

## NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS E FLORESTA: INTEGRAÇÃO NECESSÁRIA

MARCELO MACEDO GUIMARAES

### Introdução

Considerando que água-energia-alimentos é uma questão de ordem global, torna-se imprescindível propor um nexo entre estes elementos. Sendo de fundamental relevância reconhecer que é precípua a interdependência entre a água, energia e alimentos, sendo essenciais e estão intimamente ligados ao desenvolvimento humano (GIATTI et al, 2016). Faz-se necessário, nesta pesquisa, interligar entre estes, a floresta, pois esta desempenha papel de acumulação, limpeza, distribuição e regulação dos recursos hídricos; diminuem o risco de inundações; purificam a água contaminada.

### Problema de Pesquisa e Objetivo

Os recursos naturais foram utilizados de forma descontrolada, sendo pensados na sua individualidade, quando necessário era interligá-los e observar os impactos diretos e indiretos causados nos demais. Objetivo Geral: analisar se há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexo água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras. Objetivos específicos: identificar por meio de uma revisão literária sobre a interligação entre água, energia e alimentos; apontar a necessidade de integrar nesse nexo a floresta a fim de alcançar um desenvolvimento mais sustentável.

### Fundamentação Teórica

O termo “nexo” significa o entendimento das interdependências, tensões e compensações que coadunam para que os setores estejam intrinsecamente ligados, sem possibilidades de dissociação a fim de emitir esforços que tenham por objetivo alcançar a sustentabilidade na forma mais ampla (MOHTAR; DAHER, 2012). Nesta esteira, Giatti et al (2016) reconhecem que os elementos água, energia e alimentos possuem uma relevância fundamental e uma mutualidade que são essenciais para o desenvolvimento do ser humano e para a sustentabilidade, considerando também o anseio por justiça socioambiental.

### Metodologia

Neste artigo, os procedimentos metodológicos utilizados, foram: uma pesquisa científica de abordagem qualitativa, quanto ao ponto de vista de seus objetivos, foi realizada uma pesquisa descritiva com o método de abordagem dedutivo. Sendo a classificação como revisão literária, apresentando o pensamento dos principais teóricos sobre a temática para conseguir informações e/ou conhecimentos acerca da problemática em questão.

### Análise dos Resultados

Foi realizada uma vasta revisão literária com os teóricos da área para se obter uma melhor visão da temática proposta e os resultados responderam a problemática levantada nesta pesquisa, apontando que, sim, há possibilidade de realizar a integração da floresta no nexo água-energia-alimentos, tendo em vista que não há um modo de atender as necessidades humanas sem proteger as florestas, solos e os recursos hídricos, uma vez que para que a terra continue fornecendo o que o homem necessita, água-energia-alimento, a mesma deve ser preservada.

### Conclusão

Desse modo, conclui-se que ao integrar a floresta no nexo já existente, água-energia-alimentos, proporcionará uma maior preocupação para garantir a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental. Haja vista o grande crescimento demográfico, o consumo de água, de energia e de alimentos aumentará, entretanto, os recursos naturais, tanto relacionados à água quanto à floresta, são escassos. O que necessita de ações estratégicas voltadas para uma gestão eficiente dos recursos naturais, com vistas a assegurar as demandas atuais e futuras.

### Referências Bibliográficas

GIATTI, L.L. et al. O nexo água, energia e alimentos aplicados no contexto da Metrópole Paulista. Estudos Avançados. 30/88: 43-61, 2016. MOHTAR, R. H.; DAHER, B. Water, energy, and food: The ultimate nexus. Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering. CRC Press, Taylor and Francis Group, 2012.

### Palavras Chave

Nexo, Floresta, Integração

# NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS E FLORESTA: INTEGRAÇÃO NECESSÁRIA

## 1 INTRODUÇÃO

Considerando que água-energia-alimentos é uma questão de ordem global, torna-se imprescindível propor umnexo entre estes elementos. Sendo de fundamental relevância reconhecer que é precípua a interdependência entre a água, energia e alimentos, sendo essenciais e estão intimamente ligados ao desenvolvimento humano (GIATTI et al, 2016). Interligando entre estes, a floresta, visto que há que se refletir sobre a sustentabilidade e a justiça socioambiental.

Por muitos anos os recursos naturais foram utilizados de forma descontrolada, sendo pensados na sua individualidade, quando necessário era interligá-los e observar os impactos diretos e indiretos causados nos demais. Nesse sentido, esta pesquisa traz como problemática: há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexoa água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras?

Deste modo, para tal problemática levantada, aventou-se a seguinte hipótese: para garantir futuramente que as demandas dos recursos que integram o nexoa água-energia-alimentos e floresta sejam supridas, torna-se necessário de forma precípua e premente, que haja uma gestão estratégica e eficiente destes recursos.

A natureza, é a maior produtora de recursos naturais, sendo fonte de abastecimento para toda a sociedade, entretanto os recursos são escassos. E dentre os recursos estão a água, geração energética e produção de alimentos com graves problemas de disponibilidade, visto que são produtos que possuem uma demanda altíssima com tendência à insuficiência. Pois, quando ocorre a geração de energia elava-se o consumo de água, ao produzir alimentos, consequentemente, há uma maior aquisição de insumos agrícolas e hídricos (BAZILIAN et al, 2011; GIATTI et al., 2016).

Esta pesquisa justifica-se pelo fato de que tal temática é extremamente relevante para uma tomada de decisão de forma global, sendo esta preocupação não apenas local ou nacional, mas também internacional, pois para melhorar a segurança dos recursos hídricos, energética e alimentar é necessário consciência, ações estratégicas e envolvimento de todos. Não se debruçando apenas sobre um setor, mas analisando-os na sua integralidade.

Mariani et al (2016) corrobora afirmando que na Conferência Internacional, em 2011, realizada em Bonn, na Alemanha, evidenciou que a interligação do nexoa água-energia-alimentos proporciona uma segurança maior de tais recursos, uma vez que tal abordagem aumenta a eficiência, reduz perdas, produz sinergias entre as partes e otimiza a governança dos setores envolvidos.

Neste artigo, os procedimentos metodológicos utilizados, foram: uma pesquisa científica de abordagem qualitativa, quanto ao ponto de vista de seus objetivos, foi realizada uma pesquisa descritiva com o método de abordagem dedutivo. Sendo a classificação como revisão literária, apresentando o pensamento dos principais teóricos sobre a temática para conseguir informações e/ou conhecimentos acerca da problemática em questão.

A presente pesquisa tem como objetivos analisar se há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexoa água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras; identificar por meio de uma revisão literária sobre a interligação entre água, energia e alimentos; apontar a necessidade de integrar nesse nexoa floresta a fim de alcançar

um desenvolvimento mais sustentável para controlar e prevenir as consequências dos impactos ambientais.

Este artigo está subdividido em seções. A seção 2 apresenta a abordagem do nexo água-energia-alimentos, a interligação entre água-energia-alimentos, recursos hídricos, relação entre água e energia e a relação entre água e alimentos. A seção 3 cita a necessidade de integrar a floresta no nexo, com vista a buscar o desenvolvimento sustentável. A seção 4 apresenta as considerações finais.

## **2 A ABORDAGEM DO NEXO ÁGUA-ENERGIA-ALIMENTOS**

A abordagem ventilada na Conferência de Bonn, na Alemanha em 2011, provocou debates internacionais voltados para o desenvolvimento sustentável no que diz respeito ao nexo água-energia-alimento, impulsionando uma contribuição direcionada para o entendimento da interdependência entre estes setores (HOFF, 2011; SCOTT; KURIAN; WESCOAT, 2015; LIU et al., 2018).

A demanda pelo nexo apresentado, de maneira global, é reflexo do crescente aumento da população mundial que tem uma margem estimada em 9 bilhões, até 2050, e, conseqüentemente, da elevada demanda por água, energia e alimentos, que estimasse alcançar um percentual de aproximadamente 60% para a produção alimentícia, assim como da água que terá um crescimento em torno de 40%, e energia que está previsto uma elevação de 50% (FERROUKHI et al., 2015; FAO<sup>1</sup>, 2017).

Os recursos naturais, ao longo do tempo, foram explorados ou saqueados de maneira inapropriada para a fabricação de produtos, visto que são insumos que em sua maioria não são renováveis, acarretou a exaustão de tais recursos, ameaçando, inclusive, de extinção algumas espécies de animais e vegetais (HANSEL; RUSCHEINSKY, 2017).

E diante do uso inadequado, Rodrigues (2017) ressalta que ao considerar o nexo água-energia-alimentos é recomendado criar estratégias para a utilização destes recursos sem que cause transtornos às necessidades atuais e futuras. Torna-se crucial uma gestão que desenvolva políticas eficientes, evitando assim as possíveis ameaças ao nexo.

### **2.1 A interligação entre água-energia-alimentos**

A abordagem conceitual de nexo água-energia-alimentos é complexa e interdependente, não sendo favorável pensar nestes setores de forma individual, tratando-se de uma demanda que requer atitudes e medidas efetivas. Com vistas a oferecer soluções integrativas para gerir os recursos ambientais, com o cuidado necessário que garanta a prevenção da pobreza e ampare o desenvolvimento sustentável (HOFF, 2011; NAÇÕES UNIDAS, 2016; OLIVEIRA, 2018).

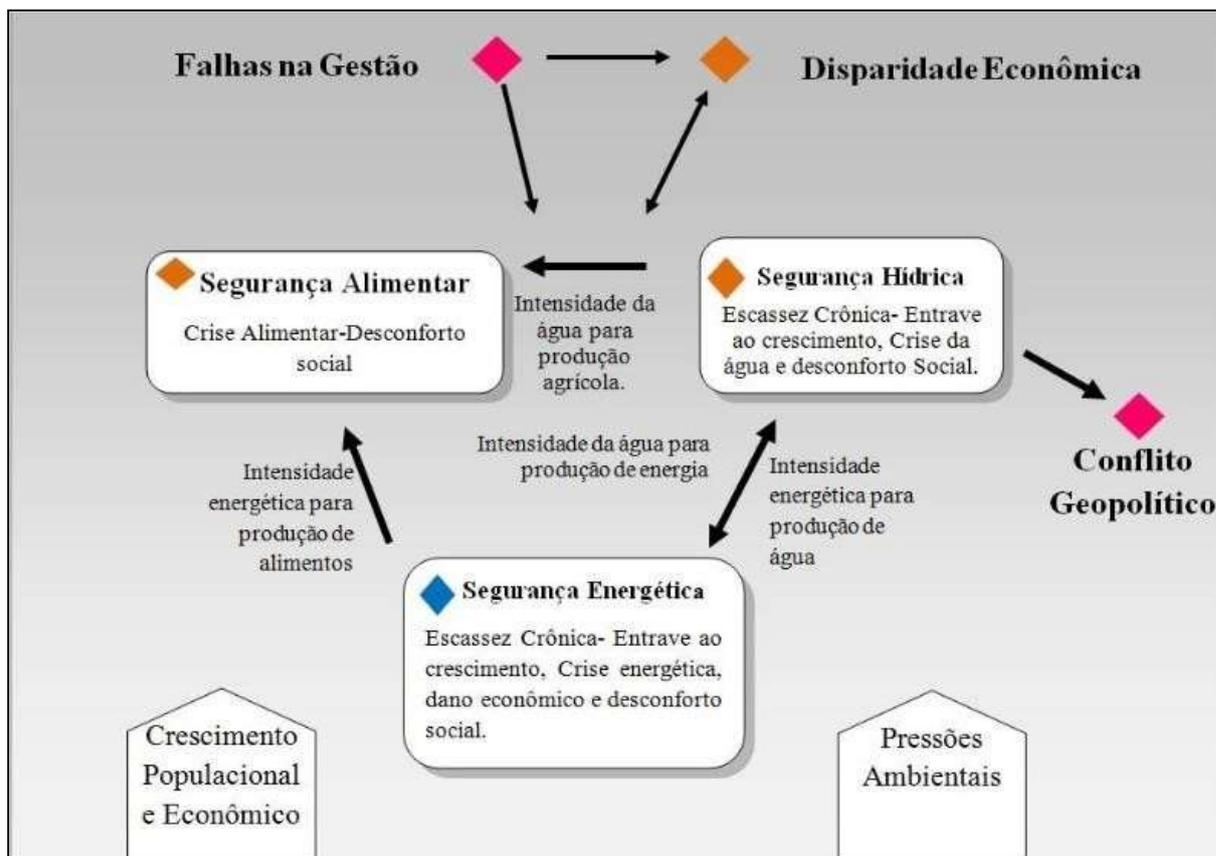
O nexo água-energia-alimentos, nos estudos de Biggs et al (2015) é conceituado como uma ferramenta que visa o alcance do desenvolvimento sustentável, levantando a questão de meios de subsistência. Tendo como propósito gerar uma estrutura integradora a fim de medir e monitorar a segurança do nexo em escalas e níveis institucionais. Acrescentando ainda que a sinergia que existe entre os setores do nexo água-energia-alimentos permite uma busca do equilíbrio na utilização e oferta de tais recursos e a exigência existente no meio ambiente (BIGGS et al, 2015).

Compartilhando do mesmo entendimento, Giatti et al (2016) reiteram que a percepção do nexo, agrega ainda a complexidade permitindo novas composições dentro do processo de

multinível, interagindo com as concessões (trade-offs) e a procura por uma sinergia entre os participantes do nexu.

Na Figura 1, abaixo apresentada, está demonstrado claramente a interação existente entre os componentes do nexu, e a possível instabilidade caso ocorra uma gestão ineficiente em um dos setores.

Figura 1 – Interações entre o nexu água-energia-alimentos



Fonte: Adaptado de Bazilian et al. (2011).

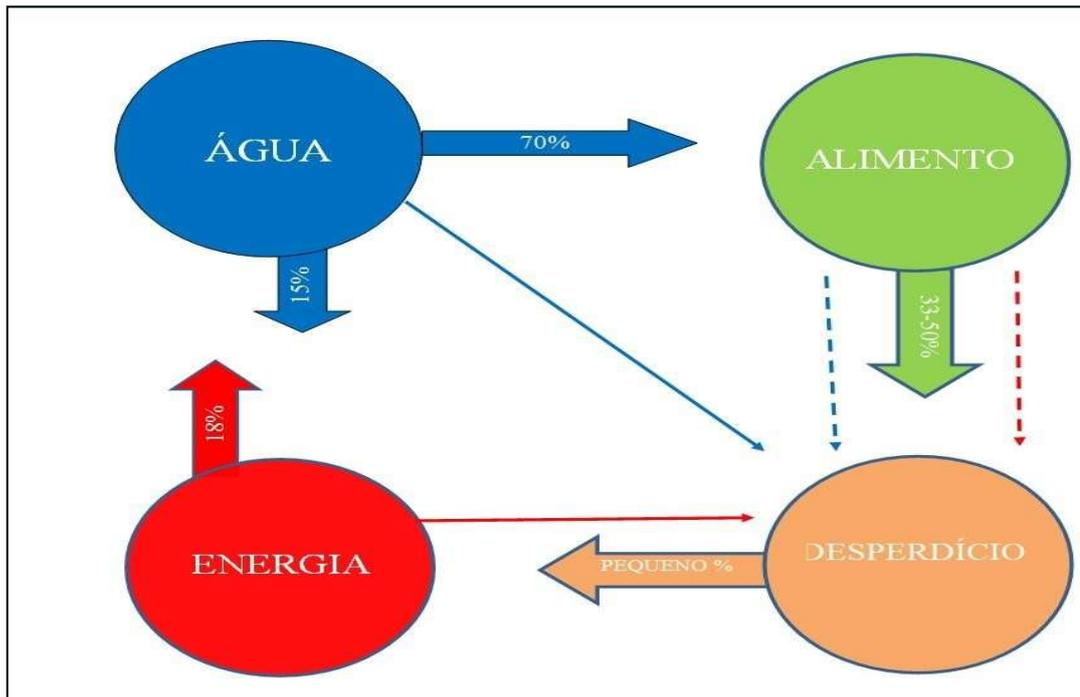
Oliveira (2018) ressalta a interligação entre o nexu apresentado, salientando que no Brasil as usinas hidrelétricas têm sua energia elétrica gerada pela utilização do recurso de água, ficando evidente que caso sobrevenha uma crise dos recursos hídricos, o sistema energético será fortemente abalado gerando outra crise que afetará o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. E, conseqüentemente, comprometerá a produção de alimentos e o consumo de água pela população.

Hoff propôs pela primeira vez a estrutura do nexu água-energia-alimento, requerendo um posicionamento da sociedade por meio de ações que promovessem a segurança dos recursos, assegurando assim um desenvolvimento e crescimento igualitário e sustentável (HOFF, 2011).

O termo “nexu” significa o entendimento das interdependências, tensões e compensações que coadunam para que os setores estejam intrinsecamente ligados, sem possibilidades de dissociação a fim de emitir esforços que tenham por objetivo alcançar a sustentabilidade na forma mais ampla (MOHTAR; DAHER, 2012).

A figura abaixo representa a interligação entre os elos do nexu e sua interdependência.

Figura 2 - Visão global do nexo água-energia-alimentos



Fonte: Adaptado de Machell et al, (2015).

Um dos fatores relevantes para o aumento do uso de água pelo setor energético é para a produção de bioenergia, com o consumo no cultivo das culturas, assim como para a aplicação na agricultura. Deste modo, torna-se premente que a gestão destes recursos busque viabilidades de aproveitamento, não visualizando de forma isolada (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999; MOURA, 2010). Considerando, principalmente, a junção do nexo e a relação existente entre eles, visto que conforme o aumento populacional há uma maior necessidade de consumir alimentos e, conseqüentemente, a ampliação no quantitativo de utilização do solo para a agricultura, o que requer um maior uso da água para a irrigação suprindo todas as demandas da agropecuária e do crescimento demográfico (DIAS et al, 2014).

Nesta esteira, Giatti et al (2016) reconhecem que os elementos água, energia e alimentos possuem uma relevância fundamental e uma mutualidade que são essenciais para o desenvolvimento do ser humano e para a sustentabilidade, considerando também o anseio por justiça socioambiental. Sendo os recursos hídricos elementos cruciais ao nexo, visto que estão associados às grandes incertezas relativas às variações climáticas globais.

## 2.2 Necessidade da gestão de recursos hídricos

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, no artigo 1º aponta a água como um recurso natural limitado, e ressalta que a gestão dos recursos hídricos deve sempre propiciar o uso múltiplo das águas, e em caso de escassez, terá prioridade para o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

O constante debate em torno do nexo água-alimentos-energia está relacionado, principalmente, com a segurança hídrica, haja vista que a utilização dos recursos hídricos de maneira ineficiente aponta um sério risco de escassez, com a triste possibilidade de lesionar não apenas a acessibilidade à água, mas afetando a segurança dos três setores que compõem o nexo (RODRIGUES, 2017).

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2013, p. 37):

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. A disponibilidade hídrica per capita, determinada a partir de valores totalizados para o País, indica uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países informados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro. Cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica estão concentrados na região hidrográfica Amazônica, onde se encontra o menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas consuntivas.

Sendo o Brasil um país que tem uma maior disponibilidade de recursos hídricos com um percentual de 12%, avaliando toda a água doce global. Tendo acessível o quantitativo de 32 mil m<sup>3</sup>/hab./ano, de água por pessoa no território brasileiro, com um valor 19 vezes superior ao mínimo definido pela Organização das Nações Unidas. Entretanto, apesar da fartura dos recursos hídricos no Brasil a distribuição espacial não é igualitária (MENDONÇA; LEITÃO, 2008; RAUBER; OLIVEIRA, 2008).

O Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos, foi estabelecido através da Resolução nº 58/2006 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), com vistas a apresentar a cada quatro anos um relatório com os informes atualizadas sobre os recursos hídricos no Brasil. Tendo o primeiro Relatório publicado em 2009. Por intermédio deste relatório há uma visão holística de forma eficiente para monitorar as circunstâncias dos recursos hídricos, tanto relacionados à quantidade quanto à qualidade (ANA, 2013).

O manejo dos recursos hídricos seguindo um entendimento lógico voltado a adequada utilização dos recursos fornecidos pelo meio ambiente, pode ser considerado como uma resolução principal para que haja uma melhor compreensão do nexos. Tendo em conta que os recursos hídricos são escassos e a interdependência entre eles influencia as questões climáticas (MORAES; FERRAÇO, 2018).

A necessidade da realização do adequado manejo para efetivar os cursos de água, que terão sua utilidade para diversas demandas, muitas vezes causando confronto entre eles, recomendando-se que sejam estabelecidas as prioridades para cada caso e de acordo com suas especificidades (RAUBER; OLIVEIRA, 2008).

Rauber e Oliveira (2008), reforçam ainda que é fulcral preservar os recursos hídricos com vistas a manter a qualidade tanto para consumo da população, quanto para o uso na agricultura e na indústria, assim como para abastecer o ecossistema.

Esta temática tem sido questão de debates com o foco fundamental para a gestão dos recursos hídricos, pois a escassez da água tem sido apontada em estudos que dizem ser iminente que em pouco tempo um terço da população ficará sem água, caso não sejam tomadas as devidas providências. Visto que determinados usos ocasionam pequenos impactos nos cursos da água, podendo causar sua diminuição, tanto na irrigação quanto no consumo da população, não havendo um retorno do recurso hídrico na mesma proporção que foi utilizada (DOWBOR, 2005; RAUBER; OLIVEIRA, 2008).

Dias et al (2014) reitera que a realização do manejo dos recursos hídricos deve ter ocorrências amplas, levando em consideração as ações que permeiam na área territorial, possibilitando uma melhor e maior compreensão e ponderação da integração entre o nexos água e energia.

### **2.2.1 Relação entre água e energia**

As fontes de energia, hidroelétrica e térmica são muito utilizadas na maioria dos países, proporcionando uma energia estável para a população, mantendo equilibrado os sistemas energéticos. Sendo a água a mola propulsora para produzir energia em torno de 90% (UNESCO, 2014; MARIANI et al, 2016).

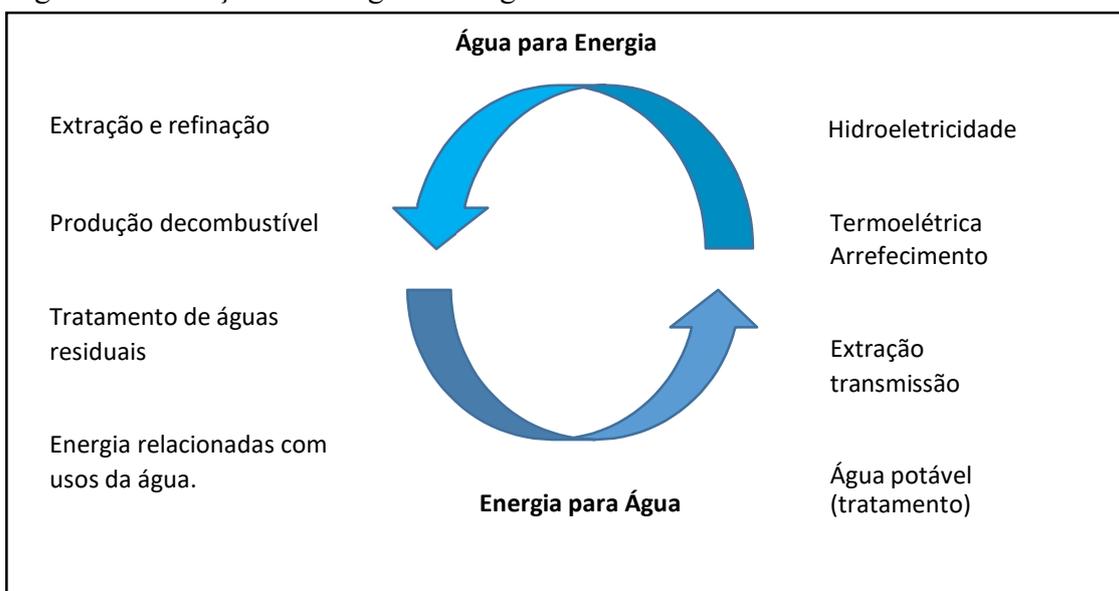
Segundo Rauber e Oliveira (2008) apontam que:

O processo de geração de energia mecânica ou elétrica a partir de energia térmica consiste no aquecimento da água, fornecendo energia térmica gerada pela queima de combustíveis fósseis ou biomassa. A água converte-se em vapor a alta pressão, expande em um conjunto mecânico e movimenta um êmbolo ou uma turbina, ou seja, a energia térmica transforma-se em energia mecânica. Aqui a água deve ter um grau de qualidade alto para que não haja problemas nos equipamentos de geração de vapor ou no dispositivo de conversão de energia.

O Brasil é um país que possui 1.064 empreendimentos hidrelétricos, dentre estas 407 centrais de geração hidrelétrica, 452 pequenas centrais hidrelétricas e 205 usinas hidrelétricas. Tendo um aumento da sua capacidade de geração hidráulica entre 2012 e 2021 de 84 GW para 117 GW (ANA, 2013).

Na figura abaixo está demonstrado a estreita relação entre água e energia, e como elas se completam.

Figura 3 - Interações entre água e energia



Fonte: Dias et al. (2014)

Ficando evidenciado na relação entre água e energia que uma interdependência entre ambas e se manifestam de várias maneiras, dentre elas: água- -abastecimento urbano-energia, água-alimento-energia, água-biomassa-energia, água-gestão territorial-energia. Haja vista a relação de dependência bilateral que se comunga entre estes setores, tornando-se mais intensa esta combinação devida alguns fatores que estão relacionando ao crescimento econômico, populacional, mudanças climáticas, impactos ambientais e crise energética (DIAS et al, 2014).

A Agência Internacional de Energia Renovável – IRENA, demonstra no quadro abaixo os riscos e impactos que estão relacionados ao nexo água-energia.

Quadro 1 - Riscos e impactos relacionados ao nexo água-energia

RISCOS RELACIONADOS À ENERGIA PARA A SEGURANÇA HÍDRICA	IMPACTOS	
	Acesso limitado ou não confiável à energia a preços acessíveis para extrair água; Realocação de recursos hídricos de usos finais para energia.	Interrupção no fornecimento de água aos usuários finais ou desvio de recursos de outras atividades essenciais como a agricultura; Mudanças no custo de entrega de água devido aos custos flutuantes de insumos energéticos.
Contaminação dos recursos hídricos, devido à extração de energia e processos de transformação.	Recursos hídricos tornam-se inadequados, inclusive para fins de consumo, devido à contaminação, muitas vezes necessitando de tratamento adicional.	
RISCOS RELACIONADOS À ÁGUA PARA A SEGURANÇA ENERGÉTICA	Mudanças na disponibilidade e qualidade da água devido a razões naturais ou causadas pelo homem (incluindo restrições regulatórias sobre o uso da água para produção de energia/extração de combustível)	Redução de confiabilidade do fornecimento e dependência de formas mais caras de geração; Possibilidade de fixação de preços pela água e, portanto, custos mais elevados de produção de energia; Redução da disponibilidade de água para as fases de extração e processamento de combustível, levando à redução da produção.
	Aumento na demanda de energia para produção, tratamento e distribuição de água.	Tensões no sistema de energia e eficiências reduzidas, atendendo aos diferentes perfis de demanda de água e energia.

Fonte: adaptado de IRENA (2015).

IRENA (2015) ressalta que os recursos hídricos têm sido um insumo que é utilizado tanto para extração de combustível quanto para produção de energia, e como em todos os demais setores existem os riscos e impactos. Dependendo das características da água as termelétricas e hidrelétricas operam com otimização, e qualquer desvio poderá ocasionar até mesmo em desligamento de fábricas.

Corroborando com o texto supracitado, Mariani et al (2016) reforçam que os recursos hídricos podem sofrer indisponibilidade em caso de crise energética, implicando em crises nas demais demandas. Considerando que há uma ligação direta entre os setores de água-energia, tais crises podem acarretar aumento nos preços de alimentos e demais produtos de consumo, migração tanto da população quanto de empresas, instabilidades políticas, dentre outros fatores.

## 2.2.2 Relação entre água e alimentos

Os recursos hídricos são extremamente relevantes no Brasil, entretanto, não é dado o devido valor à água, dada a sua grande abundância. Como já visto, o crescimento demográfico tem sido uma questão preocupante e prioritária diante das crises de abastecimento e dos riscos na ineficiência da gestão da água. Considerando a relação entre água e alimento, o aumento populacional gera um maior consumo de alimentos, e, por conseguinte uma maior utilização de água, visto que a agricultura tem a necessidade primária de recursos hídricos (CEBDS; GIZ, 2016).

Nesse sentido, a extração e consumo dos recursos naturais em uma escala maior para atender o aumento de pessoas no mundo poderá esgotar o estoque dos recursos e aumentar os

riscos climáticas, sem que haja um retorno de beneficiamento. Um fato ocorrido na Índia, quando as políticas governamentais foram incrementadas para estabelecer um bem-estar alimentar para sua comunidade, a agricultura foi intensificada, entretanto, não houve uma preocupação com a segurança alimentar, pois os ecossistemas foram degradados (HOFF, 2011; PRITCHARD et al, 2013).

Diante das ameaças para o meio ambiente, com as mudanças climáticas, aquecimento global, as alterações no quantitativo populacional no tocante ao consumo, os recursos, água e alimentos estão correndo sérios riscos. E com estes fatores afetando o sistema pela crescente demanda, torna os recursos ineficientes para atender as necessidades que surgirem ao longo do tempo (MARIANI et al, 2016; RODRIGUES, 2017).

Deste modo, torna-se imprescindível que a preservação da água seja prioridade na gestão dos recursos naturais, de tal forma que seja conservado uma quantidade destinada ao consumo humano, para a agricultura e indústria, que este montante tenha a cima de tudo qualidade, suprindo assim as demandas naturais dos ecossistemas (RAUBER; OLIVEIRA, 2008).

Na agricultura, a água utilizada tem por finalidade abastecer as culturas com os recursos hídricos, sendo empregada por intermédio de um sistema de irrigação, variando conforme o método aplicado para o manejo. Tendo uma necessidade de entendimento da inter-relação entre os recursos utilizados no ciclo da produção agrícola, a fim de otimizar os sistemas produtivos (SILVA, 2011; TORRES, 2020). E segundo a ANA (2013), a agricultura é o setor que mais consome água, sendo utilizado um percentual de 72% da água retirada, com desperdício de 50%, em casos onde a irrigação é feita por aspersão.

Rodrigues (2017) ressalta que ao produzir alimentos a maior demanda é de água potável, sendo utilizadas de acordo com as etapas que passam pelo preparo e higienização. Em casos de incêndio e produção de vapor a indústria alimentícia faz uso de água não potável. Devendo ser identificada e não misturada com a água utilizada para produção de alimentos. Deste modo, evidencia-se a grande necessidade de uma gestão destes recursos de forma eficiente.

### **3 A NECESSIDADE DE INTEGRAR A FLORESTA NESSE NEXO**

Há uma necessidade crucial de integrar ao nexo água-energia-alimentos, a floresta. Haja vista o crescente desafio que as instituições, as empresas e a humanidade de forma geral enfrentam para solucionar as ocorrências de tensões relacionada à sustentabilidade tanto de recursos hídricos quanto do desenvolvimento humano. Sendo impossível vislumbrar o futuro sem que haja a disponibilidade de água, energia e sustentabilidade, sendo uma intrinsecamente ligada a outra fonte (DIAS et al, 2014). E neste caminho voltado para a sustentabilidade, fica mais nítida a movimentação da sociedade para combater os crimes ambientais provocados pelo desmatamento e queimadas.

Kobiyama (2000) afirma que os ecossistemas florestais, constituído por parte aérea (árvores) e parte terrestre (solos florestais), desempenham inúmeras funções: (1) mitigação do clima; (2) redução de enchentes e recarga para os rios; (3) controle de erosão; (4) melhoramento da qualidade da água no solo e no rio; (5) atenuação d poluição atmosférica; (6) fornecimento do oxigênio e absorção dos gás carbônico; (7) prevenção contra ação do vento e ruídos; (8) recreação e educação; (9) produção de biomassa e (10) fornecimento de energia. E todas essas funções atuam simultaneamente, sendo a maioria baseada na atividade biológica da própria floresta. Apesar de todas essas valiosas funções, as florestas não têm recebido tratamento a altura de sua relevância, principalmente no Brasil.

Existem alguns impactos que são cruciais em casos de desmatamento, dentre eles estão as doenças infecciosas, perda da biodiversidade, alterações nas funções climáticas que são vitais para a floresta e que possibilita avançar o aquecimento global (FEARNSIDE, 2020). Vale

destacar, que as florestas possuem um papel valioso na seguridade hídrica e alimentar de uma determinada região, e como defendido por Kibivama (2000) influencia na disponibilidade e purificação da água, no regime de precipitação, na contenção de enchentes, na luta contra a desertificação, na proteção do solo, lagos e cursos hídricos. A cobertura vegetal regular o fluxo de água em uma bacia hidrográfica, uma vez que aumenta o armazenamento, reduz a erosão e sedimentação dos cursos d'água, diminui o risco de inundações e melhora a qualidade da água. A água é o ponto principal dos componentes donexo, e esta é afetada pelas alterações climáticas, e estas por sua vez sofrem essas mudanças provocadas pelo desmatamento das florestas.

O nexo água-energia-alimento são fontes primordiais para o desenvolvimento humano na sociedade moderna e incluir a floresta, deixar o nexo mais fortalecido. Assegurar o abastecimento de água, em qualidade e quantidade, para consumo humano, comércio, agricultura e indústria, é um dos objetivos mais urgentes da humanidade. A proteção das florestas facilita o cumprimento desse objetivo, em razão de sua influência sobre a vitalidade do ciclo hidrológico. A disponibilidade de água depende da proteção dos ecossistemas florestais. Portanto, uma gestão sustentável dos recursos hídricos implica a consideração das funções ecológicas, econômicas e sociais das florestas em uma escala local, nacional e global.

As práticas de gestão florestal devem conservar as florestas primárias e climáticas e proteger a quantidade e qualidade das águas, mantendo e desenvolvendo funções protetoras das florestas, como proteção dos ecossistemas aquáticos e agrícola e a proteção frente a inundações e erosão. Apesar dessa importante relação, é difícil encontrar alguma região no Brasil que não tenha sido comprometida pela devastação de matas ciliares.

O equilíbrio ecológico e o bem-estar humano estão intrinsecamente vinculados à disponibilidade de água e com o crescimento populacional, as necessidades a serem supridas dentro dos padrões de vida das pessoas também sofrem aumento, relacionado ao nexo. Sendo esta temática alcançado muitas discussões, pois o nexo tornou-se essencial para o desenvolvimento sustentável mundial (OZTURK, 2015; CHANG et al, 2016).

Nesse sentido, há um consenso geral de que a redução dos danos causados ao meio ambiente, e, conseqüente preservação da biodiversidade proporcionam além da conservação do patrimônio biológico a sobrevivência humana na terra. Cabe aos países com novas tecnologias lançarem mão de estratégias para a manutenção da vida, quer seja com novas técnicas de manejo ou uso sustentável dos recursos naturais (FEARNSIDE, 2006; SILVA; ALBUQUERQUE; AMARAL, 2017).

Para assegurar a preservação do nexo é necessário criar a segurança para cada fonte, ou seja, segurança hídrica, segurança energética, segurança alimentar, propiciando acessibilidade a uma água com qualidade e quantidade para suprir as necessidades, e, assim, sucessivamente. Garantindo também que haja a salvaguarda dos ecossistemas, amparando-os contra a poluição e os desastres ambientais, reduzindo as alterações climáticas (BIZIKOVA; ROY; SWANSON, 2013; LECK et al, 2015).

As mudanças climáticas, o que altera de forma negativa os recursos hídricos, são constatadas pela variação do clima em uma escala global por determinados períodos. Ocasionalmente mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e dentre outros fenômenos climáticos (OMER et al., 2020). E as mudanças climáticas estão ligadas ao desmatamento desordenado, o que recentemente tem se agravado, visto que no Boletim do Desmatamento da Amazônia Legal, do mês de maio de 2021, identificou um aumento de 70% relativamente ao mesmo período de 2020, perfazendo uma área de 39 quilômetros quadrados de florestas degradadas (FONSECA et al, 2021).

Diante de uma visão de luta pelo cuidado com o meio ambiente e que este é escasso em seus recursos, percebe-se que a degradação do meio ambiente resultou em mudanças climáticas e outros fatores que prejudicam a vida no planeta. Deste modo, nota-se que integrar a floresta

nonexo água-energia-alimentos torna-se precípuo e premente, com vistas a manter a sustentabilidade do meio ambiente.

Destarte, desafios surgirão, pois, as relações deverão ser estreitadas para que as ações sejam implementadas a fim de alcançarem a eficácia. Para tanto, torna-se precípuo que o reconhecimento e a investigação das mais diferentes relações entre os agentes que estarão envolvidos nesse processo seja uma estratégia utilizada, ademais, é extremamente relevante a sinergia entre estes, criando assim oportunidades de enfrentamento e combate aos problemas comuns (SILVA; ALBUQUERQUE; AMARAL, 2017; BRASIL, 2018).

As questões ambientais estão fortemente ameaçadas, havendo uma busca constante voltada para o equilíbrio ambiental, que de acordo com Moraes e Ferraço (2018), tem sido considerado como uma proposta de abordagem do nexocomo um equacionamento das atividades que fazem uso dos recursos naturais, para sua integralidade, entretanto, tem ido de encontro ao desempenho das atividades econômicas que precisam considerar o imperativo ambiental.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo central deste artigo foi de analisar se há possibilidade de integrar a floresta como componente do nexo água-energia-alimentos, com vistas a não comprometer as demandas futuras. Para tanto, foi realizada uma vasta revisão literária com os teóricos da área para se obter uma melhor visão da temática proposta.

Os resultados responderam a problemática levantada nesta pesquisa, apontando que, sim, há possibilidade de realizar a integração da floresta no nexo água-energia-alimentos, tendo em vista que não há um modo de atender as necessidades humanas sem proteger as florestas, solos e os recursos hídricos, uma vez que para que a terra continue fornecendo o que o homem necessita, água-energia-alimento, a mesma deve ser preservada.

Para tanto foi abordado sobre a interligação entre água, energia e alimentos, sendo registrado que a água tem um papel primordial nesta relação, proporcionando uma sinergia entre os elementos do nexocomo. Se evidenciando durante o estudo que a utilização de forma deficiente dos recursos hídricos poderá acarretar sérios riscos de escassez. Não obstante, do risco referenciado está ligado a água a prospecção é que afete todos os demais setores, principalmente, a floresta, tendo em vista que há uma interligação entre eles.

Entre as funções protetoras mais importantes das florestas estão a proteção do solo e dos recursos hídricos, uma vez que as mesmas defendem eficazmente a estabilidade do solo, por meio de suas árvores e resíduos orgânicos. As características da vegetação que cobre o solo influenciam mais do que nenhum outro fator sobre as perdas de solo por erosão e redução da água armazenada no subsolo. Logo, fica evidente a importância de se manter a cobertura vegetal, especialmente em locais vulneráveis à erosão e zonas de relevância ecológica.

Há que se mencionar que os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, foram alcançados, assim como foi capaz de responder à hipótese levantada que buscou afirmar se há viabilidade de que a floresta integre o nexocomposto por água-energia-alimentos. Uma vez que todos os recursos naturais fazem parte de uma estrutura que supre as necessidades da população, e uma fonte de recursos está intrinsecamente ligado ao outro.

Desse modo, conclui-se que ao integrar a floresta no nexojá existente, água-energia-alimentos, proporcionará uma maior preocupação para garantir a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental. Haja vista o grande crescimento demográfico, o consumo de água, de energia e de alimentos aumentará, entretanto, os recursos naturais, tanto relacionados à água quanto à floresta, são escassos. O que necessita de ações estratégicas voltadas para uma gestão eficiente dos recursos naturais, com vistas a assegurar as demandas atuais e futuras.

Esta pesquisa também objetiva contribuir inicialmente de alguma forma para estimular a busca por novas pesquisas neste campo de estudo, como uma maneira de alargar a visão e obter mais conhecimento nesta área de integração da floresta nonexo água-energia-alimentos.

## 5 REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. **Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2013.
- BAZILIAN, M. et al. Considering they energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. **Energy Policy** 39: 7896-7906, 2011.
- BIGGS, E. et al. Sustainable development and the water–energy–food nexus: A perspective on livelihoods. **Environmental Science & Policy** 54: 389-397, 2015.
- BIZIKOVA, L.; ROY, D.; SWANSON, D. The Water-energy-food Security Nexus: rumo a um planejamento prático e estrutura de apoio à decisão para o investimento paisagístico e gestão de risco. **Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável**, Winnipeg. 2013.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional dos 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**. 1989.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Fortalecimento comunitário em unidade de conservação: desafios, avanços e lições aprendidas no Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)**. [recurso eletrônico]. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, Programa Áreas Protegidas da Amazônia. – Brasília, DF: MMA, 2018.
- CHANG, Y. et al. Quantifying the water-energy-food nexus: situação atual e tendências. **Energias** 9 (2), 65. 2016.
- DIAS, R. et al. Utilização de ferramentas livres para gestão do nexoo água e energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Vol. 30:109-126, 2014.
- DOWBOR, L. **Administrando a água como se fosse importante**. Editora Senac. São Paulo. 2005.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Brasília, 2017.
- FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Coordenação de Pesquisas em Ecologia-CPEC. **Acta Amazônica, VOL. 36(3) 2006: 395 – 400**. 2006.
- FEARNSIDE, Philip Martin. O próximo coronavírus virá da Amazônia? Desmatamento e o risco de doenças infecciosas. **Amazônia Real**. 2020.

FERROUKHI, R. et al. Renewable Energy in the Water, Energy & Food Nexus. **IRENA**. 2015.

FONSECA, A. et al. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal** (maio 2021) SAD. Belém: Imazon. 2021.

GIATTI, L.L. et al. O nexu água, energia e alimentos aplicados no contexto da Metrópole Paulista. **Estudos Avançados**. 30/88: 43-61, 2016.

GIZ. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit; ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives). **Operationalizing the Urban NEXUS: towards resource-efficient and integrated cities and metropolitan regions**. GIZ Eschborn: Germany, 2014.

HANSEL, Cláudia Maria; RUSCHEINSKY, Aloísio. **Riscos socioambientais e precaução: direitos humanos face a face do consumo**. Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade [recurso eletrônico] Marcia Maria Dosciatti de Oliveira et al (org.). Caxias do Sul, RS: Educs, 2017.

HOFF, H. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm. 2011.

IRENA - International Renewable Energy Agency. Renewable energy in the water, energy and food nexus. IRENA, 2015.

LECK, H. et al. Tracing the Water–Energy–Food Nexus: Description, Theory and Practice. **Geography Compass**, 9/8, p. 445–460, 2015.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil: o estado das águas no Brasil. Brasília: **Agência Nacional de Energia Elétrica**, 1999.

LIU, J. et al. Nexus approaches to global sustainable development. *Nature Sustainability*, v. 1, p. 466-76, 2018.

KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. **Revista OESP Construção**, São Paulo: Estado de São Paulo, Ano 5, n. 32, p.112-117, 2000.

MACHEL, J. et al. The water energy food nexus – challenges and emerging solutions. **Environmental Science Water Research & Technology** 1: 15-16, 2015

MARIANI, L. et al. Análise de oportunidades e desafios para o Nexu Água-Energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** 37: 9-30, 2016.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, 4(1-2), 145-163, 2008.

MOHTAR, R. H.; DAHER, B. Water, energy, and food: The ultimate nexus. Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering. **CRC Press, Taylor and Francis Group**, 2012.

MORAES, G. G. B. L.; FERRAÇO, A. A. G. F. A Abordagem Científica-Instrumental do Nexus Water-Food-Energy como método para a construção de uma política ambiental integrada na gestão dos recursos hídricos. **Revista Videre**, Dourados, v.10, 19, p. 53-68, 2018.

MOURA, G. N. P. **A relação entre água e energia: gestão energética nos sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento básico do Brasil**. Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - UFRJ, 2010.

NAÇÕES UNIDAS. Desenvolvimento da agricultura, segurança alimentar e nutrição, Relatório do Secretário Geral, Item 25. **71ª Sessão da Assembleia Geral da UN**, Nova York. 2016.

OLIVEIRA, Emerson Roberto de. **Percepção e aprendizado de jovens sobre o nexo água-energia-alimentos**: Estudo de caso em Caraguatatuba-SP. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá – SP. 2018.

OMER, A. et al. Water scarcity in the YellowRiver Basin under future climate change and human activities. **Science of the Total Environment**, v. 749, p. 1-13, 2020.

OZTURK, I. Sustentabilidade no nexo alimento-energia-água: evidências do BRICS (Brasil, Federação Russa, Índia, China e África do Sul). **Energy** **93**, 999-1010. 2015.

PRITCHARD, B. et al. **Alimentando a Índia: meios de subsistência, direitos e capacidades**. Routledge, Londres. 2013.

RAUBER, D.; OLIVEIRA, F. A. C. Uma contextualização da demanda de água na indústria. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, Pato Branco - 3(1), 2008.

RODRIGUES, C. J. M. **O Nexo água-energia-alimento aplicados ao contexto da Amazônia Paraense**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2017.

SCOTT, C.; KURIAN, M.; WESCOAT, J. The water-energy-food nexus: enhancing capacidade adaptativa a desafios globais complexos. In: Kurian, M., Ardakanian, R. (Eds.), **Governing the Nexus: Water, Soil and Waste Resources Considering Global Change**. Springer, Dordrecht. 2015.

SILVA, A. J. F. **Implementação de um sistema de informação geográfica numa autarquia utilizando software livre e de código aberto**. Lisboa, 2011.

SILVA, Luiz Everson da Silva; ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; AMARAL, Wanderlei do. Uso sustentável da biodiversidade e conservação de recursos naturais. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável**. Guaju, Matinhos, v.3, n.1, p. 2-10, jan./jun. 2017.

TORRES, C. J. F. **Bases metodológicas para a inserção do conceito nexus água – energia - agricultura em modelos intersetoriais de planejamento e gestão**. Salvador, 2020.

UNESCO - United Nations World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2014: **Water and Energy**, 2014. v. 1. Paris: UNESCO, 2014.

<sup>1</sup> Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura