UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

MOSSORÓ
2022

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tratamento e Uso Agrícola de Resíduos e seus Impactos no Solo e Água.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel.

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Vanies da Silva Sá.

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leisque regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a)sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F383c Ferreira, Daianni Ariane da Costa.
Crescimento, produção e qualidade de cultivares de *Panicum maximum* irrigadas com efluente da piscicultura / Daianni Ariane da Costa Ferreira. - 2022.
65 f.: il.

Orientador: Marcelo Tavares Gurgel.
Coorientador: Francisco Vanies da Silva Sá.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2022.

1. Capim tanzânia. 2. Capim mombaça. 3. Capim massai. 4. Sustentabilidade ambiental. 5. Reuso de água. I. Gurgel, Marcelo Tavares, orient. II. Sá, Francisco Vanies da Silva, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica que deverá ser elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informaçãoe Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DAIANNI ARIANE DA COSTA FERREIRA

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tratamento e Uso Agrícola de Resíduos e seus Impactos no Solo e Água.

Defesa em: 27/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Dr. Marcelo Tavares Gurgel
Presidente (UFERSA)

Dr. José Francismar, de Medeiros
Membro examinador (UFERSA

Dr. Francisco Vanies, da Silva Sá
Membro examinador (UFERSA)

Dra. Vânia Christina Nascimento Porto
Membro examinador (UFERSA)

Dr. Lucas Ramos Costa
Membro examinador (Externo)

A meus avós maternos **Maurilio Bezerra da Costa e Luiza Bezerra da Costa** (*In Memorian*).

A minha mãe, **Maria Nineldes** pela dedicação,
amor e incentivo em todos os momentos da minha vida.
Ao meu esposo **Caio Cesar** e ao meu filho **Luis Felipe**,
pelo amor e carinho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por estar sempre ao meu lado e pelo privilégio de mais uma vitória. Sei que “tudo posso naquele que me fortalece”.

A minha mãe Maria Nineldes da Costa por ser também meu pai, pelo amor, incentivo, esforço e empurrões para que eu estudasse.

À meu esposo Caio Cesár pelo amor, companheirismo e dedicação, em diversas etapas destes trabalho.

À meu filho Luis Felipe, presente de Deus, por ser luz em nosso lar e alegrar nossas vidas.

Ao meu orientador Marcelo Tavares Gurgel, por ter me adotado, pela paciência e confiança.

Ao Prof. Nildo da Silva Dias, pelo apoio, amizade e sobretudo ter acreditado no meu potencial.

Ao Prof. José Francismar de Medeiros por ter ajudado e contribuído muito no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores desse programa de pós-graduação, Carolina Malala, Daniel Valadão, Eulene Silva, Fábio Henrique, Jeane Portela, Miguel Ferreira, Rafael Oliveira, que sempre me acolheram e me incentivaram no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Francisco Vanies da Silva Sá por não medir esforços para me ajudar neste trabalho.

Aos meus amigos, Ana Kaline, Maria Valdete, Adler Lincoln, Rudna Angélica, Paula Cavalcante, Vilma Ferreira, Antônio Carlos, Elídio Andrade, pela amizade, apoio, colaboração e por todas as vezes que escutaram as minhas lamentações, segurando em minha mão e me dando forças para continuar. Obrigada!!

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade para que eu realizasse este curso de pós-graduação.

RESUMO

O capim *Panicum maximum* é uma forrageira indispensável na criação a pasto de ruminantes e, em condições semiáridas, é inevitável a utilização da irrigação. No entanto, devido à escassez de recursos hídricos do semiárido brasileiro, o reuso de água, como efluente de piscicultura é uma alternativa para irrigação de pastagens. Com o objetivo de avaliar o crescimento, produção e qualidade de cultivares de *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura, uma pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados, com oito repetições. Os tratamentos foram em esquema de parcela sub-sub-dividida, com três manejos de irrigação (água de abastecimento – controle, água de abastecimento + adubação convencional e rejeito da piscicultura) e, três cultivares de capins *P. maximum* (Tanzânia, Mombaça e Massai) com quatro tempos de corte na sub-sub-parcela (45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura). Os resultados mostraram que o maior crescimento, produção e qualidade do capim *P. maximum* foram registrados quando as forrageiras foram irrigadas com água de abastecimento e adubação convencional com NPK. A irrigação com efluente da piscicultura diminui o crescimento e a produção do capim *P. maximum*, mas permite a obtenção de foragem com boa qualidade. A irrigação com efluente aumenta a concentração de sódio no da *P. maximum*, o que acarretou redução na biomassa de todas as cultivares, o que requer o monitoramento da salinidade nas cultivares *P. maximum*. A salinidade do efluente da piscicultura aumentou os teores de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco nos tecidos foliar. A cultivar Massai é mais sensível à irrigação com efluente da piscicultura do que as cultivares Mombaça e Massai.

Palavras-chave: capim tanzânia; capim mombaça; capim massai; sustentabilidade ambiental; reuso de água.

ABSTRACT

The Panicum maximum grass is an indispensable forage for grazing ruminants and, semi-arid zone conditions its indispensable to use irrigation. However, due to the scarcity of water resources in semiarid region, the water reuse, as a fish farm effluent its alternative to irrigate pasture. With the objective of to evaluate the growth, production and quality of cultivars of *P. maximum* irrigated with fish farm effluent, the investigation. was carried out in a greenhouse utilizing a randomized block design, with eight replications. The treatments were in a sub-sub-divided plot scheme, with three irrigation managements (tap water – control, tap water + conventional fertilization and with fish farm waste) and, three *P. maximum* grasses cultivars (Tanzânia, Mombasa and Massai), with four cutting times in the sub-sub-plot (45, 90, 135 and 180 days after sowing). The result show that highest growth, yield and quality of the *P. maximum* grass was registeredo in plants when irrigated with tap water + conventional fertilization NPK. Irrigation with fish farm effluent reduces the growth and production of *P. maximum* grass, but allows for the production of good quality fodder. Irrigation with effluent increases the sodium concentration in *P. maximum* plants, which led to a reduction in the biomass of all cultivars, which requires salinity monitoring of *P. maximum* cultivars. The salinity of the fish farm effluent increased the calcium, magnesium, iron, manganese and zinc contents in the tissues. The Massai cultivar is more sensitive to irrigation with fish farming effluent than the Mombasa and Massai cultivars.

Keywords: tanzania grass; mombasa grass; massai grass; environmental sustainability; water reuse.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 – Registro de temperatura e umidade relativa da casa de vegetação durante o período do experimento ….....…….....… 42

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento …..... 20

Tabela 2 – Caracterização química das águas utilizadas no experimento …..... 22

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para altura de planta, número de perfilhos e produção de biomassa do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente .....…… 23

Tabela 4 – Teste de médias para altura de planta do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente .....……..... 25

Tabela 5 – Teste de médias para número de perfilhos do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 26

Tabela 6 – Teste de médias para produção de biomassa do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC) 27

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), massa seca (MS) e material mineral (MM) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 28

Tabela 8 – Teste de médias para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácidos (FDA) do capim *P. maximum* em função de manejo de irrigação (MI) e tempos de cortes …..... 29

Tabela 9 – Teste de médias para proteína bruta (PB) do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC) e MI dentro de cultivares (C) …..... 31

Tabela 10 – Teste de médias para extrato etéreo (EE) e massa seca (MS) do capim *P. maximum* em função de manejo de irrigação (MI) e tempos de cortes (TC) …..... 32

Tabela 11 – Teste de médias para material mineral (MM) do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC) e de cultivares (C) dentro de TC …..... 33

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento …..... 43
Tabela 2 – Caracterização química das águas utilizadas no experimento …..... 44
Tabela 3 – Atributos químicos do solo no final do experimento..... 45
Tabela 4 – Resumo da análise de variância e teste de média para produção de biomassa seca do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente .....……..... 47
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 48
Tabela 6 – Teste de médias para teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), repetitivamente 50
Tabela 7 – Teste de médias para teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C), e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 53
Tabela 8 – Resumo da análise de variância para teor de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 56
Tabela 9 – Teste de médias para teor de ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente …..... 57

Tabela 10 – Teste de médias para teor de manganês (Mn) do capim *P. maximum* em função dos tempos de cortes (TC) …..… 58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 15

2 ARTIGO I: CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA 17

RESUMO ……. 17

ABSTRACT ……. 18

INTRODUÇÃO ……. 19

MATERIAL E MÉTODOS ……. 20

RESULTADOS E DISCUSSÃO……. 23

CONCLUSÕES ……. 34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ……. 34

3 ARTIGO II: BIOMASSA E TEOR DE NUTRIENTES EM CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA 38

RESUMO ……. 38

ABSTRACT ……. 39

INTRODUÇÃO ……. 40

MATERIAL E MÉTODOS ……. 41

RESULTADOS E DISCUSSÃO……. 46

CONCLUSÕES ……. 59

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ……. 59

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS….. 64

1 INTRODUÇÃO GERAL

O *Panicum maximum* é uma espécie forrageira com elevado potencial para a produção de ruminantes no Brasil, (GARCEZ et al., 2020), caracteriza-se pela produção de matéria seca, ampla adaptabilidade, facilidade de estabelecimento, produtividade e bom valor nutritivo (GOMES et al., 2011). No Brasil, o *P. maximum* tem grande participação na área cultivada, vem sendo constantemente melhorada em relação à seleção de sementes, aumento de produção, resistência a pragas e doenças, boa palatabilidade, alta persistência quando pastejadas e pisoteadas, demonstrando grande potencial de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, sendo cultivado, principalmente, em regiões tropicais tanto pela pecuária extensiva, quanto nas pequenas propriedades rurais (FERNANDES et al., 2014). Dentre as variedades de *P. maximum* mais cultivadas no país, estão Tanzânia, Mombaça e Massai, uma vez, impulsionaram o aumento da produção de forrageiras tropicais, e por essa razão, tem se investido em pesquisas no melhoramento genético destas cultivares (MATTA et al., 2009)

A pastagem é a principal fonte de alimento para os bovinos, devido ao baixo custo de manutenção, sendo cultivado, principalmente, por pequenos produtores rurais que ainda utilizam práticas tradicionais (FERREIRA et al., 2009). No entanto, nas regiões tropicais, devido às condições climáticas, as plantas forrageiras apresentam marcada sazonalidade, com alta disponibilidade e bom valor nutricional apenas na estação chuvosa, fenômeno determinado principalmente pelas limitações de luz, disponibilidade hídrica e temperatura na estação seca para a produção de ruminantes (GARCEZ et al., 2020).

A irregularidade de precipitações pluviométricas é uma particularidade do Nordeste brasileiro, promovendo baixa disponibilidade da quantidade e qualidade da água, constituindo um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população (SANTOS et al., 2017). No semiárido brasileiro, a maior demanda por água para irrigação tem sido amenizada com a utilização de águas subterrâneas com altos níveis de salinidade (NEVES et al., 2017).

Neste contexto, o reuso de fontes salinas na irrigação está associado tanto a escassez hídrica, quanto ao crescimento populacional, uma vez que as pesquisas têm evidenciado o interesse em aumentar a eficiência na sua utilização como alternativa de melhoria de produtividade no cultivo de forrageiras em pequenas propriedades rurais (DIAS et al., 2018; SOUZA e NETO, 2018; PRAXEDES et al., 2019). A expansão do cultivo do capim *P. maximum*, em regiões com limitação hídrica depende da irrigação. Em função da escassez de

fontes hídricas de boa qualidade para irrigação, o reuso do rejeito da piscicultura, é uma alternativa para a aumentar a produção de forragem (MAIA et al., 2015; DIAS et al., 2018).

A instalação de equipamentos de dessalinização das águas salobras é apresentada como alternativa para tratamento de água para consumo seguro pelas comunidades rurais, uma vez que não permite a passagem de bactérias e reduz os teores de sais (PINHEIRO et al., 2018). No entanto, a osmose reversa implica na geração de rejeito, uma água residuária do processo de dessalinização altamente salobra de poder poluente elevado, denominada de rejeito salino ou salmoura, transformando-a em água doce, gera-se outro tipo de água, mais salina que a própria água salobra (SOARES et al., 2006) e, por conseguinte, com elevado risco ambiental, uma vez que, estima-se que a quantidade de rejeito gerado será em aproximadamente 70% total de água salobra retirada do poço (PORTO et al., 2001).

Diante disso, a Embrapa Semiárido desenvolveu um sistema complementar ao processo de dessalinização tradicional, que reaproveita os rejeitos salinos tanto no abastecimento de tanques onde são criados peixes da espécie Tilápia como podem ser utilizados na irrigação de culturas tolerantes a salinização, além disso, a água desses criadouros pode ser reaproveitada na irrigação de plantas que servem para alimentar animais, principalmente, em áreas onde a disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação é limitada (SIMÕES et al., 2016).

Baioni et al. (2017) consideraram a integração agricultura-aquicultura a melhor opção para dispor o rejeito do dessalinizador no semiárido nordestino, pois, atende aos preceitos da sustentabilidade dos recursos hídricos, promovendo assim, a reutilização de águas de viveiros de pisciculturas para irrigação de culturas moderadamente tolerante à salinidade, como também, contribuindo para a reciclagem de nutrientes, redução dos impactos ambientais e custos com aplicação de fertilizantes químicos (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012).

Nesta perspectiva, são necessários estudos referentes aos parâmetros fundamentais para a sustentabilidade dos cultivos, como o correto gerenciamento de irrigação que dará subsidio quanto à determinação do teor de sal na solução do solo, refletindo no processo de toxicidade de certos íons para as plantas, como a redução do potencial osmótico e a diminuição da disponibilidade de água.

Pesquisando o reaproveitamento do efluente da piscicultura, Suyama et al. (2007), verificaram que o rendimento e a qualidade da forragem irrigados com água salino-sódica, apresentaram viabilidade produtiva e boa capacidade de extração de sais do perfil do solo, tornando-se uma alternativa viável, principalmente, para pequenos produtores, possibilitando a implantação de tecnologias de convivência com o semiárido, simples e de fácil acesso para as comunidades do semiárido brasileiro. Simões et al. (2019), trabalhando com a reutilização de

água da piscicultura no cultivo de variedades do sorgo, verificou que a variedade F305 apresentou melhor qualidade químico-bromatológica que as demais variedades de sorgo quando cultivada sob irrigação com efluente salino da piscicultura. É importante salientar que com o manejo adequado as pastagens podem ser cultivadas em solos de baixa, média e alta fertilidade, promovendo a cobertura do solo, combatendo a degradação global do solo e as emissões de gases de efeito estufa (COSTA et al., 2020).

A hipótese da pesquisa é que é possível cultivar o capim *P. maximum* irrigado com efluente da piscicultura, e que o efluente pode servir de fonte hídrica e nutricional para o capim. Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento, produção e qualidade de cultivares de *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIONI, J. C. et al. Efluente de piscicultura na produção consorciada de cebolinha e coentro. **Nucleus Animalium**, v. 9, n. 1, p. 143-150, 2017.

COSTA, N. R. et al. Can Palisade and Guine agrassso wing time in tntercropping systems affect soy bean yiel dand soil chemical properties? **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2020.

DIAS, N. da S. et al. Cultivo da erva sal fertirrigada com efluente da piscicultura de viveiros preenchidos com rejeito da dessalinização. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 40-46, 2018.

FERNANDES, F. D. et al. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 1, p. 23-29, 2014.

FERREIRA, M. A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 322-329, 2009.

GARCEZ, B. S. et al. Ruminal degradation of *Panicum* grasses in three post-regrowth ages. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2020.

GOMES, R. A. et al. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.

MAIA, P. M. E. et al. Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes de produção do capim Tanzânia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 259-268, 2015.

MARISCAL-LAGARDA, M. M. et al. Integrated culture of White shrimp (Litopenaeus vannamei) and tomato (Lycopersicon esculentum Mill) with low salinity ground water: management and production. **Aquaculture**, v. 366-367, n. 1, p. 76-84, 2012.

MATTA, P. M. et al. Efeito de sombreamento no estabelecimento de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**, v. 17, n. 3, p. 97-102, 2009.

NEVES, A. L. R. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 124-135, 2017.

PINHEIRO, L. G. et al. Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: estudo da comunidade caatinga grande. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 1, p. 132-157, 2018.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA JUNIOR, L. G. A. Uso do rejeito de dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira da Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 111-114. 2001.

PRAXEDES, S. S. C. et al. Desempenho do capim Tanzânia irrigado com água salobra aplicada via aspersão e gotejamento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 236-253, 2019.

SANTOS, J. A. et al. Hydrochemistry and trophic state change in a large reservoir in the Brazilian northeast region under intense drought conditions. **Journal of Limnology**, v. 76, n. 1, p. 41-51, 2017.

SIMÕES, W. L. et al. Beet cultivation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 62-63, 2016.

SIMÕES, W. L. et al. Chemical-bromatological characteristics of forage sorghum varieties irrigated with saline effluents from fish farming. **Comunicata Scientiae**, v, 10, n. 1, p. 195-202, 2019.

SOARES, T. M. et al. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.

SUYAMA, H. et al. Forage yiel dand quality under irrigation with saline-sodic drainage water: Greenhouse evaluation. **Agricultural Water Management**, v. 88, n. 1, p. 159- 172, 2007.

2. ARTIGO I: CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DE PISCICULTURA

RESUMO

O efluente da piscicultura com água salina é uma fonte hídrica, rica em matéria orgânica e nutrientes que pode substituir total ou parcial a adubação mineral das forrageiras. Objetivou-se avaliar o crescimento, a produção de biomassa e a qualidade de cultivares de *Panicum maximum* fertirrigada com efluente da piscicultura em um experimento em casa de vegetação, utilizando delineamento em blocos casualizados, com oito repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema de parcelas sub-sub-dividida, como três manejos de irrigação na parcela (irrigação com água de abastecimento, irrigação com água de abastecimento + adubação convencional e irrigação com efluente da piscicultura), três cultivares de *P. maximum* (Tanzânia, Mombaça e Massai) na sub-sub-parcela e quatro tempos de corte na sub-sub-parcela (45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura). As plantas foram cultivadas por 180 dias e analisadas quanto à altura da planta, número de perfilhos, produção de biomassa fresca, fibra de detergente neutro, fibra de detergente ácido, extrato etéreo, proteína bruta, teores de matéria seca e material mineral. O maior crescimento, produção e qualidade do capim *P. maximum* ocorre quando irrigado com água de abastecimento e adubação convencional NPK. A fertirrigação com efluente da piscicultura reduz o crescimento e a produção do capim *P. maximum*, mas permite a obtenção de foragem com melhor qualidade. O crescimento da cv. Massai foi mais sensível à irrigação com efluente da piscicultura do que as cultivares Tanzânia e Mombaça.

Palavras-chave: tanzânia; mombaça; massai; reuso de água; salinidade.

PAPER I: *Panicum maximum* CULTIVARS IRRIGATED WITH FISH FARMING EFFLUENT

ABSTRACT

The effluent from fish farming with saline water is a water source, organic matter and nutrients abundant that can be used in irrigation of and even replace total or partial mineral fertilization of forages. To aimed to evaluate the growth, biomass production and quality of *Panicum maximum* cultivars fertigated with fish farm effluent in a greenhouse experiment, the experiment was carried out utilizing a randomized block design with eight replications. The treatments were arranged in a sub-sub-divided plot scheme, with three irrigation managements in the plot (water supply irrigation, supply water irrigation + conventional fertilization and irrigation with fish farm effluent), three cultivars of *P. maximum* (Tanzania, Mombasa and Massai) in the sub-plot and four cutting times in the sub-sub-plot (45, 90, 135 and 180 days after sowing). The plants were cultivated for 180 days and analyzed for plant height, number of tillers, fresh biomass production, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ethereal extract, crude protein, dry matter and mineral material contents. The highest growth, production and quality of *P. maximum* grass was registered when the forage was irrigated with water supply and conventional NPK fertilization. The fertigation with fish farm effluent reduces the growth and production of *P. maximum* grass, but allows for obtaining better quality forage. The growth of cv. Massai was more sensitive to irrigation with fish farming effluent than cultivars Tanzânia and Mombasa.

Keywords: tanzania; mombasa; massai; water reuse; salinity.

INTRODUÇÃO

O grande desafio da pecuária tem sido aumentar o rendimento por área com maior sustentabilidade ambiental. O cultivo de pastagens é uma atividade muito importante para a sustentabilidade da pecuária e, é considerada a atividade com elevado potencial produtivo, baixo custo e grande valor nutricional e, além disso, pode ser desenvolvido por pequenos, médios e grandes produtores, incluindo as regiões aonde a renda familiar depende da agricultura de subsistência (NASSARY; BAIJUKYA; NDAKIDEMI, 2020).

A pastagem, por se tratar de um alimento considerado fundamental para o consumo do rebanho, vem sendo constantemente melhorada em relação à seleção de sementes, aumento de produção e resistência a pragas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo (VITOR et al., 2009; GUILLAUME et al., 2021). As regiões áridas e semiáridas, devido à irregular distribuição das chuvas, têm concentrado pastagens com menor rendimento e qualidade (PRAXEDES et al., 2019), fazendo com que o gerenciamento dos recursos hídricos seja disponível e essencial a fim de reduzir os problemas ocasionados pela escassez da água e a consequente limitação no rendimento das espécies forrageiras (ROCHA FILHO et al., 2021).

A irrigação e ou fertirrigação com efluente da piscicultura é uma das alternativas para suprir as necessidades hídricas e nutricional das forrageiras e, além disso, uma maneira de destinar adequadamente os resíduos gerados na criação de peixes, uma vez que, o reuso reduz ou evita a contaminação dos corpos hídricos por efluentes salinos não tratados (CASTRO; AZEVEDO; BEZERRA NETO, 2006).

No Brasil, o uso de efluente da piscicultura é reportado por diversos autores como forma eficiente de gestão dos recursos hídricos na agricultura e, mesmo contento alta salinidade, este é rico em nutriente oriundo dos excrementos dos peixes e da ração não consumida (DIAS et al., 2018). O uso de efluente da piscicultura na irrigação promove vários benefícios, entre eles a adição de nitrogênio e fósforo, melhorando o condicionamento do solo e aumentando a capacidade de reter água (SILVA; LOSEKANN; HISANO, 2013). Para tanto, os pequenos produtores se absteriam de usar adubação convencional no sentido da inviabilidade econômica, não alterando a produtividade e qualidade das pastagens.

Deste modo, devido a variação das composições físico-químicas dos efluentes, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas sobre a viabilidade técnica do potencial de uso agrícola dos efluentes da piscicultura para garantir a produtividade com menor custo na atividade pecuária e maior segurança ambiental. Nesse sentido, o objetivou-se avaliar o

crescimento, a produção de biomassa e a qualidade de cultivares de *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, situada no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Leste, em Mossoró-RN, entre os meses de julho 2019 a janeiro 2020. O município está localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil (5°11'31" S e 37°20'40" W, a uma altitude de 18 m).

O tipo climático é BSh (muito seco, com estação de chuva no verão atrasando-se para o outono), segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A umidade relativa média anual é de 68,9%, enquanto a temperatura média anual é de 27,7 ºC (VANOMARK et al., 2018). Durante o estudo, as temperaturas máximas e mínimas observadas na casa-de-vegetação foram de 44,1 e 20,6 ºC, e as umidades relativas máxima e mínima de 85,0 e 22,0%, respectivamente.

Utilizou-se material de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argissólico a 0-30 cm (EMBRAPA, 2018), proveniente da Fazenda Experimental Rafael Fernandes pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Lagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN. O solo foi coletado, seco, destorroado, peneirado em malha de 2,0 mm e amostrado para análise físicas e químicas. (TEIXEIRA et al., 2017), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.

pH	MO	P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	SB	T	CTC	V	PTS
	g kg^{-1}	---(mg dm^{-3})---			----------(cmol$_c$$dm^{-3}$)----------							----%---	
5,4	2,13	2,0	61,1	16,7	1,6	1,10	0,20	0,33	2,90	3,10	3,23	90	1,0

CEes	Ds	Areia	Silte	Argila
(dSm^{-1})	(kg dm^{-3})	---------- (g kg^{-1}) ----------		
0,11	1,60	820	30	150

MO – Matéria orgânica: Digestão úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 M pH 7,0; Al^{3+} e (H^+ + Al^{3+}) extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Ds - Densidade do solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com oito repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema de parcelas sub-sub-dividida, como três manejos de irrigação na parcela (irrigação com água de abastecimento, irrigação com água de abastecimento + adubação convencional e irrigação com efluente da piscicultura), três cultivares de *P. maximum* (Tanzânia, Mombaça e Massai) na sub-parcela e quatro tempos de corte na sub-sub-parcela (45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura).

Cada repetição foi composta por um vaso de plástico preenchido com 20 dm^3 de solo, esses tiveram a sua base perfurada e adicionada uma camada de 3 cm de brita nº 1 e tela de nylon de 2 mm. Antes do plantio da cultura, realizou-se a calagem aplicando hidróxido de cálcio ($CaOH_2$), baseando-se na saturação por base obtida na análise do solo, com 54% de cálcio.

Após 15 dias da correção da acidez, o solo do manejo de irrigação MI2 foi adubado de acordo com a recomendação de adubação de Holanda et al. (2017), aplicando-se 60 kg ha de $P_2O_5^-$, 60 kg ha de K_2O, e 60 kg ha de N, correspondente a 600 mg de $P_2O_5^-$, 600 mg de K_2O e 600 mg de N por vaso. O nitrogênio e potássio foram parcelados, sendo aplicada em fundação a dose de 20 e 40 kg ha de N e K_2O, e em cobertura aos 45 dias após a semeadura a dose de 40 e 20 kg ha de N e K_2O, respectivamente. Os fertilizantes foram aplicados via fertirrigação, utilizando cloreto de potássio (60% de K_2O), monoamoniofosfato (10% de N e 50% de $P_2O_5^-$) e uréia (50% de N).

A semeadura das cultivares *Panicum* foi realizada em julho de 2019, sendo manualmente colocadas 20 sementes por vaso, a uma profundidade 1,0 cm. As sementes mostraram um poder germinativo de 90% após 7 dias e ao atingirem 5,0 cm de altura, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por vaso. Após o primeiro corte, foi feita uma aplicação de fertilizante no tratamento MI2 (água de abastecimento + adubação), para repor a adubação, o volume de solução por aplicação de fertirrigação foi de 100 mL por vaso.

A irrigação foi realizada com um volume uniforme de água às plantas, em função da evapotranspiração média na testemunha, obtida por pesagem. O volume aplicado (*Va*) por recipiente foi obtido pela diferença entre a média do peso dos recipientes em condição de máxima retenção de água (P_{cc}), o qual foi determinado saturando-se os recipientes com água e submetendo-os à drenagem; quando o volume drenado estava reduzindo, os recipientes eram pesados, obtendo-se o valor do P_{cc} quando o peso dos recipientes com substrato for constante; e o peso médio dos recipientes na condição atual (P_a), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na equação 1:

$$Va = \frac{Pcc - Pa}{n} \quad (1)$$

Durante o período experimental, realizaram-se irrigações diárias, pela manhã, utilizando um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores espaçados de linhas de 16 mm e vazão de 2,5 L. Foram utilizadas duas águas para a irrigação, sendo uma da rede de abastecimento (AA) do Campus Central da UFERSA, proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), e a outra o efluente da piscicultura (EP), coletada no Setor de Aquicultura do campus Leste da UFERSA. A caracterização química da água utilizada no experimento encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química das águas utilizadas no experimento.

Águas	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	RAS
	----------mmol$_c$ L^{-1}----------							(mmol$_c$ L^{-1})$^{-0,5}$
AA	0,28	4,56	0,80	0,70	2,40	0,40	2,90	5,20
EP	0,67	16,10	10,10	8,10	18,40	1,60	3,30	5,30
Águas	pH	CE	N	P	Cu	Fe	Mn	Zn
		dSm^{-1}	-----mg L^{-1}----		----------mg L^{-1}----------			
AA	7,83	0,50	0,10	0,10	0,02	0,05	0,03	0,08
EP	8,45	3,00	0,35	0,72	0,04	0,50	0,05	0,15

AA – Água de abastecimento; EP – Efluente da piscicultura; pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; K^+ – Potássio; Na^+ – Sódio; Mg^{2+} – Magnésio; Ca^{2+} – Cálcio; Cl^- – Cloro; CO_3^{2-} – Carbonato; HCO_3^- – Bicarbonato; RAS – Razão de adsorção de sódio.

As três cultivares foram analisadas em quatro cortes aos 45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura (DAS). Inicialmente foi aferido a altura das plantas, a partir do solo até ápice, utilizando fita métrica e a contagem manual do número de perfilhos. Posteriormente, as plantas foram cortadas a uma altura do corte à 10 cm acima da superfície do solo, utilizando-se tesoura. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e levado para laboratório para aferição da produção de biomassa fresca, e posteriormente foi posto para secar em estufa de circulação de ar a temperatura de 65 °C até atingir peso constante e posteriormente pesado para obtenção da produção de biomassa seca.

Em cada corte, amostras do material vegetal foram coletados para determinação da qualidade da forragem. Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) foram realizados, de acordo com o método propostopor Van Soest (1994). A proteína bruta (PB) e o extrato etéreo (EE) foram determinados pelos métodos de Kjeldahl e Soxhlet, respectivamente. Todas as análises foram realizadas de acordo com a metodologia

descrita por Silva & Queiroz (2002). A técnica gravimétrica foi utilizada para determinação da matéria seca (MS), com duas fases: pré-secagem, seguida de secagem final em estufa a 105 °C por 4 horas, com pesagem a cada 1 hora até peso constante. A determinação da matéria mineral também foi realizada pelo método gravimétrico, utilizando-se forno mufla a 550 °C por 5 horas para calcinação das amostras, seguida de pesagem (SILVA & QUEIROZ, 2002).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de significância pelo Teste F ($p<0,05$), em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 1% e 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre manejo de irrigação x cultivar x tempo de cortes foi significativa ($p<0,01$) para altura de planta e número de perfilhos. Para a produção de biomassa a interação entre manejo de irrigação x tempo de cortes foi significativa ($p<0,01$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de planta, número de perfilhos e produção de biomassa do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

FV	GL	Quadrado médio		
		Altura de Plantas	Número de Perfilhos	Produção de biomassa Fresca
Bloco	7	200,71*	17,19ns	3619,47ns
MI	2	14827,42**	1926,66**	784446,63**
Erro	14	47,48	10,97	2221,70
C	2	5468,13**	28,29*	4016,10ns
MI x C	4	1272,33**	26,48*	6368,30ns
Erro	14	79,493	5,81	2203,15
TC	3	1889,03**	788,54**	389057,72**
MI x TC	6	405,88**	58,45**	52823,55**
C x TC	6	895,69**	28,32**	453,87ns
MI x C x TC	12	164,78**	25,76**	1434,55ns
Erro	217	30,93	5,78	1070,88
CV1 (%)		11,50	17,45	21,80
CV2 (%)		14,88	12,70	21,71
CV3 (%)		9,28	12,66	15,14
Média Geral		59,93	18,98	216,21

**= significativo a 1% de probabilidade ($p<0,01$); * = significativo a 5% de probabilidade ($p<0,05$); ns = não significativo; FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação.

As maiores alturas do capim *P. maximum* foram obtidas quando as plantas foram irrigadas com água de abastecimento e adubadas com NPK (MI2), independentemente das cultivares e dos tempos de corte. Na condição de MI2, a cv. Massai obteve as menores alturas em todos os tempos de cortes, esse comportamento foi verificado na irrigação com água de abastecimento sem adubação (MI1), no segundo, terceiro e quarto corte e, também, na irrigação com efluente da piscicultura (MI3), no terceiro e quarto tempo de corte (Tabela 4). Normalmente, a cv. Massai apresenta menor porte do que outras cultivares de *P. maximum* (EMBRAPA, 2001).

Ao comparar os MI1 e MI3 nas combinações de cultivares e tempos de corte, observou-se que a irrigação com efluente da piscicultura reduziu o crescimento de todas as cultivares de capim *P. maximum* desde o primeiro tempo de corte (Tabela 4). Essa redução pode influenciar tanto nos rendimentos da forragem quanto na massa das folhas, além de requerer um maior tempo de pastejo, pois, a altura da planta forrageira é considerada uma característica importante para o manejo cultura e, tem grande influência sobre consumo animal em pastejo, o que pode garantir rendimentos satisfatórios de forragem e massa de folha associados a um tempo de pastejo mais curto e maior consumo forrageiro (RIBEIRO et al., 2012). Portanto, a redução na altura das plantas forrageiras devido a irrigação com efluente da piscicultura pode comprometer o rendimento da forragem. Pesquisadores atribuem à redução do crescimento de plantas irrigadas com efluente da piscicultura aos efeitos negativos da alta salinidade dos efluentes, uma vez que, a alta salinidade causa estresse osmótico. Uma vez que este reduz crescimento, diminui a fotossíntese das plantas em razão da difusão de CO_2 e as alterações no metabolismo fotossintético, como o estresse oxidativo, influenciando diretamente no crescimento (CHAVES et al., 2009; PRAXEDES et al., 2019).

Tabela 4. Teste de médias para altura de planta do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Altura de Planta (cm)					
Cultivar (C)	Manejo de irrigação (MI)	Tempos de Cortes (TC)			
		1	2	3	4
Tanzânia	1	52,38 bA	64,13 bA	61,13 bA	54,13 bA
	2	76,00 aA	74,50 aA	86,00 aB	75,75 aB
	3	47,88 cA	52,00 cA	54,50 cB	47,50 cB
Mombaça	1	52,38 bA	57,75 bB	59,25 cA	49,75 cB
	2	74,38 aA	71,25 aA	111,50 aA	87,00 aA
	3	46,88 cA	53,00 cA	70,75 bA	59,50 bA
Massai	1	53,75 bA	56,25 bB	50,38 bB	39,38 bC
	2	58,25 aB	64,13 aB	60,88 aC	50,63 aC
	3	47,25 cA	49,75 cA	48,88 bC	38,75 bC

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam MI dentro da interação C x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Letras maiúsculas na coluna comparam C dentro da interação MI x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

Nas cultivares Mombaça e Massai, houve semelhança nas alturas dos MI1 e MI3 a partir do terceiro corte. Esse fato não ocorreu para cv. Tanzânia, indicando que a altura desse capim é uma variável sensível a alta salinidade do efluente da piscicultura em relação as demais cultivares (Tabela 4). Deste modo, pode-se inferir que as cultivares Mombaça e Massai aclimataram-se à alta salinidade da água de irrigação com efluente da piscicultura, podendo-se atribuir o sucesso do uso do efluente na agricultura à tolerância à salinidade da espécie e a cultivar da mesma espécie dentre outras estratégias de manejo.

Em *Brachiaria brizantha*, Souza e Silva Neto (2018) verificaram que a cv. BRS Piatã obtém maior crescimento quando irrigada com o efluente da piscicultura não diluído. Apesar da salinidade do efluente da piscicultura, a irrigação continuada com efluente fornece um aporte de nutrientes à cultura que pode atenuar os efeitos deletérios da alta salinidade, o que não ocorre quando se utilizada água de qualidade convencional (não residual).

É importante ressaltar que, o aporte de nutrientes do efluente da piscicultura utilizado na pesquisa não superou adubação com NPK e, assim faz-se necessário a correção da acidez a da fertilidade do solo para garantir os rendimentos no cultivo do *P. maximum* (FLORENTINO et al., 2019).

O *P. maximum* irrigado com água de abastecimento e adubado com NPK (MI2) obteve maior perfilhamento para todas as cultivares em todos tempos de corte (Tabela 5), pois o nutriente contido na adubação estimula o alongamento e o aparecimento de folhas (GOMES; BITTAR; SÉRVULO, 2020). Corroborando com os resultados, Martuscello et al. (2019) observou que a adubação nitrogenada estimula o crescimento da parte aérea.

A irrigação com efluente da piscicultura (MI3) causou menor perfilhamento que o MI2 para todas as cultivares em todos os tempos de corte (Tabela 5). Todavia, na maioria das combinações de cultivares e tempo de corte, o perfilhamento do MI3 foi semelhante ao do MI1. Assim, é possível obter uma forragem de *P. maximum* bem estruturado, mesmo irrigado com efluente da piscicultura. Comportamento semelhante foi observado por Santos et al. (2017), quando formularam que o perfilhamento é uma característica importante na estrutura da forragem e comprovaram que o efluente da piscicultura não interferiu na biomassa fresca.

Tabela 5. Teste de médias para número de perfilhos do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Número de Perfilhos					
Cultivar (C)	Manejo de irrigação (MI)	Tempo de Corte (TC)			
		1	2	3	4
Tanzânia	1	12 bA	17 cA	17 bA	20 bA
	2	17 aA	27 aA	25 aA	30 aA
	3	12 bA	20 bA	18 bAB	16 cB
Mombaça	1	14 bA	18 bA	19 bA	17 cB
	2	17 aA	28 aA	23 aA	32 aA
	3	12 bA	17 bB	16 cB	20 bA
Massai	1	11 cA	17 bA	16 cA	17 bB
	2	18 aA	27 aA	24 aA	23 aB
	3	14 bA	19 bAB	19 bA	18 bAB

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam MI dentro da interação C x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Letras maiúsculas na coluna comparam C dentro da interação MI x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

O perfilhamento em MI3 foi superior ao MI1, na cv. Tanzânia no segundo corte, na cv. Massai no primeiro e terceiro corte e para cv. Mombaça no quarto corte. Houve diminuição no perfilhamento em MI3 em relação a MI1, na cv. Mombaça e cv. Tanzânia no terceiro e quarto corte, respectivamente (Tabela 5). Dessa forma, o perfilhamento das cultivares de *P. maximum*

foi mais sensível à salinidade do efluente da piscicultura na primeira rebrota e, provavelmente, ocorreu aclimatação das cultivares nos demais cortes.

A melhor diferenciação de número de perfilhos entre as cultivares ocorre no último corte, no qual a cv. Tanzânia tem maior perfilhamento quando irrigado com água de abastecimento sem adubação. E cultivar Mombaça tem maior perfilhamento quando irrigado com efluente da piscicultura (Tabela 5).

Assim, como verificado para a altura e perfilhamento, a maior produção de biomassa do *P. maximum* ocorreu no MI2, para todos os tempos de cortes (Tabela 6). Esse incremento na biomassa implica em um aumento de produtividade, já que a velocidade com que a biomassa cresce torna-se um indicador da melhoria da produtividade e, portanto, da vida econômica (FIGUEIREDO et al., 2010). A maior biomassa do MI2 foi devido à prática de adubação, que assume papel fundamental para o estabelecimento e manutenção das pastagens (CECATO et al., 2008). O incremento de biomassa é nítido com a adição da fertilização com NPK, sendo esta fundamental para o estabelecimento das pastagens de *P. maximum*. O aumento da produtividade de biomassa em pastagens corretamente adubadas também foi verificado por Ieiri et al. (2010), Canto et al. (2013) e Galindo et al. (2018a).

Tabela 6. Teste de médias para produção de biomassa do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC).

Produção de Biomassa (g vaso^{-1})			
	MI1	MI2	MI3
TC1	114,49 b	149,01 a	98,78 b
TC2	176,75 b	325,83 a	166,31 b
TC3	158,21 b	365,69 a	139,27 b
TC4	252,58 b	438,67 a	208,93 c

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na linha comparam MI dentro de TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

A carga nutricional do efluente da piscicultura não supriu totalmente a demanda de nutrientes das cultivares de *P. maximum,* sendo necessária a adição de nutrientes para atender a demanda nutricional. No entanto, a produção de biomassa do capim no MI3 foi semelhante ao MI1, para todos dos cortes, com exceção do quarto em que MI1 foi superior a MI3 (Tabela 4). A redução da produção de biomassa do *P. maximum* em função da irrigação prolongada com efluente da piscicultura, corrobora com os resultados de Praxedes et al. (2019) e Sá et al. (2021), que também verificaram diminuição na produção de biomassa em cultivo irrigado com água

salina e formularam que, a irrigação continuada com água salina aumenta a salinidade do solo ocasionado restrições no acúmulo de biomassa.

As interações entre manejo de irrigação (MI) x cultivar (C) (p<0,01) e manejo de irrigação x tempo de corte (TC) (p<0,05) foi significativa para proteína bruta (PB). Para material mineral foram significativas (p<0,01) as interações entre MI x TC e C x TC. Houve efeito significativo isolado de MI para fibra em detergente ácido (FDA) (p<0,01) e extrato etéreo (EE) (p<0,05). Para FDA, fibra em detergente neutro (FDN), EE e massa seca (MS) houve efeito significativo isolado de TC (p<0,01) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), massa seca (MS) e material mineral (MM) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

FV	GL	Quadrado médio					
		FDN	FDA	PB	EE	MS	MM
Bloco	7	24,05ns	9,02ns	0,39ns	0,83ns	0,82ns	1,66ns
MI	2	59,55ns	144,73**	5,31**	2,60*	5,74ns	24,66**
Erro	14	17,62	4,24	0,28	0,56	1,61	1,53
C	2	1,11ns	15,82ns	0,31ns	0,77ns	0,28ns	1,61ns
MI x C	4	19,85ns	9,15ns	1,89**	0,63ns	0,63ns	1,60ns
Erro	14	17,03	6,05	0,37	0,45	1,82	0,80
TC	3	209,45**	887,23**	26,41**	10,61**	75,05**	38,34**
MI x TC	6	17,93ns	7,91ns	0,49*	1,02ns	2,34ns	10,90**
C x TC	6	9,80ns	6,65ns	0,14ns	0,82ns	0,78ns	2,72**
MI x C x TC	12	8,86ns	5,34ns	0,14ns	0,84ns	1,75ns	0,57ns
Erro	217	11,18	4,99	0,21	0,52	1,44	0,78
CV1 (%)		5,75	5,51	15,18	34,77	1,37	15,65
CV2 (%)		5,65	6,59	17,22	31,01	1,45	11,32
CV3 (%)		4,58	5,98	12,99	33,37	1,29	11,20
Média Geral		73,01	37,35	3,51	2,15	92,89	7,90

**= significativo a 1% de probabilidade (p<0,01); * = significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); ns = não significativo; FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação.

O FDN aumentou de 71,14% no primeiro corte para 75,26% no quarto corte (Tabela 8). De maneira geral, o teor de fibra aumentou em função do número de rebrotas da forragem. Um fato importante é que a salinidade do efluente da piscicultura não influenciou o teor de FDN nas cultivares de *P. maximum*; o que corrobora com os resultados encontrados por Silva et al. (2020), quando estudaram o *P. maximum* cv. BRS Zuri, os quais não verificaram diferença em FDN com o aumento da salinidade, porém essa variável diminuiu com os tempos de corte.

Vale salientar, que os teores de FDN obtidos para as cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai são superiores aos verificado na cv. BRS Zuri por Silva et al. (2020). Apesar de salino, o efluente da piscicultura fornece nitrogênio e outros nutrientes ao capim, o que auxiliou na manutenção do teor de fibra, pois o N estimula a formação de novos tecidos, impulsionando no aumento dos teores de FDN (MAGALHÃES et al., 2015).

Tabela 8. Teste de médias para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácidos (FDA) do capim *P. maximum* em função de manejo de irrigação (MI) e tempos de cortes (TC).

Manejo de irrigação	FDN (%)	FDA (%)
MI1	73,69 a	38,72 a
MI2	73,20 a	36,99 b
MI3	72,15 a	36,34 b
Tempo de Corte	FDN (%)	FDA (%)
TC1	71,14 c	33,56 d
TC2	72,60 b	35,53 c
TC3	73,05 b	38,82 b
TC4	75,26 a	41,49 a

MI1 = irrigação com água de abastecimento; MI2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; MI3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

O *P. maximum* irrigado com água de abastecimento (MI1) obtive os maiores teores de FDA. O FDA do capim irrigado com irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK (MI2) e irrigado com efluente da piscicultura (MI3) foram semelhantes (Tabela 8). Com relação a variável FDN, observou-se que, a salinidade do efluente da piscicultura não afetou a fibra das cultivares de *P. maximum*, pois se notou semelhança estatística quando aplicado os MI estudados.

Nesse contexto, possivelmente as forragens produzidas tem boa qualidade de fibra alimentar, pois os valores de FDN superam FDA, o que indica tanto da qualidade quanto da quantidade de fibra alimentar presente nas forrageiras, influenciando a ingestão de MS pelos animais (SIMONETTI; MARQUES, 2016). Com isso, a irrigação com efluente da piscicultura melhorou a qualidade da fibra das cultivares de *P. maximum* em relação ao MI1. Já que o estresse osmótico provoca decréscimo do caule e redução nos níveis de lignificação, o que reflete no teor de FDA e melhora a digestibilidade da forragem (MAGALHÃES et al., 2015). O teor de FDA aumentou em função do tempo de corte de 33,56% no primeiro corte para 41,49% no quarto corte. Isso indica que, com o estabelecimento das cultivares de *P. maximum*

houve aumento dos teores de fibra de difícil digestibilidade, como ás frações celulose e lignina (SIMONETTI; MARQUES, 2016; SILVA et al., 2020).

As forrageiras *P. maximum* apresentaram teores de FDN superiores a 70%. De acordo com Van Soest (1994), valores entre a faixa de 55 a 60% de FDN limita a capacidade de ingestão dos animais. Enquanto, para Oliveira *et al*. (2015), as forrageiras tropicais possuem altos teores de FDN, estando adequados quando acima de 55%, chegando até 80% com mais de 36 dias de idade. Já para o teor de FDA, os valores estão adequados quando abaixo de 40% (GALINDO *et al.*, 2018). Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa estão de acordo com os autores, indicando que a forragem tem boa composição em FDN e FDA, possuindo FDN superior a 55% em todos os cortes, já FDA menor que 40% até o terceiro corte e próximos a este no quarto corte.

No desdobramento de MI dentro de cultivar, registraram-se menores teores de proteína bruta (PB) no MI1 nas cultivares Tanzânia e Mombaça, não havendo diferença entre MI2 e MI3. Na cv. Massai não houve diferença entre os manejos de irrigação para o teor de PB (Tabela 9). No desdobramento de MI dentro de tempos de corte, verificou-se os maiores teores de PB no capim do MI3 no primeiro corte e no segundo, terceiro e quarto corte os maiores teores de PB ocorreram nos capins dos MI2 e MI3 (Tabela 9). O capim irrigado com efluente da piscicultura (MI3) obteve valores de PB semelhantes ao capim irrigado com água de abastecimento e adubado com NPK (MI2) (Tabela 6). O aporte de nitrogênio via efluente e adubação convencional melhora o vigor e a produtividade da rebrota, incrementando o teor de proteína bruta (DELEVATTI et al., 2019). Apenas a cv. Massai conseguiu manter os teores de PB no MI1, um indicativo de que essa cultivar é menos exigente em nutrientes que as demais.

Tabela 9. Teste de médias para proteína bruta (PB) do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC) e MI dentro de cultivares (C).

PB (%)			
Cultivares	Manejos de Irrigação		
	MI1	MI2	MI3
Tanzânia	3,40 b	3,50 ab	3,79 a
Mombaça	2,89 b	3,62 a	3,83 a
Massai	3,50 a	3,48 a	3,58 a
Tempo de Corte	MI1	MI2	MI3
TC1	2,63 b	2,51 b	2,96 a
TC2	3,05 b	3,58 a	3,61 a
TC3	3,52 b	3,92 a	4,08 a
TC4	3,85 b	4,12 ab	4,28 a

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na linha comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

Os maiores teores de extrato etéreo (EE) foram verificados no capim irrigado com água de abastecimento e adubado com NPK (MI2) e os menores no capim irrigado com efluente da piscicultura (MI3) (Tabela 10). Os valores de EE diminuíram com idade do capim, variando de 2,69 no primeiro corte a 1,86 m no quarto corte (Tabela 10). Santos et al. (2011), avaliando características estruturais e bromatológicas do capim Tanzânia sob pastejo isolado, simultâneo e alternado de ovinos com bovinos, verificaram níveis variando de 2 a 3% de EE. No presente trabalho, esses níveis de EE no capim foram obtidos em todos os manejos de irrigação. No entanto, no segundo e quarto corte os teores de EE capim foram inferiores a 2% (Tabela 10). Silva et al. (2020), também verificaram diminuição do teor de EE em capim *P. maximum* BRS Zuri no segundo corte.

Tabela 10. Teste de médias para extrato etéreo (EE) e massa seca (MS) do capim *P. maximum* em função de manejo de irrigação (MI) e tempos de cortes (TC).

Manejo de irrigação	EE (%)	MS (%)
MI1	2,11 ab	93,16 a
MI2	2,34 a	92,69 a
MI3	2,01 b	92,82 a
Tempo de Corte	EE (%)	MS (%)
TC1	2,69 a	91,72 d
TC2	1,89 bc	93,99 a
TC3	2,18 b	93,45 b
TC4	1,86 c	92,40 c

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

Os teores de matéria seca (MS) foram influenciados pela maturidade da cultura, o maior teor de MS ocorre no segundo corte (primeira rebrota), e tende a diminuir ao até o quarto corte (Tabela 10). Esse feito, também foi observado por Fluck et al. (2018), quando analisava a composição química da forragem, verificou que a maturidade influência nos teores de matéria seca.

Para matéria mineral (MM) no desdobramento de MI dentro de TC, de maneira geral, observou-se que o tratamento MI2 obteve os menores valores de MM em todos os cortes. E os maiores teores de MM foram verificados no capim do MI3 a partir do segundo corte (Tabela 11). No caso do MI2, esse tratamento obteve a maior produção de biomassa em relação aos tratamentos (Tabela 6), e a diminuição do MM pode ter ocorrido por efeito de diluição dos mineiras na biomassa. Fato contrário ocorre no tratamento MI3, que com menor biomassa acabou concentrando o MM, principalmente a partir do segundo corte, uma vez que os sais e nutrientes presentes no efluente da piscicultura tendem a se acumular no solo em condições de irrigação continuada (DIAS et al., 2018).

Tabela 11. Teste de médias para material mineral (MM) do capim *P. maximum* no desdobramento de manejo de irrigação (MI) dentro de tempos de cortes (TC) e de cultivares (C) dentro de TC.

MM (%)			
	Manejos de Irrigação		
Tempos de Corte	MI1	MI2	MI3
TC1	8,94 a	7,99 b	8,13 b
TC2	7,08 b	5,68 c	7,97 a
TC3	7,29 b	7,47 b	8,68 a
TC4	8,04 b	8,59 ab	8,98 a
	Cultivar		
Tempos de Corte	Tanzânia	Mombaça	Massai
TC1	8,13 a	8,63 a	8,30 a
TC2	7,17 a	6,98 a	6,58 a
TC3	7,73 a	7,82 a	7,90 a
TC4	8,00 b	8,61 a	8,99 a

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na linha comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

No desdobramento de C dentro de TC, houve diferença apenas no último corte, em que o MM das cultivares Mombaça e Massai foram superiores ao da Tanzânia (Tabela 11). As concentrações de MM dependem de muitos fatores, dentre eles destacam-se a concentração de nutrientes no solo (SIMILI et al., 2008). O aumento do MM é indicativo da absorção e acúmulo de sais e nutrientes no tecido vegetal, assim as cultivares Mombaça e Massai acumularam mais sais no tecido vegetal em longo prazo (180 dias).

O melhor crescimento, produção de biomassa e características bromatológicas das cultivares de *P. maximum* foram obtidas na pastagem irrigada e adubada. A irrigação com efluente da piscicultura diminuiu o crescimento e a produção de biomassa em relação ao capim irrigado e adubado, todavia foi semelhante ao capim irrigado com água de abastecimento sem adubação para produção de biomassa, principalmente nas cultivares Mombaça e Massai.

Com a análise bromatológica, observou-se que apesar da redução na produção de biomassa o capim irrigado com efluente da piscicultura obteve características bromatológicas semelhantes ao capim irrigado e adubado, e melhor que o capim apenas irrigado com água de abastecimento. Desse modo, é possível irrigar o capim *P. maximum* com efluente da piscicultura e obter forragem de qualidade, porém com perdas significativas na produção de biomassa.

CONCLUSÕES

1. Efluente da piscicultura pode ser usado na irrigação de capim *P. maximum* com boa qualidade forrageira e, sem perdas significativas no crescimento e a produção.

2. A irrigação com efluente da piscicultura melhorou a qualidade da forragem em relação ao capim irrigado e sem adubação adicional.

3. O crescimento da cv. Massai foi mais sensível à alta salinidade da irrigação com efluente da piscicultura, sendo às cultivares Tanzânia e Mombaça tolerantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CANTO, M. W. et al. Características do pasto e eficiência agronômica de nitrogênio em capim-Tanzânia sob pastejo contínuo, adubado com doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 682-688, 2013.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. B.; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 1, p. 44-50, 2006.

CECATO, U. et al. Perfilhamento e características estruturais do capim-Mombaça, Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 1,p. 1-7, 2008.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

DELEVATTI, L. M. et al. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. e7596, 2019.

DIAS, N. da S. et al. Cultivo da erva sal fertirrigada com efluente da piscicultura de viveiros preenchidos com rejeito da dessalinização. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 40-46, 2018.

EMBRAPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 9 p.

EMBRAPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Distrito Federal, 2018. 356 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIGUEIREDO, R. T. et al. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 913-918, 2010.

FLORENTINO, L. A. et al. Crescimento do capim *Panicum maximum* cv. "Mombaça" em resposta a adubação fosfatada na Amazônia ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 30, p. 153-162, 2019.

FLUCK, A. C. et al. Chemical composition of annual ryegrass forage and silage for different drying times and phenological phases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 6, p. 1979-1987, 2018.

GALINDO, F. S. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-Mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 1-9, 2018a.

GALINDO, F. S. et al. Manejo da adubação nitrogenada no capim-Mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018b.

GOMES, E. S.; BITTAR, D. Y.; SÉRVULO, A. C. O. Produção de forrageiras da espécie *Panicum maximum* submetidas a doses de nitrogênio. **Ipê Agronomic Journal**, v. 4, n. 2, p. 1-8. 2020.

GUILLAUME, A. et al. Cover crops promote crop productivity but do not enhance weed management in tillage-based cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 123, n. 1, p. e126221, 2021.

HOLANDA, J. S. et al. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**. Parnamirim: EMPARN, 2017. 63 p.

IEIRI, A. Y. et al. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 1154-1160, 2010.

MAGALHÃES, J. A. et al. Composição bromatológica do capim-Marandu sob efeito de irrigação e adubação nitrogenada. **Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 933-942, 2015.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 76, n. 1441, p.1-10, 2019.

NASSARY, E. K.; BAIJUKYA, F.; NDAKIDEMI, P. A. Productivity of intercropping with maize and common bean over five cropping seasons on smallholder farms of Tanzania. **European Journal of Agronomy**, v.113, n. 1, p. e125964, 2020.

PRAXEDES, S. S. C. et al. Desempenho do capim Tanzânia irrigado com água salobra aplicada via aspersão e gotejamento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 236-253, 2019.

RIBEIRO, A. M. et al. Canopy characteristics, animal behavior and forage intake by goats grazing on Tanzania-grass pasture with different heights. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 371-378, 2012.

ROCHA FILHO, R. R. et al. Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, n. 1, p. e104426, 2021.

RODRIGUES, B. H. N. et al. Produção e composição bromatológica do capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) em diferentes idades de rebrotação. **Pubvet**, v. 8, n. 8, p. 830-974, 2014.

SÁ, F. V. S. et al. Phosphorus doses alter the ionic homeostasis of cowpea irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 372-379, 2021.

SANTOS, M. E. R. et al. Estrutura do dossel e características de perfilhos em pastos de capim-piatã manejados com doses de nitrogênio e períodos de diferimento variáveis. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, n. 1, p. e37547, 2017.

SANTOS, V. R. V. et al. Características estruturais e bromatológicas do capim tanzânia sob pastejo isolado, simultâneo e alternado de ovinos com bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 670-680, 2011.

SILVA, D.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

SILVA, E. B. et al. Chemical composition of *Panicum maximum* 'BRS Zuri' subjected to levels of salinity and irrigation depths. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. e20175997, 2020.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013. 39 p.

SIMILI, F. F. et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.

SIMONETTI, W. M.; MARQUES, L. V. C. Costa. Produtividade de capim-mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 1, p. 107-115, 2016.

SOUZA, P. P.; SILVA NETO, J. R. Reaproveitamento da água de piscicultura na irrigação da forragem *Brachiaria brizantha* cv. BRS piatã**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 3, n. 6, p. 28-43. 2018.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VANOMARK, G. M. M. de S. et al. Energy balance partitioning and Evapotranspiration from irrigated Muskmelon Under Semi-Arid Conditions. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p. 168-180, 2018.

VITOR , C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009.

3. ARTIGO II: BIOMASSA E TEOR DE NUTRIENTES EM CULTIVARES DE *Panicum maximum* IRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

RESUMO

O uso de águas residuárias é uma alternativa para a agricultura irrigada no semiárido, devido ao suporte hídrico e aporte nutricional. Assim, objetivou-se avaliar a produção de biomassa e a concentração de nutrientes em três cultivares de *Panicum maximum* irrigadas com efluente da piscicultura. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação utilizando delineamento em blocos casualizados completos em esquema de parcelas sub-sub-dividida no tempo. A parcela foi constituída por três manejos de irrigação (água de abastecimento (testemunha), testemunha + adubação convencional e irrigação com efluente da piscicultura). A sub-parcela foi constituída por três cultivares de *P. maximum* (Tanzânia, Mombaça e Massai). A sub-sub-parcela foi composta por quatro tempos de corte (45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura). A maior produção de biomassa e o melhor estado nutricional foram obtidos no capim irrigado e adubado. É possível usar o efluente da piscicultura na irrigação do *P. maximum* admitindo pequenas perdas de produção desde que rigorosamente manejado. A irrigação com efluente aumenta a concentração de sódio no da *P. maximum*, o que acarretou redução na biomassa de todas as cultivares, o que requer o monitoramento da salinidade nas cultivares *Panicum maximum*. A salinidade do efluente da piscicultura aumentou os teores de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco nos tecidos vegetal.

Palavras-chave: adubação; massai; mombaça; reuso de água; tanzânia.

PAPER II: BIOMASS AND NUTRIENT CONTENT IN *Panicum maximum* CULTIVARS IRRIGATED WITH FISH FARM EFFLUENT

ABSTRACT

The waste water use is an alternative for irrigated agriculture in semi-arid zone, due to water support and nutritional support. Thus, aimed to evaluate the biomass production and nutrient concentration in three cultivars of *Panicum maximum* irrigated with fish farm effluent. The research was carried out in a greenhouse utilizing a complete randomized block design in a sub-sub-divided plot scheme. The plot consisted of three irrigation managements (supply water (control), control + conventional fertilization and irrigation with fish farm effluent). The subplot consisted of three cultivars of *P. maximum* (Tanzania, Mombasa and Massai). The sub-subplot consisted of four cutting times (45, 90, 135 and 180 days after sowing). The result show that highest biomass production and the best nutritional status were obtained when irrigated with fertilized grass. However, fish farming effluent can be used to irrigation of *P. maximum* plants with small production losses if carefully managed. Irrigation with effluent increases the sodium concentration of *P. maximum* plants, which led to a reduction in the biomass of all cultivars, which requires monitoring of salinity in *P. maximum* cultivars. The fish farm effluent salinity increased the calcium, magnesium, iron, manganese and zinc contents from plant tissues.

Keywords: fertilization; massai; mombasa; water reuse; tanzania.

INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos é um dos maiores problemas enfrentados pela humanidade, principalmente, devido ao processo de urbanização, crescimento industrial e agricultura irrigada (VÖRÖSMARTY et al., 2015). Mas a natureza aleatória deste recurso, que sofre alterações provocadas tanto pelas mudanças climáticas como pelas atividades humanas, torna-se ainda mais precioso (PEDRO-MONZONÍS et al., 2015).

No Semiárido Brasileiro, a baixa disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação tem impulsionado o uso de água de qualidade inferior, principalmente águas salinas (SILVA et al., 2014). Na maioria dos casos, tanto as águas superficiais como subterrâneas apresentam altas concentrações de sais (MEDEIROS et al., 2003; PRAXEDES et al., 2022). O grande desafio é desenvolver o manejo adequado dessas águas com elevadas concentrações salinas, visto que, quando manejada de forma incorreta, acarreta problemas de salinização do solo e desertificação das áreas (SÁNCHEZ; NOGUEIRA; KALID, 2015).

Entre as alternativas de irrigação com águas salinas, o reuso do efluente da piscicultura é tecnicamente viável para cultivo de plantas modernamente tolerantes a salinidade, como gramíneas forrageiras, milho, feijão (SIMÕES et al., 2016; SILVA et al., 2018a). Alguns estudos mostraram que a irrigação por gotejamento com o efluente da piscicultura em um manejo diferenciado promove a segregação nas fontes geradoras, minimiza os efeitos ambientais e maximiza os benefícios sociais e econômicos para as comunidades rurais (SOUZA et al., 2022).

Dentre as principais vantagens relacionadas ao reuso de efluente da piscicultura, destacam-se o alto teor orgânico e economia na demanda hídrica das plantas, com provável redução na adubação química do solo, uma vez que, podem possibilitar o aumento da produção na biomassa e melhor a produtividade das culturas, possibilitando uma produção agrícola de baixo custo, principalmente, em regiões que sofrem com problemas de escassez hídrica (JANG et al., 2012; SALGADO et al., 2018).

O reuso de água de qualidade inferior pode suprir a demanda hídrica das plantas, aumentando o aporte nutricional e reduzindo o impacto ambiental causado pelo lançamento desse efluente rico em nutrientes no lençol freático (MONTEIRO et al., 2008; MOURA; LOPES; HENRY-SILVA, 2014). No entanto, águas de salinidade superiores a 2,0 dS m^{-1} reduzem expressivamente a produção de biomassa de *P. maximum*, principalmente devido a íons específicos como Na^+ e Cl^- (DIAS et al., 2019; PRAXEDES et al., 2019; SILVA et al., 2020).

Há uma grande importância em estudos na identificação e seleção de variedades de forrageiras tolerantes a salinidade. Essa importância reside principalmente em fatos como: o semiárido brasileiro é castigado por secas periódicas, é imprescindível o aprimoramento de técnicas para a utilização de água de irrigação com elevada concentração de sais, sem, contudo, causar grandes prejuízos às culturas.

Diante da importância de se desenvolver tecnologias que permitam o reaproveitamento de águas salinas na agricultura e com isso obter um sistema produtivo que possa beneficiar os pequenos produtores rurais, objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de biomassa e a concentração de nutrientes em três cultivares de *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, situada no do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Leste, em Mossoró-RN, nos meses de julho 2019 a janeiro 2020. O município está localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil, nas coordenadas geográficas locais de 5°11'31" S e 37°20'40" W, a uma altitude de 18 m.

O tipo climático é BSh (muito seco, com estação de chuva no verão atrasando-se para o outono), segundo classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Os valores de temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa média, foram monitorados na casa de vegetação com um Termo-higrômetro digital (MINIPA©) durante o período do experimento, são apresentados na Figura 1.

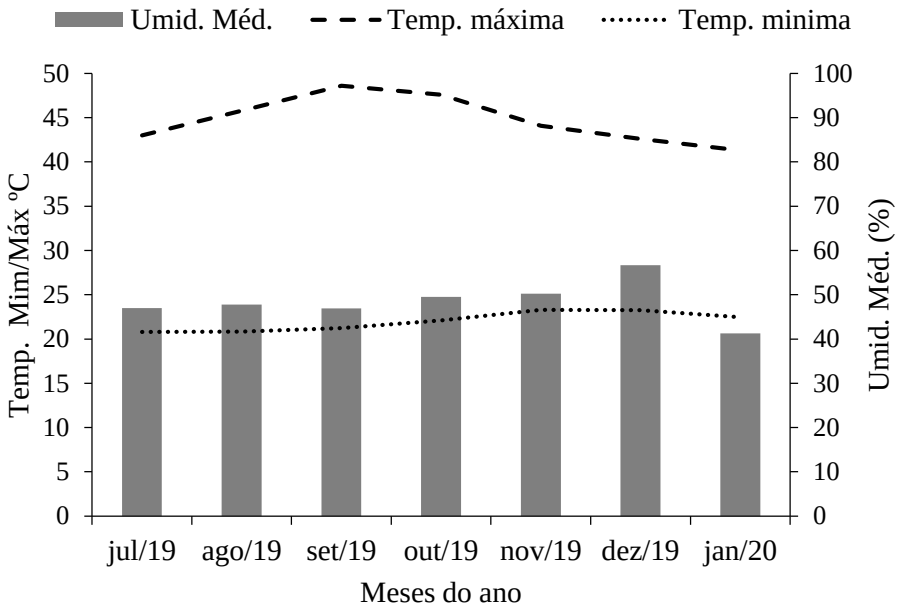

Figura 1. Registro de temperatura e umidade relativa da casa de vegetação durante o período do experimento.

A pesquisa foi conduzida em delineamento em blocos casualizados completos, com oito repetições, em esquema de parcelas sub-sub-dividida no tempo. A parcela foi constituída por três manejos de irrigação (MI), sendo elas: água de abastecimento (MI1-testemunha), testemunha + adubação convencional (MI2) e irrigação com efluente da piscicultura (MI3). A sub-parcela foi constituída por três cultivares de *P. maximum*, sendo elas: Tanzânia (C1), Mombaça (C2) e Massai (C3). A sub-sub-parcela foi composta por quatro tempos de corte (ciclos), aos 45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura.

Para o cultivo do capim *P. maximum* utilizou-se um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argissólico (EMBRAPA, 2018), coletado na camada de 0-30 cm na Fazenda Experimental Rafael Fernandes pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Lagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN, cujas características físico-químicas (TEIXEIRA et al., 2017), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.

	MO	P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	SB	T	CTC
pH	---(g kg)---	----(mg dm^{-3})----				----------(cmol$_c$ dm^{-3}) ----------					
5,4	2,13	2,0	61,1	16,7	1,6	1,10	0,20	0,33	2,90	3,10	3,23
	V PST	Cu	Fe	Mn	Zn	CEes	Ds	Areia	Silte	Argila	
	----%----	--------mg dm^3-------				(dSm^{-1})	(kg dm^{-3})	----------(g kg^{-1}) ---------			
	90 1,0	0,84	10,67	8,51	3,21	0,11	1,60	820	30	150	

MO – Matéria orgânica: Digestão úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 M pH 7,0; Al^{3+} e (H^+ + Al^{3+}) extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Ds - Densidade do solo.

O preparo do solo constou de secar ao ar e peneirar, para retirar as impurezas como raízes e cascalho. Antes do plantio da cultura, realizou-se a calagem aplicando hidróxido de cálcio ($CaOH_2$), baseando-se na saturação por base obtida na análise do solo, com 54% de cálcio. O solo foi corrigido para elevação da saturação por bases para 90%. Após 15 dias da correção da acidez, o solo do manejo de irrigação dois (MI2) foi adubado de acordo com as recomendações de Holanda et al. (2017), onde se utilizou 600 mg de $P_2O_5^-$, 600 mg de K_2O, e 600 mg de N, por vaso, através da fertirrigação, utilizando cloreto de potássio, monoamônio e uréia. Após o primeiro corte, foi feita uma aplicação de cobertura no tratamento MI2 (água de abastecimento + adubação), com a dose de 40 e 20 kg ha de N e K_2O, respectivamente.

As plantas foram cultivadas em lisímetros (vasos de plástico) com 20 dm^3 de solo, esses tiveram a sua base perfurada e adicionada uma camada de 3 cm de brita nº 1 e tela de nylon de 2 mm. A unidade experimental por um lisímetro, e o espaçamento foi de 0,50 m entre vasos e 1,0 m entre fileiras. A semeadura das cultivares *Panicum* foi realizada em 15 de julho de 2019, sendo realizada manualmente, colocando-se aproximadamente 20 sementes por vaso, a uma profundidade 1,0 cm. As sementes mostraram um poder germinativo de 90% após 7 dias e ao atingirem 5,0 cm de altura, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por vaso.

A irrigação foi realizada com um volume uniforme de água às plantas, em função da evapotranspiração média na testemunha, obtida por pesagem. O volume aplicado (*Va*) por recipiente foi obtido pela diferença entre a média do peso dos recipientes em condição de máxima retenção de água (P_{cc}), o qual foi determinado saturando-se os recipientes com água e submetendo-os à drenagem; quando o volume drenado estava reduzindo, os recipientes eram pesados, obtendo-se o valor do P_{cc} quando o peso dos recipientes com substrato for constante; e o peso médio dos recipientes na condição atual (P_a), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na equação 1:

$$Va = \frac{Pcc - Pa}{n} \quad (1)$$

Durante o período experimental, realizou-se irrigações diárias, pela manhã, através de um sistema de irrigação por gotejamento, formado por um motor bomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência, instalada em um reservatório de com capacidade de 60 L, com emissores espaçados de linhas de 16 mm e vazão de 2,5 L. Foram utilizadas duas águas para a irrigação, sendo uma da rede de abastecimento (AA) do Campus Central da UFERSA, proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), e a outra o efluente da piscicultura (EP), coletada no Setor de Aquicultura do campus Leste da UFERSA. A água de abastecimento foi armazenada em uma caixa d'água com capacidade para 1.000 L e o efluente da piscicultura foi armazenado em uma caixa d'água com capacidade para 2.000 L. A caracterização química da água utilizada no experimento encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química das águas utilizadas no experimento.

Água de abastecimento								
Período	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	RAS
(Dias)	----------mmol$_c$ L^{-1}----------							(mmol$_c$ L^{-1})$^{-0,5}$
1-45	0,28	4,56	0,80	0,70	2,40	0,40	2,90	5,20
46-90	0,31	6,54	0,30	1,10	3,00	0,50	3,00	7,80
91-135	0,18	6,05	0,40	0,90	2,80	0,20	2,80	7,50
136-180	0,20	7,62	0,30	0,70	2,60	0,30	2,6 0	6,37
Período	pH	CE	N	P	Cu	Fe	Mn	Zn
(Dias)		dSm^{-1}	-----mg L^{-1}----		----------mg L^{-1}----------			
1-45	7,82	0,50	0,10	0,10	0,02	0,05	0,03	0,08
46-90	8,29	0,55	0,10	0,10	0,03	0,06	0,05	0,05
91-135	8,00	0,60	0,15	0,10	0,03	0,04	0,03	0,07
136-180	7,93	0,65	0,10	0,10	0,02	0,07	0,03	0,04
Efluente da piscicultura								
Período	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	RAS
(Dias)	----------mmol$_c$ L^{-1}----------							(mmol$_c$ L^{-1})$^{-0,5}$
1-103	0,65	17,02	8,90	11,90	21,5	1,30	3,0	5,22
104-180	0,67	16,10	8,10	10,10	18,40	1,60	3,30	5,30
Período	pH	CE	N	P	Cu	Fe	Mn	Zn
(Dias)		dSm^{-1}	-----mg L^{-1}----		----------mg L^{-1}----------			
1-103	8,15	3,65	2,30	0,79	0,03	0,65	0,08	0,10
104-180	8,45	3,00	2,35	0,72	0,04	0,50	0,05	0,15

pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; K^+ – Potássio; Na^+ – Sódio; Mg^{2+} – Magnésio; Ca^{2+}– Cálcio; Cl^- – Cloro; CO_3^{2-} – Carbonato; HCO_3^- – Bicarbonato; RAS – Razão de adsorção de sódio, N – Nitrogênio, P – Fósforo, Cu – Cobre, Fe – Ferro, Mn – Manganês, Zn – Zinco.

Ao final do experimento foram coletadas amostras de solo em cada parcela experimental estudado (MI1, MI2, MI3), para as três cultivares *P. maximum*, as quais foram encaminhadas ao laboratório e caracterizadas quanto a fertilidade do solo (Tabela 3), conforme metodologia Teixeira et al. (2017). As três cultivares foram analisadas em quatro cortes, aos 45, 90, 135 e 180 dias após a semeadura. As plantas foram cortadas a uma altura do corte a 10 cm acima da superfície do solo, utilizando-se tesoura. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e posto para secar em estufa de circulação de ar a temperatura de 65 °C até atingir peso constante e posteriormente pesado para obtenção da produção de biomassa seca.

Tabela 3. Atributos químicos do solo no final do experimento

Cultivar	MO	N	P	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	(H+Al)
	-------g kg^{-1}------			---------mg dm^{-3}--------		--------$cmol_c$ dm^{-3}--------		
MI1 - irrigação com água de abastecimento (testemunha)								
Tanzânia	8,9	0,4	10,9	16,5	31,1	1,0	0,6	0,0
Mombaça	9,9	0,5	10,9	17,1	39,8	1,2	0,4	0,0
Massai	8,4	0,4	11,5	18,4	35,3	1,0	0,6	0,0
MI2 - irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK								
Tanzânia	9,8	0,5	25,0	33,6	35,6	1,2	0,4	0,0
Mombaça	10,5	0,5	15,0	34,8	37,5	1,2	0,4	0,0
Massai	9,1	0,5	18,0	33,1	37,8	1,0	0,7	0,0
MI3 - irrigação com efluente da piscicultura								
Tanzânia	17,7	0,5	22,9	68,2	331,2	2,6	2,7	0,0
Mombaça	19,3	0,6	21,0	75,5	491,0	2,7	2,7	0,0
Massai	20,5	0,6	24,6	77,8	488,6	3,1	1,8	0,0
Cultivar	Fe	Mn	Cu	Zn	pH	CE	CTC	PTS
	----------mg dm^{-3}----------				H_2O	dS m^{-1}	$cmol_c$ dm^{-3}	%
MI1 - irrigação com água de abastecimento (testemunha)								
Tanzânia	8,4	10,1	0,2	2,0	7,6	0,2	1,8	7,6
Mombaça	7,0	9,2	0,3	1,8	7,4	0,2	1,8	9,5
Massai	8,1	8,6	0,3	1,7	7,4	0,2	1,8	8,5
MI2 - irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK								
Tanzânia	10,9	9,3	0,2	1,8	7,6	0,3	1,8	8,4
Mombaça	9,5	9,8	0,3	1,6	7,5	0,2	1,9	8,8
Massai	9,7	9,1	0,3	1,9	6,8	0,4	1,9	8,4
MI3 - irrigação com efluente da piscicultura								
Tanzânia	8,9	10,8	0,4	1,9	7,2	1,2	6,9	20,8
Mombaça	14,6	9,0	0,3	1,8	7,2	1,2	7,7	27,6
Massai	13,6	10,9	0,3	1,6	7,2	0,9	7,2	29,4

MO – Matéria orgânica: Digestão úmida Walkley-Black; Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na^+ e K^+ extraídos utilizando-se NH_4OAc 1 M pH 7,0; CE – condutividade elétrica do extrato de 1:2,5. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl.

As amostras de matéria seca das plantas foram trituradas em moinho tipo Willey e analisadas quanto as concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na),

cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Em laboratório, o material foi submetido à digestão úmida sulfúrica (H_2SO_4 + H_2O_2) em sistema aberto, para determinação das concentrações de N total foliar pelo método de Kjeldahl (MIYAZAWA et al., 2009). Foi realizada digestão nítrica (HNO_3) em forno microondas, para a determinação das concentrações de P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn por meio de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (MIYAZAWA et al., 2009).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância, ao nível de 5% de significância pelo Teste F (p<0,05), em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 1% e 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre manejos de irrigação e cultivares (p<0,05) e a interação entre manejos de irrigação e tempos de corte (p<0,01) influenciaram significativamente a produção de biomassa do capim *P. maximum* (Tabela 4).

Na interação entre manejo de irrigação e cultivares para o capim *P. maximum*, verificou-se que, a produção de biomassa independe da variedade de capim *P. maximum* estudado, pois quando irrigado com água de abastecimento e adubado com NPK (MI2) obtém maior produção de biomassa (Tabela 4). A produção de biomassa do capim irrigado e adubado é nitidamente superior aos demais tratamentos. A fertilização com NPK é fundamental para o estabelecimento das pastagens de *Panicum maximum*. Ieiri et al. (2010), Canto et al. (2013) e Galindo et al. (2018a) também observaram incrementos significativo na produtividade de biomassa em pastagens corretamente adubadas.

Os resultados entre o capim irrigado com água de abastecimento (MI1) e o capim irrigado com efluente da piscicultura (MI3) foram semelhantes entre as cultivares, com exceção da cv. Massai que obteve menor produção de biomassa quando irrigada com efluente da piscicultura (Tabela 4). A salinidade do efluente (3,0-3,65 dS m^{-1}) associado à restrição do recipiente utilizado no experimento intensificam o processo de salinização do solo, causando o retardamento da produção de biomassa esperada. A literatura mostra que águas de salinidade superiores a 2,0 dS m^{-1} reduzem expressivamente a produção de biomassa de *Panicum maximum*, principalmente devido a íons específicos como Na^+ e Cl^- (DIAS et al., 2019; PRAXEDES et al., 2019; SILVA et al., 2020).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e teste de média para produção de biomassa seca do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Produção de Biomassa Seca (g vaso^{-1})			
FV	GL	Quadrado médio	
Bloco	7	188,13ns	
MI	2	51097,72**	
Erro	14	107,65	
C	2	32,17ns	
MI x C	4	241,59*	
Erro	14	62,69	
TC	3	36840,99**	
MI x TC	6	2780,25**	
C x TC	6	76,16ns	
MI x C x TC	12	51,45ns	
Erro	217	50,99	
CV1 (%)		17,99	
CV2 (%)		13,73	
CV3 (%)		12,38	
Média Geral		57,67	
Teste de médias			
Cultivar	Manejos de Irrigação (MI)		
	MI1	MI2	MI3
Tanzânia	41,79 b	85,54 a	43,70 b
Mombaça	47,84 b	82,89 a	43,04 b
Massai	48,31 b	84,32 a	41,63 c
Tempos de Corte (TC)	MI1	MI2	MI3
TC1	21,18 b	33,08 a	20,58 b
TC2	50,93 b	99,21 a	50,22 b
TC3	48,20 b	94,97 a	43,82 b
TC4	63,60 b	109,73 a	56,55 c

**= significativo a 1% de probabilidade (p<0,01); * = significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); ns = não significativo; FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação. M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na linha comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

Na interação entre manejos de irrigação e tempos de corte, a melhor produção de biomassa ocorre no capim irrigado com água de abastecimento e adubado com NPK (MI2). A produção de biomassa do capim irrigado com água de abastecimento (MI1) e o capim irrigado com efluente da piscicultura (MI3) foram semelhantes em todos os cortes, com exceção do quarto corte (Tabela 4). Todavia, na literatura as reduções na produção de biomassa ocorrem desde o primeiro corte (DIAS et al., 2019; PRAXEDES et al., 2019; SILVA et al., 2020). Nesse

contexto, compreende-se que, a irrigação prolongada com MI3 diminui a produção de biomassa das cultivares de *P. maximum*. Na Tabela 3, verifica-se que o solo irrigado com efluente da piscicultura obteve maior acúmulo de nutriente e maior porcentagem de sódio trocável (sódio que está ligada as cargas negativas do solo). A menor produção de biomassa do capim *P. maximum* irrigado com efluente da piscicultura ocorreu em função do aumento da salinidade e sodicidade do solo.

A interação entre manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC) foi significativa para os teores de nitrogênio (N, $p<0,05$), fósforo (P, $p<0,01$) e potássio (K, $p<0,01$), cálcio (Ca, $p<0,05$), magnésio (Mg, $p<0,01$) e sódio (Na, $p<0,01$) do capim *P. maximum* (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
Bloco	7	1,99ns	0,12ns	1,03ns	0,45ns	1,52ns	0,86ns
MI	2	30,19**	35,39**	90,44**	46,95**	405,84**	1009,53**
Erro	14	2,16	0,38	1,16	0,352	0,70	0,65
C	2	17,84**	3,45**	17,17**	0,04ns	2,04ns	41,93**
MI x C	4	20,25**	1,13ns	2,71ns	0,20ns	7,59*	4,95**
Erro	14	1,65	0,48	1,87	0,44	1,98	0,46
TC	3	1381,81**	17,87**	29,95**	28,21**	11,01**	1243,51**
MI x TC	6	13,59**	5,64**	7,41**	9,22**	50,42**	115,72**
C x TC	6	7,77**	1,73**	2,14**	0,34ns	1,74*	22,12**
MI x C x TC	12	2,54*	1,47**	3,26**	0,85*	2,46**	18,32**
Erro	217	1,25	0,31	0,73	0,44	0,65	0,59
CV1 (%)		23,65	26,51	13,51	13,43	14,97	11,59
CV2 (%)		20,64	29,78	17,13	15,05	25,21	9,74
CV3 (%)		17,97	23,71	10,67	14,92	14,44	11,02
Média Geral		6,22	2,34	7,98	4,42	5,59	6,96

**= significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * = significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ns = não significativo; FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Nos teores de nitrogênio (N) (Tabela 6), verificou-se que no primeiro corte, o teor de N das cultivares Mombaça e Massai foram menores quando as plantas foram irrigadas com água de abastecimento e adubadas com NPK (MI2). No segundo corte, não há diferença do manejo de irrigação para essas cultivares. No entanto, no terceiro corte os maiores teores de N, para ambas as cultivares, ocorreu quando as plantas foram irrigadas com água de abastecimento e

adubados com NPK (MI2). No quarto corte o teor de N das cultivares de *P. maximum* foram semelhantes em todos manejos de irrigação.

No primeiro corte as concentrações de N variaram entre 8,37 e 12,80 g kg^{-1}, porém no quarto ciclo os valores foram na ordem de 0,68 a 1,86 g kg^{-1} de N. A partir do terceiro corte, houve uma queda acentuada de N, esses resultados indicam que no terceiro ciclo seria necessário a suplementação com N. Porém, os teores de nutrientes podem variar em função da idade e estágio de desenvolvimento da planta, pois com o estágio de maturidade ás forrageiras tendem a diminuir os teores de N, P e Mg e aumentar as concentrações de Ca (MALAVOLTA et al., 1974; VILELA et al., 1998). A diminuição das concentrações de N, nessa pesquisa, não corrobora com diminuição de biomassa (Tabela 4). Todavia, a produção de biomassa do capim adubado (MI2) é até duas vezes maiores que o capim não adubado (MI1 e MI3). Nas cultivares, os teores de N das plantas de capim Tanzânia irrigada com efluente da piscicultura (MI3) foram maiores que as irrigadas com água de abastecimento sem adubação (MI1). E notaram-se os maiores teores de N, para a cv. Tanzânia, com o MI2, no primeiro, segundo e terceiro corte (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de médias para teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em plantas do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Cultivar (C)	Manejo de irrigação (MI)	Tempos de Cortes (TC)			
		TC1	TC2	TC3	TC4
		N (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	8,37 bB	5,25 cC	3,28 bC	0,77 aA
	MI2	11,43 aA	9,83 aA	6,07 aA	1,86 aA
	MI3	11,27 aB	8,06 bB	3,99 bA	0,82 aA
Mombaça	MI1	12,36 aA	8,64 aA	4,76 abA	0,68 aA
	MI2	10,77 bAB	9,52 aAB	5,09 aA	0,88 aA
	MI3	12,80 aA	9,95 aA	3,61 bA	1,48 aA
Massai	MI1	11,16 abA	7,10 aB	4,27 bAB	0,82 aA
	MI2	10,01 bB	8,26 aB	6,02 aA	1,09 aA
	MI3	11,77 aAB	7,26 aB	3,66 bA	0,88 aA
		P (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	2,12 bA	2,03 bA	2,17 bA	1,74 bA
	MI2	2,99 aB	3,55 aA	4,10 aA	1,52 bA
	MI3	2,76 abA	2,53 bA	2,46 bA	2,56 aA
Mombaça	MI1	2,17 bA	1,80 bA	1,53 bA	1,26 aAB
	MI2	3,09 aB	3,70 aA	4,10 aA	1,83 aA
	MI3	1,83 bB	2,41 bA	2,12 bA	1,77 aB
Massai	MI1	2,58 bA	1,70 aA	1,86 bA	0,76 bB
	MI2	4,09 aA	2,00 aB	3,58 aA	1,45 aA
	MI3	1,76 cB	2,19 aA	2,47 bA	1,60 aB
		K (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	7,42 cA	5,80 bB	8,06 aA	6,91 bA
	MI2	9,06 bA	7,45 aA	8,32 aA	6,27 bB
	MI3	10,40 aA	8,35 aA	8,44 aA	9,31 aB
Mombaça	MI1	7,50 bA	5,91 bB	6,75 bB	6,29 cA
	MI2	8,57 aA	7,02 aA	8,12 aA	7,37 bA
	MI3	7,50 bB	7,70 aA	8,73 aA	9,18 aB
Massai	MI1	7,94 cA	7,32 abA	8,08 aA	6,95 bA
	MI2	9,46 bA	7,08 bA	8,21 aA	7,32 bA
	MI3	10,81 aA	8,27 aA	8,95 aA	10,42 aA

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam MI dentro da interação C x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Letras maiúsculas na coluna comparam C dentro da interação MI x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

A cv. Tanzânia foi mais responsiva a adubação nitrogenada nos dois primeiros cortes que as cultivares Mombaça e Massai (Tabela 6). Quando não recebeu nitrogênio (MI1) a cv. Tanzânia obteve os menores teores de N foliar, indicando que essa cultivar é mais sensível à

disponibilidade de N no solo. A cv. Mombaça obteve os maiores teores de N no primeiro e segundo corte, quando comparada às demais cultivares, sendo a cultivar mais eficiente em extrair N do solo. Nesse contexto, a cv. Mombaça tem elevada resposta à adubação nitrogenada, apresentando rápido crescimento da parte aérea (GALINDO et al., 2018b). O N disponível no quarto corte não foi suficiente para um bom desempenho da cultivar. Na cv. Massai no MI2 constatou-se concentrações de N menores que a cv. Mombaça e cv. Tanzânia no primeiro e segundo corte. Silva et al. (2018b) verificaram que a adubação nitrogenada no capim Massai tem baixo aproveitamento de N devido a volatilização.

Os maiores teores de P das cultivares de *P. maximum* do primeiro ao terceiro corte, ocorreram no MI2, com exceção da cv. Massai no segundo corte que não diferiu para os manejos de irrigação (Tabela 6). No quarto corte a cv. Tanzânia obteve maior teor de P quando irrigada com efluente da piscicultura. No entanto, não houve diferença dos teores de P em função do manejo de irrigação para cv. Mombaça. Todavia, a cv. Massai no quarto corte, obteve maiores teores de P nos manejos MI2 e MI3. A cv. Tanzânia, quando irrigada com efluente da piscicultura, obteve os maiores teores de P em todos os cortes em relação às cultivares Mombaça e Massai. Ao longo dos tempos de cortes o teor de P no tratamento MI1 tente a diminuir, no entanto, os valores P permanecem estáveis nos MI2 e MI3 até o terceiro corte. No quarto conte há uma grande diminuição nos teores de P para cultivares, principalmente nos MI1 e MI2, e para o MI3 nas cultivares Mombaça e Massai. Vale salientar, que a cv. Tanzânia quando irrigada com MI3 obteve teores estáveis de P entre o primeiro e o quarto corte, variando de 2,76 a 2,46 g kg^{-1} (Tabela 6).

No comportamento das cultivares ao longo dos cortes, notou-se que, a cv. Tanzânia no quarto corte também obteve o maior teor de P quando irrigada com MI3, indicando que essa cultivar é mais eficiente em extrair fósforo do solo que as demais cultivares, mesmo em condições de maior salinidade do solo (Tabela 3). Porém, em condições de alta salinidade e sodicidade do solo, como verificada no MI3 (Tabela 3), mesmos com níveis de P no solo mais altos que no MI2, as cultivares Mombaça e Massai tiveram dificuldade em absorver o P no solo salino. Já a cv. Massai, comparada ás outras cultivares, apresentou menores teores de P quando irrigada com MI3 indicando que essa variedade é mais sensível a baixa disponibilidade de fósforo no solo que as demais, principalmente em condições de alta salinidade (Tabela 3 e 6). Baixos teores de P podem comprometer desenvolvimento estrutural do capim *Panicum*, assim, a adição desse nutriente é fundamental para o desenvolvimento dessa cultura(FLORENTINO et al., 2022). Nesse contexto, a capacidade do capim *P. maximum* de absorver P em condições de alta salinidade, como verificado no cv. Tanzânia pode ser um indicativo de tolerância à

salinidade, visto que a cv. Massai, que teve menores teores de P no quarto corte, foi a que obteve a menor produção de biomassa quando irrigada com efluente da piscicultura (Tabela 4).

No desdobramento de MI dentro da interação C x TC, as cultivares Tanzânia e Massai no primeiro corte apresentaram os maiores teores de K com MI3. Já na cv. Mombaça o maior teor de K ocorreu em MI2 (Tabela 6). No segundo corte, os teores de K obtidos no MI2 e MI3 foram semelhantes na cultivares Tanzânia e Mombaça, sendo elas superiores ao MI1. Na cv. Massai o maior teor de K, no segundo corte, ocorreu em MI3. No terceiro corte, não houve diferença entre os manejos de irrigação para as cultivares Tanzânia e Massai. Já na cv. Mombaça os teores de K do MI2 e MI3 foram maiores que o MI1 (testemunha). No quarto corte, os teores de K das três cultivares *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura (MI3) foram superiores ao MI1 e MI2.

No desdobramento de C dentro da interação MI x TC, as cv. Tanzânia e Massai apresentaram maiores teores de K com o uso de MI3. Já a cv. Mombaça, de modo geral, demonstrou resultados semelhantes, apresentando os maiores teores de K quando irrigada com MI2 e MI3 (Tabela 6). De modo geral, a irrigação com efluente da piscicultura aumentou o teor de K na parte aérea das cultivares de *P. maximum*, principalmente na cv. Massai. O efluente da piscicultura além de sódio apresenta elevada concentração de potássio, o que favoreceu absorção de potássio quando comparada ao capim irrigada com água de abastecimento sem e com adubação com NPK.

Observando os teores de Ca (Tabela 7), verificou-se que, no primeiro corte os teores desse nutriente não foram influenciados por MI. No segundo corte, observou-se que a cv. Massai apresentou os menores teores de Ca nos perfilhos quando irrigada com MI1. Para o terceiro e quarto corte, os maiores teores de Ca ocorreram quando as cultivares foram submetidas ao MI3 e os menores teores de Ca quando irrigadas com MI1 nas Mombaça e Tanzânia, respectivamente.

Tabela 7. Teste de médias para teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C), e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Cultivar (C)	Manejo de irrigação (MI)	Tempos de Cortes (TC)			
		TC1	TC2	TC3	TC4
		Ca (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	3,60 aA	3,80 aAB	4,27 bA	3,71 cB
	MI2	3,77 aA	4,11 aA	4,49 bA	4,80 cA
	MI3	3,70 aA	4,54 aA	6,04 aA	6,53 aA
Mombaça	MI1	3,83 aA	4,10 aA	3,43 cB	4,02 bAB
	MI2	3,31 aA	4,16 aA	4,61 bA	4,41 bA
	MI3	3,79 aA	4,68 aA	5,95 aA	6,66 aA
Massai	MI1	3,65 aA	3,17 bB	4,05 bAB	4,48 bA
	MI2	3,77 aA	4,48 aA	4,57 bA	4,24 bA
	MI3	3,63 aA	4,40 aA	5,86 aA	6,60 aA
		Mg (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	5,74 aA	4,09 bAB	4,55 bAB	2,79 cA
	MI2	6,08 aA	4,31 bA	4,44 bA	4,49 bA
	MI3	4,34 bC	6,26 aB	8,09 aB	9,87 aA
Mombaça	MI1	4,53 bB	4,29 bA	4,19 bB	3,21 bA
	MI2	4,94 bB	4,52 bA	4,51 bA	3,94 bA
	MI3	5,92 aB	7,70 aA	9,35 aA	10,62 aA
Massai	MI1	5,16 bAB	3,28 bB	5,18 bA	3,28 cA
	MI2	5,28 bAB	3,88 bA	4,27 bA	4,79 bA
	MI3	6,97 aA	7,58 aA	8,92 aAB	9,74 aA
		Na (g kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	2,08 bA	2,62 bA	4,00 cA	5,71 cB
	MI2	2,14 bA	2,66 bB	7,77 bC	9,73 bB
	MI3	3,11 aAB	5,74 aB	13,11 aA	16,51 aB
Mombaça	MI1	1,92 bA	2,95 bA	4,43 cA	6,31 cAB
	MI2	2,01 bA	2,91 bB	9,44 bB	12,93 bA
	MI3	3,75 aA	5,28 aB	13,65 aA	18,80 aA
Massai	MI1	2,05 aA	2,76 cA	4,72 cA	6,88 cA
	MI2	2,37 aA	4,57 bA	10,66 bA	12,86 bA
	MI3	2,66 aB	12,86 aA	13,16 aA	15,41 aC

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam MI dentro da interação C x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Letras maiúsculas na coluna comparam C dentro da interação MI x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

O Ca foi melhor absorvido nas cultivares *Panicum* analisadas, quando as mesmas foram submetidas ao efluente da piscicultura (MI3), apresentando concentrações variando de 3,63 a 6,60 g kg^{-1}, seguido da adubação NPK (MI2) e posteriormente com MI1. Tais resultados podem

ser atribuídos ao efeito residual dos nutrientes, presentes nas águas da piscicultura (MI3), que promoveram melhoria no estado nutricional das plantas. De acordo com Malavolta, Liem e Primavesi (1986), os teores adequados de Ca para o capim *Panicum* estão entre 1,5 e 6,0 g kg^{-1}. Os valores observados no presente estudo estão dentro ou muito próximos da faixa descrita Malavolta, Liem e Primavesi (1986).

No desdobramento de MI dentro da interação C x TC, no primeiro corte para o teor de Mg (Tabela 7), notou-se que, a cv. Tanzânia apresentou os maiores teores de Mg com o uso de MI1 e MI2. Já para as cultivares Mombaça e Massai, os maiores teores de Mg foram observados quando irrigadas com MI3. No segundo, terceiro e quarto corte os teores mais elevados de Mg para todas as cultivares analisadas, ocorreram no MI3. As cultivares de *P. maximum* acumularam Mg nos tecidos quando irrigadas com efluente da piscicultura (MI3). Prior et al. (2015) e Malafaia et al. (2015), também observaram que ocorreu um acréscimo nas concentrações de macro e micronutriente no milho, quando irrigados com a aplicação de água residuária.

No desdobramento de C dentro da interação MI x TC, no primeiro corte para o teor de Mg (Tabela 7), observou-se que a cv. Mombaça nos três manejos de irrigação obteve os menores teores de Mg em relação as demais cultivares. No segundo, terceiro e quarto corte, as cultivares apresentam teores de Mg semelhantes na maioria dos tratamentos, exceto no segundo corte da cv. Massai irrigada com MI1, e no terceiro corte da cv. Mombaça irrigada com MI1, onde os tores de Mg foram inferiores as demais cultivares. Vase salientar, que a cultivar Tanzânia absorve os menores teores de Mg quando irrigada com efluente da piscicultura no primeiro, segundo e terceiro corte, em relação as demais cultivares, com teores de 4,34, 6,26 e 8,09 g Mg kg^{-1} de massa seca. No entanto, os valores obtidos para capim Tanzânia na presente pesquisa, são superiores aos verificados na literatura que variam de 1,8 a 2,5 g Mg kg^{-1} de massa seca (SILVEIRA e MONTEIRO et al., 2010). As altas concentrações de magnésio observadas nas cultivares de *P. maximum*, podem ser explicadas pelas altas concentrações de Mg na água de irrigação, principalmente no efluente da piscicultura (Tabela 2).

Para o teor de Na no desdobramento de MI dentro da interação C x TC, contatou-se que para todas as cultivares em todas as épocas de corte o maior teor de Na foi obtido quando as plantas foram irrigadas com efluente da piscicultura, exceto no primeiro corte da cv. Massai, no qual não houve diferença entre os manejos de irrigação (Tabela 7). Os altos teores de Na nas cultivares de *P. maximum* irrigadas com efluente da piscicultura, devem-se ao altos teores de Na presentem no efluente de 16,1 $mmol_c$ L^{-1} (Tabela 2). Os altos teores de Na influenciaram na biomassa das cultivares, principalmente na cultivar massai (Tabela 4). Com isso, é preciso um

manejo de irrigação criterioso para o emprego do efluente da piscicultura no cultivo do cultivares de *P. maximum*, principalmente com uso de um sistema de drenagem, uma vez que, esse apresenta risco de toxicidade as plantas, devido as altas concentração de íons Na e Cl, podendo diminuir o acúmulo de biomassa, assim como verificado por autores (DIAS et al., 2019; PRAXEDES et al., 2019; SILVA et al., 2020).

As concentrações de Na das cultivares *P. maximum* dentro de MI x TC (Tabela 7), verificou-se que, a cultivar Mombaça apresenta os maiores teores de Na no quarto corte, segundo pelas cultivares Tanzânia e Massai, respectivamente. Vale salientar que a produção de biomassa da cv. Massai foi reduzida quando ela foi irrigada com MI3 em relação a MI1 (Tabela 4), porém está apresenta o menor teor de Na no tecidos, no quarto corte quando comparada as demais cultivares, indicando que essa cultivar é mais sensível ao acúmulo de sódio nos tecidos que as demais. Já as cultivares Tanzânia e principalmente a Mombaça consegue lidar melhor com altas concentrações de Na nos tecidos, umas vez que, apresentaram produções de biomassa semelhantes entre MI1 e MI3 (Tabela 4). Os maiores teores de Na são verificados no quarto corte, corroborando com o período em que houve diferença na produção de biomassa entre MI1 e MI3 (Tabela 4). Com isso, pode-se inferior que teores de Na acima de 13,11, 13,65 e 13,16 g kg^{-1} de massa seca (verificados no terceiro corte), nas folhas das cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai, respectivamente, podem casar toxicidade e perda de biomassa (Tabelas 4 e 7).

A interação entre MI x TC x C foi significativa para os teores de ferro (Fe, $p<0,05$), zinco (Zn, $p<0,01$) e cobre (Cu, $p<0,01$) do capim *P. maximum* (Tabela 8). O teor de manganês (Mn) do capim *P. maximum* foram significativos ($p<0,01$) apenas para tempo de corte (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para teor de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) do capim *P. maximum* para um esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

FV	GL	Quadrado médio			
		Fe	Mn	Zn	Cu
Bloco	7	108,45ns	196,26ns	480,72ns	1,00ns
MI	2	153781,81**	31,25ns	10938,62**	50,82**
Erro	14	119,51	166,95	249,40	1,08
C	2	1030,67**	354,89ns	647,17**	0,20ns
MI x C	4	838,16**	377,26ns	206,70ns	7,93**
Erro	14	135,07	163,24	94,76	0,99
TC	3	110509,77**	18632,11**	5391,46**	134,09**
MI x TC	6	37016,42**	2,47ns	941,93**	15,66**
C x TC	6	254,67ns	28,51ns	197,85ns	4,54**
MI x C x TC	12	295,24*	65,05ns	269,58**	5,97**
Erro	217	148,34	43,62	112,18	0,81
CV1 (%)		12,09	28,36	35,61	22,44
CV2 (%)		12,85	28,04	21,95	21,48
CV3 (%)		13,47	14,49	23,88	19,45
Média Geral		90,44	45,57	44,35	4,64

**= significativo a 1% de probabilidade (p<0,01); * = significativo a 5% de probabilidade (p<0,05); ns = não significativo; FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação.

No teor de Fe em cada corte (Tabela 9), verificou-se que, no primeiro, segundo e terceiro corte, o MI3 influenciou com um maior aporte de Fe em todas as cultivares. No quarto corte, somente as cultivares Tanzânia e Massai apresentaram maiores concentrações do micronutriente quando irrigadas com MI3, já a cv. Mombaça demonstrou maiores teores de Fe quando submetida ao tratamento MI1 e MI2. Observou-se que, os teores de Fe sofreram acréscimo com o decorrer da maturidade da parte aérea. Porém, no quarto ciclo, os valores sofreram um decréscimo. Isso provavelmente foi consequência da inibição competitiva entre o Fe e o Mn, resultando, no efeito negativo da absorção do Fe. A faixa do micronutriente Fe encontrada na pesquisa variou de 37,94 a 223,58 mg kg^{-1}. Para Werner et al. (1997), a faixa considerada adequada para o ferro é de 50 a 200 mg kg^{-1} contido na massa seca da parte aérea. Portanto, apenas no primeiro corte as plantas estavam com deficiência de Fe, apesar de não apresentarem sintomas visuais, e esse foi suprido pelo aporte da irrigação.

No teor de Zn das cultivares *P. maximum* (Tabela 9), verificou-se que, no primeiro corte, as cultivares apresentaram diferença quanto ao MI, apresentado maiores teores de Zn na cv. Tanzânia quando submetia ao MI2 e, MI3 para as cultivares Mombaça e Massai. Para o segundo, terceiro e quarto corte, observou-se que, as maiores concentrações de Zn foram encontradas quando as cultivares submeteram-se ao MI3.

Tabela 9. Teste de médias para teor de ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) do capim *P. maximum* em esquema de sub-sub-divididas em função de manejo de irrigação (MI), cultivares (C) e tempos de cortes (TC), respectivamente.

Cultivar (C)	Manejo de irrigação (MI)	Tempos de Cortes (TC)			
		TC1	TC2	TC3	TC4
		Fe (mg kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	39,13 bA	94,31 bA	71,56 bA	66,88 aAB
	MI2	38,19 bA	88,16 bA	76,56 bA	56,69 aB
	MI3	54,67 aA	199,57 aB	212,80 aAB	69,31 aAB
Mombaça	MI1	37,94 bA	90,00 bA	70,44 bA	72,25 aA
	MI2	41,13 bA	88,94 bA	66,71 bA	73,63 aA
	MI3	60,38 aA	194,63 aB	201,50 aB	60,25 aB
Massai	MI1	48,38 bA	89,86 bA	76,56 bA	56,14 bB
	MI2	43,56 bA	88,67 bA	70,75 bA	69,67 abAB
	MI3	67,50 aA	223,58 aA	218,38 aA	77,30 aA
		Zn (mg kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	42,63 aA	35,31 bA	35,44 bB	25,19 bA
	MI2	53,19 aA	42,50 bA	42,13 bA	24,81 bA
	MI3	43,88 aA	57,00 aB	58,56 aA	43,75 aA
Mombaça	MI1	41,44 bA	34,31 bA	42,38 bA	23,69 bA
	MI2	43,44 abA	35,69 bA	50,29 bA	26,06 bA
	MI3	55,13 aA	63,03 aB	65,13 aA	45,75 aA
Massai	MI1	41,56 bA	34,13 bA	49,94 aA	26,00 bA
	MI2	50,44 abA	40,75 bA	52,38 aA	26,38 bA
	MI3	54,64 aA	85,90 aA	61,13 aA	42,63 aA
		Cu (mg kg^{-1})			
Tanzânia	MI1	5,50 aA	6,44 aA	3,75 bA	3,69 aA
	MI2	4,19 bA	6,75 aA	3,69 bA	2,00 bA
	MI3	3,44 bB	6,81 aB	5,44 aA	3,56 aA
Mombaça	MI1	5,19 aA	6,94 abA	3,44 bA	3,00 aA
	MI2	4,57 aA	5,94 bA	3,56 bA	2,50 aA
	MI3	4,57 aA	7,29 aB	5,88 aA	3,44 aA
Massai	MI1	5,88 aA	6,31 bA	3,69 bA	3,69 aA
	MI2	5,06 aA	2,19 cB	3,56 bA	2,19 bA
	MI3	5,07 aA	8,57 aA	5,81 aA	3,50 aA

M1 = irrigação com água de abastecimento; M2 = irrigação com água de abastecimento + adubação com NPK; M3 = irrigação com efluente da piscicultura; TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam MI dentro da interação C x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). Letras maiúsculas na coluna comparam C dentro da interação MI x TC pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

O tratamento MI1 proporcionou menor aporte de Zn e MI3 proporcionou maior aporte. Houve um decréscimo nos teores de Zn, a partir do quarto corte, quando as plantas foram irrigadas com MI1 e MI2, já com MI3 ocorreu uma diminuição, mas não tão expressiva. Nos quatro cortes avaliados, os teores de Zn estão dentro da faixa indicadas por Werner et al. (1996), que relataram valores adequados entre 20 a 300 mg kg^{-1} para as forrageiras na alimentação de ruminantes, e os obtidos no estudo está entre 23,69 e 85,90 mg kg^{-1}.

No teor de Cu das cultivares *P. maximum* no primeiro corte, as cultivares Mombaça e Massai foram semelhantes com todos os MI (Tabela 9). A cv. Tanzânia, nesse período, apresentou maiores teores de Cu no MI1. No segundo e terceiro corte o MI3 favoreceu a absorção de Cu pelas plantas, isso possivelmente ocorreu devido à presença do Cu no efluente. No quarto corte não houve influência do MI na absorção de Cu pelas plantas, esse decréscimo é explicado pela baixa disponibilidade de Cu no solo (ENSMINGER et al., 1990). De maneira geral, comparando os teores de Cu obtidos neste trabalho (Tabela 9) com os níveis sugeridos por Guimarães, Ferreira e Carvalho (1980), pode-se afirmar que os teores deste elemento no primeiro e segundo corte podem ser considerados adequados e baixos no terceiro e quarto corte, já que os autores classificaram baixo até 4 mg kg^{-1} e adequado entre 5 e 15 mg kg^{-1} deste elemento nas plantas, e Prada et al. (1998) encontraram valores de cobre entre 4,46 e 5,21 mg kg^{-1} trabalhando com algumas plantas forrageiras do Estado do Mato Grosso do Sul.

Com relação aos teores de Mn das cultivares *Panicum* (Tabela 10), observou-se que, não houve diferença com o uso de MI, ou seja, as cultivares apresentou-se semelhantes na absorção desse micronutriente. Porém, a maturidade influenciou na disponibilidade de Mn nas cultivares, ocorrendo um decréscimo ao longo dos cortes.

Tabela 10. Teste de médias para teor de manganês (Mn) do capim *P. maximum* em função dos tempos de cortes (TC).

TEMPO DE CORTE	MN (mg kg^{-1})
TC1	69,42 A
TC2	37,06 C
TC3	40,82 B
TC4	34,97 C

TC1 = 45 dias após a semeadura; TC2 = 90 dias após a semeadura; TC3 = 135 dias após a semeadura; TC4 = 180 dias após a semeadura. Letras minúsculas na coluna comparam médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

As cultivares *Panicum* avaliadas tiveram baixa tolerância ao Mn, isso possivelmente aconteceu pela competição com o Fe, pois esses antagônicos, assim, uma elevada concentração de Fe (Tabela 9) inibiu a absorção de Mn nas cultivares (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2015). Comparando os teores de Mn das cultivares *Panicum* com os níveis sugeridos por Werner et al. (1997), pode-se afirmar que os teores deste elemento no primeiro e terceiro corte podem ser considerados adequados e baixos no segundo e quarto corte, visto que, de acordo com esses autores, a faixa considerada adequada para gramíneas forrageiras é de 40 a 250 mg kg^{-1}. No entanto, os teores de Mn estão abaixo dos observados por Ferreira et al. (2009) e Puga et al. (2011), quando verificaram alta tolerância ao Mn, atingindo teores de até 1092 mg kg^{-1} na parte aérea da planta.

CONCLUSÕES

A maior produção de biomassa e o melhor estado nutricional são obtidos no capim irrigado e adubado, mas é possível usar o efluente da piscicultura na irrigação do *P. maximum* admitindo perdas de produção.

A irrigação com efluente da piscicultura aumenta o teor de sódio no da *P. maximum*, o que acarretou redução na biomassa de todas as cultivares, necessitando do monitoramento da salinidade nas cultivares *P. maximum*.

A salinidade do efluente da piscicultura aumentou os teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn nos tecidos, resultando em valores aceitáveis nutricionalmente para as cultivares *P. maximum.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift,** v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CANTO, M. W. et al. Características do pasto e eficiência agronômica de nitrogênio em capim-tanzânia sob pastejo contínuo, adubado com doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 682-688, 2013.

DIAS, N. S. et al. Biomass, protein content and cell damage in Tanzânia grass irrigated with saline water. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, p. 59-66, 2019.

EMBRAPA. Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Distrito Federal, 2018. 355 p.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feeds and nutrition**. 2. ed. The Ensminger Publishing Company. 1990. 1544 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, E. V. O. et al. Manganês na nutrição mineral de cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 151-157, 2009.

FLORENTINO, L. da S. et al. Avaliação da produção de biomassa de forragem do capim *Panicum maximum* cv. mombaça submetido a adubação mineral e orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 1131-1144. 2022.

GALINDO, F. S. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 1-9, 2018a.

GALINDO, F. S. et al. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018b.

GONÇALVES JR, A. C. et al. Teores de nutrientes e metais pesados em plantas de estragão submetidas a diferentes fertilizações. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 233-240, 2015.

GUIMARÃES, P. T. G.; FERREIRA, J. G.; CARVALHO, J. G. **Adubação de pastagens**. Info Agropecuária: Belo Horizonte, 1980. 34-52 p.

HOLANDA, J. S. et al. **Indicações para adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte**. Parnamirim: EMPARN, 2017. 63 p.

IEIRI, A. Y. et al. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. **Ciências Agrárias**, v, 34, n. 5, p. 1154-1160, 2010.

JANG, T. I. et al. Assessing nutriente losses of reclaimed wastewater irrigation in paddy fields for sustainable agriculture. **Agricultural Water Management**, v. 104, n. 1, p. 235-243, 2012.

LUCENA, C. C. et al. Efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 297-308, 2012.

MALAFAIA, G. et al. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 848-862, 2015.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1974. 727 p.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIMAVESI, A. C. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: Calagem e adubação de pastagens. **Anais**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato. Piracicaba. 1986. 31-76 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato. 2. ed. Piracicaba, 1997. 319 p.

MEDEIROS, J. F. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

MIYAZAWA, M. et al. **Análise química de tecidos vegetais. Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 191-233 p.

MONTEIRO, R. C. M. et al. Protótipos de sistemas constituídos de áreas alagadas para tratamento de efluentes de piscicultura. **Holos Environment**, v. 8, n. 2, p. 119-131, 2008.

MOURA, R. S. T.; LOPES, Y. V. de A.; HENRY-SILVA, G. G. Sedimentação de nutrientes e material particulado em reservatório sob influência de atividades de piscicultura no semiárido do Rio Grande do Norte. **Química Nova**, v. 37, n. 1, p. 1283-1288, 2014.

OLIVEIRA, I. P. et al. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas**. Ciência & Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009.

PEDRO-MONZONÍS, M. et al. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. **Journal of Hydrology**, v. 527, n. 1, p. 482-493, 2015.

PRADA, F.; MENDONÇA, C. X.; CARCIOFI, A. C. Concentração de cobre e molibdênio em algumas plantas forrageiras do Estado do Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 35, n. 6, p. 275-278, 1998.

PRAXEDES, S. S. C. et al. Desempenho do capim Tanzânia irrigado com água salobra aplicada via aspersão e gotejamento. **Irriga**, v. 24, n. 2, p. 236-253, 2019.

PRIOR, M. et al. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agricola**, v. 35, n. 4, p. 744-755, 2015.

PUGA, A. P. et al. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) em condições de casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 811-816, 2011.

SALGADO, V. C. et al. Watermelon cultivation in the semi-arid irrigated with different heights of treated domestic sewage. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 727-738, 2018.

SÁNCHEZ, A. S.; NOGUEIRA, A. B. R.; KALID, R. A. Uses of the reject brine from inland desalination for fish farming, *Spirulina* cultivation, and irrigation of forage shrub and crops. **Desalination**, v. 364, n. 1, p. 96-107, 2015.

SILVA, E. B. et al. Chemical composition of *Panicum maximum* 'BRS Zuri' subjected to levels of salinity and irrigation depths. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. e20175997, 2020.

SILVA, E. F. L. et al. Fish farming efluent application in the development and growth of maize and bean plants. **Jornal of Agrarian Sciences**, v. 46, n. 1, p. 74-81, 2018.

SILVA, J. L. A. et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. S66-S72, 2014.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Macronutrientes em folhas diagnósticas do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 1, p. 736-745, 2010.

SIMÕES, W. L. et al. Beet cultivation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p .62-66, 2016.

SOUZA, A. C. M. et al. Economic analysis and development of the Nile Tilapia cultivated in the nursery using reject brine as water support. **Water Air Soil Pollut**, v. 233, n. 1, p. e8, 2022.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

VILELA, L. et al. **Adubação e calagem para a implantação de pastagens cultivadas na região de cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1998. 16 p.

VÖRÖSMARTY, C. J. et al. What scale for water governance. **Science**, v. 349, n. 1, p. 478-479, 2015.

WERNER, J.C. et al. **Forrageiras. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 263-274 p.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A boa qualidade de forragem apresentada pelas cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai pertencentes a espécie *Panicum maximum*, quando irrigadas com o efluente da piscicultura, faz delas forrageiras promissoras para a diversificação e viabilização da sustentabilidade de sistema de produção de bovinos nas comunidades rurais do semiárido brasileiro, entretanto, faz-se necessário que se tenha um manejo adequado do rejeito. Ressalta-se que, nesta pesquisa não foi estudado a irrigação com efluente da piscicultura associado a adubação orgânica, o que poderia melhorar a produção e até mesmo se assemelhar ao resultado capim irrigado com água de abastecimento com adubação convencional. Novas pesquisas podem ser realizadas associando a irrigação com efluente da piscicultura e adubação orgânica para a produção de variedade de espécies *P. maximum*.