



**Avaliação da água residuária da piscicultura e adubação na produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)**

**Evaluation of wastewater from fish farming and fertilization in cowpea (*Vigna unguiculata*) production**

**Evaluación de aguas residuales provenientes de piscicultura y fertilización en la producción de caupí (*Vigna unguiculata*)**

DOI: 10.55905/revconv.18n.4-188

Originals received: 3/7/2025

Acceptance for publication: 4/2/2025

**Francisco José de Seixas Santos**

Doutor em Irrigação e Drenagem

Instituição: Embrapa Meio Norte

Endereço: Parnaíba – Piauí, Brasil

E-mail: Francisco.seixas@embrapa.br

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-8112-9003>

**João Avelar Magalhães**

Doutor em Zootecnia

Instituição: Embrapa Meio Norte

Endereço: Parnaíba – Piauí, Brasil

E-mail: joão-avelar@embrapa.br

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0270-0524>

**Elenise Gonçalves de Oliveira**

Doutora em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Fortaleza – Ceará, Brasil

E-mail: elenisego@yahoo.com.br

Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-3648-5487>

**Hans Raj Gheyi**

Doutor em Ciências Agronômicas

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: Campina Grande – Paraíba, Brasil

E-mail: hgheyi@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1066-0315>



**Aderson Soares de Andrade Júnior**

Doutor em Irrigação e Drenagem  
Instituição: Embrapa Meio Norte  
Endereço: Teresina – Piauí, Brasil  
E-mail: [aderson.andrade@embrapa.br](mailto:aderson.andrade@embrapa.br)  
Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0619-1851>

**Valdemício Ferreira de Souza**

Doutor em Irrigação e Drenagem  
Instituição: Embrapa Meio Norte  
Endereço: Teresina – Piauí, Brasil  
E-mail: [valdemicio.sousa@embrapa.br](mailto:valdemicio.sousa@embrapa.br)  
Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-3332-2319>

**Braz Henrique Nunes Rodrigues**

Doutor em Irrigação e Drenagem  
Instituição: Embrapa Meio Norte  
Endereço: Parnaíba – Piauí, Brasil  
E-mail: [braz.rodrigues@embrapa.br](mailto:braz.rodrigues@embrapa.br)  
Orcid: <http://orcid.org/0000-000-0094-6333>

**Newton de Lucena Costa**

Doutor em Produção Vegetal  
Instituição: Embrapa Roraima  
Endereço: Boa Vista – Roraima, Brasil  
E-mail: [newton.lucena@yahoo.com.br](mailto:newton.lucena@yahoo.com.br)  
Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6853-3271>

**RESUMO**

A utilização de águas residuárias urbanas e rurais pelo setor primário tem aumentado consideravelmente em várias partes do mundo, com o propósito de reduzir a quantidade de água doce necessária para irrigar lavouras, moderar o uso de fertilizantes e reduzir o descarte nos corpos de água. Avaliou-se a produtividade do feijão-caupi sob adubação e irrigação com água residuária da criação de tilápias. Utilizou-se o feijão-caupi cultivar BRS Guariba irrigado por gotejamento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, em que os tipos de água de irrigação (água do rio Parnaíba - ARP e água residuária da criação de tilápias - ARCT) constituíram as parcelas principais, enquanto as doses de adubos de N + P (6,6 + 13,2; 13,2 + 26,4 e, 20,0 + 40,0 kg/ha de N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), as subparcelas. As características morfofisiológicas e a produtividade do feijão-caupi não foram afetadas pela água residuária, enquanto a adubação melhorou as características morfofisiológicas. Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido este experimento, conclui-se que a irrigação com água residuária da criação de tilápias, associada às adubações fosfatada e nitrogenada, pode ser utilizada na produção do feijão-caupi, potencializando o uso múltiplo dos recursos hídricos como alternativa técnica e ambientalmente viável para a produção integrada da cultura.

**Palavras-chave:** produtividade de grãos, tilápia, sistemas integrados, uso múltiplo da água.



### ABSTRACT

The use of urban and rural wastewater by the primary sector has increased considerably in several parts of the world, with the aim of reduce the amount of freshwater needed to irrigate crops, moderating the use of fertilizers and reducing discharge into water bodies. The productivity of cowpea under fertilization and irrigation with wastewater from tilapia farming was evaluate. Cowpea cultivar BRS Guariba was use and irrigated by drip irrigation. The experimental design was randomized blocks, in a split-plot scheme with four replications, where the types of irrigation water (water from the Parnaíba River - WPR and wastewater from tilapia farming - WWTF) constituted the main plots, while the doses of N + P fertilizers (6.6 +13.2; 13.2 + 26.4 and 20.0 + 40.0 kg/ha of N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) constituted the subplots. The morphophysiological characteristics and productivity of cowpea were not affect by wastewater, while fertilization improved the morphophysiological characteristics. In the edaphoclimatic conditions in which this experiment was conducted, it was concluded that irrigation with wastewater from tilapia farming, associated with phosphate and nitrogen fertilization, can be used in cowpea production, enhancing the multiple use of water resources as a technically and environmentally viable alternative in the integrated production of the crop.

**Keywords:** grain productivity, tilapia, integrated systems, multipurpose water.

### RESUMEN

El uso de aguas residuales urbanas y rurales por parte del sector primario ha aumentado considerablemente en varias partes del mundo, con el objetivo de reducir la cantidad de agua dulce necesaria para regar los cultivos, moderar el uso de fertilizantes y reducir los vertidos a los cuerpos de agua. La productividad del caupí se evaluó bajo fertilización y riego con aguas residuales del cultivo de tilapia. Se utilizó caupí cultivar BRS Guariba regado por goteo. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, en un esquema de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde los tipos de agua de riego (agua del río Parnaíba - ARP y aguas residuales del cultivo de tilapia - ARCT) constituyeron las parcelas principales, mientras que las dosis de fertilizantes N + P (6,6 + 13,2; 13,2 + 26,4 y 20,0 + 40,0 kg/ha de N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), las subparcelas. Las características morfofisiológicas y la productividad del caupí no se vieron afectadas por las aguas residuales, mientras que la fertilización mejoró las características morfofisiológicas. En las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó este experimento, se concluye que el riego con aguas residuales del cultivo de tilapia, asociado a fertilización fosfatada y nitrogenada, puede ser utilizado en la producción de caupí, potenciando el uso múltiple del recurso hídrico como alternativa técnica y ambientalmente viable en la producción integrada del cultivo.

**Palabras clave:** productividad de granos, tilapia, sistemas integrados, uso múltiple del agua.



## 1 INTRODUÇÃO

A água doce é, sem dúvida, o recurso mais importante para o sustento e avanço da humanidade. Esse recurso natural, cuja sustentabilidade ultrapassa todos os domínios sociais, econômicos e ambientais, o torna um bem único. Contudo, a escassez de água continua a ser uma preocupação global atual que requer atenção contínua (Mujtaba *et al.*, 2024), principalmente do setor primário, um dos principais consumidores de água doce do mundo, com destaque para a irrigação, que utiliza aproximadamente 70% dos recursos hídricos disponíveis, podendo chegar a 90% nas regiões áridas. Assim, a questão mais importante sobre o uso de recursos hídricos é minimizar a quantidade de água empregada na agricultura irrigada (Pedrero *et al.*, 2010; Çetin; Akalp, 2019).

Em muitas partes do mundo, a utilização das águas residuárias urbanas e rurais pelo setor primário tem aumentado consideravelmente, com o propósito de atenuar o gasto de água potável na irrigação das culturas agrícolas, além de reduzir a aplicação de fertilizantes e seu descarte no meio-ambiente (Pedrero *et al.*, 2010; Gatta *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2017; Tabatabaei *et al.*, 2020; Yerli *et al.*, 2023). Estimativas de 2004 indicaram que, em mais de 50 países, 20 milhões de hectares são irrigados com água residuária (Khalid *et al.*, 2018).

Focalizando o setor primário, além da irrigação, a piscicultura, apesar dos benefícios econômicos e sociais, também se destaca como grande consumidora de água potável e pelos danos causados ao meio ambiente. A atividade demanda grande quantidade de água, por exemplo, quase 50 m<sup>3</sup> de água doce são necessários para produzir 1 kg de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e mais de 100 m<sup>3</sup> de água para cada kg de truta (*Oncorhynchus mykiss*) (Cardoso *et al.*, 2021; Igarashi *et al.*, 2023). Além disso, é reportado que 8,6 a 52,2% da alimentação dos peixes é considerada resíduo na água de cultivo, com altas concentrações de carbono, de nitrogênio e de fósforo, que, quando descartados, resultam em sérios problemas ambientais (Ballester-Moltó *et al.*, 2017). Tais nutrientes descartados podem vir a substituir, em parte, os fertilizantes, uma vez que a atual capacidade global de produção de fertilizantes não consegue satisfazer a procura crescente, que aumentou seis vezes nos últimos 50 anos e continua a expandir-se em conjunto com as terras destinadas aos cultivos (Chojnacka *et al.*, 2020).

A piscicultura brasileira vem apresentando acentuado crescimento nos últimos anos. A produção de peixe aumentou 19,60% no período de 2017 a 2022, ultrapassando 860 mil toneladas



de cultivo no período, um acréscimo de 168.655 toneladas. Atualmente, o Brasil ocupa o quarto lugar na produção mundial de tilápia. A similaridade do ambiente brasileiro com os habitats naturais na África, somadas à rusticidade e precocidade e, principalmente, à grande aceitação da sua carne pelos consumidores, promoveu o sucesso da tilápia entre os criadores de todas as regiões do País (Fiuza, 2023). Em 2023, o Brasil produziu 579.080 toneladas de tilápias, o equivalente a 65,3% da produção total de pescados, ficando os peixes nativos com 29,7% ou 263.479 toneladas, enquanto as demais espécies representaram 5% (44.470 toneladas) (Ondei, 2024). A região Nordeste produziu 60.631,67 toneladas de tilápias, o correspondente a cerca de 10,47% da produção brasileira, cujos quatro maiores estados produtores (Pernambuco, Bahia, Alagoas e Ceará) foram responsáveis por 74,62% dessa produção (Ximenes; Vidal, 2023). Com base nas referências de Cardoso *et al.* (2021) sobre o uso da água, é possível inferir matematicamente que foram utilizados mais de 3 bilhões de m<sup>3</sup> de água nessa produção.

O feijão-vigna (feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-macáçar ou feijão-macassar), *Vigna unguiculata*, é a leguminosa de grão mais produzida no mundo, depois do feijão comum e do grão-de-bico (Ceritoglu; Erman, 2020). No Brasil, a cultura é explorada principalmente na região Nordeste, que é responsável por 63% da produção nacional. A cultura apresenta importante papel econômico e social por ser uma das principais fontes de proteína vegetal para as populações de baixa renda, podendo ser comercializada na forma de grãos secos, grãos ou vagens verdes e sementes. O feijão-caupi é cultivado principalmente em regime de sequeiro, em sistema de consórcio com outras culturas comuns à região, contudo, vem ocorrendo, ultimamente, uma expansão de sua área em cultivos comerciais em condição de irrigação. É importante destacar que, de acordo com Silva; Neves (2011), a produção em sequeiro é em média 40% inferior à irrigada. A produção e o consumo de feijão-verde representam mercado altamente promissor, tornando-se boa opção de emprego e renda para agricultores familiares e empresariais. A produção de grãos verdes apresenta grande potencial de aumento de consumo, bem como de processamento industrial, principalmente quando produzidos no período de entressafra, época em que o produto atinge os maiores preços no mercado (Melo *et al.*, 2017).

Nesse cenário, a integração agricultura-piscicultura surge como uma das alternativas racionais de utilização sustentável dos recursos hídricos, considerando-se a viabilidade de cultivar diferentes culturas com a mesma fonte de água, conforme reportaram Eid; Hoballah (2014), Oladimeji; Isah (2019), Soliman *et al.* (2020), Moursy *et al.* (2022) e Mechouma;



Mezerdi (2024). A integração da produção do feijão-caupi irrigado com o cultivo de tilápias vem sendo indicada como uma medida ambientalmente, socialmente e economicamente correta para atenuar o problema da escassez hídrica no Semiárido, devido à possibilidade de moderar o uso da água potável na irrigação de culturas agrícolas, além de mitigar os impactos ambientais causados pela piscicultura (Ahmed *et al.*, 2014; Limbu *et al.*, 2017).

A água residuária da criação de tilápias pode ser nutricionalmente insuficiente para incrementar a produção do feijão-caupi, necessitando da adição de adubos como nitrogênio (N) e fósforo (P). O N é indispensável ao desenvolvimento, crescimento vegetativo e produção das plantas (Rodríguez-Yzquierdo *et al.*, 2020). Na planta, o N desempenha papel estrutural, compondo aminoácidos, que formam as proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucleicos. Suas funções abrangem a absorção iônica, a fotossíntese, a respiração, além de contribuir para a replicação e diferenciação celular. É importante considerar que 3 a 55% do N aplicado no solo pode ser perdido por lixiviação, desnitrificação e volatilização (Pacentschuk *et al.*, 2014; Larios-González *et al.*, 2021). O P é primordial na formação das raízes, sementes e flores, e sua carência é capaz de impactar negativamente na produtividade das culturas agrícolas. Ressalta-se que, após o N, o P consiste no nutriente mais limitante ao crescimento das plantas. Essa limitação é atribuída à sua lenta difusão e rápida absorção do fosfato pelas plantas, o que ocasiona prontamente uma região desprovida de fosfato ao redor das raízes (Estrada-Ortiz *et al.*, 2011; Mixquititla-Casbis; Villegas-Torres, 2016). As plantas podem absorver P de duas maneiras diferentes: ortofosfato primário ( $H_2PO_4^-$ ) e ortofosfato secundário ( $HPO_4^{2-}$ ). Ademais, 5 a 25% do P é absorvido pelas plantas. Dependendo do pH do solo uma parte significativa pode torna-se fixa no solo e a quantidade restante pode ser lixiviada, causando degradação do solo e eutrofização da água (Oukaltouma *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2023).

Mediante o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do feijão-caupi irrigado com água residuária da criação de tilápias, associada à adubação com N e P, nas condições edafoclimáticas do Semiárido da região norte do Piauí.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 02/07/2008 a 19/11/2008 na Unidade de Execução de Pesquisa (UEP-Parnaíba) pertencente à Embrapa Meio-Norte, no município de Parnaíba, PI (03°05'S; 41°46'W e altitude de 46,8 m), situado na região de abrangência do Semiárido (SUDENE, 2022).

A caracterização da região na área de abrangência do Semiárido se deve, principalmente, ao período prolongado de estiagem ao longo do ano e ao solo predominantemente arenoso, com pouca retenção de água, além de as condições ecológicas locais pertencerem ao bioma Caatinga. Os dados meteorológicos referentes ao período experimental estão expostos na Tabela 1 e foram obtidos na estação agrometeorológica automática A308 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na UEP/Embrapa Meio-Norte.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do município de Parnaíba, PI, obtidos na estação do INMET/UEP-Parnaíba/Embrapa Meio-Norte, 2008.

Mês	Temperatura do ar (°C)			UR (%)	Vento (2 m) (m s <sup>-1</sup> )	INS (h)	EV (mm)		ETo(mm)		PP (mm)
	Méd	Máx	Min				EPI	ECA	EToCA	EToPM	
Jul.	27,2	32,5	21,9	73,5	1,22	254,8	114,7	160,3	133,7	127,3	50,8
Ago.	27,5	33,1	22	75,2	1,98	279,7	127,8	203,9	160,4	146,2	43,8
Set.	28,7	34,2	23,1	73,7	3,06	288,1	187,3	249,8	188,1	169,3	0
Out.	29,4	35	23,7	72,6	3,61	294,8	217,7	272,9	199,7	188,6	0
Nov.	29,1	34,1	24,2	74,5	3,81	282,8	216,8	263,3	195,8	177,4	0
Média	28,38	33,78	22,98	73,9	2,736	280,04	172,86	230,04	175,54	161,76	94,6

UR = umidade relativa do ar; Vento (2 m) = velocidade do vento a 2 m de altura; INS = insolação; EV = evaporação; EPI: evaporação medida no psicrômetro; ECA = evaporação do tanque Classe "A"; EToCA = evapotranspiração pelo método do tanque Classe "A"; EToPM = evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith; PP = precipitação pluviométrica.

Fonte: Dados da pesquisa

O solo da área experimental pertence à classe de Latossolo Amarelo Distrófico, de textura média, fase caatinga litorânea e relevo plano e suave ondulado (Melo *et al.*, 2004). As características químicas do solo do experimento, realizadas no Laboratório de Solos da UEP-Parnaíba, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, estão descritas a seguir, respectivamente: MO = 5,37 e 1,15 g/kg; pH (H<sub>2</sub>O) = 6,42 e 6,14; P = 6,60 e 3,20 mg/dm<sup>3</sup>; K = 0,12 e 0,07 cmol/dm<sup>3</sup>; Ca = 1,08 e 0,66 cmol/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,42 e 0,27 cmol/dm<sup>3</sup>; Na = 0,01 e 0,01 cmol/dm<sup>3</sup>; Al = 0,00 e 0,05 cmol/dm<sup>3</sup>; H+Al = 0,94 e 1,39 cmol/dm<sup>3</sup>; SB = 1,63 e 1,01 cmol/dm<sup>3</sup>; CTC = 2,57 e 2,40 cmol/dm<sup>3</sup>; V = 63,41 e 42,15%; e m = 0,00 e 4,72%.



Neste experimento foi utilizado o feijão-caupi cultivar BRS Guariba, irrigado com dois tipos de água. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, em que os tipos água de irrigação (água do rio Parnaíba - ARP e água residuária da criação de tilápias - ARCT) constituíram as parcelas principais, enquanto as doses de adubos de N+P (6,6 + 13,2; 13,2 + 26,4; e 20,0 + 40,0 kg/ha de N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), as subparcelas.

A área de cultivo (0,16 ha), foi preparada com uma aração e uma gradagem leve. A semeadura ocorreu dia 31/07/2008, com germinação de mais de 95%. O espaçamento utilizado foi 0,8 m entre linhas e, após a germinação, foi realizado desbaste, deixando-se cinco plantas por metro (0,20 m entre plantas), resultando em cem plantas por linha lateral, com um total de 10 mil plantas na área experimental. A parcela útil foi constituída por duas linhas de plantas centralizadas de 20 m (200 plantas), considerado-se bordadura as cinco plantas do início e as cinco plantas do final de cada linha, totalizando 180 plantas úteis. A separação entre as unidades experimentais e a área externa foi feita por uma linha de bordadura única. As plantas receberam os mesmos tratos culturais e fitossanitários, de acordo com as necessidades de controle de ervas daninhas, pragas e doenças.

Os fertilizantes foram aplicados na forma de ureia (23,8 g/linha; 47,5 g/linha; e 72,0 g/linha) e superfosfato simples (117,2 g/linha; 234,4 g/linha; e 355,2 g/linha). As doses de superfosfato simples foram distribuídas na fundação, enquanto as de ureia foram distribuídas por meio da técnica de fertirrigação.

Ao longo do cultivo do feijão-caupi, foram realizadas seis amostragens das águas utilizadas na irrigação para se conhecerem as concentrações de cátions e de ânions e de compostos nitrogenados e fosfatados, pH e condutividade elétrica (CE). As amostras foram coletadas no reservatório com água do rio Parnaíba (ARP) e no reservatório que recebia a água residuária da criação de tilápias (ARCT).

A ARCT foi originada de um sistema de cultivo de peixes constituído de 24 tanques de fibra de vidro ao ar livre, expostos à luz natural. Durante o experimento, cada tanque teve o volume de água mantido em 3 mil litros, com profundidade de 85 cm e espelho d'água de 3,53 m<sup>2</sup>. A densidade média de estocagem foi 42 peixes/m<sup>3</sup> e a taxa média de renovação diária da água dos tanques foi 500%. Os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada que apresentava 40, 35, 32 e 28% de proteína bruta (PB) e taxa alimentar de 5,0 a 2,5% do peso vivo



por dia, distribuída em quatro refeições diárias, de acordo com as várias fases de desenvolvimento dos animais.

O feijão-caupi foi irrigado por gotejamento, com emissores espaçados de 0,30 m ao longo da linha lateral e uma linha lateral por fileira de plantas. As linhas laterais, com diâmetro interno de 16 mm, foram curtas (20 m), propiciando pequena perda de carga e baixa variação da vazão dos emissores ao longo dela.

Para melhor controle da água aplicada no experimento, foram utilizados dois sistemas de irrigação e conseqüentemente dois cabeçais de controle. O cabeçal de controle para as unidades experimentais irrigadas com ARP foi constituído de um filtro de disco com capacidade de 15,0 m<sup>3</sup>/h (120 mesh), hidrômetro, ponto de injeção de fertilizantes para acoplamento de bomba injetora de acionamento hidráulico, manômetro, registro de esfera geral e quatro registros para o controle da aplicação de fertilizantes (tratamentos). No cabeçal de controle para as unidades experimentais irrigadas com ARCT, em razão de uma carga de resíduos elevada, que provocava rápido entupimento do elemento filtrante, foram utilizados dois filtros em paralelo com capacidade de 15,0 m<sup>3</sup>/h cada. Os outros equipamentos foram os mesmos descritos anteriormente.

Foram mensuradas as seguintes variáveis: número de folhas por planta (NFP - as folhas das duas plantas foram separadas e contadas manualmente), área foliar (AF - a área foliar das duas plantas, todas as folhas, foi determinada com auxílio do medidor integrador automático modelo LI-3100, calibração 10 cm<sup>2</sup>, e o resultado expresso em cm<sup>2</sup>), índice de área foliar (IAF - a relação entre a área foliar da planta e a área efetivamente explorada por ela no terreno cultivado), peso de cem grãos (PCG), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade de grãos (PG). As variáveis NFP, AF e IAF foram determinadas aos 53 dias após a germinação (DAG), com a retirada de duas plantas da segunda linha da parcela útil de cada unidade experimental. Para as variáveis PCG, NVP e NGV foram obtidas na forma verde, enquanto a variável PG foi determinada na forma verde e seca (13% de umidade).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012), para observação da existência ou não de interação tipos de água x adubação e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações de cátions e de ânions na ARP e na ARCT não apresentaram diferenças significativas entre os diversos parâmetros analisados (Tabela 2). Foi determinada uma razão de adsorção de sódio (RAS) média de  $1,91 \pm 0,15$  e de  $2,20 \pm 0,15$  para ARP e para ARCT respectivamente.

Tabela 2. Valores médios de cátions e de ânions da água do rio Parnaíba (ARP) e da água residuária da criação de tilápias (ARCT).

Parâmetro	Unidade	Fonte de água	
		ARP	ARCT
K <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,13 ± 0,03	0,12 ± 0,010
Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,51 ± 0,037	0,60 ± 0,164
Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,70 ± 0,158	0,65 ± 0,075
Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,48 ± 0,044	1,74 ± 0,113
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,11 ± 0,033	0,11 ± 0,033
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00	0,00
Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,97 ± 0,180	1,99 ± 0,169

Fonte: Dados da pesquisa

Os compostos nitrogenados determinados na água do Rio Parnaíba (ARP) apresentaram concentrações significativamente diferentes das estimadas no efluente da tilapicultura (ARCT) (Tabela 3). Esse resultado mostra que a quantidade de nitrogênio fornecida à cultura do feijão-caupi durante o experimento foi maior nos tratamentos irrigados com o efluente. Na mesma tabela também é mostrado que não houve diferenças significativas nas concentrações de ortofosfato, de pH e de CE, nas duas águas de irrigação (ARP e ARCT).

Tabela 3. Caracterização dos nutrientes da água do rio Parnaíba (ARP) e da água residuária da criação de tilápias (ARCT) durante ciclo de produção do feijão.

Parâmetro	Unidade	Fonte de água		Diferença (A1 – A0)
		ARCT	ARP	
Nitrito (a)	mg L <sup>-1</sup>	0,10	0,02	0,08*
Nitrato (b)	mg L <sup>-1</sup>	1,05	0,16	0,89*
Amônia (c)	mg L <sup>-1</sup>	0,06	0,02	0,04*
Soma (a+b+c)	mg L <sup>-1</sup>	1,21	0,20	1,01*
Ortofosfato	mg L <sup>-1</sup>	0,11	0,04	0,07 <sup>ns</sup>
pH	-	7,43	7,31	0,12 <sup>ns</sup>
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,25	0,19	0,07 <sup>ns</sup>

\* Significativo a 5% de probabilidade. ns Não significativo.

Fonte: Dados da pesquisa



A análise de variância não detectou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para o efeito isolado de águas e para a interação entre tipos de água e níveis de adubação sobre os parâmetros morfofisiológicos NFP, AF e IAF; entretanto o efeito da adubação com N + P foi significativo ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). O número de folhas é fundamental para o estabelecimento de vários índices fisiológicos das plantas. As folhas representam a maior quantidade da superfície total do dossel e a superfície principal para intercâmbio fisiologicamente ativo com a atmosfera. Processos como absorção de luz fotossintética, captação e assimilação de carbono, transpiração de água e emissão de compostos orgânicos voláteis são quase exclusivamente realizados por meio de superfícies foliares (Montoya-Restrepo *et al.*, 2017; Troiani *et al.*, 2017; Patil *et al.*, 2018). Assim, a mensuração dos parâmetros morfofisiológicos, como o NFP, a AF e o IAF é de grande importância no manejo agrônomo de plantas.

Tabela 4. Respostas das características morfofisiológicas do feijão-caupi cultivar BRS Guariba aos efeitos isolados da água residuária da criação de tilápias e da adubação com NP.

Tipo de água	Número de folhas por planta (NFP)	Adubação (kg/ha)	Número de folhas por planta (NFP)
ARP	69,28 a	6,6N + 13,2P	59,50 b
ARCT	67,33 a	13,2N + 26,4P	73,25 a
		20,0N + 40,0P	72,17 a
CV (%)		15,53	
	Área foliar (cm <sup>2</sup> )		Área foliar (cm <sup>2</sup> )
ARP	3.094,59 a	6,6N + 13,2P	2.572,95 b
ARCT	2.948,33 a	13,2N + 26,4P	3.282,97 a
		20,0N + 40,0P	3.208,46 a
CV (%)		16,62	
	Índice de área foliar (IAF)		Índice de área foliar (IAF)
ARP	1,93 a	6,6N + 13,2P	1,61 b
ARCT	1,84 a	13,2N + 26,4P	2,05 a
		20,0N + 40,0P	2,01 ab
CV (%)		16,62	

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

ARP = água do rio Parnaíba; ARCT = água residuária da criação de tilápias; N = nitrogênio; P = fósforo

CV = Coeficiente de variação

Fonte: Dados da pesquisa

Em casa de vegetação, Evangelista *et al.* (2017) não evidenciaram efeitos significativos nos parâmetros de crescimento do *Phaseolus vulgaris* cultivar do tipo Carioca variedade Madrepérola semeado num Latossolo Amarelo, irrigado com níveis de até 0 a 100% da ARCT em substituição à água de saneamento. Portanto, de maneira geral, os resultados apresentados



neste experimento sugerem que a utilização da água residuária pode ser uma alternativa viável para substituir integralmente as águas subterrâneas e/ou de rios na irrigação durante o desenvolvimento das plantas de feijão-caupi.

Os níveis de adubação afetaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o NFP, cujos maiores valores foram evidenciados com a aplicação de 13,2N + 26,4P kg/ha ou 20,0N + 40,0P kg/ha, estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ) e superior ao obtido com a aplicação de 6,6N + 13,2P (Tabela 4). Segundo Bonfim-Silva *et al.* (2011), o NFP também foi incrementado quando a leguminosa *Macrotyloma axillare* recebeu adubação com doses de 0 a 250 mg/dm<sup>3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, além da adubação básica com nitrogênio e potássio, 50 mg/dm<sup>3</sup> e 150 mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Informações similares foram registradas por Ribeiro *et al.* (2023) após adubação do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com doses crescentes de P (0; 333,33; 666,66 e 1.000 mg de superfosfato triplo/vaso) e de N (447,82 mg de ureia/vaso).

Para a AF, os maiores valores foram estimados com a aplicação de 13,2N + 26,4P kg/ha ou 20,0N + 40,0P kg/ha (Tabela 4). A AF representa a superfície vegetal com potencial para realizar o processo de fotossíntese (Montoya Restrepo *et al.*, 2017; Nahas *et al.*, 2019) e, quanto maior, maior a capacidade das plantas de produzir fotoassimilados. Em Botucatu, SP, como neste experimento, Zucareli *et al.* (2011) reportaram que a AF do feijoeiro (*P. vulgaris*) IAC Carioca Tybatã foi ampliada com a adubação fosfatada (30, 60, 90, 120 e 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na forma de superfosfato triplo. No mesmo trabalho, foram aplicados 10 kg/ha de N na forma de ureia, parcelados aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas.

A adubação promoveu efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) sobre o IAF, cujo maior valor (2,05) foi obtido com a aplicação de 13,2N + 26,4P kg/ha, não diferindo ( $p > 0,05$ ) do estimado com a aplicação de 20,0N + 40,0P (2,01) (Tabela 4). Esse resultado é inferior ao IAF considerado ideal, 3 a 3,5 (Cardoso *et al.*, 2017). Bastos *et al.* (2011) encontraram valores máximos de IAF que variaram de 3,60 a 4,99 para o feijão-caupi cultivar Guariba, irrigado e adubado com 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 20 kg/ha de N. O IAF acima de 3 representa para o feijão-caupi máximo desenvolvimento do dossel, possibilitando maior interceptação de luz solar, resultando em maior taxa fotossintética líquida. O IAF é um parâmetro adimensional, definido como a razão entre a área foliar de uma planta ou população de plantas e a área de solo por ela ocupada. Além de expressar a superfície assimiladora de CO<sub>2</sub> (Carvalho *et al.*, 2011), funciona como indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz (Peixoto *et al.*, 2011). O IAF pode



ser considerado como parâmetro-chave da estrutura da vegetação nos campos da agricultura, da silvicultura e da ecologia (Guangjian *et al.*, 2019). O IAF pode variar conforme a espécie da planta, o ambiente, a população, a variedade, a idade, a distribuição espacial, o manejo, as condições edafoclimáticas, a adubação e a irrigação.

Os componentes de produção que irão definir o rendimento das plantas leguminosas de interesse econômico estão relacionados com o número total de vagens produzidas por planta, o número de grãos produzidos por vagem e o peso por grão. Na Tabela 5, estão apresentadas as médias dos componentes de produção do feijão-caupi cultivar BRS Guariba, na forma fresca/verde, irrigado com água residuária da criação de tilápias e adubado com nitrogênio e fosforo.

As interações entre tipos de água e níveis de adubação não foram significativos ( $p > 0,05$ ) sobre os componentes de produção NVVP, PCGV, NGVV (Tabela 5). Da mesma forma, os efeitos isolados dos tipos de água de irrigação e de adubação sobre essas variáveis não foram significativos.

Tabela 5. Respostas dos componentes de produção do feijão-caupi verde cultivar BRS Guariba aos efeitos isolados da água residuária da criação de tilápias e da adubação com NP.

Tipo de água	Número de vagens verdes por planta (NVVP)	Adubação (kg/ha)	Número de vagens verdes por planta (NVVP)
ARP	9,65 a	6,6N + 13,2P	8,95 a
ARCT	10,43 a	13,2N + 26,4P	10,81 a
CV (%)		23,01	
	Número de grãos por vagem verde (NGVV)		Número de grãos por vagem verde (NGVV)
ARP	8,76 a	6,6N + 13,2P	9,35 a
ARCT	9,94 a	13,2N + 26,4P	9,72 a
CV (%)		20,0N + 40,0P	8,99 a
	Peso de cem grãos verdes (PCGV)		Peso de cem grãos verdes (PCGV)
ARP	42,44 a	6,6N + 13,2P	42,13 a
ARCT	41,38 a	13,2N + 26,4P	41,39 a
CV (%)		20,0N + 40,0P	42,21 a
		2,90	

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

ARP = água do rio Parnaíba; ARCT = água residuária da criação de tilápias; N = nitrogênio; P = fósforo

CV = Coeficiente de variação

Fonte: Dados da pesquisa



Independentemente da qualidade da água e do tipo de adubação, o NVVP estimado com o tratamento ARCP superou o ARP em 8,0%, ainda que não tenha sido detectada significância estatística ( $p > 0,05$ ). Singh; Agrawal (2010) em Varanasi, Índia, reportaram que doses crescentes de efluente de esgoto (0, 6, 9 e 12 kg/m<sup>2</sup>) aumentavam significativamente o NVVP em plantas de feijão-mungo (*Vigna radiata* L. cultivar Malviya Janpriya). É importante considerar que essa variável apresenta correlação genética positiva com a produtividade de grãos (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2011; Ceritoglu; Erman, 2020).

A média geral do PCGV foi 41,91 g, independentemente do tipo de água e da adubação, superando em 21,85% a média observada por Ramos *et al.* (2014), após a irrigação dessa cultivar com nível de 100% ETo, 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 20 kg/ha de N, e aplicação realizada em cobertura, 20 dias após o plantio.

Independentemente do tipo de água de irrigação e da adubação, o NGVV apresentou média geral de 9,0, 24,38% inferior à reportada por Guerra *et al.* (2020), ao trabalharem com a cultivar Guariba irrigada por microaspersão, com lâmina de água aplicada de 5 mm/dia para manter o solo com 65 a 70% da capacidade de campo. No mesmo experimento, também foram aplicados 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20/kg/ha de N e 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O. O valor médio geral obtido nesse trabalho também foi inferior aos constatados com as variedades BRS Rouxinol, BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Itaim, ao reeberem lâmina de irrigação de 273,0 mm/ciclo até a máxima de 425,2 mm (120% da ETo), além da adubação com NPK 4-30-10 (Pimenta *et al.*, 2023).

Similarmente, os efeitos isolados das doses de N + P sobre o NVVP, PCGV e NGVV não foram significativos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5). Esses resultados diferem dos verificados em feijão-guandu (*Cajanus cajan*) por Dhaka *et al.* (2020), que encontraram efeitos significativos da aplicação de quatro níveis de fertilizações (controle; 20 kg/ha de N + 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 30 kg/ha de N + 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e 40 kg/ha de N + 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Ao final do experimento, foi evidenciado que 40 kg de N/ha + 40kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ampliou significativamente o comprimento de vagem (5,1 cm), semente/vagem (3,80), vagens/planta (192,2), rendimento de semente (1.492 kg/ha), rendimento de palha (13.109 kg/ha) e rendimento biológico (1.4601 kg/ha) sobre o controle, muito embora autores como Sen *et al.* (2010) tenham reportado ausência de interação entre aplicação de diferentes doses de nitrogênio e fosforo sobre os componentes da produção do feijão-francês (*Phaseolus vulgaris*) em Bangladesh.



A produtividade média de grãos verdes, independentemente do tipo de água e de adubação, foi de 2.163,48 kg/ha (Tabela 6), média muito próxima das relatadas por Andrade *et al.* (2006) com a cultivar BRS Guariba em cultivo irrigado (2.137 kg/ha). Porém, foi 26,34% inferior (2.937,3 kg/ha) à reportada por Ramos *et al.* (2014) com lâmina de irrigação estimada em 354 mm, contudo, a média aqui apresentada supera em 22,02% a produtividade (1.687,01 kg/ha) registrada por Silva *et al.* (2013) em trabalho realizado em Serra Talhada, PE, com o feijão-caupi cultivar Guariba semeado num Latossolo Vermelho-Amarelo, irrigado e adubado.

Também neste experimento, de forma isolada, é possível evidenciar que a ausência de significância estatística entre as águas pesquisadas (Tabela 6) indica que é possível a utilização da ARCT na produção de grãos verdes e secos de feijão-caupi, com a redução do custo ambiental da água na visão de uso múltiplo dos recursos hídricos.

Tabela 6. Respostas da produtividade do feijão-caupi cultivar BRS Guariba, nas formas verde e seco, aos efeitos isolados da água residuária da criação de tilápias e da adubação com NP.

Tipo de água	Produtividade grãos verdes (kg/ha)		Produtividade grãos verdes (kg/ha)
ARP	2172,98 a	6,6N + 13,2P	1.938,23 a
		13,2N + 26,4P	2.244,56 a
ARCT	2153,99 a	20,0N + 40,0P	2.307,66 a
CV (%)		26,38	
	Produtividade de grãos secos (kg/ha)		Produtividade de grãos secos (kg/ha)
ARP	1.331,93 a	6,6N + 13,2P	1.262,85 a
		13,2N + 26,4P	1.310,15 a
ARCT	1.303,29 a	20,0N + 40,0P	1.379,83 a
CV (%)		20,48	

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

ARP = água do rio Parnaíba; ARCT = água residuária da criação de tilápias; N = nitrogênio; P = fósforo  
CV = Coeficiente de variação

Fonte: Dados da pesquisa

Independentemente da qualidade da água, a adubação não promoveu efeitos significativos ( $p > 0,05$ ) sobre a produtividade de grãos secos. Este resultado não era esperado, pois são amplamente conhecidos os efeitos positivos do N e do P sobre a produção de leguminosas, quando aplicados individualmente ou associados. Trabalhos conduzidos por Tagliaferre *et al.* (2013) revelaram aumentos da produtividade do feijão-caupi cultivar Guariba, irrigado e adubado com 0 a 90 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  e 30 kg/ha de  $K_2O$ . Melo *et al.* (2024) registraram



ampliação da produtividade de 22,94% do feijão-caupi genótipo Bico-de-ouro-17-23, quando aplicaram as doses 0 e 90 kg de  $P_2O_5$ , que, respectivamente, produziram 1.283 e 1.665 kg/ha. De acordo com Oliveira *et al.* (2014), o incremento de fósforo promoveu acréscimo das médias de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de cem grãos e produtividade de grãos do feijão *Phaseolus vulgaris* cultivares IAC-Centauro, IAC-Galante, IPR-Jurriti e IPR-Eldorado.

Seerat *et al.* (2023) encontraram efeitos significativos na produtividade do feijão-caupi adubado com quatro níveis de nitrogênio (0, 20, 30 e 40 kg/ha) e quatro níveis de fósforo (0, 30, 60 e 90 kg/ha). Fazil *et al.* (2024), após avaliarem nas condições edafoclimáticas de Kandahar, Afeganistão, os efeitos das adubações nitrogenada (0, 20 e 40 kg/ha) e fosfatada (0, 40, 60 e 80 kg/ha de  $P_2O_5$ ) em feijão-mungo (*Vigna radiata*), reportaram que as doses de 20 kg/ha de N e 40 kg/ha de  $P_2O_5$  influenciaram positivamente os parâmetros de crescimento (altura de planta, área foliar, matéria seca e ramos/planta), os atributos de rendimento (vagens/planta, grãos/vagem, peso de cem grãos e comprimento de vagem) e o rendimento de grãos, palha e total.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas em que foi conduzido este experimento, conclui-se que a irrigação com água residuária da criação de tilápias, associada às adubações fosfatada e nitrogenada, pode ser utilizada na produção do feijão-caupi, potencializando o uso múltiplo dos recursos hídricos como alternativa técnica e ambientalmente viável para a produção integrada da cultura.



## REFERÊNCIAS

- AHMED, N.; WARD, J. D.; SAINT, C. P. (2014). Can integrated aquaculture-agriculture (IAA) produce “more crop per drop”? **Food Security**, v. 6, p. 767-779. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0394-9>. Acesso em: 11 mai. 2024.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. DE M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; V. Q. RIBEIRO; RAMOS, S. R. R. (2006). Avaliação de genótipos de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos para feijão-verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61832/1/GM37Andrade.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; ESPITIA-CAMACHO, M.; SIERRA, C. M. (2011). Comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. Walp en el Valle del Sinú. **Temas Agrarios**, v. 16, n. 2, p. 9-17. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4149355>. Acesso em: 29 out. 2024.
- BALLESTER-MOLTÓ, M.; SANCHEZ-JEREZ, P.; CEREZO-VALVERDE, J.; AGUADO-GIMÉNEZ, F. (2017). Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed? **Marine Pollution Bulletin**, n. 119, p. 23-30. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.004>. Acesso em: 31 ago. 2024.
- BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P. D.; SILVA, E. M. D.; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. (2011). Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 100-107. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100013>. Acesso em: 13 set. 2024.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. (2011). Produção e morfologia da leguminosa java submetida a adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**. v. 7, n. 12, p. 1-10. Disponível em: <https://conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/producao%20e%20morfologia.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.
- CARDOSO, L. G.; DUARTE, J. H.; COSTA, J. A. V.; ASSIS, D. de J.; LEMOS, P. V. F.; DRUZIAN, J. I.; SOUZA, C. O. de.; NUNES, I. L.; CHINALIA, F. (2021). A *Spirulina* sp. as a bioremediation agent for aquaculture wastewater: production of high added value compounds and estimation of theoretical biodiesel. **BioEnergy Research**, v. 14, p. 254-264. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10153-4>. Acesso em: 14 out. 2024.
- CARDOSO, M. J.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. (2017). Ecofisiologia. In: CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; ATHAYDE SOBRINHO, C. (Ed.). **Feijão-Caupi: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1075578>. Acesso em: 11 out. 2024.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, A. D. de; PEREIRA, J. B. A. (2011). Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do pimentão em função de graus-



- dias. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 971-982. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p971>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- ÇETIN, Ö. & AKALP, E. (2019). Efficient use of water and fertilizers in irrigated agriculture: drip irrigation and fertigation. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, v. 22, n. 2, p. 97-102. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/ahr-2019-0019>. Acesso em: 21 nov. 2023.
- CERITOGLU, M. & ERMAN, M. (2020). Determination of some agronomic traits and their correlation with yield components in cowpea. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 34, n. 2, p. 154-161. Disponível em: <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2020.210>. Acesso em: 14 out. 2024.
- CHEN, L.; FENG, Q.; LI, C.; WEI, Y.; ZHAO, Y.; FENG, Y.; ZHENG, H.; LI, F.; LI, H. (2017). Impacts of aquaculture wastewater irrigation on soil microbial functional diversity and community structure in arid regions. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1, p. 11193. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11678-z>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- CHOJNACKA, K.; WITEK-KROWIAK, A.; MOUSTAKAS, K.; SKRZYPCZAK, D.; MIKULA, K.; LOIZIDOU, M. (2020). A transition from conventional irrigation to fertigation with reclaimed wastewater: prospects and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 130, p. 109959. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109959>. Acesso em: 22 out. 2024.
- DHAKA, A. K.; KUMAR, S.; SINGH, B.; SINGH, K.; KUMAR, A.; KUMAR, N. (2020). Nitrogen use efficiency, economic return and yield performance of Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] as influenced by nipping and fertility levels. **Legume Research-An International Journal**, v. 43, n. 1, p. 105-110. Disponível em: <https://doi.org/10.18805/LR-4062>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. (2012). **InfoStat. versión 2012**. Córdoba: Grupo InfoStat: FCA: Universidad Nacional de Córdoba. Disponível em: <http://www.infostat.com.ar>. Acesso em: 4 nov. 2023.
- EID, A. & HOBALLAH, E. M. A. (2014). Impact of irrigation systems, fertigation rates and using drainage water of fish farms in irrigation of potato under arid egions conditions **International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences**, v. 1, n. 5, p. 67-79. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12983/ijrsas-2014-p0067-0079>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- ESTRADA-ORTIZ, E.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; GÓMEZ-MERINO, F. C.; NÚÑEZ-ESCOBAR, R.; SANDOVAL-VILLA, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. **Revista Chapingo. Serie Horticultura**, v. 17, n. 3, p.129-138. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2011000300005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000300005). Acesso em: 19 nov. 2024.
- EVANGELISTA, G. de O. L.; ZEFERINO, L. M.; RAMALHO, P. V.; CAVALCANTI, R. S. (2017). Água residuária de piscicultura e desenvolvimento inicial do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: SEMINÁRIO DOS ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO, 3. Bambuí, MG.



2017. IFMG Campus Bambuí. **Anais...** Bambuí: IFMG Campus Bambuí. Disponível em: [https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open\\_conference/index.php/SEP/2017/index](https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/SEP/2017/index). Acesso em: 23 fev. 2024.

FAZIL, K.; HAYAT, S. H.; OBAID, H.; ASHNA, A. Z.; NIMGARRI, H. (2024). Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of mungbean. **Journal of Agriculture and Ecology**, v. 18, p. 44–47. Disponível em: <https://doi.org/10.58628/JAE-2418-107>. Acesso em: 10 jul. 2024.

FIUZA, D. H. (2023). Um “Rebanho” africano em águas brasileiras: história ambiental global da dispersão da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e Rendalli (*Coptodon rendalli*) no Brasil. **Revista de História da UEG**, v. 12, n. 2, p. e222310-e222310. Disponível em: <https://doi.org/10.31668/revistaueg.v12i2.13899>. Acesso em: 29 jun. 2024.

GATTA, G.; LIBUTTI, A.; GAGLIARDI, A.; BENEDUCE, L.; BRUSETTI, L.; BORRUSO, L.; DISCIGLIO, G.; TARANTINO, E. (2015). Effects of treated agro-industrial wastewater irrigation on tomato processing quality. **Italian Journal of Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 97-100. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/ija.2015.632>. Acesso em: 11 jan. 2024.

GUANGJIAN, Y.; RONGHAI, H.; JINGHUI, L.; MARIE, W.; HAILAN, J.; XIHAN, M.; DONGHUI, X.; WUMING, Z. (2019). Review of indirect optical measurements of leaf area index: Recent advances, challenges, and perspectives. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.265, p.390-411. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.033>. Acesso em: 16 jun. 2024.

GUERRA, A. M. N. M.; EVANGELISTA, R.; SANTOS, E.; SILVA, M. G. M.; NOGUEIRA, W. (2020). Produtividade de grãos e de biomassa da parte aérea de cultivares de feijão-caupi. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 3, n. 3, p.40-48. Disponível em: <https://doi.org/10.32406/v3n32020/40-48/agrariacad>. Acesso em: 19 jun. 2024.

IGARASHI, M. A. (2023). Potencial econômico do cultivo de trutas, novas tecnologias e perspectivas para o desenvolvimento da atividade no Brasil. **Revista Semiárido de Visu**, v. 11, n. 1, p. 31-53. Disponível em: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v11i1.299>. Acesso em: 16 mai. 2024.

KHALID, S.; SHAHID, M.; BIBI, I.; SARWAR, T.; SHAH, A. H.; NIAZI, N. K. (2018). A review of environmental contamination and health risk assessment of wastewater use for crop irrigation with a focus on low and high-income countries. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v 15, n. 5, p. 895. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15050895>. Acesso em: 16 jul. 2024.

KHAN, F.; SIDDIQUE, A. B.; SHABALA, S.; ZHOU, M.; ZHAO, C. (2023). Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. **Plants**, v. 12, n. 15, p. 2861. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37571014/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

LARIOS-GONZÁLEZ, R. C.; GARCÍA-CENTENO, L.; JERÓNIMO-RÍOS, M.; ÁVALOS-ESPINOZA, C.; CASTRO-SALAZAR, J. R. (2021). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a



partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. **Siembra**, v. 8, n. 2, p.e2475. Disponível em: <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2475>. Acesso em: 16 jun. 2024.

LIMBU, S. M.; SHOKO, A. P.; LAMTANE, H. A.; KISHE-MACHUMU, M. A.; JORAM, M. C.; MBONDE, A. S.; MGANNA, H. F.; MGAYA, Y. D. (2017). Fish polyculture system integrated with vegetable farming improves yield and economic benefits of small-scale farmers. **Aquaculture Research**, v. 48, n.7, p. 3631-3644, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/are.13188>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MECHOUMA, A. & MEZERDI, F. (2024). Impact of the use of water from fish farming in the irrigation of pepper crops (*Capsicum annum* L.) in the greenhouse in the Biskra region. **International Journal of Environmental Studies**, v. 8, n. 2, p. 734-750. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2323290>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. (2024). **Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em linhagens elites de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 5p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 156). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1164831>. Acesso em: 15 set. 2024.

MELO, F. de B.; CAVALCANTE, A. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A. (2004). **Levantamento detalhado dos solos da área da Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 25 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 89). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/68239>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MELO, N. Q. C.; MOREIRA-ARAÚJO R. S. dos R.; ARAÚJO, M. A.; ROCHA, M. de M. (2017). Chemical characterization of green grain before and after thermal processing in biofortified cowpea cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5 (Especial), p. 811-816. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170095>. Acesso em: 1 nov. 2024.

MIXQUITITLA-CASBIS, G.; VILLEGAS-TORRES, O. G. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. **Acta Agrícola y Pecuaria**, v. 2, n. 3, p. 55-61. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2906>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MONTOYA-RESTREPO, E. C.; HERNÁNDEZ-ARREDONDO, J. D.; UNIGARRO, C. A.; FLÓREZ, C. P. (2017). Estimación del área foliar en café variedad Castillo a libre exposición y su relación con la producción. **Revista Cenicafé**, v. 68, n. 1, p. 55-61. Disponível em: <https://doi.org/10.38141/10778/68105>. Acesso em: 5 mar. 2024.

MOURSY, M. A. M.; NEGM, A.; GHANEM, H. G.; WASFY, K. I. (2022). Enhancing water use efficiency and yield of pomegranate crop by using fish drainage water with bio-fertilizer under drip irrigation system. **Agriculture**, v. 12, n. 9 p. 1376. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture12091376>. Acesso em: 12 out. 2023.

MUJTABA, G.; SHAH, M.U.H.; HAI, A.; DAUD, M.; HAYAT, M. (2024). A holistic approach to embracing the United Nation's Sustainable Development Goal (SDG-6) towards water security in Pakistan. **Journal of Water Process Engineering**, v. 57, p. 104691. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104691>. Acesso em: 19 out. 2024.



NAHAS, S. B.; ARCE, O. E. A.; RICCI, M.; ROMERO, E. R. (2019). Leaf area estimation of individual leaf and whole plant of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by means of regression methods. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, v. 39, n. 2, p. 99-106. Disponível em: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2314-369X2019000200003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2019000200003). Acesso em: 17 mai. 2024.

OLADIMEJI, Y. U. & ISAH, S. A. (2019). Economic and potential benefits of using fishpond water for vegetable production among fish farmers in Kwara State, Nigeria. **Nigerian Journal of Fisheries and Aquaculture**, .7, n.2, p.11-19. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/2380-1312020109>. Acesso em: 12 jan. 2024.

ONDEI, V. (2024). Não tem pra outro peixe, Brasil vai se tornando o país da tilápia. **Forbes Agro**, 02. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2024/02/nao-tem-pra-outro-peixe-brasil-vai-se-tornando-o-pais-da-tilapia>. Acesso em: 2 ago. 2024.

OLIVEIRA, T.C. de; OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; SANTOS, M. M. dos; CANCELLIER, E. L.; FIDELIS, R. R. (2014). Desempenho agrônômico de cultivares de feijão em função da adubação fosfatada no sul do estado do Tocantins. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 50-59. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2657>. Acesso em: 14 jun. 2024.

OUKALTOUMA, K.; EL MOUKHTARI, A.; LAHRIZI, Y.; MOURADI, M.; FARISSI, M.; WILLEMS, A.; QADDOURY, A.; BEKKAOU, F.; GHOUAM, C. (2021). Phosphorus deficiency enhances water deficit impact on some morphological and physiological traits in four faba bean (*Vicia faba* L.) varieties. **Italian Journal of Agronomy**, v. 16, n. 1, p. 1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1662>. Acesso em: 11 jul. 2024.

PACENTCHUK, F.; NOVAKOWSKI, J. H.; SANDINI, I. E. (2014). Nitrogênio complementar via foliar nas culturas do milho, soja e feijão: doses e estádios fenológicos de aplicação. **Revista Plantio Direto**, v. 142, p. 28-34. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/280>. Acesso em: 22 ago. 2024.

PATIL, P.; BIRADAR, P.; BHAGAWATHI, A. U.; HEJEGAR, I. S. (2018). A review on leaf area index of horticulture crops and its importance. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n.4, p.505-13. Disponível em: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.059>. Acesso em: 17 abr. 2024.

PEDRERO, F.; KALAVROUZOTIS, I.; ALARCÓN, J. J.; KOUKOULAKIS, P.; ASANO, T. (2010). Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture-Review of some practices in Spain and Greece. **Agricultural Water Management**. v. 97, p. 1233-1241. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.03.003>. Acesso em: 12 mar. 2024.

PEIXOTO, C.; CRUZ, T.; PEIXOTO, M. de F. (2011). Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13.

PIMENTA, L. J. L.; DOS SANTOS, S. R.; BERNARDINO, D. L. M. P.; BARBOSA, J. A. E.; ALVES, A. G. T.; CARVALHO, A. J de. (2023). Produtividade e eficiência do uso da água de cultivares do feijão-caupi sob irrigação por gotejamento. **Contribuciones a las Ciencias**



**Sociales**, v.16, n.11, p. 26504-26522. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.11-104>. Acesso em: 2 dez. 2024.

RAMOS, H. M.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; NASCIMENTO, F. N. D. (2014). Produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 683-694. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000400008>. Acesso em: 16 dez. 2024.

RIBEIRO, K. D. V.; COSTA, M. E. F.; DE LUNA, T. K.; DA SILVA, W. P. da. (2023). Desenvolvimento e produtividade do feijão sobre diferentes doses de adubação fosfatada. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 10, p. 3145-3152. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i10.12054>. Acesso em: 16 nov. 2024.

RODRÍGUEZ-YZQUIERDO, G. A.; PRADENAS-AGUILA, H. E.; BASSO-DE-FIGUERA, C. A.; BARRIOS-GARCÍA, M.; LEÓN-PACHECO, R. I.; PÉREZ-MACIAS, M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. **Agronomía Mesoamericana**, v.31, n. 1, p. 117-128. Disponível em: <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36815>. Acesso em: 15 dez. 2024.

SEERAT, W. A.; NAZIR, R.; NIMGRRI, H.; YAHYAZAI M; KHALEEQ K. (2023). Nitrogen and phosphorus effects on growth, and yield of black-eyed bean (*Vigna unguiculata* L.). **Journal of Agriculture and Ecology**, v.17, p. 99-102. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.58628/JAE-2317-318>. Acesso em: 11 dez. 2024.

SEN, R.; RAHMAN, M. A.; HOQUE, A. K. M. S.; ZAMAN, S.; NOOR, S. (2010). Resposta de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo no crescimento e rendimento do feijão francês. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 45, n. 2, p. 169-172.

SILVA, E. F. da; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M. da. SANTANA, F. M. de S. SANTOS, M. G. dos. (2013). Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada – PE. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 21-26. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2650>. Acesso em: 1 dez. 2024.

SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. (2011). Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 29-36. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a748>. Acesso em: 11 set. 2024.

SINGH, R. P. & AGRAWAL, M. (2010). Effect of different sewage sludge applications on growth and yield of *Vigna radiata* L. field crop: Metal uptake by plant. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 7, p. 969-972. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.03.008>. Acesso em: 17 dez.2024.

SOLIMAN, A. I.; MORAD, M. M.; WASFY, K. I.; MOURSY, M. A. M. (2020). Utilization of aquaculture drainage for enhancing onion crop yield under surface and subsurface drip irrigation systems. **Agricultural Water Management**, v. 239, p. 106244. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106244>. Acesso em: 12 dez. 2024.

SUDENE. Resolução CONDEL/SUDENE Nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão



da delimitação do Semiárido 2021. [Recife], 25 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao1502021.pdf>. Acesso em: 27 março 2024.

TABATABAEI, S. H.; NOURMAHNAD, N.; KERMANI, S. G.; TABATABAEI, S. A.; NAJAFI, P.; HEIDARPOUR, M. (2020). Urban wastewater reuse in agriculture for irrigation in arid and semi-arid regions-A review. **International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 193-220. Disponível em: <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2020.671672>. Acesso em: 21 out. 2024.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. (2013). Características agronômicas do feijão-caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 242-248. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200013>. Acesso em: 1 out. 2024.

TROIANI, H. O.; PRINA, A. O.; MUIÑO, W. A.; TAMAME, M. A.; BEINTICINCO, L. (2017). **Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía**. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. 321 p. Disponível em: <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/110>. Acesso em: 5 dez. 2024.

XIMENES, L. F. & VIDAL, M. de F. (2023). Pesca e aquicultura: piscicultura. **Caderno Setorial Etene**, v. 8, n. 272, p. 1-18. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1737/1/2023\\_CDS\\_272.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1737/1/2023_CDS_272.pdf). Acesso em: 12 out. 2024.

YERLI, C.; SAHIN, U.; ORS, S.; KIZILOGLU, F. M. (2023). Improvement of water and crop productivity of silage maize by irrigation with different levels of recycled wastewater under conventional and zero tillage conditions. **Agricultural Water Management**, v. 277, p. 108100. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108100>. Acesso em: 5 out. 2024.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. (2011). Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 32-38. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100005>. Acesso em: 7 nov. 2024.