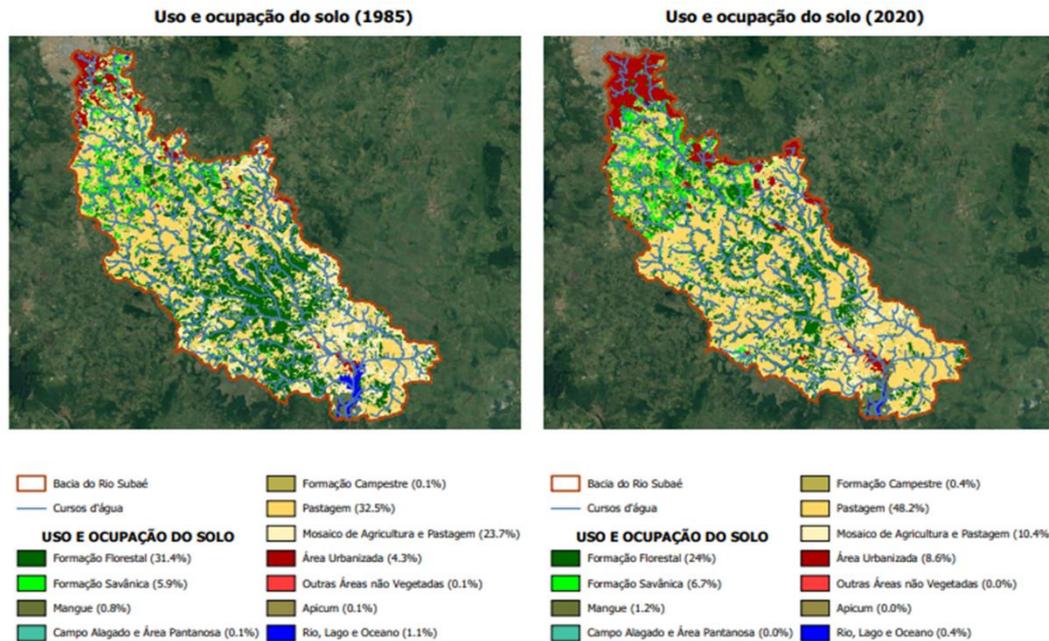


Figura 4: Mapeamento de uso e ocupação do solo nos anos de 1985 e 2020 (Fonte: Autor)

Além disso, o mapeamento de uso e ocupação do solo destes territórios permitiu analisar a variação do uso das terras ao longo do tempo. Diante disso, nota-se importantes variações como observada na Tabela 2, em que houve um decréscimo de 49 km² de Área Florestal nessa região, além de um aumento de aproximadamente 100 km² de áreas destinadas a pastagens.

Tabela 2: Classificação do uso e ocupação do solo e a variação entre os anos de 1985 e 2020.

Classificação	1985		2020		Variação (km ²)
	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	
Formação Florestal	31,12	202,44	23,71	154,2	-48,24
Formação Savânica	5,76	37,49	6,60	42,94	+5,45
Mangue	0,80	5,18	1,28	8,30	+3,12
Silvicultura	0,00	0,00	0,01	0,07	+0,07
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,07	0,44	0,04	0,29	-0,15
Formação Campestre	0,13	0,84	0,37	2,40	+1,56
Pastagem	32,78	213,19	48,27	313,97	+100,78
Mosaico de Agricultura e Pastagem	23,65	153,85	10,45	67,99	-85,86
Área Urbanizada	4,29	27,82	8,67	56,45	28,63
Outras Áreas não vegetadas	0,09	0,58	0,04	0,26	-0,32
Apicum	0,05	0,33	0,04	0,23	-0,10
Rio, Lago e Oceano	1,27	8,25	0,50	3,26	-4,99
Outras Lavouras Temporárias	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Total		650,41	Total	650,41	

Fonte: Autor

ANÁLISE E DICUSSÃO DOS RESULTADOS

Estas modificações, nos alertam a respeito dos possíveis impactos dessas modificações no âmbito da biodiversidade desta região. Isso, porque, ao decorrer do tempo, o crescimento populacional nas grandes cidades intensificou o processo de pressão exercida sobre esses locais, diminuindo cada vez mais as áreas verdes, seja para

ampliar estes centros urbanos, motivados pela busca de espaço para expansão, seja pela mudança da vegetação nativa para as grandes pastagens, para conseguir suprir as necessidades e desejos da população, no que tange a alimentação.

Dessa forma, há a existência de um *tradeoff* entre a alteração do solo para a produção de alimentos e a preservação dessas áreas nativas para a conservação da biodiversidade. Conforme os resultados obtidos, a pegada hídrica verde na Bacia do Rio Subaé apresentou como insustentável grande parte do tempo, em especial no período entre agosto e fevereiro, como é possível observar na figura abaixo:

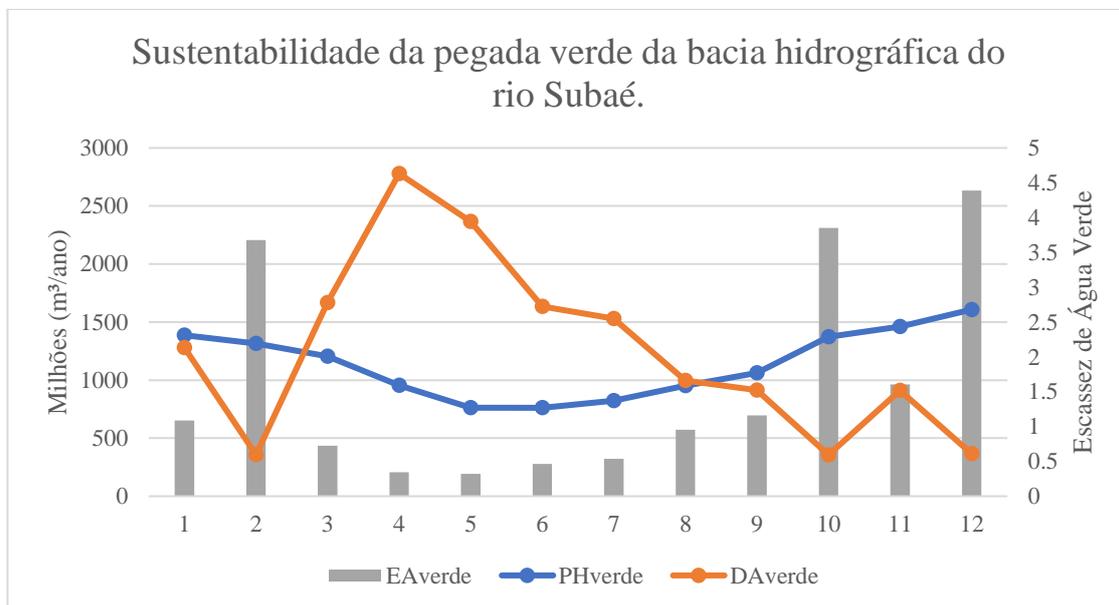


Figura 5: Sustentabilidade da pegada verde da bacia hidrográfica do Rio Subaé

Além disso, podemos destacar os valores entre os meses entre março e julho, em que os valores do índice de escassez inferiores a 1, caracterizando-se como sustentável, isso se dá pela grande disponibilidade de água verde (chuva) presente nesse período do ano nessa região, diante disso, meses em que não há essa presença volumosa de chuva, tende a um índice de escassez maior, caracterizando a insustentabilidade nessas regiões.

Nota-se, que o mês de dezembro chegou a apresentar um índice de escassez de aproximadamente 4,5, motivada pelo período de poucas chuvas e aumento das temperaturas nessa região, favorecendo o processo de evapotranspiração da água. Esse comportamento também foi obtido nos estudos realizado por Leal (2016), resultado das alterações de precipitação ao longo do ano. No entanto, os índices de escassez da Bacia do Subaé, chegam a ser superiores ao se compararmos com o mesmo estudo, alertando ainda mais sobre a escassez desse recurso.

CONCLUSÕES

Diante do estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Subaé no que tange a pegada hídrica verde para o ano de 2020, foi possível observar que os valores do PH se encontram dentro do esperado, ao relacionar com os resultados encontrados em Leal (2016). No entanto, a partir do estudo realizado, notou-se uma intensificação da alteração de uso e ocupação do solo nas últimas décadas que impactam negativamente na biodiversidade e ecossistema da região, além de que os valores referentes as áreas de proteção ambiental são menores que os estabelecidos pelas Metas de AII CHI para o ano de 2020.

Como foi possível notar, o PHverde proveniente das pastagens foi o maior entre as parcelas, em especial na região de Santo Amaro (BA), haja vista sua grande extensão territorial de pastagem presentes na mesma. Além disso, por meio desse estudo, é possível ratificar a importância dessas estimativas para que sejam feitas em menores espaços de tempo, para que seja possível a avaliação e conseqüentemente um melhor estudo do gerenciamento da água verde, que muitas vezes são ignorados, motivados pela priorização da parcela de água azul.

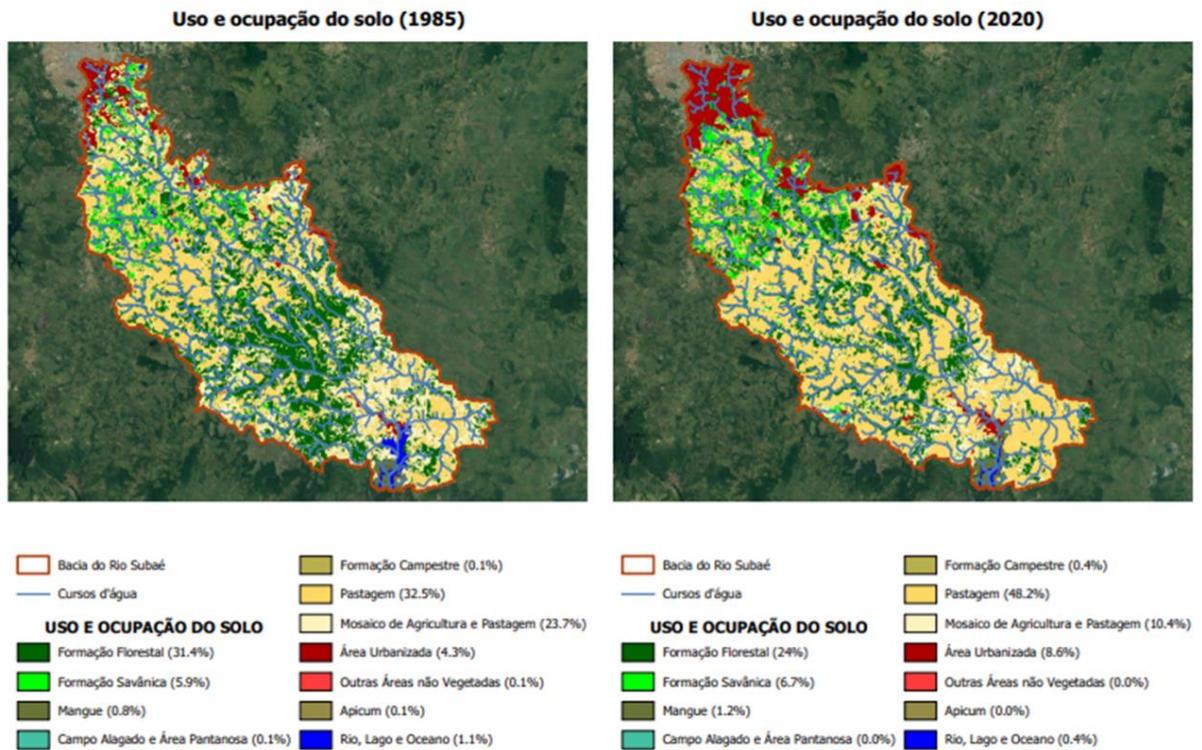
Os resultados obtidos neste estudo poderão ser utilizados como parâmetros para estudos futuros, tanto na própria Bacia quanto em regiões com características climáticas semelhantes, e conseqüentemente uma avaliação de sua gestão ao longo do tempo, buscando uma melhor segurança hídrica para os próximos anos, objetivando-se o uso consciente e estabelecendo limites para a utilização de tais recursos, evitando problemas oriundos de sua escassez.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORSOI, Z. M. F. ; TORRES, S. D. A. **A Política de recursos hídricos no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 1997. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11774/2/RB%2008%20A%20política%20de%20recursos%20hídricos%20no%20Brasil_P_BD.pdf. Acesso em: 12 julho 2022
2. BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 2 de nov. 2021.
3. BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 14 julho 2022.
4. CARVALHO, G. de S. **Impacto do agronegócio na dinâmica hídrica da bacia hidrográfica do rio Corrente: pegada hídrica e percepção**. 2019. 179 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/38523/1/2019_GabrieladeSouzaCarvalho.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.
5. CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water International**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 19–32, 2008.
6. FALKENMARK, M. Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London B*, London, v. 358, n. 1440, p. 2037–2049, 2003.
7. FAO. *Climate change, water and food security*. Sales: Roma, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i2096e/i2096e.pdf>. Acesso em: 8 maio 2022.
8. GLOBAL WATER SECURITY. Special report. **Estados Unidos: Intelligence Community Assessment**, 2012. Disponível em: https://www.dni.gov/files/documents/Special%20Report_ICA%20Global%20Water%20Security.pdf. Acesso em: 12 julho 2022
9. HANASAKI, N.; INUZUBA, T.; KANAE, S.; OKI, T. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 384, n. 3-4, p. 232-244, abr. 2010.
10. HOEKSTRA, A. Y; CHAPAGAIN, A. K; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada hídrica**: Estabelecendo o Padrão Global. Tradução de Solução Supernova. São Paulo: Earthscan, 2011. 216 p. Título original: *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*.
11. HOEKSTRA, A. Y. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. **Value of Water Research Report Series**, Delf, n. 12, 2002. Disponível em: www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.
12. LIMA, G. M. P.; LESSA, G. C. The Hypsometry of todos os Santos Bay and significance of the freshwater discharge. In: CONGRESSO ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 8., 2001, Mariluz. Anais [...]. Imbé: ABEQUA, 2001.
13. LIU, J.; ZEHNDER, A. J. B.; YANG, H. Global consumptive water use for crop production: The importance of green water and virtual water. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 45, 2009. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2007WR006051>. Acesso em: 9 maio 2022.

14. MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 15, p. 1577-1600, 2011.
15. MOTTA, P. N. S. D. **Bacia do Rio Subaé, Bahia**: características hidrográficas, geomorfológicas e hidroquímicas. 2015. 101 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015. Disponível em: https://www.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTAÇÕES/2015/Dissertação_SQE_-_Paula_Núbia_Soares_Dalto_Motta.pdf. Acesso em: 2 de nov. 2021.
16. RODRIGUES, C.; ADAMI, S. F. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001468968>. Acesso em: 10 maio 2022.
17. SCHYNS, J. F.; HOEKSTRA, A. Y.; BOOIJ, M. J.; HOGEBROOM, R. J.; MEKONNEN, M. M. Limits to the world's green water resources for food, feed, fiber, timber, and bioenergy. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, California, v. 116, p. 4893-4898, 2019.
18. SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21º century**. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.
19. SIEBERT, S.; DÖLL, P. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 384, p. 198-217, 2010.
20. SPERA, S.; GALFORD, G.; COE, M. T.; MACEDO, M. N.; MOSTARDA, J. F. Land-Use Change Affects Water Recycling in Brazil's Last Agricultural Frontier. **Global Change Biology**, [s. l.], mar. 2016.
21. UNESCO. **Os recursos hídricos do planeta estão sob pressão do crescimento rápido das demandas por água e das mudanças climáticas, diz novo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWDR4)**. Brasília, DF: UNESCO, 2014, 5 p.
22. XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 36, p. 2644-2659, 2016. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.4518#support-information-section>. Acesso em: 10 maio 2022.

APÊNDICES



Apêndice 1 – Mapa de uso e ocupação do solo dos anos de 1985 e 2020