



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA
SUSTENTÁVEL

MAURICIO SOUZA DOS SANTOS

CULTIVO DE PLANTAS COM REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DA PISCICULTURA

MACAPÁ

2024

MAURICIO SOUZA DOS SANTOS

**CULTIVO DE PLANTAS COM REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DA PISCICULTURA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável.

Linha de Pesquisa: Meio ambiente

Orientador: Prof. Dr. Raullyan Borja Lima e Silva

MACAPÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(CIP)Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 /
1451

S237 Santos, Maurício Souza dos.
Cultivo de plantas com reaproveitamento de águas residuárias da piscicultura / Maurício Souza dos Santos. - Macapá, 2024.
1 recurso eletrônico. 78 folhas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável, Macapá, 2024.
Orientador: Raullyan Borja Lima e Silva.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Integração. 2. Piscicultura. 3. Agricultura. I. Silva, Raullyan Borja Lima e, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 633

SANTOS, Maurício Souza dos. **Cultivo de plantas com reaproveitamento de águas residuárias da piscicultura.** Orientador: Raullyan Borja Lima e Silva. 2024. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2024.

MAURICIO SOUZA DOS SANTOS

**CULTIVO DE PLANTAS COM REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS DA PISCICULTURA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento da Amazônia Sustentável.

Aprovado em: 27 / maio / 2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Raullyan Borja Lima e Silva
Orientador – PPGMDR/IEPA

Profa. Dra. Janaina Freitas Calado
Examinador Titular Interno / PPGMDR/UEAP

Prof. Dr. Patrick de Castro Cantuária
Examinador Titular Externo / IEPA

Resultado: Aprovado

Dedico este trabalho à minha esposa, Glenda Santiago de Almeida, que me ajudou incansavelmente no início de minha carreira acadêmica e profissional, mostrando-me que poderia ascender na vida apesar de minha origem simples de quem nasceu e cresceu no interior. Bem como ao meu amigo, Lucas Santos Junior, que sempre me incentivou a buscar qualificação e a vencer os desafios, inclusive a tentar entrar no PPGDAS.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida, pela saúde e pela força que foi a mim outorgada para superar os desafios do cotidiano, tendo plena ciência que nos momentos difíceis ele sempre esteve ao meu lado sustentando-me e protegendo-me.

Agradeço aos meus pais, Antenor Silva dos Santos e Maria José de Sousa, que sempre estiveram ao meu lado, acreditando e apoiando cada uma de minhas decisões.

Agradeço à Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e ao Programa de Pós-Graduação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (PPGDAS) pela oferta de um curso com a matriz tão bem estruturada e direcionada para a realidade vivenciada pela população amazônica.

Também agradeço a cada um dos professores que ministraram as aulas no decorrer do curso, os quais transmitiram não apenas conhecimentos técnicos e científicos, mas experiências significativas para a vida.

Em especial agradeço ao meu orientador, Raullyan Borja Lima e Silva, que aceitou trilhar ao meu lado “a jornada da dissertação” sempre usando de sua expertise e competência para me orientar a desenvolver o melhor trabalho possível. Além disso, pelo seu apoio moral e incentivo, motivando-me a prosseguir e nunca desistir mesmo quando as adversidades propunham o contrário.

Aos meus colegas do Mestrado da turma de 2021 pelo companheirismo e colaboração, em especial aos meus colegas e amigos Pablo Cantuária, Rosângela Pimentel e Ananda Bastos.

“O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.”

Gro Harlem Brundtland

RESUMO

Esta pesquisa busca identificar a existência de trabalhos já publicados no Brasil que versam sobre o reaproveitamento de águas residuárias da piscicultura em cultivos de plantas, e de forma complementar, procura identificar a viabilidade econômica e ambiental da integração entre tais cultivos. Buscou-se alcançar o objetivo aqui proposto por meio do levantamento do estado da arte, uma vez que esta metodologia é uma referência sobre o atual estado do conhecimento a respeito de um assunto, possibilitando ao pesquisador ter acesso ao conhecimento já produzido sobre uma determinada temática. A busca ocorreu em diversas bases de dados digitais, tais como: Scopus, Pubmed, Biblioteca Digital ACM, Portal Periódicos da Capes e Google Acadêmico. Ao final da pesquisa foram encontrados 51 trabalhos que listavam plantas cultivadas em água de piscicultura, perfazendo um total de 40 espécies, distribuídos em 16 estados brasileiros: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Tocantins. Portanto, através dos diversos trabalhos que abordam sobre o reaproveitamento da água oriunda da piscicultura na agricultura irrigada é possível depreender que a utilização da água rica em nutrientes na agricultura mostra-se como uma solução viável ambiental e economicamente para aliar o destino correto dos efluentes provenientes da criação de peixes com a redução do uso de fertilizantes químicos na produção agrícola, minimizando o custo de produção da cultura e tornando-a mais sustentável. O estudo sobre a temática ainda se mostra incipiente, ocorrendo de forma mais intensa em alguns poucos estados brasileiros e totalmente ausente em outros, sendo assim, faz-se necessário o fomento de pesquisas sobre a temática para a construção de conhecimentos científicos corpulentos que auxiliem na cadeia produtiva e na implementação de práticas sustentáveis e economicamente viáveis.

Palavras-chave: integração; piscicultura; agricultura; desenvolvimento; sustentável.

ABSTRACT

This research seeks to identify the existence of works already published in Brazil that deal with the reuse of wastewater from fish farming in plant cultivation, and in a complementary way, it seeks to identify the economic and environmental forecast of the integration between such crops. We sought to achieve the objective proposed here by surveying the state of the art, since this methodology is a reference on the current state of knowledge regarding a subject, enabling the researcher to have access to knowledge already produced on a given topic. . The search took place in several digital databases, such as: Scopus, Pubmed, Sucupira Platform, ACM Digital Library, Capes Periodicals Portal and Google Scholar. At the end of the research, 51 works were found that listed plants grown in fish farming water, making a total of 40 species, distributed in 16 Brazilian states: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Tocantins. Therefore, through the various works that address the reuse of water from fish farming in irrigated agriculture, it is possible to infer that the use of water rich in nutrients in agriculture appears to be an environmentally and economically viable solution to combine the correct destination of effluents from of fish farming with the reduction of the use of chemical fertilizers in agricultural production, minimizing the cost of producing the crop, making it more sustainable. The study on the subject is still in its infancy, occurring more intensely in a few Brazilian states and completely absent in others. Therefore, it is necessary to encourage research on the subject to build substantial scientific knowledge that helps in production chain and the implementation of sustainable practices.

Key-words: integration; pisciculture; agriculture; development; sustainable.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1	- Produção de peixes nos últimos dez anos no Brasil	16
Gráfico 2	- Produção de peixes em toneladas por regiões	20
Gráfico 3	- Produção de peixes nativos e tilápia por toneladas no Estado do Amapá	22
Quadro 1	- Municípios amapaenses com maior produtividade de peixes no ano de 2023	24
Gráfico 4	Valor da produção agrícola em 2022	26
Gráfico 5	Produção anual em toneladas por produtos agrícolas no estado do Amapá em 2022	27
Quadro 2	- Modelo de ficha para registro de fontes bibliográficas	32
Quadro 3	- Malha para construção do gráfico no Software R	34
Quadro 4	- Sequência de comandos para construção de mapa no Software R	34
Mapa 1	- Local do cultivo de plantas com água residual de piscicultura no Brasil	37
Quadro 5	Lista de espécies de plantas cultivadas com água de aproveitamento da piscicultura no Brasil	38
Gráfico 6	Estudos sobre a integração entre piscicultura e o cultivo de vegetais por regiões brasileiras	42
Gráfico 7	- Dendrograma demonstrando a similaridade entre os estados brasileiros sobre o cultivo de espécies de plantas com água de piscicultura	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Produção de peixes em toneladas por Estado	18
Tabela 2	- Lista de espécies de plantas cultivadas com água de piscicultura por estado brasileiro	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NO BRASIL	15
2.1.1	Importância da piscicultura no cenário nacional	15
2.1.2	Produção aquícola brasileira	17
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ	20
2.2.1	Espécies produzidas no Estado do Amapá	22
2.2.2	Municípios amapaenses com maior produtividade de peixes	23
2.3	CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA NO BRASIL	24
2.3.1	Importância da agricultura no cenário nacional	24
2.3.2	Produção agrícola brasileira	25
2.4	CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ	26
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.1	SOLO	28
3.2	VEGETAÇÃO	29
3.3	CLIMA	29
3.4	ECONOMIA	30
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
4.1	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA PESQUISA	32
4.2	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	33
4.3	ANÁLISE DOS DADOS	33
4.3.1	Construção do Mapa	33
4.3.2	Análise de Cluster Simples	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	LOCAIS DE CULTIVO DE PLANTAS COM ÁGUA RESIDUAL DE PISCICULTURA NO BRASIL	37
5.2	ESPÉCIES DE PLANTAS CULTIVADAS COM ÁGUA DE REAPROVEITAMENTO DA PISCICULTURA NO BRASIL	38
5.3	ESPÉCIES DE PLANTAS CULTIVADAS COM ÁGUA DE PISCICULTURA POR ESTADO BRASILEIRO	45

5.4	AUSÊNCIA DE PESQUISAS A DESPEITO DA INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ	54
5.5	INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA	56
5.5.1	Redução no consumo de água por meio de sua reutilização na agricultura..	57
5.5.2	Atenuação dos custos de produção	58
5.5.3	Produção de alimento	59
5.5.4	Diminuição do processo de eutrofização dos cursos de água	59
5.5.5	Melhoria da qualidade da saúde pública	60
5.5.6	Diversificação de renda	60
5.6	IMPACTOS NEGATIVOS DA INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos sempre foi algo que preocupou a ser humano desde seus primórdios. Hodiernamente essa preocupação ganhou novas dimensões que vão além da simples subsistência, perpassando também para a geração de renda e conseqüentemente para o crescimento econômico. Havendo, assim, a necessidade da implementação de novos sistemas de produção que garantam, simultaneamente, maior produtividade e o uso sustentável dos recursos naturais.

No Brasil a agropecuária, atividade que conjuga o cultivo do solo e a criação de animais, por motivos históricos, socioeconômicos e geográficos, mantém-se como atividade de maior relevância no cenário nacional (IBGE, 2024e). Esta cresceu 15,1% em 2023, com um total de R\$ 677,6 bilhões, havendo um aumento de 2,9% no Produto Interno Bruto (PIB). A alta na agropecuária decorreu, principalmente, do crescimento da produção e ganho de produtividade da atividade da agricultura (IBGE, 2024f).

É importante salientar, nesse processo de crescimento, a contribuição da agricultura familiar brasileira que é responsável pela produção de 70% dos alimentos do país (Hoffmann, 2014). Entre os produtos agrícolas cultivados no âmbito familiar, apresentam grande destaque a criação de organismos aquáticos e a plantação de vegetais (Silva *et al.*, 2017; Freitas; Wander, 2017).

A criação de organismos aquáticos é uma alternativa viável para a geração de renda, sendo que a produção de peixes de cultivo no Brasil em 2023 obteve um quantitativo de 887.029 toneladas, um aumento de 3,1% em relação ao ano anterior (860.355 toneladas). Deste montante o Brasil exportou 6.815 toneladas de peixes de aquicultura, gerando uma receita de US\$ 24,7 milhões. Esse resultado representa um aumento de 4% em relação a 2022 (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024). A piscicultura também se mostra como uma opção bastante viável a ser adicionada como mais uma forma de produção na agricultura de base familiar, no sentido de garantir o sustento da família e o excedente para a comercialização (Silva *et al.*, 2017).

Entretanto com a utilização das atuais técnicas de produção agropecuária, em especial a piscicultura, tem-se uma grande demanda de recursos naturais e o intensivo uso de produtos químicos (World Water Assessment Programme, 2018), além da geração de diversos passivos ambientais.

Dentre os impactos ambientais causados pela piscicultura, há o excessivo uso dos recursos hídricos, uma vez que na aquicultura convencional, a forma usual de manter a

qualidade da água é mediante trocas sucessivas ou contínuas da água, o que gera sua maior demanda hídrica (Oliveira; Santos, 2011).

Um outro passivo bastante presente na atividade de piscicultura é a eutrofização por meio de descargas dos efluentes provenientes de viveiros, com elevadas cargas de resíduos químicos empregados nas diferentes fases de criação, sendo este mais um fator que compromete a qualidade ambiental e conseqüentemente implica em impactos ambientais. Ainda segundo Oliveira e Santos (2011), os efluentes ricos em nitrogênio e fósforo contribuem para a eutrofização dos corpos de água receptores, o que certamente ocasionará a redução ou alteração da biodiversidade presente naquele ecossistema.

Já a agricultura, no que concerne a geração de passivos ambientais, ganha destaque por dispendir grande quantidade de água para suas atividades. De acordo com a Agência Nacional de Águas (2013), a atividade agrícola é responsável pelo consumo de 72% dos recursos hídricos utilizados no Brasil. Outro aspecto negativo da agricultura está ligado ao processo de escoamento da água superficial com matéria orgânica, ocasionando eutrofização de mananciais, córregos e rios (Belluta *et al.*, 2010; Silva, 2019).

As duas culturas mencionadas apresentam o problema da geração de passivos nos ambientes em que são instalados e em suas respectivas áreas de influência. Apesar da relevância de ambos os cultivos para a produção de alimento e para manutenção das sociedades modernas, ainda existem poucos trabalhos científicos publicados que desenvolvam estudos sobre a viabilidade da integração entre estas culturas.

Diante da escassez de produções científicas sobre a temática, surge a pergunta norteadora desta discussão: qual é o estado da arte produzido no meio científico nacional que aborda o cultivo de plantas com reaproveitamento de águas residuárias da piscicultura, bem como quais as espécies vegetais são cultivadas neste sistema?

Também se torna relevante identificar nestes trabalhos as potencialidades para a criação de organismos aquáticos e o cultivo de vegetais, sem comprometer a qualidade ambiental e ao mesmo tempo sem encarecer os custos da produção agrícola.

Nessa perspectiva percebe-se a necessidade da implementação de um sistema que transforme o que seria o passivo ambiental da piscicultura em fontes alternativas de recursos para agricultura, minorando assim, os danos ambientais, bem como reduzindo a demanda por aquisição de agroquímicos para a agricultura, barateando os custos na produção.

A utilização da água rica em nutrientes na agricultura irrigada apresenta-se como uma solução sustentável para aliar o destino correto dos efluentes provenientes da criação de peixes, com a redução do uso de fertilizantes químicos na produção agrícola,

minimizando o custo de produção da cultura tornando a mais sustentável. São escassos ou inexistentes estudos que avaliem o uso de efluente de piscicultura combinado com composto orgânico na adubação de plantio sem a utilização de fertilizantes químicos industrializados em cultivo a campo (Silva, 2019, p. 16).

A implementação de um sistema de cultivo integrado entre a piscicultura e a agricultura irrigada é uma forma de desenvolvimento eficiente e sustentável. Silva e Galvão (2019) propõem que a reutilização da água residuária dos tanques de criação de peixes para a irrigação de hortas consiste em uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável, haja vista que os efluentes da piscicultura são ricos em nutrientes como, nitrogênio e fósforo que favorecem o desenvolvimento das plantas.

Oliveira e Santos (2011) ainda corroboram com a premissa da viabilidade da integração da aquicultura com a agricultura irrigada, uma vez que esta propicia o uso sustentável dos recursos hídricos, pois atende aos preceitos de atividades que promovem o uso múltiplo das águas, contribuindo, assim, para uma eficiência hídrica e produtiva maior.

Para Cardoso *et al.* (2016) essa integração para aumentar a produtividade possui diversas características que a torna favorável, tais como: índices médios de impactos ambientais, aproveitamento de áreas improdutivas de pequeno porte ou de baixo rendimento agropecuário, transformação de subprodutos e resíduos agrícolas em proteína animal de alta qualidade, e por conseguinte, a potencialidade de minimizar a insegurança alimentar e nutricional.

Um outro fator justificante da integração entre as culturas mencionadas é decorrente da relevância do pequeno produtor familiar para a geração de alimento, surgindo a necessidade do desenvolvimento de práticas que barateiem o processo de produção agrícola e simultaneamente, garantam a geração da menor quantidade possível de passivos ambientais. Diante desta premissa a integração da piscicultura com a agricultura resultará em uma produção mais economicamente viável, maximizando o potencial econômico das pequenas e médias propriedades com reutilização de insumos de produção já contidos em seu sistema (Silva, 2019).

Diante do exposto, este trabalho apresenta como objetivo geral realizar um estudo sobre o estado da arte do cultivo de plantas com reaproveitamento de águas residuárias. E como objetos específicos: a) levantar o estado da arte referente a temática estudada; b) identificar os cultivos vegetais resultantes da integração entre os sistemas de piscicultura e agricultura por meio da literatura produzida no Brasil; c) compreender a similaridade dos cultivos vegetais com reaproveitamento da água da piscicultura no Brasil por meio de análises estatísticas; d) analisar,

por meio dos trabalhos já publicados, a viabilidade econômica e ambiental da integração entre ambos os cultivos.

Como hipótese, pressupõe-se que a integração entre a piscicultura e a agricultura, por meio da utilização da água residuária oriunda do cultivo de peixes para a irrigação de plantações, é uma alternativa viável para a redução dos passivos ambientais de ambos os cultivos, visto que o primeiro necessita realizar o descarte de água rica em matéria orgânica e o segundo faz o uso de recursos hídricos e agroquímicos para adubação. A integração entre ambos os sistemas de cultivos também resultará na diminuição dos custos, uma vez que a piscicultura não precisará dispor de um sistema complexo de tratamento de efluentes e a agricultura diminuirá as despesas com adubação e irrigação.

Esta dissertação está organizada nas seguintes seções:

Seção 1, nela está contida a parte introdutória na qual é apresentado o tema, identificado e descrito o problema e a pergunta norteadora, a justificativa para a elaboração deste trabalho, assim como o objetivo geral e os objetivos específicos.

Seção 2, está a fundamentação teórica, nela é realizada uma descrição geral da piscicultura e da agricultura, bem como algumas consequências da integração entre estes sistemas.

Na seção 3 é realizada a descrição da área de estudo com suas peculiaridades, tais como, solo, vegetação, clima e economia. A seção 4 está a descrição dos procedimentos metodológicos, nela é apresentado as técnicas e os instrumentos de pesquisa, como se organizou os dados, e por fim, a análise dos dados coletados.

Na seção 5 são exibidos os resultados e a discussão, mostrando quantos trabalhos foram encontrados, quais os seus respectivos estados de origem e quais os cultivos vegetais presentes em cada um deles. Também é apresentado diversas vantagens, identificadas nos trabalhos pesquisados, oriundas da integração entre a piscicultura e a plantação de vegetais.

Na seção 6, estão contidas as considerações finais, nela é mostrado o que foi inferido após a análise das mais diversas literaturas que trabalham sobre o assunto alvo desta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A população urbana mundial passou de aproximadamente 746 milhões em 1950 para 3,9 bilhões em 2014 (Saath; Fachinello, 2018), essa expansão populacional nas cidades, e o crescimento da renda per capita inevitavelmente levou ao aumento na demanda pela produção de alimentos e simultaneamente reduziu a força de produção no campo. Nessa nova perspectiva acabou-se por forçar os sistemas agropecuários a aumentarem sua produção de alimento, a fim de suprir o grande consumo por parte da população e atender a demanda capitalista por crescimento dos lucros (Santos *et al.*, 2016).

Também cabe salientar, além da relevância da agropecuária de médio e grande porte para produção de alimento, a contribuição das famílias brasileiras que vivem no campo, que segundo Hoffmann (2014), são responsáveis pela produção de 70% dos alimentos no Brasil.

A agropecuária é considerada um pilar importante para o desenvolvimento econômico, sendo responsável pela produção de alimentos. No Brasil o setor representa cerca de 24,8% do PIB e gera aproximadamente 20 milhões de empregos, com exportações que somaram US\$ 159 bilhões em 2022 (Instituto Agrogalaxy, 2023).

Desta forma cabe conceituar a agropecuária como a atividade econômica pertencente ao setor primário que reúne as técnicas de plantio e cultivo do solo e de criação de animais (Dias; Gomes, 2022). Como objeto deste estudo, cabe destacar o cultivo de vegetais e a piscicultura, as quais são consideradas atividades agropecuárias milenares que fornecem alimento para diversas populações no mundo inteiro.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NO BRASIL

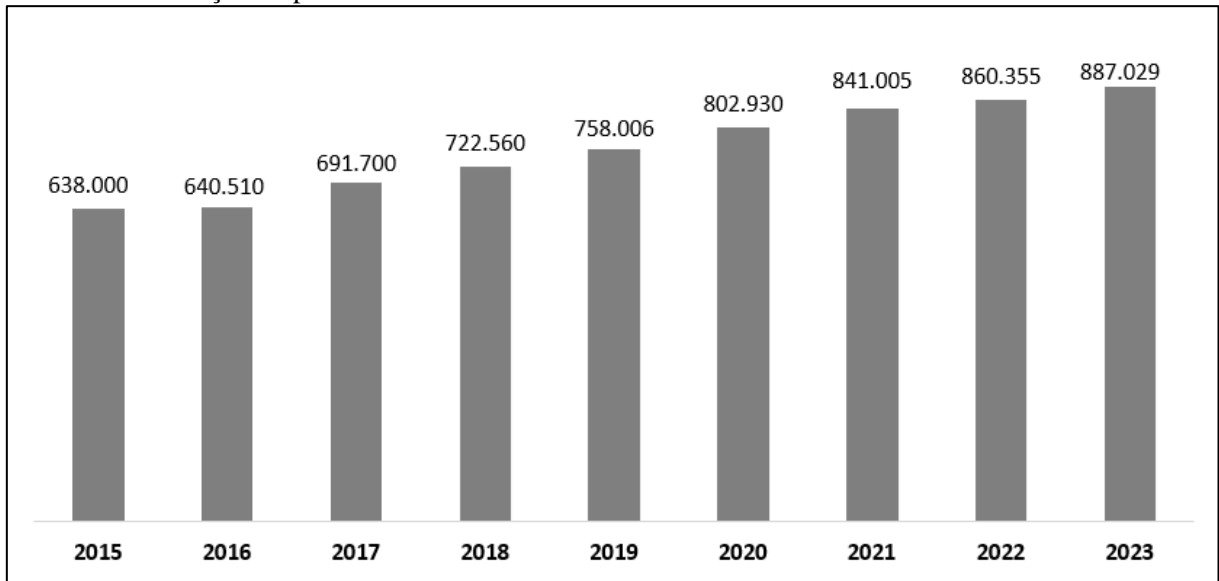
2.1.1 Importância da piscicultura no cenário nacional

Segundo o levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (PeixeBR), o Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo em 2023, isso significa um crescimento de 3,1% sobre o resultado do ano anterior (860.355 toneladas) (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024).

A produção brasileira de peixes aumentou significativamente desde a década de 1990, colocando o Brasil entre os maiores produtores de tilápia do mundo. Ainda de acordo com a Associação Brasileira da Piscicultura, a produção de peixes de cultivo nos últimos 10 anos (2014 a 2023) saltou de 578.800 toneladas para 887.029, havendo um acréscimo de mais de

53%, e uma média de crescimento anual bastante expressiva de 5,325% (Associação Brasileira Da Piscicultura, 2024) (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Produção de peixes nos últimos dez anos no Brasil



Fonte: PEIXE BR (2019, 2022, 2024).

Esse crescimento se deve em parte ao maior consumo de pescado no mercado interno e simultaneamente a inserção da produção nacional no comércio internacional (Schulter; Vieira Filho, 2017). As exportações da piscicultura brasileira aumentaram 4% em valor, em 2023, totalizando U\$S 24,7milhões.

A atividade de piscicultura se tornou uma importante fonte de suprimento de peixes no cenário nacional, apresentando uma receita média de R\$ 8 bilhões e gerando cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos (Associação Brasileira da Piscicultura, 2022). Nessa perspectiva, Igarashi (2021) afirma que o aperfeiçoamento da aquicultura possui importância social e econômica podendo auxiliar na geração de emprego e renda, contribuindo no desenvolvimento rural.

A piscicultura é uma das atividades que contemplam a aquicultura (Baldisserotto *et al.*, 2018), originada pela demanda na produção de peixes e acentuada a partir do crescimento demográfico (Oliveira; Florentino, 2018). A criação de organismos aquáticos é uma alternativa que apresenta grande potencialidade para a geração de renda e desenvolvimento econômico no cenário nacional, uma vez que o seu território possui características naturais que favorecem a instalação e funcionamento de grandes áreas produtivas.

Além da geração de renda e emprego, como já mencionado, a criação de organismos aquáticos, mais especificamente peixes, é uma alternativa a ser adicionada como mais uma

forma de produção na agricultura de base familiar, no sentido de garantir o sustento das famílias que residem no meio rural e a comercialização de excedentes no mercado local ou regional (Silva *et al.*, 2017).

Arêas *et al.* (2014) ainda complementa a multiplicidade de vantagens da piscicultura ao afirmar que essa atividade também se mostra como uma alternativa viável aos grupos ribeirinhos, pescadores e comunidades localizadas em assentamento rurais frente aos processos atuais de pesca extrativista, que em decorrência de processos exaustivos de pesca, contribuem para a redução da oferta de peixes.

2.1.2 Produção aquícola brasileira

A piscicultura está em expansão ao redor do mundo, desempenhando um papel fundamental na segurança alimentar global e na economia. No Brasil, a criação de peixes tem sido cada vez mais valorizada por sua capacidade de atender a demanda por proteína animal e promover o progresso socioeconômico em áreas costeiras e do interior do país. De acordo com a Associação Brasileira da Piscicultura (2024) a produção de peixes no Brasil tem crescido significativamente nos últimos anos, impulsionada pelo aumento do consumo interno e pelas oportunidades de exportação.

No ano de 2023, o estado do Paraná registrou um crescimento de 9,9% na produção de peixes de cultivo, com destaque para a tilápia, alcançando 213.300 toneladas (correspondendo a 24% do total nacional). Esse desempenho não apenas reforçou a posição de liderança do estado, como também aumentou a diferença em relação a São Paulo, que se manteve em segundo lugar, com uma redução de 1,2% na produção. O sistema cooperativista adotado no Paraná tem se mostrado uma estratégia bem-sucedida para a produção aquícola. Além disso, os preços favoráveis da tilápia ao longo do ano atraíram piscicultores independentes para o estado (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024).

A lista dos 10 maiores estados produtores de peixes de cultivo em 2023 teve apenas uma mudança, com Minas Gerais em 3º lugar e Rondônia em 4º. Minas Gerais se destacou com um crescimento de 12,6% na produção. Além de PR e MG, apenas MT (4,9%), SC (3,3%) e PE (0,75%) registraram crescimento no último ano. A Bahia permaneceu estável, enquanto MA (-2,3%), RO (-1,22%), SP (-1,2%) e MS (-1%) tiveram ligeiras reduções na produção de peixes de cultivo. Essas variações foram influenciadas por questões de mercado e sanitárias, com alguns estados enfrentando mais desafios do que outros em 2023 (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024) (Tabela 1).

Tabela 1 - Produção de peixes em toneladas por Estado

ESTADO	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
Paraná	112.000	129.900	154.200	172.000	188.000	194.100	213.300	1.163.500
São Paulo	69.500	73.200	69.800	74.600	81.640	83.400	82.400	534.540
Rondônia	77.000	72.800	68.800	65.500	59.600	57.200	56.500	457.400
Santa Catarina	44.500	45.700	50.200	51.700	53.600	54.300	56.100	356.100
Minas gerais	29.000	33.150	38.600	44.300	49.100	54.700	61.600	310.450
Maranhão	26.500	39.050	45.000	47.700	46.500	50.300	49.143	304.193
Mato grosso	62.000	54.510	49.400	46.800	42.600	42.800	44.900	343.010
Mato Grosso do Sul	25.500	25.850	29.800	32.390	37.400	34.450	34.100	219.490
Pernambuco	17.000	23.470	25.500	27.275	31.930	31.960	32.200	189.335
Bahia	27.500	30.460	28.600	30.270	31.250	34.000	34.000	216.080
Goiás	33.000	30.630	29.500	30.062	29.700	30.500	29.850	213.242
Rio Grande do Sul	22.000	23.000	25.000	26.102	27.700	27.300	26.800	177.902
Pará	20.000	23.720	25.500	25.400	24.800	25.120	24.400	168.940
Piauí	18.000	19.310	19.890	20.250	22.100	22.900	21.900	144.350
Amazonas	28.000	15.270	20.596	21.500	21.000	21.300	20.500	148.166
Espírito Santo	12.000	13.190	14.230	18.532	18.700	17.900	19.030	113.582
Roraima	16.000	17.100	18.400	17.500	18.300	19.200	20.100	126.600
Tocantins	14.500	14.600	13.300	14.804	16.250	17.350	17.556	108.360
Alagoas	3.500	8.250	8.000	10.000	12.800	13.100	12.900	68.550

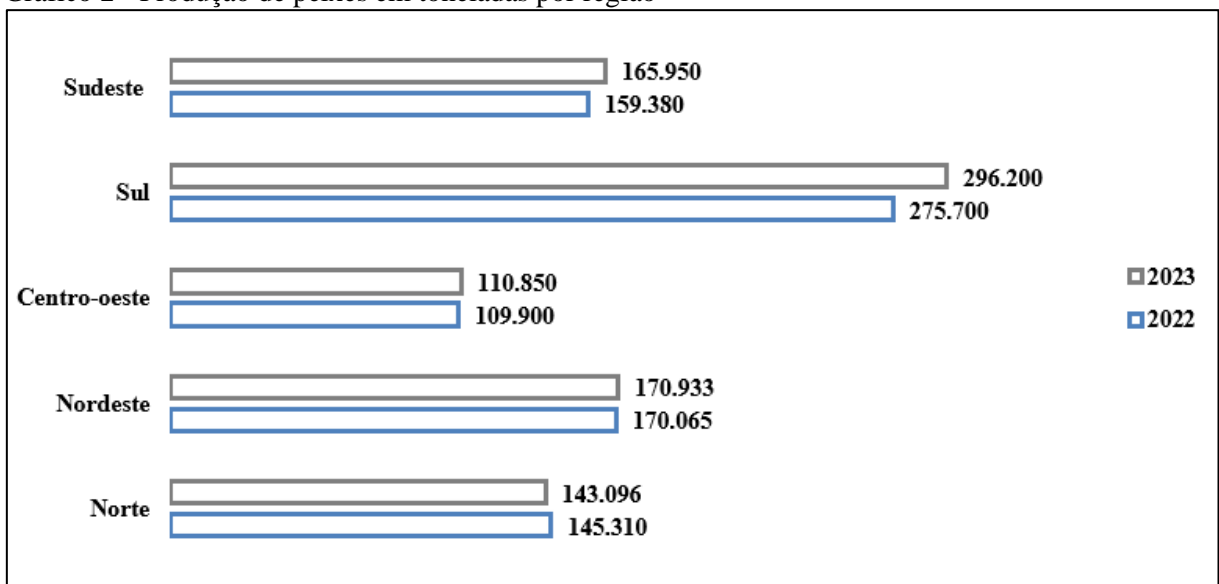
Ceará	7.000	4.900	2.000	5.500	6.500	6.860	8.300	41.060
Sergipe	6.600	3.550	3.690	3.800	4.600	4.100	3.900	30.240
Acre	8.000	8.500	4.400	4.060	3.740	3.860	3.050	35.610
Rio Grande do Norte	2.300	2.410	3.200	3.280	3.570	4.300	3.700	22.760
Rio de Janeiro	4.800	4.580	4.700	3.340	3.455	3.380	2.920	27.175
Paraíba	3.000	2.930	3.100	3.165	3.000	3.145	4.290	22.630
Distrito Federal	1.500	1.500	1.500	2.060	2.050	2.150	2.000	12.760
Amapá	1.000	1.030	1.100	1.040	1.120	1.280	990	7.560
Total	691.700	722.560	758.006	802.930	841.005	860.955	886.429	

Fonte: PEIXE BR (2019, 2022,2023).

No que se refere às regiões do país, o Sul é a mais relevante na produção de peixes de cultivo, com um total de 296.200 toneladas, o que representa 33,4% do total nacional. Em seguida, temos o Nordeste, com 170.933 t (19,3%); o Sudeste, com 165.950 t (18,7%); o Norte, com 143.096 t (16,1%); e o Centro-Oeste, com 110.850 t (12,5%).

Todas as regiões apresentaram crescimento em 2023, com exceção do Norte, que teve uma queda de 1,5%. Destaque para o Sul, que aumentou a produção em 7,4%, e o Sudeste, com um incremento de 4,1% (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024) (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Produção de peixes em toneladas por região



Fonte: PEIXE BR (2024).

A diminuição na Região Norte é resultado de problemas ambientais e da ausência de políticas governamentais bem definidas para impulsionar a atividade, juntamente com fatores climáticos que foram relevantes no último ano. Por outro lado, houve um crescimento nas localidades em que a tilápia é criada. Essa espécie impulsiona a produção e o consumo de peixes de cultivo no Brasil, além de atrair investidores especializados - o que é benéfico para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva eficaz (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ

O Estado do Amapá caracteriza-se pelo predomínio da modalidade de piscicultura continental, visto esta ser bastante promissora na Amazônia Brasileira, quando comparada à piscicultura marinha (Tavares-Dias, 2011). Esta modalidade é o único ramo da atividade de aquicultura estimulada no comércio amapaense. Ao se analisar a série histórica da produção de

peixes no cenário nacional, apresentada pela Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXEBR), percebe-se que o Amapá sempre se manteve na posição de 27º, como o Estado que menos produziu peixes para cultivo no País.

Apesar das condições favoráveis para o crescimento da atividade no estado, a produção de peixes de cultivo no Amapá é modesta, existindo diversas falhas nas políticas públicas para direcionar as atividades de produção, bem como a falta de assistência técnica. Além disso, existem diversas falhas na cadeia produtiva, como na aquisição de rações comerciais com preços elevados e dificuldade na obtenção de alevinos, ainda corroborando com o cenário desvantajoso, há a falta de estudos sobre os entraves da atividade de piscicultura no Estado do Amapá (Daaddy, 2012; Oliveira, 2017).

Apesar do grande potencial do Estado para a atividade, existem muitas dificuldades que precisam ser superadas para a total consolidação da piscicultura da região. Entre as principais dificuldades enfrentadas pelos produtores é a falta de fornecedores de alevinos suficientes para suprir a demanda do mercado local. Por esse motivo, muitos piscicultores compram de outros estados por um valor mais elevado, tendo que gastar com o transporte desses alevinos e, isso acaba onerando o custo da produção. Como resultado, o consumidor paga mais caro pelo peixe, o que não é muito atrativo ao mercado (Daaddy, 2012, p. 42).

Por outro lado, o estado apresenta uma elevada potencialidade para o desenvolvimento da aquicultura, visto este possuir uma grande variedade de ecossistemas aquáticos (marinhos, estuarinos, lacustres e fluviais), além dos 598 km de costa ele apresenta também uma considerável bacia hidrográfica, sendo que 40% dos rios pertencem à Bacia Amazônica e 60% à Bacia do Atlântico Sul (Tavares-Dias, 2011). Oliveira, (2017) corrobora com tal ideia ao explicar que no Amapá existem áreas fluviomarinhas e continentais que possibilitam o desenvolvimento da atividade aquícola em larga escala.

O estado do Amapá apresenta grande potencial para o crescimento da piscicultura continental (Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável, 2008; Gama, 2008), por apresentar também uma ampla variedade de espécies, disponibilidade de recursos hídricos e clima propício ao longo de todo o ano, sem período de entressafra como ocorre em outras regiões brasileiras (Gama, 2008; Tavares-Dias, 2011).

Para Oliveira (2017), o Amapá vem ganhando espaço na criação de peixes, podendo até mesmo fazer com que futuramente esta atividade seja uma das bases da economia local. A autora ainda destaca a grande malha hídrica, a exemplo da bacia do Rio Araguari com significativa riqueza de ictiofauna, e a complexa variedade de assembleias de peixes.

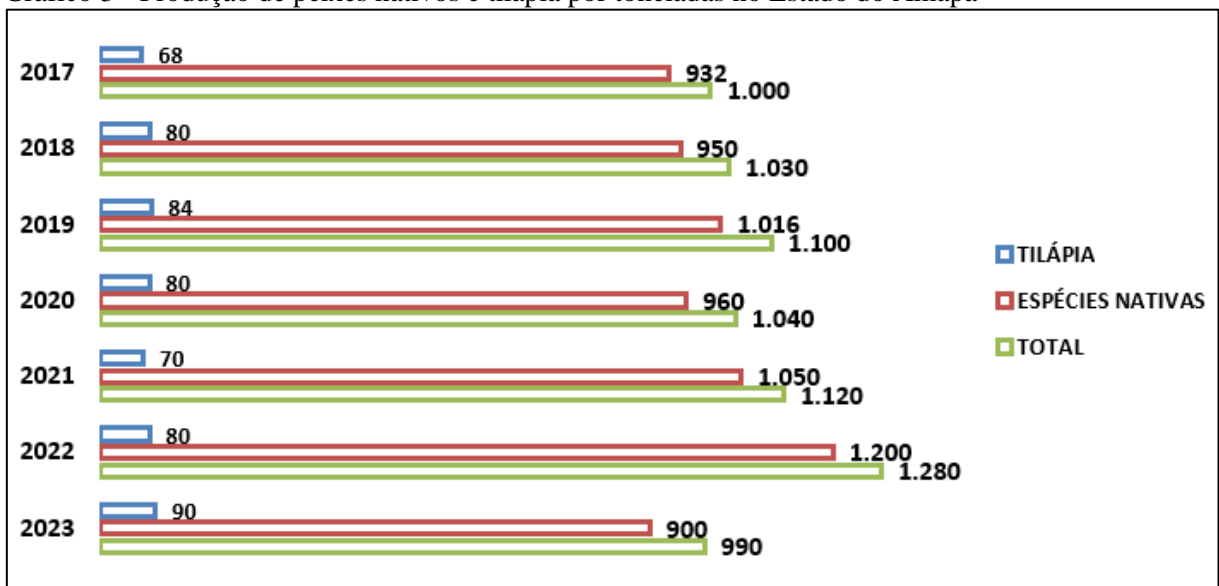
Daaddy (2012) complementa, apresentando os diversos atributos que classificam a área do Estado do Amapá como sendo de grande potencial para a piscicultura de água doce, ao destacar sua:

[...] ampla rede hidrográfica; clima favorável à criação; grande diversidade de espécies nativas; uma diversidade de ingredientes naturais que podem ser utilizados na alimentação dos peixes a serem cultivados; e possuidor de grandes corpos d'água artificiais (reservatórios), onde podem ser desenvolvidos cultivos em sistema de tanque-rede (Daaddy, 2012, p. 42).

2.2.1 Espécies produzidas no Estado do Amapá

Quando se analisa a relação entre a criação de espécies nativas e espécies exóticas (tilápia), observa-se o predomínio absoluto da criação das espécies nativas. Entretanto o cultivo da tilápia acaba sendo estimulada entre os criadores pelo fato de a espécie apresentar rápida reprodução, baixo custo de investimento e suportar uma ampla gama de variações ambientais, tais como grandes variações na temperatura, baixa concentração de oxigênio e a presença de poluentes (Gama, 2008) (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Produção de peixes nativos e tilápia por toneladas no Estado do Amapá



Fonte: PEIXE BR (2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024).

Apesar das diversas vantagens apresentadas no cultivo da tilápia, o mesmo autor destaca o risco de sua introdução para o ambiente, visto que “A grande concentração de empreendimentos com criação de tilápia no estado se encontra em áreas ambientalmente

frágeis, podendo causar danos ambientais em caso de soltura ou escape, que normalmente acontece” (Gama, 2008, p. 525).

A Lei nº 898 de 14 de junho de 2005, em seu artigo 26 proíbe a introdução de qualquer espécie de peixe exótica ou alóctone, em qualquer estágio de desenvolvimento no estado do Amapá, por qualquer meio de transporte, sem autorização expressa da Secretaria Estadual de Meio Ambiente ou órgão público conveniado para tanto. A referida lei ainda define como espécies exóticas os indivíduos da ictiofauna que não tenham origem genética na bacia hidrográfica à qual o empreendimento está localizado.

Para Santos (2021) a atividade de piscicultura amapaense caracteriza-se por ser fortemente praticada em regime de economia familiar, com destaque para a espécie *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Piaractus brachypomus* (tambacu-tambatinga, pirapitinga), *Oreochromis niloticus* (tilápia) e *Arapaima spp.* (pirarucu) respectivamente na ordem de maior produção.

Por conta da baixa expressividade do cultivo de peixes no Estado do Amapá, sua produção se destina basicamente para atender as demandas do mercado local, sendo considerada ainda insuficiente para atender este mercado em sua plenitude. Com isso, a maior parte do pescado oriundo de cativeiro comercializado no território amapaense é advinda do Maranhão, em sua totalidade na forma de apresentação inteiro fresco (Santos, 2021).

2.2.2 Municípios amapaenses com maior produtividade de peixes

A criação de peixes nos diferentes municípios do Amapá vem sendo focada em regiões estratégicas, impulsionadas por diversos aspectos geográficos e econômicos. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) apontam a cidade de Macapá como polo importante de produção de peixes no estado. A proximidade com rios e a presença de infraestrutura têm sido fundamentais para o progresso da aquicultura nessas áreas.

Por último, é fundamental destacar a relevância das comunidades ribeirinhas e dos povos tradicionais na criação de peixes no estado do Amapá. Como Pedra Branca do Amapari, que abriga comunidades ribeirinhas, que encontram na aquicultura uma fonte significativa de sustento e renda (AMAPÁ, 2018). O saber ancestral dessas comunidades acerca dos recursos hídricos locais e das práticas de manejo sustentável contribui para a ampliação e a resistência da atividade aquícola na área (AMAPÁ, 2020) (Quadro 1).

Quadro 1 - Municípios amapaenses com maior produtividade de peixes no ano de 2023.

POSIÇÃO	MUNICÍPIO	POSIÇÃO	MUNICÍPIO
1º	Macapá	6º	Oiapoque
2º	Pedra Branca do Amapari	7º	Tartarugalzinho
3º	Ferreira Gomes	8º	Calçoene
4ª	Laranjal do Jari	9º	Serra do Navio
5º	Amapá	10º	Vitória do Jari

Fonte: PEIXE BR (2024).

Segundo a Associação Brasileira da Piscicultura, a criação de peixes vem se tornando mais atrativa aos produtores dos 16 municípios do Estado, visto que no ano de 2020, os piscicultores amapaenses presenciaram o avanço nos processos de licenciamento ambiental que passou a ser realizado pela esfera municipal, bem como a instalação de uma fábrica de ração, localizada no distrito industrial do município de Santana (Associação Brasileira da Piscicultura, 2021).

Entretanto, em 2023, a aquicultura amapaense passou por desafios significativos. A obtenção de insumos e crédito tornou-se complicada, o que limitou o crescimento e eficiência da atividade. A questão fundiária, marcada pela falta de títulos registrados para a maioria das terras, é um outro problema constante que afeta negativamente a evolução da cadeia de produção (Associação Brasileira da Piscicultura, 2024).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA NO BRASIL

2.3.1 Importância da agricultura no cenário nacional

A agricultura apresenta um papel fundamental no contexto do país, não apenas como uma atividade econômica indispensável, mas também como uma fonte primordial de segurança alimentar, geração de empregos e progresso nas áreas rurais. Conforme mencionado por Almeida (2018), "a agricultura é o pilar da economia nacional, fornecendo alimentos para a população e matérias-primas para diversas indústrias". A fala do autor destaca a relevância da agropecuária não somente na produção de alimentos, mas também no fornecimento de matérias-primas para diferentes setores industriais.

Além do mais, a área rural tem uma função importante no comércio internacional. Conforme Silva (2020), o setor agrícola do Brasil tem participação relevante nas vendas para o

exterior, impactando de forma positiva na balança comercial do país. Esse apoio é fundamental para a economia estável, garantindo uma fonte confiável de moeda estrangeira.

A atividade agrícola desempenha um papel fundamental na proteção do meio ambiente e na promoção da sustentabilidade. De acordo com Souza, Oliveira e Santos (2018), métodos sustentáveis na agricultura, como a prática de cultivo orgânico e o manejo conservacionista, têm grande potencial para preservar os recursos naturais e minimizar os impactos prejudiciais ao meio ambiente. Estas abordagens são indispensáveis para assegurar a conservação dos ecossistemas e a melhoria da qualidade de vida das próximas gerações.

Ademais, a agricultura tem um papel crucial no enfrentamento da pobreza e no estímulo ao progresso rural. Segundo Oliveira (2017), a agricultura familiar tem uma grande participação na produção de alimentos no território nacional, além de contribuir significativamente para a geração de empregos e renda no campo. É imprescindível investir na agricultura familiar e implementar políticas de suporte para fomentar a integração social e diminuir as disparidades regionais.

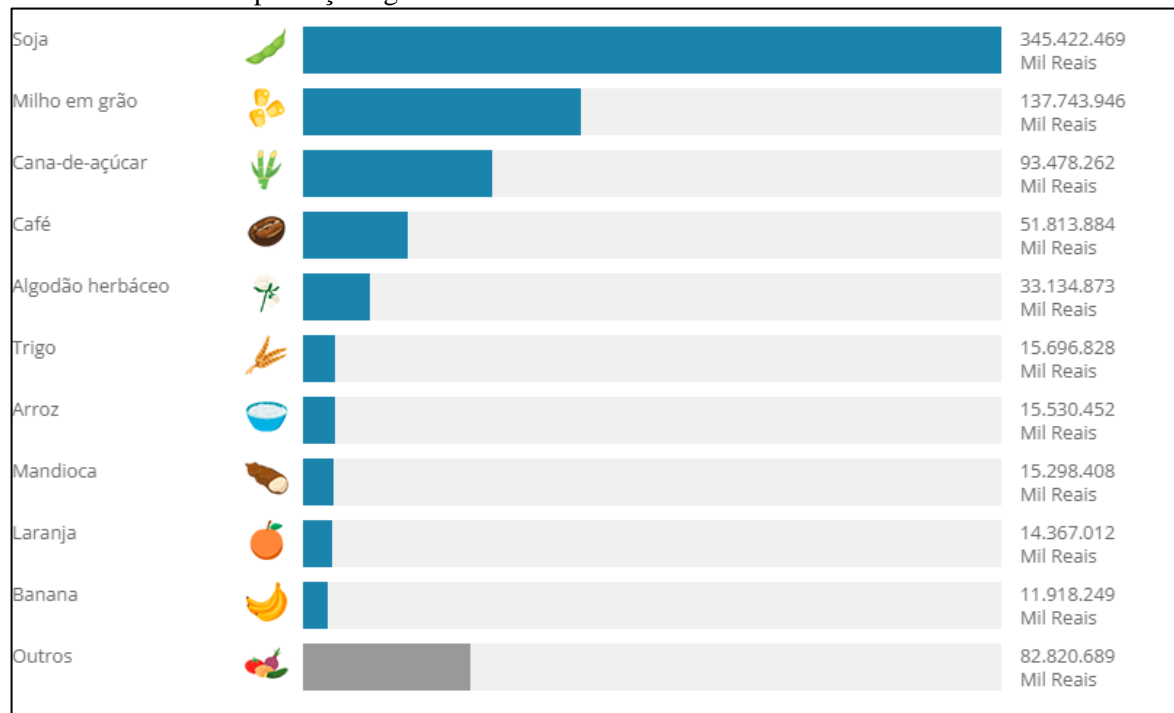
Dessa forma, torna-se claro que a agricultura possui uma importância diversificada e vital no contexto do país, não só como uma fonte de renda, mas também como um impulsionador do progresso sustentável, da segurança alimentar e da inclusão social. É fundamental que haja investimentos e ações governamentais voltadas para fortalecer esse setor e assegurar sua evolução constante e sua colaboração para o desenvolvimento nacional.

2.3.2 Produção agrícola brasileira

A economia agrícola do Brasil se sobressai como uma das mais importantes globalmente, tanto em extensão territorial quanto em variedade de cultivos. Com cerca de 851 milhões de hectares disponíveis, o Brasil tem condições climáticas e geográficas ideais para cultivar uma grande diversidade de alimentos (FAO, 2020). O país é visto como referência mundial na produção de diferentes tipos de produtos agrícolas, desde grãos até frutas tropicais.

A agricultura brasileira possui como destaque a produção de grãos, principalmente soja, milho e algodão. De acordo com informações do IBGE, o Brasil se encontra na segunda colocação como maior produtor mundial de soja, atingindo mais de 120 milhões de toneladas na última safra. Além disso, o país é o terceiro maior produtor de milho, com uma produção anual que tem se mantido acima de 100 milhões de toneladas de forma consistente (IBGE, 2023) (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Valor da produção agrícola em 2022



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022.

Além dos cereais, o Brasil se sobressai na produção de frutas tropicais, como a tangerina, o abacaxi e o melão. A variedade climática e a vasta extensão territorial do país oferecem condições perfeitas para o plantio dessas frutas em várias áreas. Como resultado, o Brasil lidera a produção global de suco de tangerina, atendendo a mais da metade do consumo mundial (FAO, 2020). Além disso, o país se destaca como um dos principais fornecedores de frutas frescas, satisfazendo a demanda internacional por produtos de alto padrão.

Em síntese, a variedade e o tamanho da produção agrícola no Brasil são notáveis, tendo um papel importante na segurança alimentar mundial e na economia do país. Com a união entre os recursos naturais e o avanço da tecnologia, o Brasil se destaca no fornecimento de alimentos para o resto do mundo e na promoção do desenvolvimento sustentável na agricultura.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA AGRICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ

A produção agrícola do estado do Amapá é de pequena escala e apresenta baixa variedade, e o Estado possui inúmeras dificuldades para conectar o setor produtor ao mercado consumidor, além destes fatores, existe ainda a disponibilidade de poucos recursos por parte dos produtores para realizar investimentos em insumos (Borges *et al.*, 2022). Marini (2015, p. 10), robustece as ideias já apresentadas ao afirmar que “[...] a comercialização e o

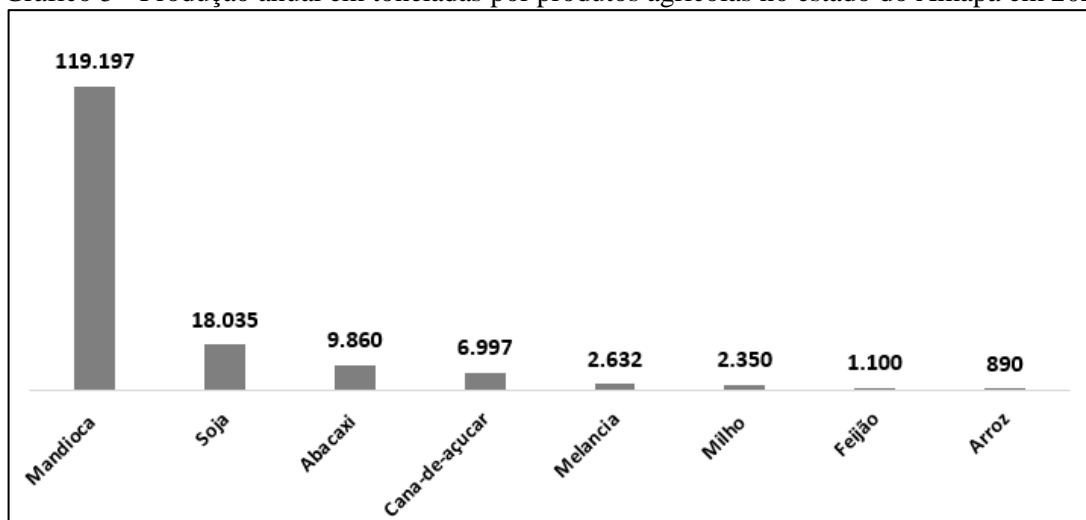
armazenamento deficientes são os fatores que mais contribuem para a elevação dos custos de produção e a obtenção de produtividades reduzidas na agricultura amapaense.”

O Estado do Amapá possui uma agricultura ainda incipiente, sendo que a maior parte dos produtos agrícolas são de consumo interno (Marini, 2015). Para Lomba e Da Silva (2015) a agricultura no território amapaense é caracterizada pelo excedente oriundo em sua maioria da produção familiar. Lomba, Filocreão e Silva (2020) ratificam a insuficiência da produção local para sua autossustentabilidade ao afirmar que a agricultura familiar no setor primário ainda não é capaz de abastecer o mercado consumidor amapaense, acarretando forte importação de produtos alimentares oriundos de outros estados brasileiros.

Dentre os principais cultivos agrícolas do estado, a *Manihot esculenta* (mandioca) se destaca como uma cultura essencial, ressaltando sua versatilidade e relevância na segurança alimentar local. A mandioca representa um dos alicerces da agricultura no Amapá, sendo utilizada como matéria-prima para diversos produtos, desde a tradicional farinha até a fabricação de biocombustíveis (Silva *et al.*, 2019). Além disso, culturas como a *Glycine max* (soja) e o *Ananas comosus* (abacaxi) estão em ascensão.

A variedade agrícola do Amapá também engloba culturas como a *Saccharum officinarum* (cana de açúcar), que tem um papel fundamental na produção de açúcar e etanol, contribuindo para a economia do estado (Alves *et al.*, 2018). Além disso, o cultivo de *Citrullus lanatus* (melancia), *Zea mays* (milho), *Glycine max* (soja) e *Oryza sativa* (arroz) têm um impacto significativo na segurança alimentar e na renda das comunidades rurais do Amapá, destacando a importância estratégica dessas culturas na agricultura local (Oliveira *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2019) (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Produção anual em toneladas por produtos agrícolas no estado do Amapá em 2022



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida para todo o território brasileiro, que no sentido leste-oeste, possui 4.319,4 km de distância entre os eixos conta com as extremidades da Serra Contamana, em que está encontrada a nascente do rio Moa no Acre, ao extremo oeste, com longitude de 73°59'32", e a outra extremidade na Ponta do Seixas na Paraíba, ao extremo leste, com longitude 34°47'30". As extremidades referentes aos eixos norte-sul possuem 4.394,7 km de distância e são encontrados pelo Monte Caburaí em Roraima (RR), ao extremo norte do Brasil, com latitude 5°16'20", e Arroio Chuí no Rio Grande do Sul, ao extremo sul, com latitude 33°45'03" (IBGE, 2024a).

3.1 SOLO

O território brasileiro apresenta uma vasta gama de solos, resultante da diversidade dos ambientes de formação do solo e dos diversos fatores envolvidos nesse processo. Essa diversidade é evidenciada nas 13 categorias de solo definidas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), refletindo-se em uma ampla gama de características químicas, físicas e morfológicas (Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos, Vertissolos).

A peculiaridade dos diferentes ambientes de formação do solo é crucial para entender os potenciais e limitações de cada tipo de solo, influenciando diretamente sua sustentabilidade conforme as práticas de manejo e os usos a que são submetidos.

Os Latossolos, Argissolos e Neossolos são os tipos de solo mais comuns, abrangendo cerca de 70% do território nacional. Os Latossolos e Argissolos, que ocupam aproximadamente 58% dessa área, são solos profundos, altamente intemperizados, ácidos, com baixa fertilidade natural e, em alguns casos, alta saturação por alumínio.

Por outro lado, também existem solos com fertilidade média a alta, geralmente menos profundos devido ao seu menor grau de intemperismo. Esses solos são principalmente classificados como Neossolos, Luvisolos, Planossolos, Nitossolos, Chernossolos e Cambissolos (EMBRAPA, 2018).

3.2 VEGETAÇÃO

A vegetação do Brasil é vasta e diversificada, refletindo a extensão continental do país e as variadas condições climáticas e geográficas encontradas em suas regiões. O Brasil abriga alguns dos biomas (IBGE, 2024b) mais ricos e complexos do mundo. A Floresta Amazônica, localizada na região Norte, é o maior bioma do país e uma das maiores florestas tropicais do planeta. Caracterizada por uma vegetação exuberante e uma grande diversidade de espécies vegetais e animais, a Amazônia desempenha um papel fundamental na regulação do clima global e na manutenção da biodiversidade.

No Centro-Oeste, encontra-se o Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, conhecido por sua vegetação de savana e por abrigar uma grande quantidade de espécies endêmicas. Apesar de ser um bioma relativamente pouco estudado em comparação com a Amazônia, o Cerrado desempenha um papel crucial na regulação dos recursos hídricos e na conservação do solo.

No Nordeste, predomina a Caatinga, um bioma semiárido caracterizado por uma vegetação adaptada às condições de escassez de água. Apesar das adversidades climáticas, a Caatinga abriga uma diversidade surpreendente de espécies vegetais e animais, muitas das quais são exclusivas desse bioma.

Na região Sul, encontramos a Mata Atlântica, um bioma originalmente extenso que hoje está altamente fragmentado devido à urbanização e à expansão agrícola. Apesar disso, a Mata Atlântica ainda abriga uma alta diversidade de espécies vegetais e animais, muitas das quais ameaçadas de extinção.

Além desses principais biomas, o Brasil também possui outros ecossistemas únicos, como a vegetação de manguezal ao longo da costa, os campos nativos do Pampa no extremo sul do país e as áreas de transição entre os diferentes biomas, que abrigam uma riqueza de espécies adaptadas a ambientes variados que apresentam composições específicas.

3.3 CLIMA

O clima do Brasil é diversificado devido à sua vasta extensão territorial e às diferentes características presentes em suas regiões biogeográficas (IBGE 2024c). O país pode ser dividido em cinco principais tipos de clima: equatorial, tropical, tropical de altitude, semiárido e subtropical.

O clima Equatorial está presente na região Norte, caracteriza-se por altas temperaturas ao longo do ano e chuvas abundantes, com precipitação distribuída de forma relativamente uniforme. A umidade elevada e as chuvas frequentes sustentam a exuberante vegetação da Floresta Amazônica.

O clima Tropical é encontrado em grande parte do país, especialmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste, o clima tropical é marcado por temperaturas elevadas durante todo o ano e por duas estações bem definidas: uma estação chuvosa no verão e uma estação seca no inverno. As chuvas são mais concentradas nos meses mais quentes.

O clima Tropical de Altitude está presente em algumas áreas montanhosas, como a região serrana do Sudeste, este tipo de clima é caracterizado por temperaturas mais amenas devido à altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos mais frios e secos.

O clima Semiárido está concentrado no interior do Nordeste, o clima semiárido é caracterizado por baixos índices pluviométricos e temperaturas elevadas ao longo do ano. As chuvas são escassas e irregulares, o que resulta em longos períodos de seca e vegetação adaptada à aridez, como a caatinga.

O clima Subtropical: Encontrado no extremo sul do país, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, o clima subtropical é influenciado pela proximidade com o Oceano Atlântico e pelas massas de ar frio que chegam do sul. Apresenta verões quentes e invernos frios, com geadas ocasionais nas áreas mais elevadas.

Essa diversidade climática confere ao Brasil uma ampla gama de paisagens e ecossistemas, influenciando não apenas a flora e a fauna, mas também a cultura e as atividades econômicas em diferentes regiões do país.

3.4 ECONOMIA

Com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024d), a economia do Brasil é caracterizada por uma diversificação de setores, embora historicamente tenha sido fortemente dependente da agricultura e da exploração de recursos naturais. No entanto, a matriz econômica brasileira pode ser definida a seguir:

Agricultura e Pecuária: A agricultura desempenha um papel significativo na economia brasileira, contribuindo para a produção de uma ampla gama de produtos, como soja, milho, cana-de-açúcar, café, laranja, carne bovina e aves. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de diversos produtos agrícolas.

Indústria: O setor industrial brasileiro é diversificado e abrange uma variedade de atividades, incluindo a produção de alimentos, bebidas, produtos químicos, automóveis, máquinas e equipamentos, além de uma crescente indústria de tecnologia e eletrônicos. As regiões Sudeste e Sul são os principais centros industriais do país.

Serviços: O setor de serviços é um dos motores da economia brasileira, abrangendo uma ampla gama de atividades, como comércio, transporte, turismo, finanças, educação e saúde. As principais áreas metropolitanas, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, são centros importantes de serviços e atividades comerciais.

Recursos Naturais: O Brasil possui vastos recursos naturais, incluindo petróleo, minério de ferro, bauxita, ouro, nióbio, entre outros. A exploração desses recursos desempenha um papel importante na economia do país, especialmente no setor de mineração e energia.

Tecnologia e Inovação: Nos últimos anos, o Brasil tem buscado promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação como parte de sua estratégia de crescimento econômico. Centros de inovação e startups têm surgido em diversas áreas, contribuindo para a diversificação e modernização da economia.

Embora o Brasil enfrente desafios econômicos, como desigualdade social, infraestrutura deficiente e burocracia, o país possui um grande potencial devido à sua extensa base de recursos naturais, mercado consumidor interno robusto e mão de obra qualificada. O governo e o setor privado têm buscado implementar políticas e reformas para promover o crescimento sustentável e a competitividade da economia brasileira.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com a finalidade de atingir o objetivo proposto neste trabalho, que é a identificação dos cultivos vegetais que fazem a utilização da água residuária proveniente de tanques de piscicultura, foi realizado o levantamento do estado da arte que versa a despeito da temática. Também se pretende catalogar os aspectos positivos e negativos da integração entre os cultivos, para posteriormente proceder com a análise de viabilidade.

4.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA PESQUISA

A primeira etapa do trabalho ocorreu através da pesquisa em bancos de dados digitais. A busca ocorreu por meio da inserção de palavras-chave em campos específicos de pesquisa dos respectivos sites. Os sites utilizados foram os seguintes:

- Scopus;
- Pubmed;
- Biblioteca Digital ACM Portal;
- Periódicos da Capes;
- Google acadêmico.

Como ferramenta para organizar os trabalhos pesquisados, utilizou-se uma ficha de registro que apresentou a estruturada proposta por Souza, Oliveira e Alves (2021). Esta possui um título genérico, título específico, número de classificação (que seguirá a ordem de análise), elementos que indicam a obra (como autor, o nome da obra, o ano da edição), corpo do texto importante para o trabalho, indicação da obra (espaço destinado para indicar a área e afinidade da pesquisa e seu público-alvo) e a localização da obra (descrição do local que encontrou a obra, pois se precisar novamente o pesquisador poderá consultar a obra), conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Modelo de ficha para registro de fontes bibliográficas

Título genérico:		
Título específico:	Número de classificação	
Referência bibliográfica (de acordo com as regras da ABNT):		
Corpo ou texto:		
Indicação da obra:		
Local:		

Fonte: Souza, Oliveira e Alves (2021).

4.2 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os trabalhos foram organizados de acordo com data e ano, e posteriormente integrados a lista de plantas indicadas por estado e seu uso com água residual de piscicultura e suas respectivas subdivisões, caso houvesse.

Para organização das análises, informações como coordenadas geográficas, presença e ausência nos estados, autor, ano e informações sobre cultivo estão disponíveis em tabelas dispostas para análises e interpretações que serviram de subsídio para sistematização de dados para construção da presente dissertação.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

4.3.1 Construção do Mapa

O mapa 1, que visa mostrar os locais do cultivo de plantas com água residual de piscicultura no Brasil, foi produzido no software livre R Core Team (2021) com utilização dos *shapes* contendo os elementos gráficos, em formato de ponto, linhas ou polígonos, contendo coordenadas geográficas dos estados brasileiros para um elemento para que possa ser transformado em mapa. O *shape* utilizado foi formado por três arquivos principais individuais que armazenam os dados: o arquivo “.shp”, “.shx” e “.dbf”. Além disto, foram acompanhados de arquivos “.prj”, o “.sbn” e o “.sbx” (Semace 2018). Os *shapefiles* foram obtidos de várias fontes oficiais, como institutos de pesquisa e universidades, sendo retirados dos seguintes links:

- IBGE: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/
- IPEAGEO: <http://www.ipea.gov.br/ipeageo/malhas.html>
- Forest Gis: <http://forest-gis.com/2009/04/base-de-dados-shapefile-do-brasil-todo.html/>
- FEPAM: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp

Para a produção do mapa utilizado nesta dissertação, foi utilizado um *shape* proveniente do IBGE representando os estados brasileiros, com a utilização do pacote *raster* do R Team Core (2021) para carregar a malha (Quadro 3).

Quadro 3 - Malha para construção do gráfico no Software R

```

library(raster)
# Carregando o arquivo
MAPARS=shapefile("D:/Github/livroavancado/mapas/estados/43MUE250GC_SIR.shp")

# Excluindo dados inconvenientes
MAPAEB=MAPAEB[MAPAEB$CD_GEOCMU != "4300001" & MAPAEB$CD_GEOCMU != "4300002",]

```

Fonte: O autor (2024).

O arquivo MAPAEB (Quadro 4) se constitui em um *Spatial Polygons Data Frame*, objeto complexo que carrega informações dos dados (MAPAEB@data) e demais informações com as coordenadas para criarem-se os mapas no R.

Quadro 4 - Sequência de comandos para construção de mapa no Software R

```

class(MAPAEB)
[1] "SpatialPolygonsDataFrame"
attr(,"package")
[1] "sp"
summary(MAPARS)
Object of class SpatialPolygonsDataFrame
Coordinates:
      min      max
x -73.59 -32.00
y -05.15 -20.00
Is projected: FALSE
proj4string : [+proj=longlat +ellps=GRS80 +no_defs]
Data attributes:
  NM_ESTADOS      CD_GEOCMU
Length: 497      Length: 497
Class :character Class :character
Mode  :character Mode  :character
# Corrigindo os dados do código IBGE dos estados
MAPAEB$CD_GEOCMU=substr(MAPAEB$CD_GEOCMU,1,6)
# Visualização dos dados principais
head(MAPAEB@data)
  NM_ESTADOS CD_GEOCMU
Acre         AC        12
Alagoas      AL        27
Amapá        AP        16
Amazonas     AM        13
Bahia        BA        29
Ceará        CE        23
Distrito Federal DF       53
Espírito Santo ES       32
Goiás        GO       52
Maranhão     MA        21
Mato Grosso  MT        51
Mato Grosso do Sul MS      50
Minas Gerais MG        31
Pará         PA        15
Paraíba     PB        25
Paraná      PR        41
Pernambuco  PE        26
Piauí       PI        22
Rio de Janeiro RJ       33
Rio Grande do Norte RN      24
Rio Grande do Sul RS      43
Rondônia    RO        11
Roraima     RR        14
Santa Catarina SC       42
São Paulo   SP        35
Sergipe     SE        28
Tocantins   TO        17

```

Fonte: O autor (2024).

Utilizando a função *summary* puderam ser observados alguns dos itens que compõe este objeto, o nome do estado brasileiro (NM_ESTADO) o seu código IBGE (CD_GEOCMU), lembrando que cada município tem um código de IBGE diferente, informação extremamente útil como foi visto posteriormente ao efetuar a manipulação da base de dados e a inclusão de informações provenientes de outras bases. Efetuou-se também a padronização do código IBGE (comando *substr*), mantendo os 6 primeiros dígitos, sendo necessária para que posteriormente sejam agregados outros dados, como as coordenadas em grau, minuto e segundo dos locais onde as plantas foram cultivadas com água residual de piscicultura. Para que as coordenadas encontradas nos trabalhos indicados na revisão de literatura pudessem ser inseridas nas bases dos estados brasileiros para serem visualizados no mapa.

4.3.2 Análise de Cluster Simples

Para a análise multivariada de similaridade sobre o uso da água residuária da piscicultura na irrigação de vegetais aplicou-se a técnica de análise de agrupamento por similaridade, considerando a presença e ausência. Para tanto, utilizou-se o índice de Jaccard, também conhecido como coeficiente de similaridade de Jaccard (Jaccard, 1912), estatística utilizada para medir a similaridade e diversidade de conjuntos de amostras, indicando a proporção benefícios compartilhados entre duas amostras em relação ao número total de autores encontrados e locais estudados.

A partir da matriz binária criada no estudo, que mostra a presença/ausência de pesquisas sobre a integração entre piscicultura e agricultura em cada local, utilizou-se a matriz de similaridade obtida pelo cálculo do coeficiente de comunidade de Jaccard. Na confecção do dendrograma, foi utilizado o método de ligadura completa, que tem a função de encontrar agrupamentos semelhantes.

Foi considerada uma matriz binária de dados (40 plantas cultivadas 16 estados brasileiros), na qual a intersecção das linhas e colunas indicou o valor de presença de cada planta, que, por convenção, designa 1 = estudo presente e 0 = estudo ausente. Cada linha e coluna da matriz X foram descritas, respectivamente, um estudo vetor (X quantidade) e um vetor de local (X quantidade).

Para comparar cada planta entre os locais, a análise de agrupamento foi realizada usando o método de ligação completa (também chamado de método do vizinho mais distante), bem como o cálculo do coeficiente de Jaccard (Jaccard, 1912, Souza; Ferreira; Xavier, 1997) como

medida de similaridade. O coeficiente da comunidade de Jaccard (1901) tem um valor de 1 se as amostras forem idênticas e um valor de 0 se forem completamente diferentes.

Com os dados desse coeficiente, construiu-se a matriz de similaridade S da dimensão 09×09 . Para a delimitação dos grupos, foi utilizado o método de ligação completa, sendo este método a distância entre dois agrupamentos é a distância máxima entre uma observação em um cluster e uma observação no outro agrupamento.

Com a matriz de similaridade, a análise da hierarquia de agrupamento foi calculada pela função `Hcluster` de R. Essa função executa a análise de cluster hierárquico usando um conjunto de dissimilaridades para os "n" objetos que estão sendo agrupados. Inicialmente, cada objeto recebe seu próprio cluster e, em seguida, o algoritmo prossegue iterativamente, em cada estágio unindo os dois clusters mais semelhantes, continuando até que haja apenas um único cluster.

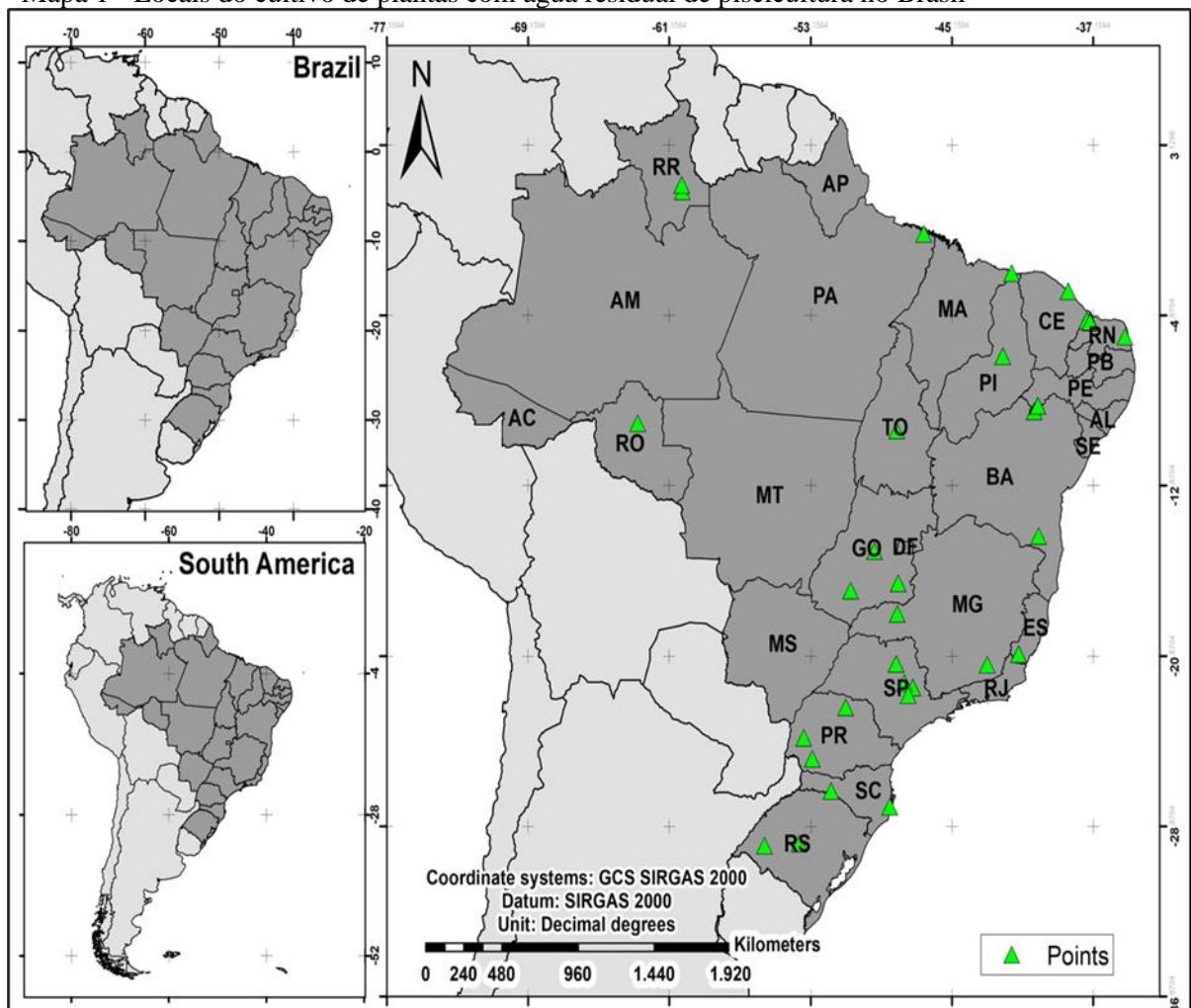
Em cada estágio, as distâncias entre os clusters são recalculadas pela fórmula de atualização de dissimilaridade de Lance-Williams de acordo com o método de agrupamento do vizinho mais distante (R Core Team, 2021). Para as análises desse tema, foram utilizadas as embalagens `fatoextra` e `vegan` do programa R (Oksanen *et. al.*, 2020; Kassambara; Mundt, 2020; Equipe R Core, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LOCAIS DE CULTIVO DE PLANTAS COM ÁGUA RESIDUAL DE PISCICULTURA NO BRASIL

Os resultados das buscas nas bases de dados da Scopus, Pubmed, Biblioteca Digital ACM, Portal Periódicos da Capes e Google acadêmico possibilitaram encontrar 51 trabalhos que listavam plantas que foram cultivadas em água de piscicultura, os quais catalogavam 40 espécies de plantas que foram cultivadas sob condições controladas envolvendo o reaproveitamento de água de piscicultura, sendo que esses estudos foram realizados em 16 estados brasileiros: Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Tocantins (Mapa 1).

Mapa 1 - Locais do cultivo de plantas com água residual de piscicultura no Brasil



Fonte: O autor (2024).

5.2 ESPÉCIES DE PLANTAS CULTIVADAS COM ÁGUA DE REAPROVEITAMENTO DA PISCICULTURA NO BRASIL

No Quadro 5 está o detalhamento das espécies que compõe a lista de plantas cultivadas com água residual de piscicultura no Brasil.

Quadro 5 - Lista de espécies de plantas cultivadas com água de aproveitamento da piscicultura no Brasil

Rol	Código	Cidade	Espécie	Nome vulgar	Referência
1	BA1	Itapetinga	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Silva (2017)
2	CE1	Fortaleza	<i>Nasturtium officinale</i>	Agrião	Bezerra (2022)
3	CE2	Fortaleza	<i>Celosia plumosa</i>	Crista plumosa	Servolo Filho (2021)
4	ES1	Jerônimo Monteiro	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	Rocha <i>et al.</i> (2013)
4	ES1	Jerônimo Monteiro	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Eucalipto	Rocha <i>et al.</i> (2013)
4	ES1	Jerônimo Monteiro	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Eucalipto	Rocha <i>et al.</i> (2013)
5	GO1	Itaguari	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Bessa e Souza (2022)
6	GO2	Rio Verde	<i>Zea mays</i>	Milho	Gonçalves (2021)
7	GO3	Urutaí	<i>Capsicum annuum</i>	Pimentão	Nascimento <i>et al.</i> (2016)
7	GO3	Urutaí	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	Nascimento <i>et al.</i> (2016)
8	MG1	Uberlândia	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Crivelenti, Borin e Silva (2009)
9	MG2	Rio Pomba	<i>Panicum maximum</i>	Capim-mombaça	Sátiro <i>et al.</i> (2019)
10	PA1	Bragança	<i>Citrullus lanatus</i>	Melancia	Pacheco; Rodrigues (2022)
11	PE1	Petrolina	<i>Urochloa brizantha</i>	Capim-marandu	Bonfim <i>et al.</i> (2017)
11	PE1	Petrolina	<i>Urochloa decumbens</i>	Capim-braquiária	Bonfim <i>et al.</i> (2017)

Rol	Código	Cidade	Espécie	Nome vulgar	Referência
12	PE2	Petrolina	<i>Beta vulgaris</i>	Beterraba	Ferreira <i>et al.</i> (2022)
13	PE3	Petrolina	<i>Gliricidia sepium</i>	Gliricídia	Freitas (2017)
14	PE4	Petrolina	<i>Sorgo forrageiro</i>	Sorgo	Guimarães <i>et al.</i> (2015)
15	PE5	Petrolina	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma-bermudas	Ribeiro <i>et al.</i> (2015)
16	PE6	Petrolina	<i>Cucurbita maxima</i>	Abóbora-menina	Silva <i>et al.</i> (2014)
16	PE6	Petrolina	<i>Cucurbita moschata</i>	Abóbora-cheirosa	Silva <i>et al.</i> (2014)
17	PE7	Petrolina	<i>Beta vulgaris</i>	Beterraba	Simões <i>et al.</i> (2014)
18	PI1	Parnaíba	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	Araújo <i>et al.</i> (2017)
19	PI2	Santa Rosa	<i>Musa sapientum</i> híbrido da banana Prata-Ana, a cultivar FHIA-18	Banana prata	D'Albuquerque Junior (2011)
20	PI3	Santa Rosa do Piauí	<i>Musa sapientum</i> banana FHIA 18	Banana prata	Gomes, D'Albuquerque Junior e Brito (2012)
21	PI3	Santa Rosa do Piauí	<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Nobre (2013)
22	PR1	Londrina	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Alves (2015)
23	PR2	Toledo	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Baumgartner (2007)
24	PR3	Dois vizinhos	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	Paulus <i>et al.</i> (2018)
25	RN1	Mossoró	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Almeida (2018)
26	RN2	Mossoró	<i>Helianthus annuus</i>	Girassol	Rêgo (2018)
27	RN3	Mossoró	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Salustiano (2017)
28	RN4	Mossoró	<i>Solanum lycopersicon</i>	Tomate	Silva <i>et al.</i> (2021)

Rol	Código	Cidade	Espécie	Nome vulgar	Referência
28	RN5	Mossoró	<i>Lippia grata</i>	Alecrim-do-mato	Silva <i>et al.</i> (2021)
29	RN6	Mossoró	<i>Milho crioulo</i>	Milho	Souza (2018)
30	RN7	Mossoró	<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambu	Souza <i>et al.</i> (2019)
31	RN8	Mossoró	<i>Eruca sativa</i>	Rúcula	Souza Neta (2013)
32	RN9	Mossoró	<i>Piptadenia stipulaceae</i>	Jurema-branca	Almeida <i>et al.</i> (2017)
33	RN10	Macaíba	<i>Erythrina velutina</i>	Mulungu	Cardoso (2021)
34	RN11	Mossoró	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Cardoso Neto (2017)
35	RN12	Mossoró	<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião	Ferreira (2022)
36	RN13	Mossoró	<i>Pennisetum purpureum</i>	Capim elefante	Freitas (2018)
36	RN13	Mossoró	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	Freitas (2018)
36	RN13	Mossoró	<i>Zea mays</i>	Milho	Freitas (2018)
37	RN14	Mossoró	<i>Cucumis melo</i>	Melão	Medeiros <i>et al.</i> (2010)
37	RN14	Mossoró	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	Medeiros <i>et al.</i> (2013)
38	RN15	Mossoró	<i>Atriplex nummularia</i>	Erva-sal	Dias <i>et al.</i> (2018)
39	RO1	Ariquemes	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Conde <i>et al.</i> (2021)
40	RR1	Rorainópolis	<i>Carica papaya</i>	Mamão	Rosa <i>et al.</i> (2018)
41	RR2	Caracaraí	<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	Silva (2019)
41	RR2	Caracaraí	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Silva (2019)
42	RS1	Santa Maria	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Cargnin <i>et al.</i> (2022)
43	RS2	Alegrete	<i>Avena strigosa</i>	Aveia	Ramos (2023)
44	SC1	Paulo Lopes	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Esquivel Garcia <i>et al.</i> (2014)
45	SC2	Concórdia	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Testolin <i>et al.</i> (2014)
46	SP1	Araras	<i>Allium fistulosum</i>	Cebolinha	Baioni <i>et al.</i> (2017)

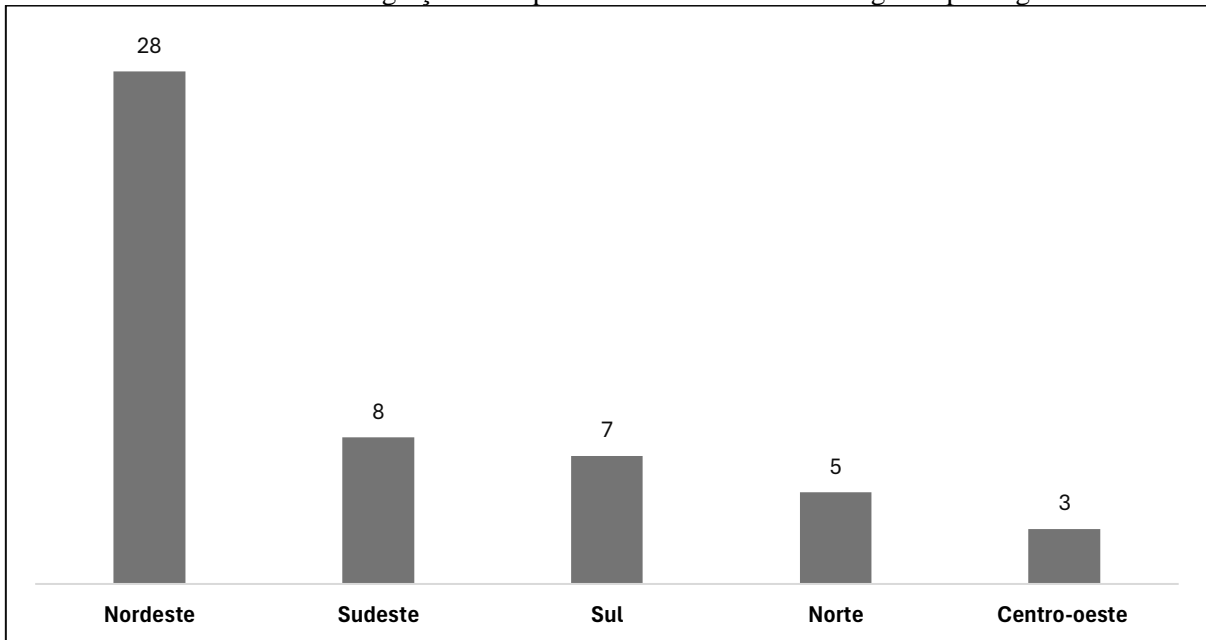
Rol	Código	Cidade	Espécie	Nome vulgar	Referência
46	SP1	Araras	<i>Coriandrum sativum</i>	Coentro	Baioni <i>et al.</i> (2017)
47	SP2	Araras	<i>Solanum lycopersicum</i> minitomate, tipo grape – Red Sugar F1 cultivar TPC 14300 (Agristar – SP)	Tomate	Giz (2021)
48	SP3	São Carlos	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Copo-de-leite	Orlandi, David, Silva (2022)
49	SP4	Piracicaba	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Silva (2023)
50	SP5	Jaboticaba 1	<i>Lemna minor</i>	Lentilha-d'água	Silva <i>et al.</i> (2015)
50	SP5	Jaboticaba 1	<i>Saccharum officinarum</i>	Cana-de-açúcar	Silva <i>et al.</i> (2015)
51	TO1	Palmas	<i>Pennisetum purpureum</i>	Capim elefante	Melo <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

Quando se analisa as regiões brasileiras que apresentam estudos sobre a integração entre piscicultura e o cultivo de vegetais é observável que os estados do Nordeste são os que apresentam as maiores experiências de cultivos de plantas com água de piscicultura como os estados da Bahia (um trabalho), Ceará (dois trabalhos), Pernambuco (sete trabalhos), Piauí (três trabalhos) e Rio Grande do Norte (15 trabalhos). Seguido dos estados do Sudeste com os seguintes estados, Espírito Santo (um trabalho), Minas Gerais (dois trabalhos) e São Paulo (cinco trabalhos).

Na sequência os estados da Região Sul em que: Paraná (três trabalhos), Rio Grande do Sul (dois trabalhos) e Santa Catarina (dois trabalhos). Por conseguinte, a Região Norte em que: Pará (um trabalho), Rondônia (um trabalho), Roraima (dois trabalhos) e Tocantins (um trabalho). E na Região Centro-oeste somente o Estado de Goiás (três trabalhos).

Gráfico 6 – Estudos sobre a integração entre piscicultura e o cultivo de vegetais por regiões brasileiras



Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

É evidente que os estados do Nordeste brasileiro exibem um volume de investimentos em pesquisa científica voltados para o reaproveitamento de água residual, ou de aproveitamento de outras atividades econômicas, isso, demonstra a importância que é dada ao uso desse recurso natural, uma vez que foram encontrados 28 trabalhos nessa região, principalmente de culturas vegetais que são importantes na alimentação humana como *Lactuca sativa* (alface) indicado no trabalho de Silva (2017) na Bahia, *Beta vulgaris* (beterraba) como descrito por Ferreira *et al.* (2022) em Pernambuco, ou *Zea mays* (milho) demonstrado por Freitas (2018) no Estado do Rio Grande do Norte.

A região nordeste do Brasil tem um interesse significativo em investir em estudos de reaproveitamento de água residual da piscicultura por diversas razões: pelo fato de ser uma das regiões mais afetadas pela escassez de água no Brasil, especialmente durante períodos de seca. O reaproveitamento da água residual da piscicultura pode ajudar a mitigar esse problema, reduzindo a demanda por água para estes fins.

A piscicultura desempenha uma função importante na produção de alimentos no Nordeste do Brasil. Além de fornecer proteína de alta qualidade, a piscicultura também gera subprodutos valiosos, como a água residuária proveniente dos tanques de cultivo.

A água residuária de piscicultura contém nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, provenientes das fezes dos peixes e restos de ração. Quando essa água é aplicada nos

campos agrícolas, esses nutrientes são reciclados, enriquecendo o solo. Isso resulta em melhores condições para o crescimento das culturas, especialmente em solos naturalmente pobres.

Além disso, a utilização controlada da água residuária como fertilizante pode substituir ou complementar os fertilizantes químicos convencionais. Isso não apenas reduz os custos de produção para os agricultores, mas também diminui a dependência de insumos externos. A agricultura sustentável é essencial para preservar os recursos naturais e garantir a produtividade a longo prazo.

A água residuária de piscicultura fornece umidade ao solo, especialmente em uma região semiárida como o Nordeste. Isso é decisivo para o desenvolvimento das culturas, pois ajuda a enfrentar os desafios da seca. Com a aplicação adequada, pode-se esperar um aumento significativo na produtividade de alimentos, beneficiando tanto os agricultores quanto os consumidores.

Em vez de descartar a água residuária, seu uso na agricultura aproveita um recurso valioso. Ao reutilizar a água da piscicultura, estar-se contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos da região.

No entanto, é importante monitorar a qualidade da água residuária para evitar a contaminação do solo e dos cultivos. O tratamento adequado deve remover patógenos e substâncias indesejadas antes da aplicação nos campos. Os agricultores devem seguir as melhores práticas para garantir o uso seguro e eficiente desse recurso. O uso responsável da água residuária de piscicultura é uma estratégia inteligente para impulsionar a agricultura, promover a sustentabilidade e garantir a segurança alimentar do Brasil.

Além disso, essa atividade é uma oportunidade valiosa para transformar subprodutos em recursos produtivos e contribuir para o bem-estar de toda a comunidade. Os trabalhos de Cardoso Neto (2017), Rêgo (2018) e Ferreira *et al.* (2022) evidenciam a importância que é atribuída ao reuso da água nessa importante região do Brasil.

A inclusão da água proveniente da aquicultura na produção de plantas apresenta diversas oportunidades para inovação e estudos que precisam ser mais detalhadamente explorados, a fim de aproveitar os nutrientes presentes na água dos tanques de peixes e utilizá-los nas culturas vegetais (Silva, 2023). As pesquisas realizadas em diferentes experimentos com cada tipo de planta revelam aspectos agrônômicos que podem servir como base para o cultivo de plantas temporárias ou permanentes.

Esses estudos são fundamentais para compreender e registrar o desenvolvimento das plantas sob condições especiais, como no caso da utilização da água de aquicultura para iniciar uma nova atividade econômica, que pode ter grande importância em diversos aspectos,

principalmente para a agricultura familiar, que poderá contar com mais uma forma racional de aproveitar os recursos naturais disponíveis.

Uma questão muito interessante é a análise do ciclo de nutrientes e da gestão da água em sistemas de aquaponia visando otimizar o desenvolvimento das plantas e a criação de peixes. Estudando a interação das comunidades microbianas na água dos tanques de aquicultura, os cientistas podem criar estratégias para melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas e a qualidade da água para os peixes. Ademais, a utilização de sensores avançados e tecnologias de automação podem viabilizar o controle em tempo real dos parâmetros ambientais em sistemas de aquaponia, resultando em maior eficiência e rendimento na produção.

O emprego da água proveniente da aquicultura com fins agrícolas, conhecida como aquaponia, tem se destacado devido a sua abordagem sustentável e eficaz na produção de alimentos. Dessa forma, a proposta de utilizar a água dos criadouros de peixes para o cultivo de vegetais surge como uma alternativa viável para lidar com a escassez de água e aumentar a produtividade no setor agrícola. E ao se observar as vantagens, desafios e possíveis aplicações do uso da água da aquicultura no cultivo de plantas, se demonstra um feito sustentável bastante aplicável no Brasil.

A aquaponia consiste em uma metodologia que combina aquicultura e hidroponia, utilizando a água repleta de nutrientes dos reservatórios de peixes para nutrir as plantas cultivadas sem solo. Através da utilização dos resíduos dos peixes como adubo orgânico, a aquaponia apresenta diversas vantagens quando comparada aos métodos tradicionais de cultivo. Dentre esses benefícios, destaca-se a preservação da água, uma vez que a mesma água é reutilizada de forma contínua, evitando desperdícios e poluição. Ademais, esse sistema inovador reduz a necessidade de substâncias químicas como fertilizantes e pesticidas, fomentando práticas agrícolas mais ecológicas.

A interação entre a água e os seres aquáticos na produção de vegetais oferece diversas possibilidades para pesquisas e avanços visando o progresso do setor agrícola. Isso ocorre através da otimização do ciclo de nutrientes e da gestão da água em sistemas de aquaponia, com o objetivo de estimular o crescimento das plantas e a criação de peixes. Ao investigar a relação das comunidades microbianas na água utilizada na aquicultura, os pesquisadores conseguem elaborar estratégias para melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas e assegurar a qualidade da água para os peixes.

Além disso, o uso de equipamentos avançados e automáticos pode possibilitar o monitoramento em tempo real dos fatores ambientais em sistemas de aquaponia, resultando em uma produção mais eficiente. Apesar dos diversos benefícios, a utilização da água da

aquicultura para cultivar plantas apresenta desafios que precisam ser enfrentados. Uma das principais preocupações é a possível acumulação de substâncias prejudiciais, como amônia e nitritos, nos sistemas de aquaponia, o que pode ser prejudicial tanto para os peixes quanto para as plantas.

Os cientistas podem estudar a eficácia de métodos de filtragem biológica, como bactérias nitrificantes e plantas aquapônicas, na eliminação desses compostos e na manutenção da qualidade da água. Além disso, o risco de propagação de doenças entre peixes e plantas em sistemas integrados exige práticas de manejo cuidadosas e medidas de biossegurança para evitar a contaminação e assegurar a saúde de ambos os organismos.

Dentre os diversos estudos encontrados, Silva (2023), Cargnin *et al.* (2022) e Cardoso (2021) evidenciam que a utilização da água proveniente da aquicultura para o cultivo de plantas apresenta-se como uma proposta inovadora e sustentável para a produção de alimentos, a qual carece de maiores investigações e aprimoramentos. Ao analisar as interações entre a aquicultura e a agricultura, é possível obter avanços no entendimento do ciclo de nutrientes, gestão hídrica e otimização do sistema em sistemas de cultivo integrados.

Diante da crescente necessidade por métodos de produção de alimentos que sejam ambientalmente corretos e eficientes em recursos, a aquaponia desponta como uma alternativa promissora para lidar com os desafios da segurança alimentar mundial e da sustentabilidade ambiental.

Resumindo, a combinação da água da aquicultura na produção de plantas através da técnica da aquaponia representa uma excelente oportunidade para pesquisas científicas a fim de melhorar as práticas da agricultura sustentável e enfrentar os desafios urgentes na produção de alimentos.

Ao explorar a interação natural entre a criação de peixes e o cultivo de plantas, os pesquisadores conseguem aperfeiçoar o ciclo de nutrientes, a gestão da água e o funcionamento do sistema em sistemas de cultivo integrados. Com ênfase na inovação, colaboração e abordagem multidisciplinar, os estudos em aquaponia têm o potencial de transformar a forma como se produz alimentos e incentivar um futuro agrícola mais sustentável.

5.3 ESPÉCIES DE PLANTAS CULTIVADAS COM ÁGUA DE PISCICULTURA POR ESTADO BRASILEIRO

Na Tabela 2 está a descrição das espécies vegetais cultivadas com água residual de piscicultura por estado brasileiro.

Tabela 2 - Lista de espécies de plantas cultivadas com água de piscicultura por estado brasileiro

Nº	Espécies	RN	PR	GO	SP	PI	CE	PE	RS	MG	RO	TO	SC	ES	RR	PA	BA	AF ¹	RF ¹ (%)
1	<i>Allium fistulosum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
2	<i>Atriplex nummularia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
3	<i>Avena strigosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
4	<i>Bambusa vulgaris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
5	<i>Beta vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
6	<i>Capsicum annuum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
7	<i>Carica papaya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1,78
8	<i>Celosia plumosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
9	<i>Citrullus lanatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,78
10	<i>Coriandrum sativum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
11	<i>Cucumis melo</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
12	<i>Cucumis sativus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1,78
13	<i>Cucurbita maxima</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
14	<i>Cucurbita moschata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
15	<i>Cynodon dactylon</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
16	<i>Eruca sativa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
17	<i>Erythrina velutina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
18	<i>Eucalyptus grandis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	3,6
19	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1,78

Rol de Espécies	RN	PR	GO	SP	PI	CE	PE	RS	MG	RO	TO	SC	ES	RR	PA	BA	AF¹	RF¹(%)
20 <i>Helianthus anuus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
21 <i>Lactuca sativa</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	5	8,92
22 <i>Lemna minor</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
23 <i>Lippia grata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
24 <i>Lycopersicum esculentum</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5,35
25 <i>Moringa oleifera</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3,6
26 <i>Musa sapiento</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
27 <i>Nasturtium officinale</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
28 <i>Oryza sativa</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3,6
29 <i>Panicum maximum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3,6
30 <i>Pennisetum purpureum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3,6
31 <i>Piptadenia stipulacea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
32 <i>Psidium guajava</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
33 <i>Saccharum officinarum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
34 <i>Solanum lycopersicon</i>	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7,13
35 <i>Sorghum bicolor</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3,6
36 <i>Tamarindus indica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
37 <i>Urochloa brizantha</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
38 <i>Urochloa decumbens</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78
39 <i>Zantedeschia aethiopica</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,78

Rol Species	RN	PR	GO	SP	PI	CE	PE	RS	MG	RO	TO	SC	ES	RR	PA	BA	AF¹	RF¹(%)
40 <i>Zea mays</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3,6
Total	16	3	5	7	4	2	7	2	2	1	1	2	2	3	1	1	56	100%

Fonte: Dados da pesquisa, 2024. Legenda: RN-Rio Grande do Norte, PR-Paraná, GO-Goiás, SP-São Paulo, PI-Piauí, CE-Ceará, PE-Pernambuco, RS-Rio Grande do Sul, MG-Minas Gerais, RO-Rondônia, TO-Tocantins, SC-Santa Catarina, ES-Espírito Santo, RR-Roraima, PA-Pará, BA-Bahia, AF1-Frequência Absoluta e RF1(%)-Frequência Relativa em porcentagem.

Com as buscas nas bases de dados foi possível encontrar 40 espécies vegetais que são de alguma forma cultivadas em água de piscicultura, essas espécies estão distribuídas em 15 famílias sendo: (1) Amaryllidaceae J. St.-Hil., (2) Amaranthaceae A.Juss., (3) Apiaceae Lindl., (4) Araceae Juss., (5) Asteraceae Bercht. & J.Presl, (6) Brassicaceae Burnett, (7) Caricaceae Dumort., (8) Cucurbitaceae A.Juss., (9) Fabaceae Lindl., (10) Moringaceae Lam., (11) Musaceae Juss., (12) Myrtaceae Juss., (13) Poaceae Barnhart, (14) Solanaceae A.Juss., e (15) Verbenaceae J.St.-Hil.

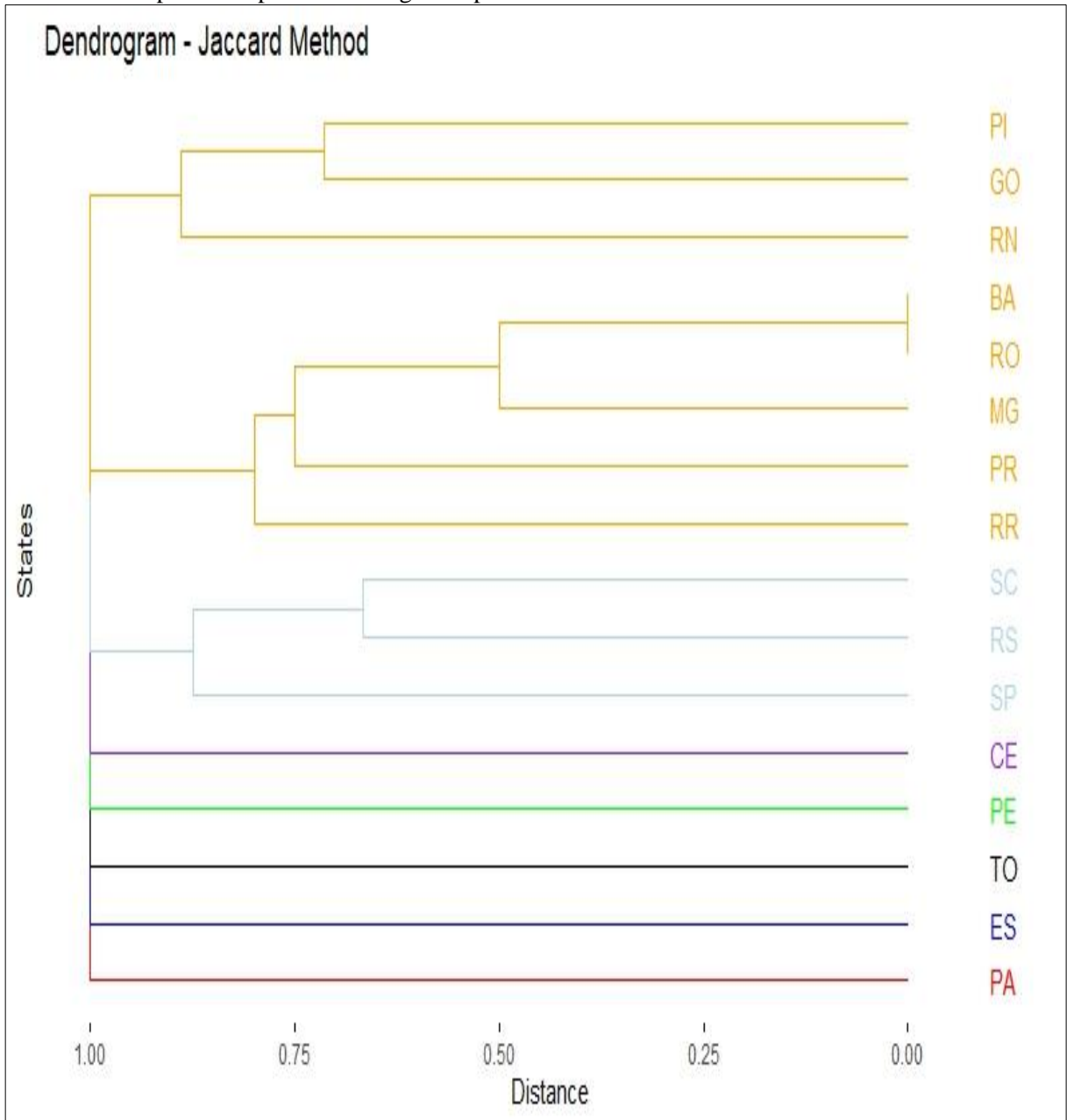
E pelos quais estão organizados em 35 gêneros sendo: (1) *Allium* L., (2) *Atriplex* L., (3) *Beta* L., (4) *Celosia* L., (5) *Coriandrum* L., (6) *Lemna* L., (7) *Zantedeschia* Spreng., (8) *Helianthus* L., (9) *Lactuca* L., (10) *Eruca* Mill., (11) *Rorippa* Scop., (12) *Carica* L., (13) *Citrullus* Schrad. ex Eckl. & Zeyh., (14) *Cucumis* L., (15) *Cucurbita* L., (16) *Erythrina* L., (17) *Piptadenia* Benth., (18) *Tamarindus* L., (19) *Moringa* Lam., (20) *Musa* L., (21) *Eucalyptus* L'Hér., (22) *Psidium* L. (23) *Avena* L., (24) *Bambusa* Schreb., (25) *Cynodon* Rich., (26) *Oryza* L., (27) *Megathyrsus* (Pilg.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs, (28) *Cenchrus* L., (29) *Saccharum* L., (30) *Sorghum* Moench, (31) *Urochloa* P.Beauv., (32) *Zea* L., (33) *Capsicum* L., (34) *Solanum* L., e (35) *Lippia* L.

Para que se tenha uma melhor compreensão das similaridades entre as espécies encontradas nos estados brasileiros em que apresentam estudos que versam sobre o aproveitamento de água de piscicultura para uso em cultivo de plantas, é possível observar no Gráfico 7 que as espécies cultivadas envolvendo essa técnica em específico formaram um primeiro grupo pelo qual aglutinou-se os estados do Piauí, Goiás e Rio Grande do Norte e todos apresentaram a presença de representantes da Família Solanaceae, em especial a espécie *Solanum lycopersicon*.

O tomate, cientificamente conhecido como *Solanum lycopersicum*, é bastante versátil e popular no Brasil, sendo utilizado de diversas formas tanto na culinária quanto na indústria de alimentos. Ele pode ser consumido cru ou processado, sendo apreciado em saladas, sanduíches e pizzas por sua polpa suculenta e sabor marcante. Além disso, é indispensável na preparação de molhos, sopas e cremes, que desempenham um papel fundamental tanto na gastronomia brasileira quanto internacional.

Uma parte substancial da colheita de tomates no Brasil é utilizada para produzir conservas e alimentos enlatados, como purê de tomate, polpa de tomate e molhos prontos, que são muito populares na indústria de alimentos e na culinária doméstica. Além disso, o tomate é utilizado na fabricação de bebidas e condimentos, sendo essencial para a produção de sucos, concentrados, ketchups e temperos variados.

Gráfico 7 - Dendrograma demonstrando a similaridade entre os estados brasileiros sobre o cultivo de espécies de plantas com água de piscicultura



Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

O tomate é utilizado de forma significativa na fabricação de tomate seco, uma especialidade bastante apreciada na culinária nacional e estrangeira. Esse alimento é empregado em saladas, entradas, pratos de massa e como um aperitivo saboroso. Adicionalmente, certas espécies de tomate são utilizadas na alimentação dos animais, seja in natura ou na forma de subprodutos da indústria de processamento, como cascas e sementes.

No cenário do Brasil, a *Solanum lycopersicum* exerce uma função diversificada na dieta das pessoas, no setor de alimentos e na área agrícola. A sua versatilidade e relevância econômica são percebidas através da sua variedade de aplicações. Pesquisas realizadas por

Silva e Oliveira (2018) e Pereira e Santos (2016) ressaltam a importância do tomate na culinária e na indústria alimentícia, trazendo novas perspectivas sobre o seu valor e potencial no Brasil.

Dentro do contexto do Brasil, *Solanum lycopersicum* possui uma função versátil na dieta das pessoas, na área de fabricação de alimentos e na agricultura. Sua flexibilidade e significância econômica ficam claras por meio de sua diversidade de aplicações. Pesquisas realizadas por Gonçalves e Souza (2019) e por Silva e Pereira (2020) ressaltam a importância do tomate na culinária e na indústria alimentícia, trazendo novos insights sobre seu valor e potencial no país.

Já o segundo grupo é formado pelos estados da Bahia e Rondônia, Minas Gerais, Paraná e Roraima, apesar de formar um agrupamento, alguns estados são mais próximos em composição que como BA e RO (Silva, 2017; Conde *et al.*, 2021) que compartilham espécies em comum como no caso de *Lactuca sativa* da família Asteraceae, sendo uma espécie que apresenta uma importância econômica no Brasil, além de compor a base de saladas e vegetais mais consumidos no Brasil.

A verdura alface é muito consumida no Brasil e tem um papel crucial na dieta do povo brasileiro, por ser uma excelente fonte de nutrientes essenciais como vitaminas A, C e folato, além de minerais como potássio, cálcio e ferro, e fibras. Esses nutrientes são essenciais para a saúde, fortalecimento do sistema imunológico e prevenção de doenças. Além disso, *Lactuca sativa* tem poucas calorias, o que o torna uma ótima opção para quem quer manter ou perder peso. Por ser composto principalmente de água, também ajuda na hidratação do corpo.

Na cozinha, a alface é muito versátil, podendo ser consumido cru em saladas, sanduíches, wraps ou cozido em pratos quentes. Suas variedades oferecem opções para todos os gostos e necessidades na culinária. Estudos recentes, como os de Silva e Oliveira (2018) e Pereira e Santos (2016), enfatizam a importância de consumir alimentos ricos em nutrientes para a saúde, destacando os benefícios da alface na alimentação diária. Assim sendo, *Lactuca sativa* é uma escolha saudável e versátil que tem um papel significativo na dieta do povo brasileiro.

Formando um terceiro grupo, encontram-se os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo, pelo qual compartilham a espécie *Oryza sativa*, sendo uma planta cultivada no Brasil em regiões com um certo nível de alagamento, e por ser um vegetal que compõe a base da alimentação da população brasileira, uma vez que o arroz está presente quase que diariamente na mesa dos brasileiros.

O arroz se configura como um alimento e componente da agricultura do Brasil. Produzido em várias partes do país, é uma fonte essencial de comida para milhões de brasileiros

e uma mercadoria agrícola relevante. A trajetória do arroz no Brasil tem origem nos períodos coloniais, quando foi trazido pelos portugueses. A partir desse momento, se tornou um dos principais alicerces da agricultura no Brasil, com diversas espécies sendo plantadas em todo o território nacional (Sousa, 2018).

O território brasileiro apresenta-se propício para o cultivo de arroz em diversas regiões, incluindo áreas com irrigação e locais de clima mais seco. O Brasil é reconhecido internacionalmente como um dos maiores produtores e exportadores de arroz, com uma produção anual expressiva que abastece tanto o mercado nacional quanto o internacional. Além disso, o arroz desempenha uma função fundamental na garantia de alimentos no país, sendo um dos principais itens da dieta da população brasileira.

Conforme mencionado por Sousa (2018), o cultivo do arroz no Brasil abrange diferentes métodos de produção, como o cultivo convencional em terraços, o cultivo em áreas alagadas temporariamente, conhecido como várzea, e o cultivo em áreas sem irrigação, denominado de sequeiro.

Além de ser essencial na dieta das pessoas, o arroz tem um papel fundamental na economia do Brasil, proporcionando empregos e renda para muitos trabalhadores rurais em diversas regiões do país. A sua produção e venda têm um impacto significativo no PIB agrícola brasileiro e na economia estável de várias áreas produtoras.

O quarto grupo é composto somente pelo Estado do Ceará e uma das plantas que foram realizados experimentos com água de piscicultura foi o *Nasturtium officinale*, um vegetal da Família Brassicaceae, conhecido popularmente como agrião.

A planta aquática *Nasturtium officinale*, popularmente conhecida como agrião-d'água ou agrião, se destaca por suas propriedades culinárias e medicinais. Em território brasileiro, ela é encontrada em riachos, lagoas e áreas úmidas de diversas regiões, do Norte ao Sul do país. Suas folhas verdes e flores brancas ou amareladas contribuem para a beleza natural dos ambientes de água doce onde ela cresce.

Para além da sua beleza visual, o agrião-d'água também se destaca pelo seu alto valor nutricional. As suas folhas contêm uma grande quantidade de vitaminas A, C e K, bem como minerais importantes como cálcio, ferro e potássio. Esta planta é conhecida pelas suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, sendo frequentemente empregada na medicina tradicional para combater diversos problemas de saúde, desde constipações até questões digestivas.

De acordo com as informações de Silva (2015), o agrião tem despertado interesse devido às suas possíveis utilizações na área da saúde e da culinária. Ele ressalta que "as propriedades

medicinais e o sabor característico do agrião-d'água o tornam um elemento importante na alimentação e na medicina, tanto em nível nacional quanto global" (Silva, 2015, p. 78).

Na gastronomia do Brasil, as folhas e flores do agrião são comumente empregadas em saladas, caldos e bebidas naturais, proporcionando um paladar apimentado e refrescante aos alimentos. Ingerir regularmente esses vegetais pode ajudar a manter uma alimentação balanceada e saudável, oferecendo nutrientes importantes e favorecendo a saúde de modo geral.

O agrião, um vegetal versátil e rico em nutrientes, pode ser encontrado em grande quantidade em várias partes do território brasileiro. Com seus benefícios tanto para a saúde quanto para a culinária, é considerado um recurso valioso, ressaltando sua relevância na diversidade biológica do Brasil.

O quinto agrupamento está composto somente pelo Estado de Pernambuco e a espécie *Beta vulgaris*, é o vegetal que foi estudado por Simões *et al.* (2017) e Ferreira *et al.* (2022) para acompanhamento em crescimento em água de piscicultura.

A beterraba, também chamada de *Beta vulgaris*, é um vegetal de grande relevância econômica no Brasil. Originária do Mediterrâneo, a beterraba é cultivada em várias regiões do país e amplamente utilizada na culinária brasileira, em sucos, sopas, saladas e outras preparações. Existem três tipos principais de beterraba: a branca, conhecida como beterraba açucareira e bastante cultivada na Europa; a forrageira, usada na alimentação de animais; e a beterraba com raízes consumidas como vegetal, sendo este último o tipo mais popular no Brasil.

A beterraba se destaca por ter uma raiz muito ramificada e acima dela se forma um corpo carnoso de formato globular, comestível e de cor vermelha escura. Além disso, a beterraba se diferencia das demais hortaliças por possuir alto teor de fibras, manganês, potássio e zinco. Também é uma boa fonte de vitamina B9 (ácido fólico) e vitamina C.

É uma cultura amplamente cultivada no Brasil, com diferentes práticas agrícolas sendo adotadas desde a fase inicial de preparação do solo até a etapa de colheita. De acordo com Tivelli *et al.* (2011), a produção de beterraba é um pilar econômico significativo no país, promovendo a criação de empregos e o aumento da renda.

Os Estados do Tocantins, Espírito Santo e Pará também não se agruparam como outros estados, isso aconteceu pelo fato das plantas encontradas não se apresentarem sendo cultivadas em outros locais com as características de cultivo de água oriunda de piscicultura. Sendo que as experiências encontradas nos trabalhos de Rocha *et al.* (2013), Pacheco e Rodrigues (2022) e Melo *et al.* (2023) trazem especificamente as espécies *Citrullus lanatus*, *Eucalyptus grandis* e *Cenchrus purpureus* respectivamente. Dentre essas espécies, *Citrullus lanatus* ou melancia é uma vegetal bastante apreciado no Brasil.

A melancia, fruta conhecida como *Citrullus lanatus*, tem sua origem na África e se adaptou bem ao solo brasileiro, tornando-se uma cultura popular e amplamente cultivada em várias regiões do país. O clima tropical favorece seu cultivo, especialmente nos estados da Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul.

De acordo com Santos e Oliveira (2019), a melancia é considerada uma fruta com grande teor de nutrientes, sendo uma ótima fonte de vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes. Além disso, sua composição é predominantemente de água, o que a torna uma escolha refrescante e hidratante, principalmente nos períodos de calor intenso.

O fruto da melancia é muito popular no Brasil, sendo consumida de várias maneiras, como fresca, em sucos, saladas de frutas e até mesmo em receitas doces e salgadas. Seu sabor doce e suculento a torna querida por pessoas de todas as faixas etárias. Para além de sua relevância na alimentação e culinária, a melancia exerce uma função crucial na economia agrícola brasileira, criando oportunidades de trabalho e movimentando todo o processo produtivo, desde o plantio até a venda em feiras, mercados e estabelecimentos comerciais.

A produção de melancia no território brasileiro tem sido alvo de diversas análises e investigações com o intuito de elevar a eficiência do cultivo, a resistência contra pragas e enfermidades, além de aprimorar as características dos frutos. Essas ações não apenas colaboram para o crescimento da atividade agrícola no país, como também garantem o acesso de uma fruta nutritiva para a sociedade brasileira.

5.4 AUSÊNCIA DE PESQUISAS A DESPEITO DA INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ

Por meio dos dados coletados é observável a total ausência de estudos que versem sobre o reaproveitamento das águas residuárias da piscicultura no processo de irrigação de cultivos vegetais no estado do Amapá. Este cenário de total falta de pesquisas referentes a temática implica em sérios entraves ao desenvolvimento desta prática tida como sustentável (Silva e Galvão, 2019).

A piscicultura e a agricultura são atividades econômicas cruciais para o desenvolvimento econômico e social, especialmente em regiões ricas em recursos hídricos como o estado do Amapá. No estado, a integração dessas duas atividades apresenta um potencial significativo, mas ainda necessita de estudos detalhados e pesquisas científicas que explorem suas possibilidades e desafios. Entretanto, esse cenário de escassez de conhecimentos ainda é bastante comum mesmo em âmbito nacional (Sátiro *et al.*, 2022). A falta de dados

concretos e análises aprofundadas impede que produtores e formuladores de políticas adotem práticas mais eficientes e sustentáveis.

A integração entre piscicultura e agricultura é reconhecida por potencializar a reciclagem de nutrientes, melhorar a qualidade do solo e reduzir a dependência de fertilizantes químicos. Em outras regiões do Brasil, como o Sudeste, essa prática tem mostrado resultados promissores, (Silva, 2018). Contudo, no Amapá, a escassez de estudos limita a compreensão dos benefícios potenciais e adaptações necessárias para a região.

O Amapá possui características climáticas e ecológicas únicas, tanto em termos de clima quanto de biodiversidade, que requerem abordagens específicas. Segundo Souza (2020), as práticas desenvolvidas em outras regiões podem não ser diretamente aplicáveis no Amapá devido a suas condições específicas. Pesquisas regionais são essenciais para adaptar e otimizar a integração entre piscicultura e agricultura para o contexto local.

A integração entre essas duas atividades econômicas tem o potencial de aumentar a renda dos pequenos agricultores e piscicultores no Amapá. Estudos econômicos realizados em outras partes do Brasil indicam que essa prática pode ser altamente lucrativa (Pereira, 2019). No entanto, sem dados regionais, é difícil quantificar esses benefícios para o Amapá e incentivar a adoção dessas práticas pelos produtores locais.

A ausência de estudos detalhados afeta diretamente a formulação de políticas públicas eficazes. Sem uma base científica sólida, é difícil para os governantes desenvolverem programas de incentivo e apoio à integração entre piscicultura e agricultura. Políticas bem-informadas poderiam estimular o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar no Amapá (Costa, 2018).

A falta de pesquisas também se reflete na educação e capacitação dos produtores locais. Instituições de ensino e extensão rural precisam de dados científicos para desenvolver currículos e treinamentos eficazes. Pesquisas regionais forneceriam as informações necessárias para capacitar os agricultores na adoção de práticas integradas de piscicultura e agricultura (Mendes, 2019).

Regiões como o Nordeste do Brasil têm mostrado o sucesso da integração entre piscicultura e agricultura, com melhorias na produtividade e na sustentabilidade ambiental (Santos, 2020). Dados comparativos entre essas regiões e o Amapá poderiam revelar insights valiosos e identificar adaptações necessárias para replicar o sucesso no contexto amapaense.

A integração entre piscicultura e agricultura pode promover a diversificação da produção agrícola, reduzindo riscos e aumentando a resiliência dos produtores locais. O desenvolvimento de pesquisas específicas sobre as culturas mais adequadas para essa

integração no Amapá ajudaria a identificar as melhores práticas e espécies para maximizar os benefícios (Barbosa, 2019).

Em resumo, a ausência de pesquisas científicas sobre a integração entre piscicultura e agricultura no Amapá representa uma lacuna significativa no conhecimento científico e na aplicação prática dessas atividades. Investir em pesquisas regionais é essencial para explorar plenamente o potencial dessa integração, promovendo o desenvolvimento sustentável e a prosperidade econômica no estado (Martins, 2019).

Para superar essa lacuna, faz-se imprescindível a implementação de programas de pesquisa focados nas especificidades do Amapá, a formação de parcerias estratégicas entre instituições de pesquisa e produtores, e o desenvolvimento de políticas públicas baseadas em evidências científicas. Essas ações podem transformar a integração entre piscicultura e agricultura em uma realidade viável e benéfica para o estado (Rodrigues, 2020).

5.5 INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA

Além da análise estatística, já desenvolvida, a despeito da integração entre piscicultura e o cultivo de vegetais, torna-se precípuo discorrer a despeito de suas principais vantagens econômicas, ambientais e sociais.

Diante da temática, tem-se que a falta de recursos hídricos é um assunto cada vez mais preocupante, principalmente em áreas onde a atividade agrícola é de grande importância econômica, como é o caso do Brasil. Dentro desse cenário, a aquicultura se destaca como uma alternativa eficaz para o reuso inteligente da água, visto que os sistemas de produção de peixes geram quantidades significativas de água que podem ser utilizadas em outras finalidades, como a irrigação nas plantações. Conforme ressaltado por Thang *et al.* (2019), a reutilização da água oriunda da aquicultura na irrigação agrícola não apenas diminui a demanda por água doce, como também fornece nutrientes essenciais para as culturas, contribuindo assim para a melhoria da eficiência no uso da água na agricultura."

A implementação de um sistema de cultivo integrado entre a piscicultura e a agricultura irrigada é uma forma de desenvolvimento eficiente e sustentável. Silva e Galvão (2019) propõem que a reutilização da água residuária dos tanques de criação de peixes para a irrigação de hortas consiste em uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável, haja vista que os efluentes da piscicultura são ricos em nutrientes como, nitrogênio e fósforo que favorecem o desenvolvimento das plantas.

Oliveira e Santos (2011) ainda corroboram com a premissa da viabilidade da integração da aquicultura com a agricultura irrigada, uma vez que esta propicia o uso sustentável dos recursos hídricos, pois atende aos preceitos de atividades que promovem o uso múltiplo das águas, contribuindo, assim, para uma eficiência hídrica e maior produtiva.

Diante da análise do processo de integração entre a piscicultura e a agricultura irrigada cabe destacar os seguintes efeitos:

- a) Redução no consumo de água por meio de sua reutilização na agricultura;
- b) Atenuação dos custos de produção;
- c) Produção de alimento;
- d) Diminuição do processo de eutrofização dos cursos de água;
- e) Melhoria da qualidade da saúde pública;
- f) Diversificação de renda

5.5.1 Redução no consumo de água por meio de sua reutilização na agricultura

A agricultura irrigada é o principal consumidor de recursos hídricos e se apresenta como um grande desafio a produção de alimentos (Xavier, 2021). Diante da alta demanda por recursos hídricos para a produção agrícola, surge a necessidade da implementação de sistemas de cultivo que fomentem a reutilização da água. Nessa perspectiva, a integração entre piscicultura e agricultura surge como uma alternativa agroecológica para a redução no gasto deste recurso tão importante.

A utilização da água proveniente da aquicultura na agricultura surge como uma estratégia promissora para enfrentar os desafios em constante crescimento relacionados à disponibilidade de recursos hídricos. Estudos recentes, como o conduzido por Chen *et al.* (2020), demonstram que essa prática pode desempenhar um papel fundamental na preservação dos recursos naturais, ao reduzir consideravelmente o consumo total de água em sistemas agrícolas. Ao redirecionar a água empregada na produção de peixes para a irrigação de plantações, é viável otimizar o aproveitamento desse recurso, aumentando sua eficácia e sustentabilidade.

Silva (2017) corrobora com esse pensamento ao afirmar que a criação de peixes associada ao cultivo agrícola, pode economizar até 90% de água em relação à agricultura convencional e ainda eliminar completamente a descarga de efluentes. A supramencionada integração, segundo Carvalho *et al.* (2014), oferece diversos benefícios, visto que reduz a

demanda nas águas superficiais e subterrâneas, além de se destacar como solução sustentável ao contribuir para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos.

5.5.2 Atenuação dos custos de produção

Em alguns segmentos da agricultura, os gastos com a compra de insumos externos podem representar mais de 50% do valor de venda do produto, o que acarreta um custo de produção muito elevado para o agricultor (Silva, 2019).

No viés do barateamento dos custos de produção agrícola, a integração agroecológica entre a piscicultura e a agricultura irrigada adquire grande relevância ao passo que diminui a compra de insumos externos, visto que se usa insumos produzidos na própria propriedade, trazendo uma perspectiva real de aumento de renda ao pequeno e médio produtor rural (Silva, 2019). Esta modalidade também acaba por reduzir a recorrência de agricultores em busca de volumosos financiamentos para desenvolvimento de seus cultivos, diminuindo o endividamento dos produtores rurais.

Essa redução dos gastos com adubação é decorrente da característica intrínseca de os resíduos da piscicultura conterem nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas, tais como nitrogênio, fósforo e potássio (Li *et al.*, 2019). Ao empregar tais nutrientes na rega agrícola, os agricultores conseguem diminuir a necessidade de fertilizantes químicos, resultando não somente em uma redução dos custos de produção, mas também favorecendo uma administração mais sustentável dos recursos naturais.

De acordo com Chen *et al.* (2020), essa estratégia de integração entre piscicultura e agricultura também pode gerar uma economia significativa de recursos financeiros ao diminuir a necessidade de água doce para a irrigação, que frequentemente corresponde a uma parte considerável dos gastos na agricultura. Ao aproveitar a água utilizada na aquicultura para regar as plantações, os agricultores podem diminuir os custos com captação, tratamento e distribuição de água, o que colabora para a eficiência econômica das atividades agrícolas.

Outra questão importante é a possibilidade de diminuição dos gastos relacionados ao tratamento e descarte dos resíduos da piscicultura. De acordo com Khan, Khan e Hasanuzzaman (2018), ao desviar os resíduos para a irrigação de áreas agrícolas, é possível evitar a necessidade de investimentos em sistemas de tratamento complexos, assim como os custos ligados à disposição adequada desses resíduos. Isso poderá resultar em uma economia significativa para os criadores.

5.5.3 Produção de alimento

A irrigação de hortaliças com a água residuária do cultivo de peixes se apresenta como uma excelente alternativa para o aumento da produção e melhoria da qualidade de vida das populações rurais, haja vista que essa prática contribui para um aumento potencial na produtividade agrícola graças a seu significativo conteúdo de macro e micronutrientes, considerados importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza, 2018).

O reuso da água utilizada na piscicultura para irrigar plantações agrícolas está se tornando cada vez mais popular devido aos benefícios que pode trazer para o meio ambiente. Pesquisas mostram que essa técnica não só ajuda a economizar água doce, mas também fornece nutrientes importantes para o crescimento das plantas, o que pode resultar em uma maior produção de alimentos (Silva; Santos; Oliveira, 2020).

A água usada na aquicultura é enriquecida com nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provenientes das fezes dos peixes e da decomposição de matéria orgânica. Esses nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento das plantas e têm a capacidade de substituir parcial ou totalmente a necessidade de fertilizantes químicos na lavoura. Pesquisas têm indicado que a utilização da água da aquicultura na irrigação de plantações pode resultar em aumentos expressivos na produção de alimentos, além de promover a melhoria da qualidade do solo e da saúde das plantas (Garcia *et al.*, 2018).

5.5.4 Diminuição do processo de eutrofização dos cursos de água

O material orgânico proveniente da excreção dos peixes e restos de ração não consumidos pelos peixes, depositando-se no fundo dos tanques. A deposição excessiva dessas matérias, especialmente o nitrogênio, proveniente da ração e excretas dos peixes, acabam comprometendo a produtividade e a qualidade das culturas, resultando em prejuízos econômicos e problemas ambientais, principalmente com a lixiviação de nitratos e a contaminação do lençol freático (Bastos *et al.*, 2003 apud Silva, 2019).

Quando os efluentes da piscicultura são lançados em corpos hídricos sem tratamento algum há como principal impacto ambiental a eutrofização da coluna de água, visto que a material orgânica e inorgânica compromete a qualidade e conseqüentemente implica em impactos ambientais (Toledo *et al.*, 2003).

Como metodologia para a resolução da problemática acima apresentada, Carneiro *et al.* (2015) mostra que a criação de peixes integrada ao cultivo de hortaliças pode eliminar

completamente a descarga de efluentes no meio ambiente, pois trata-se de um sistema fechado, diferentemente das criações convencionais. Tal afirmativa é ratificada por Michielsens *et al.* (2002), ao afirmarem que, a integração da produção agrícola com atividade piscícola é uma excelente solução para eliminação dos efluentes provenientes da aquicultura.

5.5.5 Melhoria da qualidade da saúde pública

Além dos diversos benefícios mencionados no transcorrer da presente discussão, ainda se deve mencionar que a integração entre o cultivo de peixes e vegetais pode resultar em benefícios na saúde pública (Costa *et al.*, 2014), visto que diversas comunidades ribeiras coletam água (muitas vezes contaminadas por efluentes da criação de peixes ou por agroquímicos) para consumo, ingerindo-a sem qualquer tratamento prévio.

Destarte, existe a necessidade de se implementar meios de produção que contribuam para a construção de um desenvolvimento que possa ser considerado sustentável, minimizando assim, os impactos ao meio ambiente proveniente dos sistemas de produção e maximizando o potencial econômico das pequenas e médias propriedades com reutilização de insumos de produção já contidos em seu sistema.

5.5.6 Diversificação de renda

A reutilização da água dos tanques de peixes para a irrigação das plantações surge como uma prática promissora que pode ajudar a incrementar a renda dos agricultores de forma significativa. De acordo com as conclusões de Smith, Johnson e Williams (2019), essa estratégia não só melhora a eficiência no uso da água, como também gera uma nova fonte de renda para os produtores, diminuindo sua dependência em relação a uma única atividade econômica.

Ao empregar a água dos reservatórios de aquicultura na rega de plantações, os agricultores conseguem diminuir os gastos relacionados à extração e tratamento de água para atividades agrícolas. Segundo Jones e Brown (2020), essa economia pode liberar recursos que seriam destinados a outros insumos hídricos, possibilitando aos agricultores investir em outras áreas da propriedade. Além disso, a água proveniente da piscicultura, rica em nutrientes dos resíduos dos peixes, pode funcionar como um fertilizante orgânico para as plantações, aumentando seu desenvolvimento e produtividade (Garcia *et al.*, 2018).

A diversificação de renda através do reaproveitamento da água da piscicultura na agricultura não apenas amplia as fontes de receita dos agricultores, mas também fortalece a resiliência de suas operações frente a potenciais adversidades econômicas ou climáticas. De acordo com pesquisas recentes de Silva e Santos (2021), a diversificação de fontes de renda em uma propriedade rural pode reduzir os riscos relacionados às oscilações de preços no mercado ou a condições desfavoráveis do clima em um determinado setor. Assim, ao unir a piscicultura com a agricultura através do reaproveitamento da água, os agricultores têm a oportunidade de fortalecer seus sistemas de produção de forma mais sustentável, trazendo benefícios não apenas para suas áreas produtivas, mas também para as comunidades rurais vizinhas.

5.6 IMPACTOS NEGATIVOS DA INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E AGRICULTURA

Apesar da reutilização da água das pisciculturas na agricultura vim chamando a atenção devido às vantagens econômicas e ambientais que podem trazer, é fundamental analisar também os impactos negativos que essa prática pode gerar quando aplicadas de forma não fundamentada cientificamente.

Os peixes que habitam os tanques de aquicultura liberam nutrientes, como nitrogênio e fósforo, através de suas fezes e dos restos de comida que não são consumidos. Quando essa água é usada para regar plantações, há o risco de sobrecarregar o solo com nutrientes, o que pode levar à eutrofização e prejudicar a qualidade da água subterrânea (Smith; Johnson; Williams, 2019).

Adicionalmente, a existência de agentes patogênicos e micro-organismos na água utilizada na aquicultura é um perigo para a saúde das plantas e dos consumidores. Pesquisas evidenciaram que a má utilização da água contaminada pode ocasionar a propagação de enfermidades nas plantas e a contaminação microbiológica dos itens agrícolas, pondo em risco a segurança alimentar (Garcia *et al.*, 2018).

Outro ponto de atenção está ligado à possibilidade de poluição por substâncias químicas usadas na criação de peixes, como remédios para animais e produtos de higiene. A existência desses elementos na água pode ter impactos negativos na fertilidade do solo e nos ecossistemas aquáticos, além de representar um perigo para as pessoas e a biodiversidade marinha (Jones; Brown, 2020).

Adicionalmente, o uso da água proveniente da piscicultura na agricultura de rega pode favorecer a multiplicação de organismos aquáticos invasores em ecossistemas naturais

próximos. A entrada acidental de espécies estrangeiras pode resultar em desequilíbrios ecológicos, disputa por recursos naturais e danos à diversidade de fauna e flora local (Silva; Santos, 2021).

Assim sendo, mesmo que a reutilização da água da piscicultura na agricultura apresente vantagens potenciais, é imprescindível analisar de forma criteriosa os efeitos negativos relacionados a esse procedimento. A aplicação de estratégias de gestão apropriadas, como o tratamento da água, a supervisão da qualidade do solo e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, torna-se essencial para reduzir os impactos e assegurar a preservação do meio ambiente e a alimentação segura.

Entretanto para a correta aplicação de estratégias de gestão apropriadas à implementação deste sistema de cultivo faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas científicas que robusteçam o arcabouço dos conhecimentos já existentes sobre a presente temática.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa seção será destacado algumas conclusões e reflexões importantes sobre o uso da água dos viveiros de peixes para o cultivo de vegetais. Em primeiro lugar, nota-se que a utilização da água dos sistemas de piscicultura para irrigar vegetais pode ser uma prática sustentável e integrada na agricultura, permitindo a reutilização de recursos hídricos e nutricionais. Isso ajuda a otimizar o uso da água e a reduzir o impacto ambiental, especialmente em áreas onde a escassez de água é uma preocupação crescente, como nos casos dos estados do Nordeste.

Também foi estabelecido que a água da piscicultura pode atuar como fonte de fertilizantes orgânicos, fornecendo nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Através disto, a produtividade agrícola pode ser aumentada e a qualidade dos vegetais cultivados pode ser melhorada sem a utilização de fertilizantes químicos sintéticos. No entanto, é importante enfatizar que a utilização da água da piscicultura para irrigar vegetais apresenta problemas e perigos potenciais, tais como a transferência de agentes patogênicos e a acumulação de substâncias indesejáveis no ambiente e nos vegetais.

Portanto, são necessárias medidas adequadas de tratamento e monitorização da qualidade da água e práticas de gestão adequadas para garantir a segurança alimentar e a saúde do consumidor.

Outro aspecto importante a considerar é a viabilidade econômica desta prática, dado o custo de implementação e manutenção de um sistema integrado de cultura e criação. É necessária uma análise detalhada de custo-benefício para avaliar a sustentabilidade financeira deste sistema e identificar estratégias para aumentar a eficiência e a rentabilidade.

No que concerne ao quantitativo de publicações, é observável um número ainda pouco expressivo diante da importância da temática, uma vez que esta gira no entorno de pautas que estão constantemente em diversos discursos políticos, tais como: economia, meio ambiente e sustentabilidade.

Outro ponto importante a ser observado se refere ao fato de que os estudos que trabalham sobre a integração entre piscicultura e agricultura serem apenas de caráter pontual e isolado, não havendo nenhum planejamento político para o desenvolvimento de um estudo mais aprofundado e/ou integralizado. O caráter fragmentário e o descaso pelas pesquisas científicas sobre a presente temática são facilmente percebidos pela total ausência de qualquer estudo em mais de 40% dos estados brasileiros. Por isso infere-se que as pesquisas que abordam a temática ainda se mostram incipientes, ocorrendo em apenas alguns poucos estados e ainda de forma

pouco expressiva. Sendo assim, faz-se necessário o fomento de pesquisas sobre a temática para a construção de conhecimentos científicos corpulentos que auxiliem na cadeia produtiva, implementando práticas sustentáveis e economicamente viáveis.

Portanto, concluiu-se que a utilização da água dos viveiros para o cultivo de hortaliças e vegetais em geral tem grande potencial, mas requer cuidados e atenção especiais. Sendo importante promover o desenvolvimento de políticas e práticas agrícolas nacionais que promovam a utilização destas abordagens integradas para promover a segurança alimentar, a conservação dos recursos naturais e o desenvolvimento agrícola sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos traz balanço da situação e da gestão das águas no Brasil**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12365. Acesso em: 14 dez. 2021.
- ALMEIDA, G. N. **Utilização de água residuária no desenvolvimento de *Moringa oleifera* lam.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal). Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- ALMEIDA, J. P. D. *et al.* Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 386-391, 2017.
- ALVES, J. L.; SILVA, A. B.; SOUZA, E. R.; OLIVEIRA, P. L.; LIMA, A. M. Impacto da Cana-de-Açúcar na Economia do Amapá: Produção de Etanol e Açúcar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA... **Anais** [S.l.]. 2018. p. 123-135.
- ALVES, P. F. S. *et al.* Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 833-839, 2018.
- AMAPÁ. Secretaria de Estado da Pesca e Aquicultura. **Diagnóstico da Pesca Artesanal do Estado do Amapá**. Macapá, 2018.
- AMAPÁ. Secretaria de Estado da Pesca e Aquicultura. **Relatório Anual de Aquicultura do Estado do Amapá**. Macapá, 2020.
- ARAÚJO, T. *et al.* Produção e qualidade de tomates cereja fertirrigados com água residuária da piscicultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 2, n. 392. 10.18378/rvads.v12i3.4775. 2017.
- ARÊAS, S. M. *et al.* Dinâmica socioambiental da piscicultura de água doce em tanques rede como alternativa de produção local em ambientes Amazônicos. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 8, n. 2, p. 277-287, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2015**. São Paulo: PEIXE-BR, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2016**. São Paulo: PEIXE-BR, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2018**. São Paulo: PEIXE-BR, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2019**. São Paulo: PEIXE-BR, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2020**. São Paulo: PEIXE-BR, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2021**. São Paulo: PEIXE-BR, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2022**. São Paulo: PEIXE-BR, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXEBR). **Anuário PEIXE-BR da piscicultura 2024**. São Paulo: PEIXE-BR, 2024.

BARBOSA, L. M. Diversificação da produção agrícola através da integração com piscicultura. **Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2019.

BADDELEY, A.; TURNER, R. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. **Journal of Statistical Software**, 12 (6), 1-42. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.18637/jss.v012.i06>. Acesso em: 03 jan. 2024.

BALDISSEROTTO, B. *et al.* Anesthesia of tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalminidae) with the essential oils of *Aniba rosaeodora* and *Aniba parviflora* and their major compound, linalool. **Ictiologia Neotropical**, v. 16, 2018.

BAUMGARTNER, D. *et al.* Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 152–163, jan. 2007.

BELLUTA, I. *et al.* Avaliação temporal e espacial no córrego do Cintra (Botucatu-SP) frente aos defensivos agrícolas e parâmetros físico-químicos de qualidade da água um estudo de caso. **Energia na Agricultura**, v. 25, n. 2, p. 54-73, 2010.

BEZERRA, B. G. M. C. **Potencial de cultivo de agrião hidropônico utilizando efluente da piscicultura**. 2022. 43 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

BONFIM, B. R. S. *et al.* Produção de forragem em pastos de *Brachiaria* irrigados com efluentes da piscicultura no semiárido. In: **CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL**, XII, 2017, Juazeiro. XII CNPA, 2017.

BORGES, W. L. *et al.* Desenvolvimento e agricultura: o estado do amapá. In: **III Simpósio De Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional**. 2022. P. 25-37. doi: 10.51324/80277988.2.

CARDOSO, A. P. **Uso do bioestimulante à base de algas marinhas e água residuária de piscicultura na produção de mudas de Mulungu (*Erythrina Velutina Wild*) em solo de área degradada**. 2021. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Do Rio Grande Do Norte, Rio Grande do Norte, 2021.

CARDOSO, A. S.; EL-DEIR, S. G.; CUNHA, M. C. C. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. **Interações**, v. 17, n. 4, p. 645-653, 2016.

CARDOSO NETO, R. **Produção de mudas de tamarindeiro irrigado com água residuária da piscicultura e doses de bioestimulantes naturais de algas marinhas**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2017.

CARGNIN, G. *et al.* Tecnologia para valorização de subproduto de arroz com potencial de aplicabilidade na piscicultura. **Research, Society and Development**. 11. e565111234944. 10.33448/rsd-v11i12.34944. 2022.

CARNEIRO, P. C. F. *et al.* **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Embapa Tabuleiros Costeiros**, 2015. (Documento / Embrapa Tabuleiros Costeiros (ISSN 1678-1937, 189). 27 p. 2015.

CARVALHO, N. L. *et al.* Reutilização de águas residuárias. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v. 14, n. 2, p. 3164–3171, 2014.

CHEN, L. *et al.* Sustainable utilization of aquaculture water: A review. **Aquaculture**, n. 528, 735524. 2020.

CLAUSEN S, E. **Applied correspondence analysis: an introduction**. Quantitative Applications in the Social Sciences Thousand Oaks, CA: Sage University Papers Series. 1998.

CONDE, T. T. *et al.* Resposta fisiológica de sementes de alface imersas em águas destiladas e piscicultura. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 7, n. 4, p. 37490-37499, 2021.

COSTA, R. P. Políticas públicas e a integração entre piscicultura e agricultura. **Estudos de Políticas Agrícolas**, v. 6, n. 3, p. 78-90, 2018.

COSTA, Z. V. B.; GURGEL, M. T.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; BATISTA, R. O. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 4, p. 738–751, 2014.

DAADDY, M. D. V. **Caracterização da pesca e etnobiologia do apaiari *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831), no município de Pracuúba Estado do Amapá, como subsídio à piscicultura**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2012.

D'ALBUQUERQUE-JUNIOR, B.S. **Uso da água da piscicultura na irrigação da bananeira FHIA 18**. 2011. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

DIAS, J. G.; GOMES, A. R. As especificidades da contabilidade agropecuária. **Naturae**, v. 4, n. 2, p. 15-23, 2022.

DIAS, N. S. *et al.* Cultivo da erva sal fertirrigado com efluente da piscicultura de viveiros preenchidos com rejeito da dessalinização. **Irriga**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 40–46, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2018v1n2p40-46. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3599>. Acesso em: 21 mar. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O protagonismo do Brasil na produção mundial de pescado**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53738345/artigo-o-protagonismo-do-brasil-na-producao-mundial-de-pescado>. Acesso em: 4 maio 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 5 ed. 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2024.

ESQUIVEL GARCIA, J.R.; MUELBERT, J.R. E.; MUELBERT, B., LAPA, F. Efeito do efluente de piscicultura no cultivo de arroz. **CONGRESSO PARANAENSE DE AGROECOLOGIA**, I– Pinhais/PR – Disponível em: <https://docplayer.com.br/66417443-Efeito-do-efluente-de-piscicultura-no-cultivo-de-arroz-effect-of-fish-farm-effluents-in-rice-culture.html>. Acesso em: 19 mar. 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

FERREIRA, D. A. C. **Crescimento, produção e qualidade de cultivares de *Panicum maximum* irrigadas com efluente da piscicultura**. 2022. 63 f. Tese (Doutorado em manejo do solo). Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022.

FREITAS, W.; WANDER, A. E. O perfil socioeconômico da agricultura familiar produtora de hortaliças em Anápolis (GO, Brasil). **Revista de Economia da UEG**, v. 13, n. 1, p. 192–213, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Alcido-Wander/publication/319162650_O_perfil_socioeconomico_da_agricultura_familiar_produtores_de_hortaliças_em_Anápolis_GO_Brasil/links/5995f1540f7e9b91cb095ca6/O-perfil-socioeconomico-da-agricultura-familiar-produtores-de-hortaliças-em-Anápolis-GO-Brasil.pdf. Acesso em: 16 dez. 2021.

FREITAS, D. S. S. **Características agronômicas da gliricídia submetida a irrigação com água salobra, com ou sem efluente da piscicultura**. 32017. 1 f. Monografia (Bacharelado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

FREITAS, W. C. M. **Produção de forragem fertirrigadas com efluente de piscicultura oriundo de rejeito de dessalinizadores**. 2018. 40 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

GAMA, C. S. A criação de tilápia no estado do Amapá como fonte de risco ambiental. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 525-530, 2008.

GARCIA, M.; MARTINEZ, A.; RODRIGUEZ, L. Reuse of aquaculture water for irrigation of agricultural crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 39, 10023-10030. 2018.

GIZ, A. M. **Integração aquícultura-agricultura: reúso do efluente de piscicultura na fertirrigação de minitomate, tipo *grape*, em cultivo protegido**. 2021. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.

GONÇALVES, M. V. M. **Fertirrigação de milho (*Zea mays* L.) com água residuária de suinocultura e piscicultura**. 2021. 41 f. (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, 2021.

GONÇALVES, L. M.; SOUZA, R. C. O Papel do Tomate na Gastronomia Brasileira. **Revista Brasileira de Gastronomia**, v. 12, n. 3, p. 78-85. 2019.

GREENACRE, M. J. **Practical Correspondence Analysis**. In: Barnett V, editor. Looking at Multivariate Data New York: J. Wiley & Sons. 1981

GREENACRE, M. J. **Correspondence Analysis in Practice**. 2. ed. Chapman & Hall/CRC. 2007.

GREENACRE, M. J. Correspondence analysis Computational Statistics. **Focus Article**, v. 2, p. 613-619, 2010.

GUIMARÃES, M. J. M. *et al.* Teores de NPK em sorgo forrageiro irrigado com efluente salino da piscicultura. **CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XXV CONIRDe**, São Cristóvão/SE: UFS, 2015.

HOFFMANN, R. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? **Segurança Alimentar e Nutricional**. v. 21, n. 1, p. 417-421, 2014.

INSTITUTO AGROGALAXY. **Qual a importância da agropecuária para a economia brasileira?** 2023. Disponível em: <https://www.institutoagrogalaxy.org.br/qual-a-importancia-da-agropecuaria-para-a-economia-brasileira/#:~:text=Essencial%20para%20a%20seguran%C3%A7a%20alimentar,naturais%2C%20respeitando%20o%20meio%20ambiente>. Acesso em: 9 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2020. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Mapas Políticos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-de-referencia/15816-politico.html?=&t=sobre>. Acesso em 13 mar. 2024a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Biomas. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomas.html>. Acesso em 19 mar. 2024b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Clima. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html>. Acesso em 19 mar. 2024c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Sociedade e Economia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/sociedade-e-economia.html>. Acesso em: 19 mar. 2024d.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Agropecuária. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria.html#:~:text=A%20agropecu%C3%A1ria%20por%20motivos%20hist%C3%B3ricos,no%20%C3%A2mbito%20do%20com%C3%A9rcio%20internacional>. Acesso em: 08 abr 2024e.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. PIB cresce 2,9% em 2023 e fecha o ano em R\$ 10,9 trilhões. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/39303-pib-cresce-2-9-em-2023-e-fecha-o-ano-em-r-10-9-trilhoes>. Acesso em: 08 abr 2024f.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Produção Agrícola Municipal 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-producao-agricola-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em: 03 abril 2023.

IGARASHI, M. A. Aspectos do potencial econômico da piscicultura, contribuição e perspectivas da atividade para o desenvolvimento sustentável no Brasil. **Revista Unimar Ciências**, v. 28, n. 1-2, 2021.

JACCARD, P. The distribution of the flora in the alpine zone. **New Phytologist**, v. 11, p. 37-50. 1912. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1912.tb05611.x>. Acesso em: 2 jan. 2024.

JACCARD, P. Étude comparative de la Distribution Floraledansune piece des Alpes et des Jura. **Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles**, v. 37, p. 547–579. 1901.

JONES, L.; BROWN, K. Water reuse in agriculture: A review of practices and technologies. **Agricultural Water Management**, n. 251, 106498. 2020.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package “factoextra” for R: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. 2020. **R package version**, 1.0.7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>. Acesso em: 22 fev. 2024.

KHAN, M. R.; KHAN, M. A.; HASANUZZAMAN, A. F. M. Integrated fish farming: a sustainable approach of fish and rice cultivation in Bangladesh. **Aquaculture International**, v. 26, n. 1, p. 7-21. 2018.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: An R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1–18. 2008.

LE ROUX, B; ROUANET, H. **Multiple Correspondence Analysis**. Illustrated edition. v. 163. Londres: Sage. 2010.

LI, J.; YUAN, Z.; WU, Z.; SHI, W. Reuse of aquaculture effluents for crop irrigation: A review. **Water**, v. 11, n. 11, p. 2350. 2019.

LIMA, A. M. *et al.* Desenvolvimento Sustentável da Agricultura no Amapá: Perspectivas e Desafios. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, [S.l.], v. 8, n. 2, 2019. p. 45-58.

LOMBA, R. M.; DA SILVA, J. G. Os conflitos pela terra no Amapá: uma análise sobre a violência institucionalizada no campo. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 2, n. 2, p. 185-204, 2015.

LOMBA, R. M.; FILOCREÃO, A. S. M.; SILVA, I. C. Políticas de desenvolvimento territorial no sul do Amapá. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 13, n. 2, p. 271-284, 2020.

MARINI, J. A. Principais produções agrícolas dos estabelecimentos familiares do Estado do Amapá. **Boletim Técnico Científico**, Macapá: Embrapa Amapá, 2015.

MARTINS, J. P. Integração entre piscicultura e agricultura: Potencial e desafios no Amapá. **Pesquisa e Desenvolvimento Rural**, v. 12, n. 1, p. 67-78, 2019.

MEDEIROS, D. C. de. *et al.* Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/10389>. Acesso em: 21 mar. 2024.

MELO, J. *et al.* Produção e qualidade do BRS capiaçu em diferentes idades de corte fertirrigado com águas residuárias de piscicultura. **Agri-environmental sciences**. 9. 13. 10.36725/agries.v9i1.8344. 2023.

MENDES, C. R. Educação e capacitação para a integração entre piscicultura e agricultura. **Revista de Extensão Rural**, v. 4, n. 2, p. 101-113, 2019.

MICHIELSENS, C. G. J. *et al.* Asian carp farming systems: towards a typology and increased use efficiency. **Aquaculture Research, Amsterdam**, v. 22, n. 6, p. 403-413, 2002.

MOTA, C.; VASCONCELOS, A. G. G.; ASSIS, S. G. Análise de correspondência como estratégia para descrição do perfil da mulher vítima do parceiro atendida em serviço especializado. **Ciência & Saúde Coletiva** [online]. 2007, v. 12, n. 3, pp. 799-809. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232007000300030>. Acesso em: 22 fev. 2024.

NASCIMENTO, T. S. *et al.* Produção de mudas de pimentão irrigadas com efluentes de piscicultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.10, nº.1, p. 449 - 459, 2016 ISSN 1982-7679 (On-line). Fortaleza, CE, INOVAGRI.

NASCIMENTO, T. *et al.* Irrigação com efluente de piscicultura no cultivo de mudas de tomate. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. 10. 866-874. 10.7127/rbai.v10n400462. 2016.

NOBRE, J. G. A. **Irrigação com efluentes da piscicultura no cultivo da goiabeira em ambiente de semiárido**. 2013. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan**: Community Ecology Package. R PackageVersion 2.5-7. 2020. Disponível em: <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>. Acesso em: 25 jan. 2024.

OLIVEIRA, N. I. S. **A piscicultura no município de porto grande, estado do amapá: subsídios ao desenvolvimento local**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2017.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Conservação e uso racional de água: Integração aquícultura-agricultura. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: **Instituto Nacional do Semiárido**, p. 113-161, 2011.

OLIVEIRA, P. L. *et al.* Contribuição dos Cultivos de Melancia, Milho, Soja e Arroz para a Segurança Alimentar no Amapá. **Agrociência**, [S.l.], v. 7, n. 1, 2021. p. 78-91.

OLIVEIRA, N. I. S.; FLORENTINO, A. C. Avaliação socioeconômica dos piscicultores do município de Porto Grande, Amapá, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 31, 2018.

OLIVEIRA, R. M. "Agricultura familiar: uma importante fonte de emprego e renda nas áreas rurais. ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS RURAIS E URBANOS, **Anais ...** Brasília, DF, Brasil, 2017.

ORLANDI, V. P.; DAVID, J.; SILVA, W.T. L. Uso do jardim aquícola no tratamento e reuso da água de piscicultura. JORNADA CIENTÍFICA – EMBRAPA SÃO CARLOS. 14. **Anais...** 2022. Embrapa Instrumentação e Embrapa Pecuária Sudeste – São Carlos – SP – Brasil.

PACHECO, H.; RODRIGUES, L. N. Reuso de água de piscicultura na irrigação de melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.)) cultivada em sistema de produção de base ecológica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e29911326710, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.326710>.

PAULUS, D. *et al.* Água residuária de tilápia na produção de mudas de eucalipto. Sustentabilidade e responsabilidade social. Belo Horizonte: **Poison**, p. 33 – 41, 2018.

PEREIRA, E. F.; SANTOS, M. A. Benefícios do consumo de vegetais na alimentação diária. **Saúde & Nutrição**, v. 5, n. 1, p. 28-35. 2016.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos**: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2004.

PEREIRA, L. H. Impacto econômico da integração entre piscicultura e agricultura. **Economia Agrícola**, v. 14, n. 3, p. 145-157, 2019.

RAMOS, G. L. **Utilização de água residuária na irrigação da aveia preta. 2023**. 38 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2023.

R CORE TEAM (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 22 dez. 2023.

R CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 22 fev. 2024.

RÊGO, L. G. S. **Uso de efluente da piscicultura na produção de girassol ornamental**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do solo e água). - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

RIBEIRO, N. *et al.* Resposta do capim tifton 85 a irrigação com água residuária de piscicultura e adubação. INOGRAVI INTERNATIONAL MEETING, III. **Anais...** <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a405>.

ROCHA, S. A. *et al.* Crescimento e nutrição foliar de mudas de Eucalyptus sp. irrigadas com diferentes qualidades de água. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 37, n. 2, 2014. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.16808>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16808>. Acesso em: 21 mar. 2024. 2014 ou 2013

RODRIGUES, A. S. Recomendações para a pesquisa e desenvolvimento da integração entre piscicultura e agricultura no Amapá. **Ciência e Desenvolvimento Regional**, v. 11, n. 4, p. 88-100, 2020.

ROSA, D. K. O. F. *et al.* Aproveitamento do resíduo de tanque de piscicultura na produção de mudas de mamoeiro em Rorainópolis. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 120–136, 2018. DOI: 10.24979/154. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/154>. Acesso em: 21 mar. 2024.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.

SALUSTIANO, C. M. **Água residuária da piscicultura e bioestimulante natural de algas marinhas na produção de mudas de tamarindeiro**. 2017. 23 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SANTOS, E. F. Sucesso da integração entre piscicultura e agricultura no Nordeste do Brasil. **Revista de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 56-68, 2020.

SANTOS, F. M.; OLIVEIRA, R. S. Nutritional and economic aspects of Citrullus lanatus cultivation in Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 11, n. 2, p. 87-95. 2019.

SANTOS, J. B. L. *et al.* Aumento na demanda alimentar populacional e implantação de compostagem como ação mitigadora e sustentável. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 4, n. 1, 2016.

SANTOS, R. R. V. **A piscicultura no contexto amazônico: evolução e especialização produtiva no Estado do Pará**. 2021. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

SÁTIRO, T. M. *et al.* Uso da água residuária de piscicultura como fertirrigação na forrageira zuri: avaliação do teor de proteína bruta. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2019, Uberaba, 29. **Anais eletrônicos**, Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/zootec-2019/trabalhos/uso-da-agua-residuaria-de-piscicultura-como-fertirrigacao-na-forrageira-zuri-ava?lang=pt-br>. Acesso em: 21 mar. 2024.

SÁTIRO, T. M.; ZACARDI, D. M.; DE ALMEIDA NETO, O. B. Reutilização do efluente de piscicultura para fertirrigação: uma alternativa ambiental e economicamente rentável. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 16, n. 1, p. 161-180, 2022.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva da tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para Discussão, 2017.

SERVOLO-FILHO, A.T. **Efeitos da reutilização de água da piscicultura no desenvolvimento da celosia plumosa**. 2021. 42 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SEMACE. 2018. **Shape** – Definições e Conversão. Disponível: <http://www.semace.ce.gov.br/2011/06/shape-definicoes-e-conversao/>. Acesso em: 3 mar. 2024.

SILVA, C. D. O papel do agronegócio brasileiro na balança comercial. **Revista de Economia Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 45-58, 2020.

SILVA, J. M. Agrião-d'água: Propriedades medicinais e culinárias. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p. 75-82. 2015.

SILVA, J. R. A. **Uso da Água do Cultivo de Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* Linnaeus (1758) na Fertirrigação de Alface (*Lactuca sativa* L. cv. Brida)**. 2017. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2017.

SILVA, R. A. Reciclagem de nutrientes na integração entre piscicultura e agricultura. **Nutrição de Solos**, v. 5, n. 3, p. 189-200, 2018.

SILVA, V. S. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Instituto Federal de Roraima e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Roraima, Boa Vista, 2019.

SILVA, K. K. S. **Arroz irrigado por gotejamento com água residuária da piscicultura**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023. doi:10.11606/D.11.2023.tde-13072023-171131. Acesso em: 21 mar. 2024.

SILVA, A. A. da. *et al.* Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 380-385, 2021.

SILVA, A. B.; OLIVEIRA, C. D. Importância do Consumo de Alimentos Ricos em Nutrientes para a Saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, v. 10, n. 2, p. 45-52, 2018.

SILVA, A. B. *et al.* Diversidade Agrícola do Amapá: Contribuições da Mandioca, Soja e Abacaxi. **Revista Brasileira de Agricultura Familiar**, [S.l.], v. 6, n. 3, 2019. p. 112-125.

SILVA, B. N.; GALVÃO, B. V. Os benefícios do cultivo de peixes na integração com a Agricultura irrigada. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, IV. **Anais...** 2019, Teresina-PI. Cointer-PDVAgro 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339144223_OS_BENEFICIOS_DO_CULTIVO_DE_PEIXES_NA_INTEGRACAO_COM_A_AGRICULTURA_IRRIGADA?enrichId=rgreq-d56035ef8cc61551e0b01960e7af7787-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMzOTE0NDIyMztBUzoxMTQzMTE4MTA5NTI5MDE4NEAxNjY3ODM1NjA3NTky&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf. Acesso em: 25 fev. 2024.

SILVA, F. P.; PEREIRA, A. B. Potencial Econômico do Tomate na Indústria Alimentícia Brasileira. **Revista de Economia Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 112-125, 2020.

SILVA, F. N. L. *et al.* Cultivo de organismos aquáticos: uma proposta de desenvolvimento rural na Ilha de João Pilatos, Ananindeua-Pará-Brasil. **Pubvet**, v. 11, p. 424-537, 2017.

SILVA, J. E. *et al.* Produção de mudas de moranga e abóbora irrigadas com água biossalina. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 10, n. 10, 2014. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1960>. Acesso em: 21 mar. 2024.

SILVA, J. R.; SANTOS, A. B.; OLIVEIRA, C. D. Reaproveitamento da água da piscicultura na agricultura: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 145-160, 2020.

SILVA, M.; COLEONE DE CARVALHO, A.; IGNÁCIO, N.; MACHADO, A.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.; VELINI, E.; MACHADO-NETO, J. As águas de abastecimento e de tanque de uma piscicultura em área de cultivo de cana-de-açúcar são tóxicas para organismos aquáticos, nas estações de inverno e primavera? *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, XII. **Anais...**, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290391888_AS_AGUAS_DE_ABASTECIMENTO_E_DE_TANQUE_DE_UMA_PISCICULTURA_EM_AREA_DE_CULTIVO_DE_CANA-DE-ACUCAR_SAO_TOXICAS_PARA_ORGANISMOS_AQUATICOS_NAS_ESTACOES_DE_INVERNO_E_PRIMAVERA. Acesso em: 21 mar. 2024.

SILVA, R.; SANTOS, P. Economic diversification and resilience in agricultural systems: A review. **Journal of Rural Studies**, v. 82, p. 72-85, 2021.

SIMOES, W. L. *et al.* Produtividade de beterraba submetida a frações de lixiviações com efluente salino da piscicultura. *In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM*, 24, 2014, Brasília, DF. Reservação e alocação da água para a agricultura irrigada. Brasília, DF: ABID, 2014. 1 CD-ROM.

SMITH, J.; JOHNSON, R.; WILLIAMS, A. Integration of aquaculture and agriculture: Opportunities and challenges. *Aquaculture Research*, v. 50, n. 3, p. 689-702, 2019.

SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. **Análise de Agrupamento Aplicada à Ciência Florestal**. Viçosa: SIF. 109 f. 1997.

SOUZA, A. C. M. **Fertilização do solo com efluente da piscicultura no cultivo de milho crioulo**. 2018. 100 f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido 2018.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*, v. 20, n. 43, 2021.

SOUZA, C. *et al.* Comportamento de mudas de *Bambusa vulgaris* schrad. ex j.c. wendl submetidas ao estresse hídrico e salino, utilizando água residuária da piscicultura. *Revista Ciência Agrícola*, v. 17, n. 7, 2019.

SOUZA, E. F.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, P. R. Práticas agrícolas sustentáveis e sua contribuição para a preservação do meio ambiente. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 13, n. 3, p. 78-91, 2018.

SOUSA, J. R. Cultivo de Arroz no Brasil: Uma Análise dos Sistemas de Produção. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 6, n. 2, p. 45-58, 2018.

SOUZA NETA, M. *et al.* Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. *Agroambiente On Line*, v. 7, n. 2. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/947>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SOUZA, T. B. Adaptação de práticas agrícolas no contexto do Amapá. *Estudos Regionais de Agricultura*, v. 13, n. 1, p. 77-88, 2020.

TAVARES-DIAS, M. Piscicultura continental no estado do Amapá: diagnóstico e perspectivas. *Embrapa Amapá-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Infoteca-E)*, 2011.

TESTOLIN, G. *et al.* Avaliação da alface hidropônica usando água de piscicultura misturada com diferentes porcentagens de soluções nutritivas. *bioenergia em revista: diálogos*, ano 3, n. 1, p. 23-34, jan./jun. 2014.

THANG, T. C. *et al.* Reuse of fish farm effluent for agriculture: Case study of a tilapia farm in Vietnam. *Aquaculture Research*, v. 50, n. 6, p. 1698-1706, 2019.

TIVELLI, S. W. *et al.* **Beterraba**: do plantio à comercialização. Campinas: **Instituto Agrônomo**. 2011.

TOLEDO, J. J. *et al.* Avaliação do impacto ambiental causado por efluentes de viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta – Mato Grosso. **Revista do Programa de Ciências Agro-ambientais**, Alta Floresta, v. 2, n. 1, p.13-31, 2003.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018**: soluções baseadas na natureza para a gestão da água. Paris, UNESCO, 2018.

XAVIER, J. R. M. **Cenário da agricultura irrigada no Estado do Amapá**. 2021. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Irrigação e Gestão de Recursos Hídricos) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Macapá, 2021.