
Reuso da água na agricultura irrigada: efluentes da piscicultura e fertirrigação

Vinicius Sabadim Saraiva, Maurício Novaes Souza, José Carlos Venâncio da Páschoa, Josemar Braga Senna, Pedro Pierro Mendonça, Simone Wellita Simão de Carvalho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Vinícius de Freitas Mateus, Geisa Corrêa Louback, Fernanda Pereira Soares Carias

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c9>

Resumo

A agricultura, como é conhecida nos dias atuais, modificou-se e modernizou-se com o passar dos anos. Adubos químicos, novas tecnologias e maquinários surgiram para satisfazer e suprir a necessidade de produção e representa altos custos para os produtores. Tais condições provocam inúmeras ameaças à sustentabilidade dos agroecossistemas e alto consumo de água para irrigação: com o passar do tempo, sem manejo adequado, deixa o solo infértil e provoca a lixiviação desses produtos químicos para os cursos hídricos e lençóis freáticos, sendo também prejudiciais à saúde humana. O sistema de irrigação pode ser utilizado como meio de transporte para fertilizantes, processo denominado como fertirrigação, potencializado a fertilização do solo e tornando o cultivo mais eficiente. Uma alternativa para a mitigação e melhoria do uso da água é o seu reuso - os efluentes da aquicultura são uma excelente alternativa para uso na agricultura, posto que utilizada na fertirrigação, traz grandes benefícios para o solo: fornece nutrientes para as plantas, aumenta a biodiversidade de microrganismos, evita o despejo desta água no ambiente, evitando impactos ambientais, como a eutrofização dos rios e a introdução de espécies exóticas de peixes na fauna vizinha, além da redução do custo de produção. O objetivo do presente trabalho é avaliar o aproveitamento dos efluentes da piscicultura via fertirrigação para reuso na propriedade como estratégia para fomentar a agricultura irrigada no Brasil.

Palavras-chave: Agroecossistemas. Fertirrigação. Recuperação de áreas degradadas. Recursos endógenos. Sustentabilidade.

1. Introdução

A água é um bem indispensável às formas de vida animal, vegetal e humana, graças à complexidade de processos ecológicos que integra. Devido as diferentes potencialidades de seu uso e aplicações, sua importância é universal. De toda a água existente merece destaque a água doce, já que a mesma se encontra numa fração de apenas 2,5% de todo recurso hídrico disponível no globo (NELSON, 2017). Levantamentos realizados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2017) apontam que a agricultura é a principal usuária dos recursos hídricos disponíveis: uma média de 70% do consumo mundial.

Em passado recente, de acordo com Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009), a utilização da irrigação era uma opção técnica de aplicação de água que visava principalmente a luta contra a seca: a implantação do Projeto Jaíba no Norte de Minas é um bom exemplo – sem manejo adequado, inúmeros impactos ocorreram. Atualmente, a irrigação está no foco do agronegócio, inserindo-se em um conceito mais amplo de agricultura irrigada, sendo uma estratégia para aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável, preservando o meio ambiente e criando condições para manutenção do homem no campo, por meio da geração de empregos e renda permanentes e estáveis.

Para atingir tais objetivos, a irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura com adequados manejos dos recursos naturais. Portanto, devem ser levados em conta os aspectos de sistemas de plantios, de possibilidades de rotação de culturas, de proteção dos solos, de fertilidade do solo, de manejo integrado de pragas e doenças, da mecanização, perseguindo-se a produção integrada e a melhor inserção nos mercados.

O fato é que a agricultura atual é resultante de um processo de evolução que a modificou e modernizou com o passar dos anos. Novos meios de cultivo e culturas foram criados, adubos químicos, novas tecnologias e maquinários surgiram para satisfazer e suprir a necessidade de produção. Contudo, um fator de produção que sempre será utilizado na agricultura é a água.

Indispensável à agricultura irrigada, a adição de água aos cultivos remonta os primórdios da própria prática de cultivo do solo, sendo utilizada pelos Assírios, Caldeus e Babilônios desde 4.500 a.C (INSTITUTO ÁGUA SUSTENTÁVEL, 2018). Nos dias atuais, têm-se diversas formas de irrigação, seja por aspersão, pivô central, microaspersão ou gotejamento, que são utilizadas de acordo com a disponibilidade de água, dos recursos financeiros ou em função da demanda de cada cultivo. De acordo com Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009), grandes agrupamentos que há mais de 4.000 anos se fixaram às margens dos rios Huang Ho e Lang-tse-Kiang, no vasto império da China, no Nilo do Egito, no Tigre e Eufrates da Mesopotâmia e no Ganges da Índia, surgiram e se conservaram graças à utilização de seus recursos hídricos e hidráulicos.

Em decorrência de riscos associados à imprevisibilidade das precipitações, nos últimos anos tem sido grande o interesse pela agricultura irrigada e pelos temas relacionados à engenharia e o manejo da irrigação: tal interesse tem aumentado a demanda por informações técnicas, principalmente por cuidados que ajudem a esclarecer os aspectos mais importantes sobre a escolha do método ou sistema de irrigação; os princípios de funcionamento e os cuidados com cada um deles; e os cálculos referentes à lâmina de irrigação, umidade do solo, métodos de manejo da água, infiltração da água no solo, evapotranspiração, entre outros.

Contudo, apesar dessa enorme importância da agricultura irrigada para a humanidade, o insumo primordial dessa técnica de produção, a água - um recurso finito e limitado - tem sofrido com a crescente demanda, das mais diversas origens, em um cenário de visível escassez futura. Assim, num cenário de mudanças climáticas, a irrigação representa uma poderosa ferramenta de gestão contra as incertezas de chuvas que afetam diversas regiões do Brasil e do mundo. Também, torna-se economicamente atraente no cultivo de alto rendimento: podem-se aplicar nutrientes e agroquímicos apropriados para explorar o potencial de variedades melhoradas.

Dentre as formas de irrigação, tem-se a fertirrigação convencional: utiliza a diluição de fertilizantes químicos ou mesmo de águas residuárias, para que se possa ter uma adição parcelada desses nutrientes para planta. Destaca-se que a água de reuso está em evidência nas últimas décadas devido à limitação dos recursos hídricos em algumas áreas de todo o Mundo (SANTOS, 2009).

Outra prática que tem se sobressaído nos últimos anos é o aumento da área de cultivo dedicada à aquicultura, fato que implica numa maior produção de organismos predominantemente aquáticos, tais como peixes e crustáceos. Devido à interferência do homem nesse processo produtivo, as águas de cultivo se tornam ricas em nutrientes derivados da alimentação destes animais, fato que enriquece o meio aquático, viabilizando-se potencialmente para seu reuso em plantios agrícolas (GOOLEY; GAVINE, 2003).

O objetivo deste capítulo foi analisar bibliograficamente o reuso de efluentes da piscicultura em sistema de fertirrigação dentro da própria propriedade visando a redução de custos, bem como estratégia para fomentar a agricultura irrigada no Brasil.

2. Agricultura convencional e irrigação

A produção de alimentos nos últimos dois séculos tem mostrado que a atividade agrícola pertence a um campo das atividades humanas que tem passado por grandes transformações – é fundamental que esteja associada à busca pela redução de custos e cuidados com o meio ambiente. Com o advento da agricultura moderna nos anos da década de 1950, o homem passou a intervir cada vez mais no ambiente natural, fazendo uso de um pacote tecnológico pautado no uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas, adubos minerais solúveis e uma grande variedade de agrotóxicos (ASSIS; ROMEIRO, 2002).

A adoção destas técnicas tinha a finalidade de produzir quantidades elevadas de alimentos para suprir a necessidade e demanda de alimentos em face do aumento da população mundial e, assim, acabar com a fome no mundo. Esta forma de produzir, modelo de produção convencional, tornou-se um modelo para os agricultores: a denominada Revolução Verde (RV) (BARBOZA et al., 2012).

Segundo Primavesi (1997), à RV não foi implantada para produzir mais alimentos ou ser segura, mas para submeter a agricultura à lógica de mercado. Assim, a RV não supriu a falta de alimento: sabe-se que milhares de pessoas passam e morrem de fome e subnutrição diariamente em todo o mundo. A agricultura convencional no Brasil, que foi proposta pela RV, é altamente degradante. Pauta-se no uso de grandes áreas para produção via monocultivo,

necessita de um grande aporte de insumos externos (fertilizantes químicos, agrotóxicos e antibióticos) que apesar de terem papel fundamental nesse modelo de produção, causam uma série de impactos socioambientais e geram externalidades negativas.

Souza *et al.* (2012) ressaltam: se por um lado a utilização destes insumos proporciona aumento da produção agrícola, por outro representa altos custos para os produtores, o que acarreta em endividamentos e redução das pequenas propriedades, favorecendo a formação de latifúndios. Assim, à medida que grandes áreas são cultivadas no modelo convencional de produção, o alto consumo de água para irrigação provoca, com o passar do tempo em áreas onde não se pratica o manejo correto dessa atividade, a lixiviação de nutrientes solúveis e agroquímicos para os cursos hídricos e lençóis freáticos - altamente prejudiciais à saúde humana (Figura 1).



Figura 1. Área com vegetação ciliar degradada e rio assoreado. Fonte: Arquivo do autor (2020).

De acordo com os dados da *Food and Agriculture Organization (FAO)*, o consumo de água pela agricultura no Brasil chega a 70% do total consumido (FAO, 2017). Com essa alta taxa de uso e a possível contaminação dos recursos hídricos por intermédio das práticas agrícolas degradantes, é cada vez mais necessário que se tenha uma melhor utilização desse recurso.

Atualmente, para atender aos novos conceitos e demandas de um consumidor cada vez mais exigente e consciente da necessidade de proteger o ambiente, surge o conceito de Agricultura Irrigada Sustentável, que é definida como:

[...] práticas agrícolas que atendam às necessidades sociais atuais e futuras por alimentos e por fibras; que permitam a manutenção dos serviços ambientais dos ecossistemas e que possibilitem uma vida saudável para agricultores e para os consumidores. Mas, igualmente importante, que permitam que tudo isso seja alcançado, de forma ética, por meio da maximização do benefício líquido para a sociedade, sempre considerando todos os custos e benefícios atrelados a essas práticas (FAO, 2017).

Como na agricultura, a aquicultura tem seu modelo de produção altamente tecnificado. Utilizam-se grandes áreas de lâmina d'água com alta densidade de espécies e é alta a dependência de insumos externos para que possa ser economicamente viável. Devido à alta densidade de estocagem e grande quantidade de ração utilizada, o efluente da piscicultura pode ser uma fonte poluidora de corpos hídricos quando descartado de forma incorreta: a elevada concentração de nitrogênio e fósforo presentes pode causar a sua eutrofização. Esses nutrientes, presentes na água de descarte da piscicultura, podem ser utilizados para irrigação de diversas culturas, favorecendo o crescimento das plantas (Figura 2).

A crescente necessidade de aumento da produtividade como fator desencadeador da redução dos preços dos produtos, fez com que o sistema produtivo adotasse um modelo de produção de alimentos que demandam elevadas quantidades de insumos externos, defensivos e fertilizantes químicos, e a prática da irrigação. São fundamentais para que se possa ter uma produção que seja viável do ponto de vista econômico. Contudo, tem-se observado a insustentabilidade desse modelo: faz-se necessário pensar em uma melhor forma de se produzir (Figura 3).



Figura 2. Área de café irrigada por gotejamento e pivô central. Fonte: Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009).

Com o reuso da água da aquicultura como ação “dentro da fazenda”, poder-se-á ter melhor aproveitamento dos recursos naturais utilizados nos processos produtivos. Há de se considerar que esse meio de produção convencional, devido às suas características, torna-se de alto custo, sendo inviável para os pequenos agricultores do modelo de produção familiar. Neste sentido, Silva (2019) aponta que o aproveitamento da água destinada a criação de peixes, que é rica em nutrientes, tornará a fertirrigação...

[...] uma solução sustentável para aliar o destino correto dos efluentes provenientes da piscicultura, com a redução do uso de fertilizantes químicos nas culturas agrícolas, tornando-as mais econômica, ambiental e socialmente viáveis (SILVA, 2019).

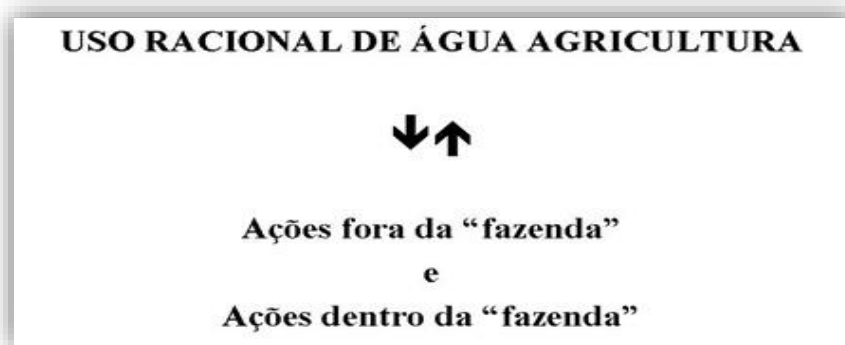


Figura 3. Uso racional de água na agricultura: ações “fora e dentro da fazenda”. Fonte: Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009).

3. Impactos ambientais da irrigação

A irrigação, quando praticada sem planejamento e com a ausência de manejo adequado, pode criar impactos ambientais adversos às condições físicas, químicas e biológicas do solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora, repercutindo, em alguns casos, de forma negativa nas condições socioeconômicas do irrigante ou, mesmo, da comunidade local.

Segundo Souza (2015), deve-se estar consciente de que o meio líquido apresenta duas características marcantes e peculiares, que caracterizam a qualidade da água:

- ✓ **Capacidade de dissolução** – além de ser formada pelos elementos hidrogênio e oxigênio, a água também pode dissolver uma enorme variedade de substâncias que lhe conferem características peculiares;
- ✓ **Capacidade de transporte** – tais substâncias dissolvidas às partículas que compõem essa massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição, estabelecendo-se assim, um caráter fortemente dinâmico para a qualidade da água.

A conjunção das capacidades de dissolução e transporte determina a qualidade da água de uma dada bacia hidrográfica, posto que os processos que ocorrem na bacia de drenagem de um dado corpo hídrico refletirão na qualidade final da água.

Por esses motivos, nos projetos de irrigação são imprescindíveis que sejam realizados, ainda na fase de planejamento, estudos coordenados e concomitantes relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e técnicos, para que as soluções e alternativas adotadas efetivamente tenham em si incorporadas medidas de redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

Para isso utilizam-se as metodologias de avaliação de impactos ambientais (AIA). A avaliação ambiental objetiva, essencialmente, fundamentar e aperfeiçoar os processos decisórios envolvendo atividades transformadoras, antrópicas ou não. A avaliação relacionada aos fatores ambientais está

fundamentada no que certas atividades econômicas podem estar promovendo, como alterações positivas ou negativas para o meio ambiente. Nesse sentido, é fundamental saber avaliar se é mais importante implantar essa atividade que promoverá alteração ambiental, ou não realizá-la e optar pela permanência do ambiente sem modificação, evitando soluções onerosas para esses problemas que surgiriam no médio e longo prazo (SOUZA, 2015; 2018; 2021).

Para Ferreira (1997), a concepção tecnológica de um projeto hidroagrícola passa pelas seguintes fases:

- ✓ Estudo de impacto ambiental (EIA) com o seu respectivo relatório (RIMA).
- ✓ Estudos hidrológicos (superficial e subterrâneo), preocupando-se com a qualidade e com a quantidade. Com relação à quantidade, há que se considerar que a quantidade não significa disponibilidade, posto que haverá necessidade da outorga do direito de uso da água, obtida nos órgãos estadual ou federal competente, dependendo do corpo d'água a ser utilizado. Maiores informações podem ser obtidas na Agência Nacional de Água (ANA), no site <www.ana.gov.br>.
- ✓ Estudo dos solos, da climatologia, da demanda energética, conservação de solo e água, sistemas de irrigação e controle da drenagem e outros, como: rede viária, armazenamento e mercado.

Por essas questões, o EIA com vistas a projetos hidroagrícolas deve atender à Lei de Política Nacional de Meio Ambiente, contemplando, no mínimo, as seguintes etapas: a) caracterização do empreendimento; b) diagnóstico ambiental da área; c) prognóstico ambiental da área; d) análise dos impactos ambientais diagnosticados e prognosticados; e e) definição de medidas mitigadoras dos impactos.

O Estudo de Impacto Ambiental tem as seguintes características: a) é prévio à licença ambiental; b) seu resultado vincula o órgão ambiental; c) é participativo, uma vez que está aberto ao envolvimento da comunidade; d) é formal, sem ser rígido; e e) é técnico (CONAMA 01/86).

De acordo com Bernardo (1997); Ana (2004); e Bernardo *et al.* (2019), são cinco os principais tipos de impactos ambientais negativos inerentes à irrigação:

- ✓ Modificações do meio ambiente.
- ✓ Salinização do solo, principalmente nas regiões mais secas.

- ✓ Contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos por carreamento de agroquímicos ou por drenagens superficial e subsuperficial.
- ✓ Consumo exagerado para uso múltiplo da disponibilidade hídrica da região, podendo causar sérios conflitos com outros setores.
- ✓ Problemas de saúde pública originados do aumento de populações de agentes transmissores de doenças, como mosquitos e caramujos.

Como medidas mitigadoras desses impactos ambientais, além do EIA, algumas ações de caráter técnico do projeto de engenharia e manejo podem ser recomendadas (ABIMAQ, 2002):

- ✓ Equipamentos: devem ser projetados e fabricados de forma a atender às normas de qualidade, além de serem adaptados às condições brasileiras;
- ✓ Dimensionamento dos sistemas de irrigação: devem estar adequados às necessidades da cultura e às condições da propriedade;
- ✓ Manejo da água: deve ser realizado racionalmente, atendendo às necessidades da cultura e às limitações do solo da propriedade; e
- ✓ Operação dos equipamentos: deve atender às especificações de projeto e as técnicas de cultivo devem ser apropriadas à lavoura irrigada.

Dessa forma, fica evidente que o conhecimento técnico do projeto e uma avaliação prévia dos impactos ambientais podem reduzir ou, mesmo, evitar o seu aparecimento. Há de se considerar a importância e os benefícios da irrigação na produção de alimentos em seus aspectos socioeconômicos: favorece a fixação do homem no campo e promove o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro.

A experiência das diversas regiões brasileiras mostra grande entendimento por parte dos empresários irrigantes e de suas associações sobre a necessidade de uma agricultura irrigada sustentável e com respeito ao meio ambiente: serão os principais beneficiários de tal condição. Por sua vez, cobram a adoção de critérios mais claros, menos burocracia e prazos adequados para respostas às solicitações realizadas, de maneira que permita o desenvolvimento da agricultura irrigada que tantos benefícios têm trazido para o país.

4. Fertirrigação convencional

A água contida no sistema de irrigação pode ser utilizada como meio de transporte para fertilizantes, processo denominado como fertirrigação, aperfeiçoando a fertilização do solo e tornando o cultivo mais eficiente (NUNES, 2018). Esse modelo de irrigação tem como base a diluição de fertilizantes em água de acordo com a necessidade de cada cultura agrícola a ser irrigada. Ocorre de forma parcelada para a cultura, garantindo assim melhor distribuição e fornecimento de nutrientes durante o seu ciclo de cultivo (Figura 4).

O estudo feito por Campello *et al.* (2014) é um bom exemplo desse fornecimento parcelado e constante de nutriente para a planta. Analisando a frequência de fertirrigação com o nitrogênio para o cultivo de melão no nordeste do estado do Ceará, puderam observar que a produtividade comercial aumentou linearmente com o maior parcelamento do nitrogênio. Concluíram que o seu parcelamento interferiu na eficiência do suprimento deste nutriente para a planta e que a frequência diária da fertirrigação foi a que apresentou o manejo mais eficiente e a melhor rentabilidade para o produtor.



Figuras 4. Sistema utilizado na fertirrigação. Fonte: Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009).

Por ser uma irrigação pontual e próxima à base da planta, a irrigação por gotejamento destaca-se dos demais métodos de irrigação por sua alta eficiência e uniformidade, além de ser um sistema de alta versatilidade: pode ser instalado em diversas formas e tamanhos de áreas. Jimenez-Bello *et al.* (2011) afirmam que a irrigação por gotejamento possibilita a aplicação simultânea de água e fertilizantes em um mesmo sistema de distribuição. Em sistema de produção agroecológica e, ou, orgânica, deve ser um dos sistemas priorizados, em função da economia de água e de recursos.

Mantovani; Bernardo; Palaretti (2009) também enfatizam que comparada aos outros sistemas de fornecimento de fertilizantes às plantas, a fertirrigação otimiza o seu uso: tem boa uniformidade de aplicação, principalmente com o uso de sistema por gotejamento. Apresenta assim, diversas vantagens (SOUZA *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2015): a) menores perdas de fertilizantes por lixiviação e volatilização; b) fornecimento de água constante mantendo o solo na capacidade de campo (CC); e c) maior eficiência de aplicação de fertilizantes, já que são pontualmente aplicados próximos ao sistema radicular das plantas em pequenas dosagens durante todo o ciclo, sendo ajustado às necessidades das diferentes fases de cultivo das culturas.

4. Fertirrigação com efluente da piscicultura

Devido às mudanças climáticas e a diminuição da disponibilidade hídrica em todo o globo, é crescente a consciência sobre a importância do seu uso racional. Uma das alternativas para a mitigação e aperfeiçoamento do uso da água na produção agrícola é o seu reuso: contribui não apenas como fonte extra de água, mas também como fonte de nutrientes para o sistema solo-planta, podendo auxiliar no desenvolvimento da cultura agrícola (ARAUJO *et al.*, 2017).

A água da piscicultura é uma excelente alternativa para uso na agricultura. Quando é utilizada na fertirrigação traz grandes benefícios para o solo - fornecendo nutrientes para as plantas, aumentando a biodiversidade de microrganismos, além de evitar que esta água siga seu fluxo no ambiente, fato que evita impactos ambientais, como a eutrofização dos rios e introdução de espécies exóticas de peixes na fauna vizinha (SOUSA *et al.*, 2017).

Durante o ciclo produtivo de peixes, têm-se o acúmulo de resíduos nos viveiros e tanques de cultivo: são provenientes da adubação, das excretas dos peixes e do resto de ração não consumida. Isso torna o efluente da piscicultura rico em matéria orgânica (MO), fósforo (P), nitrogênio (N) e microrganismos, podendo ser altamente contaminante, causando a eutrofização de cursos hídricos quando descartado de forma inadequada. Porém, devido a essa alta concentração de nutrientes (Figura 5), torna-se uma boa fonte para ser utilizada na fertirrigação de diversas culturas - principalmente de hortaliças e vegetais de ciclo curto (ARAÚJO *et al.* 2017).

O reuso de água de cultivo na aquicultura promove a redução no impacto ambiental negativo que possivelmente seria causado se descartado de forma incorreta. Através da fertirrigação, este uso nobre dado à água por atividades como a piscicultura, promove melhor aproveitamento do recurso hídrico com sua reutilização, resultando da diminuição do uso de adubos químicos na produção. Sua integração com a agricultura promove o cultivo de base ecológica, uma vez que não há o descarte e sim o aproveitamento da água em cultivos na propriedade rural. Isso possibilita ao agricultor familiar uma nova fonte de renda e alimento (ARAÚJO *et al.*, 2017).

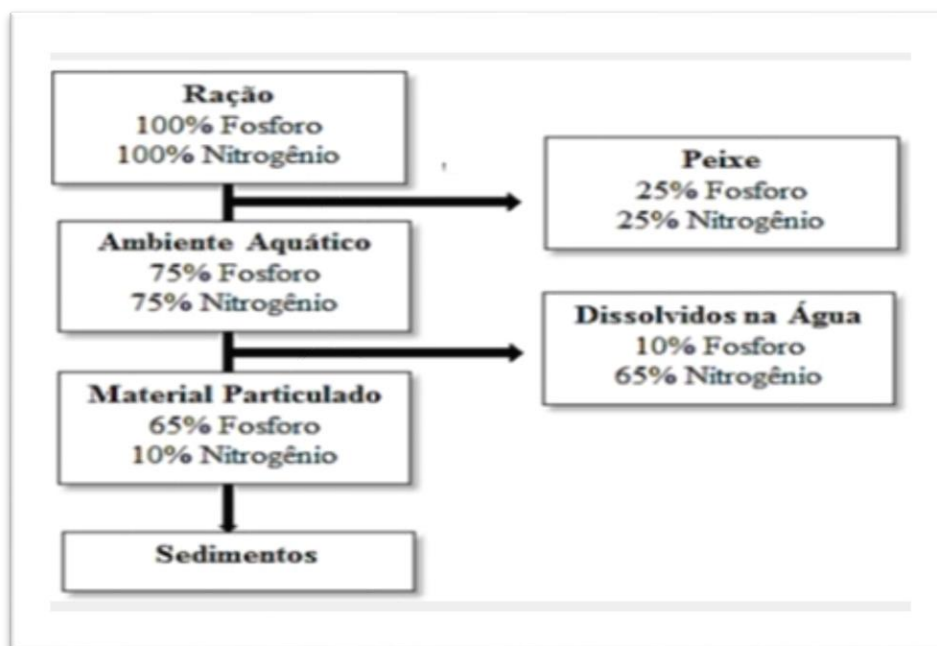


Figura 5. Fluxograma mostrando como é formado os sedimentos em tanques de piscicultura com conversão alimentar de 1:1,5. Fonte: Berghein *et al.* (1991).

Assim, há necessidade de se implantar alternativas que auxiliem no reuso sustentável desse recurso hídrico bem como desses nutrientes, minimizando o impacto no meio ambiente decorrente do cultivo de peixes. Este reaproveitamento favorece a maximização do potencial econômico das pequenas e médias propriedades com a reutilização de insumos de produção já contidos em seu sistema (SILVA, 2017).

Um estudo feito por Sousa *et al.* (2017) teve como objetivo incentivar o uso de técnicas agroecológicas pelo agricultor com o aproveitamento da água residuária da piscicultura para a irrigação. O experimento com o cultivo de melancia irrigada foi feito no período de pouca chuva, utilizando água do viveiro de peixes e água do canal de abastecimento (açude) para a irrigação (testemunha). Foi utilizada a irrigação por gotejamento e composto orgânico proveniente da cama de aviário para adubação do solo.

Verificaram ao final do cultivo um aumento significativo no peso dos frutos irrigados com a água proveniente do viveiro de piscicultura. Possibilitou incremento de 66,8% no peso total de frutos produzidos, 40,3% no número de frutos e 21,6% no peso médio por fruto, quando comparados aos resultados obtidos com a irrigação realizada somente com a água do canal de abastecimento. Ou seja, verificou-se que é viável a produção de olerícolas integradas à piscicultura durante o período de estiagem, caracterizando um sistema de base ecológica.

Em outro estudo, Araújo *et al.* (2017) investigaram o cultivo de tomate cereja irrigado por gotejamento com água de poço e efluente da piscicultura, analisando a obtenção de incremento na produtividade dos frutos quando os mesmos foram irrigados com o efluente da piscicultura. Os resultados obtidos demonstraram que o peso e a qualidade ficaram de acordo com os padrões exigidos no mercado *in natura*. Assim, concluíram que o uso da água residuária é uma alternativa viável sobre o ponto de vista ecológico e econômico: foi possível dispensar o uso de produtos químicos para suprir as necessidades nutricionais da cultura.

Investigando o desenvolvimento de mudas de tomate cereja na região de Mossoró-RN, irrigado com efluente da piscicultura, Medeiros *et al.* (2013) constataram que o desenvolvimento das mudas foi superior quando usado o composto orgânico irrigado com efluente da piscicultura: indica que o substrato

comercial pode ser substituído pelo composto orgânico. O efluente da piscicultura se mostrou uma ótima alternativa para irrigação, reduzindo custos e impactos ambientais (MEDEIROS, 2013).

Silva (2017) avaliou o desenvolvimento de alface e pepino irrigados com efluente da piscicultura e água de poço, em relação ao tipo de adubo utilizado nas culturas (fertilizante comercial e composto orgânico). Observou-se que ao se adubar a cultura da alface com composto orgânico integrado à irrigação por gotejamento com efluente de piscicultura, os índices produtivos foram bem próximos. Para o pepino, o fertilizante químico e irrigação convencional foram muito superiores quando comparada com o composto orgânico irrigado com efluente da piscicultura. Porém, verificou-se que houve o incremento nutricional ao solo das leiras submetidas aos tratamentos com efluente de piscicultura.

Dessa forma, o uso do efluente de piscicultura na irrigação das hortaliças alface e pepino contribuíram para a ciclagem e disponibilização dos nutrientes na solução do solo, proporcionando melhorias na mineralização da matéria orgânica. O uso de composto orgânico combinado com a fertirrigação de efluente de piscicultura se apresentou como substituto viável à adubação química na cultura da alface cultivada em leiras a céu aberto (SILVA, 2017).

Em estudo realizado com milho crioulo, Souza (2018) avaliou o potencial do uso do efluente da piscicultura no cultivo de duas variedades de milho crioulo, Ibra e Milho Roxo. A escolha pelo milho crioulo se deve fato de ser bastante utilizado na agricultura familiar, sendo cultivado de forma variada na propriedade. Para consumo humano, venda ou para alimentação de animais, o uso da água residuária da piscicultura juntamente com a adubação de composto orgânico, torna-se uma ótima alternativa para irrigação e produção dessa cultura. Reduz o consumo de água, adubos químicos e aquisição de insumos externos. O milho produzido na propriedade pode servir de alimento para ração animal, tais como porcos e galinhas: os dejetos desses animais servirão para adubação do milho, fechando o ciclo de produção de forma mais ecológica - um dos princípios clássicos da economia circular. Souza (2018) verificou neste trabalho que o efluente da piscicultura foi capaz de promover um bom desenvolvimento das plantas, sendo viável o uso do efluente como fonte de fertirrigação para as variedades de milho estudadas.

Regô (2018) avaliou a influência da diluição do efluente da piscicultura em água de abastecimento no cultivo de girassol ornamental. O resultado da proporção de diluição não influenciou nas características comerciais do girassol, sendo positivo o uso do efluente para o bom desenvolvimento das plantas.

5. Fertirrigação e agroecologia

Os métodos de produção na aquicultura têm sido intensificados em resposta ao aumento da demanda por uma maior variedade disponível de carnes. A intensificação da produção de peixes quando conduzida de modo inadequado pode levar a um aumento do impacto ambiental em termos de produção de dejetos e uso de água. Uma alternativa cada vez mais presente para minimizar os impactos ambientais da aquicultura é o reuso da água, com vistas à racionalização deste recurso natural essencial e cada vez mais escasso em termos qualitativos.

São exemplos de sistemas de tratamento naturais e ambientalmente sustentáveis: a aplicação do efluente no solo, por meio da fertirrigação; áreas alagadas naturais (pantanosas) ou construídas; e aquicultura com produção de biomassa vegetal ou animal (sistemas aquapônicos). A utilização desta água, proveniente da piscicultura rica em nutrientes na agricultura irrigada, apresenta-se como uma solução sustentável para aliar o destino correto dos efluentes provenientes da criação de peixes. Ocorre a redução do uso de fertilizantes químicos na produção agrícola, minimizando o custo de produção da cultura, tornando-a mais sustentável.

Porém, 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, 2017). Quando se utilizam fontes de adubação sustentáveis, tais como os compostos orgânicos produzidos na própria propriedade, aliando o seu uso com a fertirrigação com efluente, reduzem-se significativamente o custo da produção e os danos ambientais (MEERT *et al.*, 2011).

A maioria dos resultados favoráveis a utilização de água de reuso apresentados na literatura é feita em nível experimental com condições controladas (casas de vegetação). Neste sentido, há falta de estudos de campo

aos níveis de produção em propriedades rurais, onde as condições e variáveis são mais presentes, o que tornaria os estudos mais próximos da realidade dos produtores.

Outro fator observado na literatura é o quanto a junção da adubação orgânica com o efluente da piscicultura é benéfica para diversos tipos de cultivares. Assim, essa integração da piscicultura com a agricultura é fundamental para o melhor aproveitamento de todos os recursos gerados em uma propriedade rural. Reduz o uso de insumos externos, principalmente os adubos químicos, promovendo maior variedade de alimentos produzidos e, principalmente, produzindo de forma mais ecológica: viável na esfera econômica, social e ambiental.

6. Sistema integrado para produção de alimentos

O “Sisteminha” Embrapa/UFU/FAPEMIG – Sistema Integrado para Produção de Alimentos – faz uso da piscicultura intensiva praticada em pequenos tanques construídos com: materiais diversos como papelão, plástico ou alvenaria, reduzindo os custos da implantação. A partir da recirculação dos nutrientes provenientes do tanque de peixes é possível obter um sistema de produção integrado e escalonado incluindo frutas, hortaliças, aves e pequenos animais (GUILHERME; SOBREIRA; OLIVEIRA, 2019).

Seu objetivo é o combate à fome a partir do uso de recursos existentes em seu entorno e um pequeno investimento. Não há compromisso com o mercado, tampouco a intenção de vender um produto para comprar outro; ou seja, a produção é para a família: ela é quem decide o que, quando e quanto cultivar (Figura 6).

De acordo com a Embrapa (2011), o “Sisteminha” constitui-se em um sistema integrado para produção de alimentos, desenvolvido para gerar segurança e soberania alimentar para seus usuários. O elemento central da solução tecnológica é a criação de peixes, em um tanque, com sistema de recirculação e filtragem. O tanque pode ser construído de forma artesanal, com materiais disponíveis na localidade (madeira, papelão, palha, pedra, pneu), de alvenaria, placas pré-moldadas ou outros materiais.

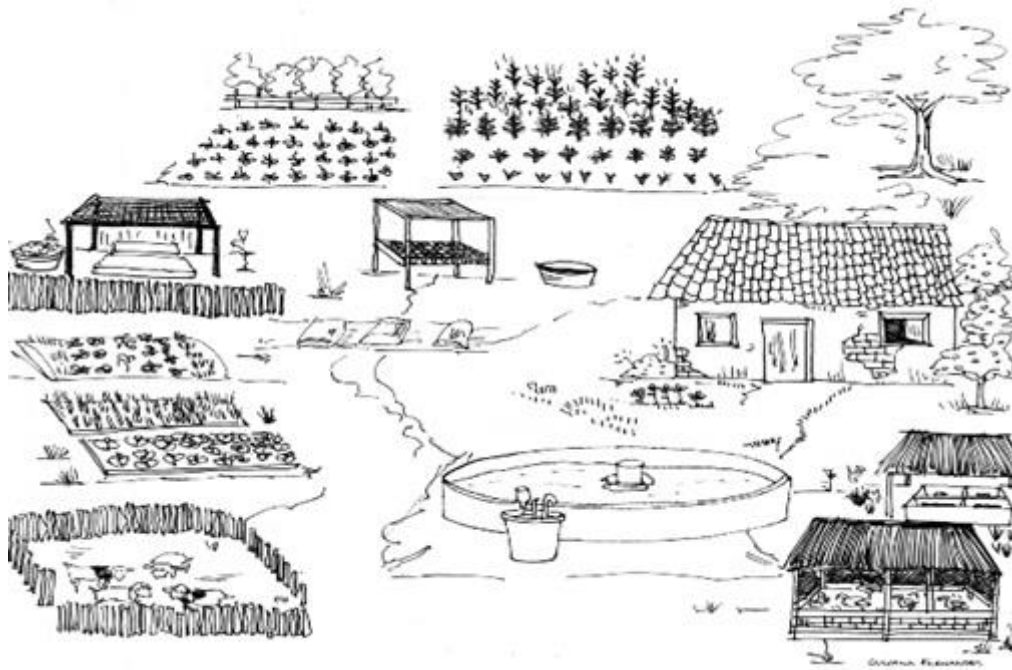


Figura 6. Modelo ilustrado do Sisteminha Embrapa - UFU - FAPEMIG. Fonte: Guilherme; Sobreira; Oliveira (2019).

O Sisteminha é composto por 15 módulos: 1. Produção de peixes; 2. Produção de ovos de galinhas; 3. Produção de frangos de corte; 4. Produção de minhocas; 5. Produção vegetal (carboidratos, hortaliças, chás e temperos; frutíferas e madeireiras); 6. Produção de composto; 7. Produção de ovos de codorna; 8. Produção de porquinhos da Índia; 9. Aquaponia; 10. Produção de larvas de moscas; 11. Produção de ruminantes; 12. Produção de suínos; 13. Biodigestor; 14. Sistema de tratamento de água potável; 15. Carvoaria artesanal. O “Sisteminha” tem como principais vantagens o baixo custo de investimento inicial (GUILHERME; SOBREIRA; OLIVEIRA, 2019).

O Sistema Integrado para Produção de Alimentos da Embrapa pode ser facilmente adaptado às necessidades, experiência, preferências do produtor e condições edafoclimáticas e de mercado local. Além disto, é apropriada para pequenos espaços (a partir de 100 m² em áreas urbanas e rurais), sendo dimensionado para atender às necessidades nutricionais de uma família de quatro pessoas, no atendimento às recomendações nutricionais da Organização Mundial da Saúde (OMS) (EMBRAPA, 2011). De acordo com

Guilherme; Sobreira; Oliveira (2019) esta tecnologia é fundamentada em quatro princípios:

- ✓ Miniaturização,
- ✓ Replicabilidade,
- ✓ Escalonamento da produção, e
- ✓ Segurança alimentar e nutricional.

O Sisteminha não é uma tecnologia isolada: mas um “pacote” de soluções tecnológicas integradas com muitas possibilidades de combinações. O módulo básico é a piscicultura e cada produtor adota os módulos disponíveis de acordo com seus interesses. A tecnologia se desenvolve aos moldes da inovação aberta, com a forte participação dos beneficiários moldando o desenvolvimento e evolução da tecnologia. Esta solução tecnológica foi desenvolvida pela Embrapa em parceria com outras instituições (EMBRAPA, 2011).

7. Considerações finais

O modelo de produção convencional resultante da revolução verde é altamente degradante. Utiliza grandes áreas de monocultivos, tem grande aporte de insumos externos, principalmente fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, além de um uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas, tornando terras inférteis e degradadas. Além disto, há de se levar em consideração o elevado custo de produção e o balanço energético negativo, em diversas situações, dado o uso excessivo de recursos exógenos ao sistema de produção.

Há de se conceituar, nos dias atuais, a nova dinâmica da irrigação: passou de uma estratégia de “*Luta contra a seca*” para uma visão integrada de “Agronegócio” com exigências de sustentabilidade e respeito ao meio ambiente, objetivando também com esta parte, motivar e criar condições favoráveis para discussões futuras. A agroecologia pode se beneficiar dos novos sistemas de irrigação e dos modelos de gestão e manejo existentes – reduzem o uso de água e evita desperdícios e degradação.

A piscicultura, em parceria com a fertirrigação, contribui para o aproveitamento de seus efluentes ricos em matéria orgânica e nutrientes,

contribuindo para a fertilização do campo e permitindo a recuperação de áreas degradadas pela monocultura, tornando-as mais férteis. Além disto, pode-se associar positivamente a este reuso o aproveitamento dessas águas, que seriam lançadas em córregos e rios e que provocariam danos ambientais e poluição dos corpos hídricos, na preservação dos recursos hídricos.

A utilização dos efluentes da aquicultura e da piscicultura, águas ricas em nutrientes para a 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. Somado a este fato, por intermédio do ciclo de reuso dentro da própria propriedade, reduz-se a exploração dos recursos hídricos naturais.

Considerando o reuso das águas da aquicultura, que contribuirá para a redução dos custos e da poluição resultante do despejo inadequado das águas residuárias, é fundamental disponibilizar informações baseadas em critérios técnicos, ambientais, de infraestrutura e de disponibilidade hídrica, principalmente, para os pequenos agricultores de produção familiar.

8. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS – ABIMAQ. TESTEZLAF, R; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. 2002. 45 p.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **A situação de escassez de água no mundo**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 23 ago. 2004.

ALMEIDA, J. P. N. de *et al.* Production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings irrigated with fish farming wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 386-391, 2017.

ARAUJO, T. S.; ALMEIDA, A. S.; ARAÚJO, F. S.; FERREIRA, A. H. C.; PINTO, T. P. Produção e qualidade de tomates cereja fertirrigados com água residuária da piscicultura. **Revista Verde**, v. 12, n. 3, p. 392-396, 2017.

ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 6, p. 67-80, 2002.

BARBOSA, G. S.; MOURA, R. S.; BARBOSA, E. C. A.; LOPE, R. M. B. P. **Reaproveitamento do efluente da piscicultura de tanques como fertirrigação no setor agrícola do semiárido**, 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/73829264-Reaproveitamento-do-efluente-da-piscicultura-de-tanques-como-fertirrigacao-no-setor-agricola-do-semiarido.html>>. Acesso em: 27 out. 2020.

BARBOZA, L. G. A.; THOMÉ, H. V.; RATZ, R. J.; MORAES, A. J. Para além do discurso ambientalista: percepções, práticas e perspectivas da agricultura agroecológica. **Ambiência**. Guarapuava, v. 8, n. 2, p. 389-401, 2012.

BERGHEIN, A.; AABEL, J. B.; SEYMOUR, E. A. Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: International symposium on nutritional strategies in management of aquaculture waste. 1, Ontario. **Anais...** p. 88-95, 1991.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.) **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa, MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p. 79-88.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019. 545 p.

CAMPELO, A. R.; AZEVEDO, B. M.; NASCIMENTO NETO, JR.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; LIMA, R. H. Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira** v. 32, p. 138-144, 2014.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. S. B.; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 110, p. 44-50, 2006.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias.** Editores: BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANCA, G. K. Brasília, 2017. 243 p.

FERREIRA, P. A. Tecnologias aplicadas ao planejamento de projetos hidroagrícolas. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.) **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa, MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p. 191-207.

GOOLEY, G. J.; GAVINE, F. M. Introduction to integrated agri-aquaculture systems in Australia. In: GOOLEY, G. J.; GAVINE, F. M. (ed.) **Integrated agri-aquaculture systems - a resource handbook.** Kingston: Rural Industries Research and Development Corporation, 2003. p. 1-5.

GUILHERME, L. C.; SOBREIRA, R. dos S.; OLIVEIRA. **Sisteminha Embrapa - UFU - FAPEMIG: Sistema Integrado de Produção de Alimentos - Módulo1: tanque de peixes.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2019.

INSTITUTO ÁGUA SUSTENTÁVEL. **Porque o mundo precisa de água?** 2018. Disponível em:< <https://www.aguasustentavel.org.br/>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

JIMENEZ-BELLO, A. M.; MARTINEZ, F.; BOU, V.; BARTOLIN, H. Analysis, assessment, and improvement of fertilizer distribution in pressure irrigation systems. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 29, p. 45-53, 2011.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos.** 2a. edição. Viçosa-MG: UFV, 2009. 355 p.

MEDEIROS, D. C.; AZEVEDO, C. M. S. B.; MARQUES, L. F.; SOUSA, R. A.; OLIVEIRA, C. J. Qualidade de Mudas de Tomate em Função do Substrato e Irrigação com Efluente de Piscicultura. **Rev. Bras. de Agroecologia.** v. 8, n. 2, p. 170-175, 2013.

MEERT, L.; SOUZA, R. B.; ALBUQUERQUE, J. O.; PAULA, J. T.; JASSE, M. E.; RESENDE, F. V.; SILVA, G. P.; SOUSA, J. M. Produção orgânica de

cenoura com compostos orgânicos elaborados por leira estática aerada. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 4402-4407, 2011.

MEIRELLES, L.R.; RUPP, L.C.D. **Agricultura Ecológica: Princípios Básicos**. Dom Pedro de Alcântara: Cartilha do Centro Ecológico Ipê. 2005.

NELSON, R. A. R. R. A importância dos recursos hídricos e a organização administrativa para sua proteção. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**. Macapá, n. 9, p. 71-88, 2017.

NUNES, T. Z. **Controle de qualidade de irrigação e fertirrigação por gotejamento em horta urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel. 76p. 2018.

PENA, R. F. A. Formas de degradação do solo. **Revista Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/formas-degradacao-solo.htm>>. Acesso em: 27 out. 2020.

PRIMAVESI, A. **Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura**. São Paulo, SP: Nobel, 1997.

REGÔ, L. G. S. **Uso do efluente da piscicultura na produção de girassol ornamental**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo e da Água, Universidade Federal do Semiárido – UFERSA, Mossoró-RN, 49 p. 2018.

SANTOS, F. J. S. **Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão vigna**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, p. 230-241, 2015.

SILVA, V. S. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. Dissertação (Mestrado em

Agroecologia) - Universidade Estadual de Roraima-UERR, Boa Vista-RR, 95 p. 2019.

SOUSA, A. S.; PACHECO, H.; AMORIM, E. M. Experiência agroecológica com um agricultor familiar da Vila Jessé - Bragança/PA. Cadernos de Agroecologia. **Anais...** VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v. 13, n. 1, 2018.

SOUZA, A. C. M. **Fertilização do solo com efluente da piscicultura no cultivo de milho crioulo**. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo e da Água, Universidade Federal do Semiárido – UFERSA, Mossoró-RN, 103 p. 2018.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Novas Edições Acadêmicas/SIA *OmniScriptum Publishing*: Brivibas gatve 197, LV-1039, Riga, Letônia, União Europeia, 2018. 364 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133p.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133p.

SOUZA, R. T. M.; VERONA, L. A. F.; FACHINELLO, M.; MARTINS, S. R. Insumos em agroecossistemas familiares com produção de base ecológica na região oeste de Santa Catarina. **Anais...** Workshop Insumos Agricultura Sustentável, Santa Catarina - SC, p. 1-6, 2012.

SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 846-854, 2012.

Autores

Vinicius Sabadim Saraiva, Maurício Novaes Souza, José Carlos Venâncio da Páschoa, Josemar Braga Senna, Pedro Pierro Mendonça, Simone Wellita Simão de Carvalho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Vinícius de Freitas Mateus, Geisa Corrêa Louback, Fernanda Pereira Soares Carias

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500- 000, Alegre-ES, Brasil.

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br