

Avaliação de teor de metais pesados em cultivo de jambu (*Acmella oleracea* [(L) R. K Jasen]) com sedimento de viveiro de Tambaqui (*Colossoma macropomum*

Evaluation of heavy metal content in jambu cultivation (*Acmella oleracea* [(L) R. K Jasen]) WITH sediment of Tambaqui nursery (*Colossoma macropomum*)

Evaluación del contenido de metales pesados en cultivo de jambu (*Acmella oleracea* [(L) R. K Jasen]) con sedimento de enfermería de Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Recebido: 19/02/2020 | Revisado: 02/03/2020 | Aceito: 25/08/2020 | Publicado: 29/08/2020

Ana Carolina da Silva Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3793-1274>

Universidade Federal Rural da Amazonia, Brasil

E-mail: anacarolinaa.c@hotmail.com

Glauber David Almeida Palheta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8032-8377>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: glauber.palheta@ufra.edu.br

Dênora Gomes Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9907-1105>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: denmora.araujo@ufra.edu.br

Lucas de Matos Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9272-7626>

Universidade Federal Rural da Amazonia, Brasil

E-mail: lucasdematosr@gmail.com

Kelson do Carmo Freitas Faial

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-4902>

Instituto Evandro Chagas, Brasil

E-mail: kelsonfaial@iec.gov.br

Marcos André Piedade Gama

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6320-1502>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: gama_map@yahoo.com.br

Resumo

A aquicultura tem se destacado nos últimos anos como fonte de proteína animal, porém, um de seus entraves é o descarte indevido de seus efluentes, que além de possuir resíduos orgânicos, apresenta nutrientes essenciais. O reaproveitamento desses rejeitos na agricultura pode ser uma provável saída para sanar tal problema, gerando aporte nutritivo para plantas e mitigando contaminações ao meio ambiente. O estudo objetivou avaliar a viabilidade do uso de sedimento de viveiro de produção de tambaqui para o cultivo de jambu na Região Amazônica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia utilizando resíduo oriundo de tanques de piscicultura. Foi constituído de cinco tratamentos, variando as concentrações de Terra preta (TP) e Sedimento de viveiro de piscicultura (SP), e acondicionado com 1kg Casca de arroz queimado (CA) para cada concentração. As concentrações foram compostas por Tratamento 1 (100% TP), Tratamento 2 (75% TP + 25% SP), Tratamento 3 (50% TP + 50 % SP), Tratamento 4 (25% TP + 75% SP) e Tratamento 5 (100% SP). O sedimento foi coletado em um viveiro de produção semi-intensivo de tambaqui e as plantas de Jambu foram irrigadas diariamente em vasos de polietileno até 79 dias após germinadas para a realização da colheita. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 10 repetições, sendo uma planta por repetição ao final do cultivo. Foram obtidos dados de Altura (ALT), Diâmetro de coleto (D), Número de folhas (NF), Clorofila (C), Área foliar (AF), Massa fresca total (MFT), Massa fresca de folha (MFF), Massa fresca de caule (MFC), Massa fresca de flor (MFFL), Massa fresca de raiz (MFR), Massa seca total (MST), Massa seca de folha (MSF), Massa seca de caule (MSC), Massa seca de flor (MSFL) e Massa seca de raiz (MSR). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as equações escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar, versão 5.6. Os tratamentos 2 (75% TP + 25% SP) e 4 (25% TP + 75% SP) foram os que apresentaram os maiores valores para a maioria dos fatores analisados. Quando analisado o comportamento linear da regressão, foi encontrado correlação positiva com as concentrações de sedimento para ALT, NF, AF, MFFL e MSFL, e os demais parâmetros apresentaram comportamento quadrático, tendo faixa ótima sempre próxima aos tratamentos 3 (50% TP + 50 % SP) e 4 (25% TP + 75% SP). A produção do jambu com resíduos de cultivo de peixe é viável haja vista o maior incremento de biomassa nas plantas submetidas a este tipo de substrato.

Palavras-chave: Produtividade; Reuso; Viveiro.

Abstract

Aquaculture has been highlighted in recent years as a source of animal protein, however, one of its obstacles is the improper disposal of its effluents, which in addition to having organic waste, has essential nutrients. And the reuse of these tailings in agriculture may be a likely way to remedy this problem, generating nutritious input to plants and mitigating environmental contamination. The study aimed to evaluate the viability of using fish pond sediment for the cultivation of jambu in the Amazon region. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Rural University of Amazonia using waste from fish ponds. It consisted of five treatments, varying the concentrations of anthropogenic dark earth (ADE) and sediment of fish pond (SFP), and conditioned with 1kg burned rice husk (BRH) for each concentration. The concentrations were composed of 100% TP, 25% SP + 75% TP, 50% SP + 50% TP, 75% SP + 25% TP and 100% SP. The sediment was collected in a semi-intensive tambaqui nursery in the municipality of Santa Isabel do Pará-PA and Jambu plants were irrigated daily up to 79 days after germination for harvesting. The experimental design was completely randomized with 5 treatments and 10 repetitions, one plant per repetition. Height (H), Collet diameter (D), Leaf number (LN), Chlorophyll (C), Leaf area (LA), Total fresh mass (TFM), Fresh leaf mass (FLM), Fresh Stem Mass (FSM), Fresh Flower Mass (FFM), Fresh Root Mass (FRM), Total Dry Mass (TDM), Dry Leaf Mass (DLM), Stem Dry Mass (SDM), Flower dry mass (FDM) and Root dry mass (RDM). Data were subjected to analysis of variance, and the equations were chosen based on the significance of the regression coefficients, at 5% probability, using the Sisvar software, version 5.6. Treatments 2 and 4 presented the highest values for most of the analyzed factors. Positive correlation was also found with sediment concentrations for H, LN, LA, FFM and FDM, when the linear regression behavior was analyzed, and the other parameters presented quadratic behavior, with optimal range always close to treatments 3 and 4. The production jambu with fish culture residues is feasible given the higher biomass increase in plants submitted to this type of substrate.

Keywords: Productivity; Reuse; Nursery.

Resumen

La acuicultura se ha destacado en los últimos años como fuente de proteína animal, sin embargo, uno de sus obstáculos es la eliminación inadecuada de sus efluentes, que además de tener desechos orgánicos, presenta nutrientes esenciales. La reutilización de estos relaves en la agricultura puede ser una solución probable para resolver este problema, generando una

contribución nutritiva a las plantas y mitigando la contaminación del medio ambiente. El estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad del uso de sedimentos de vivero de tambaqui para el cultivo de jambu en la región amazónica. El experimento se llevó a cabo en un invernadero en la Universidade Federal Rural da Amazônia utilizando desechos de tanques de piscicultura. Consistió en cinco tratamientos, variando las concentraciones de Terra negra (TP) y Sedimento de la piscifactoría (SP), y empacado con 1 kg de cascarilla de arroz quemada (CA) para cada concentración. Las concentraciones estaban compuestas por el Tratamiento 1 (100% TP), el Tratamiento 2 (75% TP + 25% SP), el Tratamiento 3 (50% TP + 50% SP), el Tratamiento 4 (25% TP + 75% SP) y el Tratamiento 5 (100% SP). El sedimento se recolectó en un vivero de producción semiintensiva de tambaqui y las plantas de Jambu se regaron diariamente en macetas de polietileno hasta 79 días después de germinar para la cosecha. El diseño experimental fue completamente al azar con 5 tratamientos y 10 repeticiones, una planta por repetición al final del cultivo. Datos sobre altura (ALT), diámetro del collar (D), número de hojas (NC), clorofila (C), área de la hoja (AF), peso total fresco (MFT), peso de la hoja fresca (MFF), masa tallo fresco (MFC), peso de la flor fresca (MFFL), peso de la raíz fresca (MFR), peso seco total (MST), peso seco de la hoja (MSF), peso seco del tallo (MSC), peso de la flor seca (MSFL) y masa de raíz seca (MSR). Los datos se sometieron a análisis de varianza, eligiéndose las ecuaciones en función de la importancia de los coeficientes de regresión, con una probabilidad del 5%, utilizando el software Sisvar, versión 5.6. Los tratamientos 2 (75% TP + 25% SP) y 4 (25% TP + 75% SP) presentaron los valores más altos para la mayoría de los factores analizados. Cuando se analizó el comportamiento lineal de la regresión, se encontró una correlación positiva con las concentraciones de sedimentos para ALT, NF, AF, MFFL y MSFL, y los otros parámetros mostraron un comportamiento cuadrático, con un rango óptimo siempre cercano a los tratamientos 3 (50% TP + 50 % SP) y 4 (25% TP + 75% SP). La producción de jambu con residuos de cultivo de peces es factible dado el mayor aumento de biomasa en plantas sometidas a este tipo de sustrato.

Palabras clave: Productividad; Reutilización; Vivero.

1. Introdução

A aquicultura é um processo de produção, em cativeiro, de organismos com habitat predominantemente aquático, esta atividade teve um aumento significativo no decorrer dos últimos anos no Brasil, o que possibilitou um novo uso dos ecossistemas de água doce,

entretanto os estudos de avaliação desta atividade fundamentalmente com a água e os sedimentos ainda não estão suficientemente esclarecidos.

Dentre os impactos causados pela aquicultura temos a geração de resíduos metabólicos, fezes e alimentos não consumidos. Que são produtos oriundos da nutrição do animal, os metais fazem parte da mesma em quantidades necessárias para a fisiologia do mesmo, assim um manejo alimentar incorreto pode provocar um aumento deste no sistema aquícola (Yamamoto, 2011).

Nem todas as técnicas de cultivo têm consequências ambientais negativas, uma vez que muitas delas são favoráveis com um manejo ambiental efetivo e sócio-econômico benéfico à população e ao meio- ambiente (Talbot & Hole, 1994; Kubitiza, 1998; Schober & Mendonça Filho, 2006).

Nota-se que tem ocorrido o desenvolvimento de técnicas produção agrícola que envolva a integração com aquicultura, como a utilização da água (fertirrigação, aquaponia), e utilização de subprodutos (como os sedimentos). Devido às características de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, em virtude de seu conteúdo de material orgânico, principalmente como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas (Rakocy, et al., 2004; Lima & Gonçalves, 1999; Silva, 2017).

Entre os grupos vegetais, o mais indicado segundo Papadopaulos (1999) e Jegatheesan et al., (2011), é o grupo das hortaliças, por apresentarem características de exigência nutricional devido ao seu rápido crescimento, possuindo na sua maioria ciclos vegetativos curtos e de intensa produção de massa seca (Papadopaulos, 1999).

Uma das culturas de hortaliças não tradicionais da região norte é a espécie *Acmella oleracea* [(L) R. K. Jasen], conhecida popularmente pelo nome de jambu, devido seu uso na culinária e científico devido à presença de um composto ativo conhecido pelo nome de espilantol, presente em todos os tecidos que compõem a planta (Prachayasittikul, et al., 2013), caracterizando este pela sensação de formigamento na boca e efeito anestésico momentâneo quando consumido (Gusmão & Gusmão, 2013).

Sabe-se que a produção de peixes em viveiros escavados gera resíduo, que precisam ser retirados periodicamente, a cada ciclo de produção. A forma como dispor estes de forma a não causar riscos de contaminação ambiental é um entrave da atividade (Silva et al. 2014). Existe uma farta literatura sobre o uso de resíduos orgânicos para melhorar a fertilidade do solo (ROSA, 2018), mas pouco se sabe sobre o aproveitamento dos resíduos do fundo dos tanques de produção de peixes na produção de mudas de horticultura. Deste modo, o trabalho tem

como objetivo avaliar a presença de metais pesados em um cultivo de jambu com sedimento de viveiro de tambaqui.

2. Metodologia

2.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de abril a junho de 2019, em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, vinculado ao Laboratório de Análises de Sementes, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias em Belém, Pará, Brasil, (01°28 'S; 48°27' W). A casa de vegetação é caracterizada por apresentar piso de seixo para uma boa filtração, paredes teladas com sombrite para passagem de luz solar e teto coberto com clarete para o melhor desenvolvimento das plantas.

2.2 Tratamentos e desenho experimental

As sementes de jambu (*Acmella oleracea* [(L) R. K. Jasen]) foram adquiridas na própria universidade, sendo selecionadas e semeadas em sementeiras, alocadas em cima de bancadas de madeira com irrigação duas vezes ao dia até os 30 dias após germinação, quando foi realizado o transplante para vasos de polietileno (2,6L) contendo os substratos de cada tratamento. Os substratos utilizados foram: Terra Preta (TP) e Sedimento de viveiro de piscicultura (SP). Os tratamentos foram: T1: testemunha 100% TP e 0% SP, T2: 25% SP + 75% TP, T3: 50% SP + 50% TP, T4: 75% SP + 25% TP, T5: 100% SP + 0% TP, em todos os tratamentos foram adicionados 1kg de Casca de Arroz queimado (CA), como condicionador de substrato para assim manter a porosidade facilitando a drenagem da água e desenvolvimento do sistema radicular das plântulas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos, 10 repetições, cada repetição coincide à uma planta por vaso.

2.3 Coleta de amostras de água e sedimento

As coletas foram realizadas em Março de 2019, em um viveiro de cultivo intensivo de tambaqui no município de Santa Isabel do Pará, no Pará (1°20' S; 48°09' W), com aérea de

1500 m²; com reposição de 1% de água e taxa de arroçamento de 5% da biomassa estocada com ração comercial para peixes onívoros de 32% Proteína bruta.

2.3.1 Amostragem para análise de água

Foi realizada uma coleta em dois pontos: Ponto 1 é no abastecimento e o ponto 2 no centro do viveiro de produção de tambaqui. Os dados de temperatura e pH foram obtidos *in situ*, com utilização do medidor da marca AKSO modelo AK90. A temperatura da água apresentou valores de 27,5° à 25,5° C no ponto 1 e 2 respectivamente, dessa forma os mesmos apresentaram um comportamento estável verificando um pequeno aumento devido o horário da coleta. Em ambientes tropicais a variação de temperatura é baixa, segundo Esteves (1998). É recomendado para criação de peixe valores entre 26 a 32°C (BOYD, 1995). Valores próximos foram encontrados em Silva e Carneiro (2007) aonde a temperatura variou de 24,8° C à 30,8° C, mantendo-se dentro da faixa indicada para a espécie *Colossoma macropomum* que é de 25°C a 32°C.

Com relação ao pH, observou-se valores de 6,7 no ponto 1 e 5,23 no ponto 2. O ponto 1 está O ponto 2 mostrou um pH mais ácido, porém, este tanque é detentor de um olho d'água e Esteves (1998) e Cunha e Pascoaloto (2006) dizem que o pH das águas Amazônicas apresenta valores ácidos de 4,7-5,5, pois é influenciado pela lixiviação dos solos ácidos e pela grande quantidade de matéria orgânica presente no ambiente. Com relação ao desenvolvimento dos peixes no ponto 2, o mesmo não sofreu interferência, já que a espécie *Colossoma macropomum* apresenta rusticidade que garante crescimento mesmo nesta condição de pH, possuindo tolerância a ambientes com águas ácidas, possuindo estratégias adaptativas que envolvem ajustes hematológicos, regulação iônica e produção de muco (ARIDE, et al., 2004).

Para as análises de sólidos totais disponíveis, turbidez, oxigênio disponível, Fe, condutividade, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, dureza de Ca e Mg as amostras foram preservadas em frascos de polietileno de 500 ml armazenadas no isopor com gelo e transportadas para o Laboratório de Qualidade da Água (UFRA) e para Al, Pb e Zn, foi feito o mesmo processo com as amostras e direcionadas ao Instituto Evandro Chagas (BRANDÃO, 2018).

Em relação ao sólidos totais disponíveis, os valores 23,2 mg.L⁻¹ e 8,2 mg.L⁻¹ no ponto 1 e 2 respectivamente. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece como limite máximo de sólidos totais dissolvidos para as águas doce de classe 3 o valor de 500 mg.L⁻¹. Verifica-se que nos viveiros de criação de tambaqui os valores de sólidos totais estão bem abaixo do valor

recomendado pela resolução, estando adequadas à criação de peixe. Valores próximos foi encontrado por Lachi e Sipaúba-Tavares (2007) em um viveiro de cultivo semi-intensivo.

Os valores de turbidez foi de 62 UNT e 14 UNT no ponto 1 e 2 respectivamente, valores esses abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 3 com limite máximo até 100 UNT. Valor próximo foi encontrado por Castro et al., (2002) em cultivo intensivo de tambaqui.

O Oxigênio disponível obteve valores de 5,0 mg.L⁻¹ O₂ a 6,8 mg.L⁻¹ O₂ no ponto 1 e 2 respectivamente, em situação de cultivo semelhante a este estudo, Lima et al. (2008) encontraram valores de oxigênio próximos (5,0-6,0 mg.L⁻¹). De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 para águas doce de classe 3 o valor de OD tem que ser superior a 2,0 mg.L⁻¹ O₂, sendo necessário para cultivo de tambaqui valor acima 4,0 mg.L⁻¹ de O₂.

Os valores de Fe foram 0,14 mg.L⁻¹ Fe e 0,10 mg.L⁻¹ Fe nos pontos 1 e 2. O valor máximo estabelecido pela CONAMA para águas doces de classe 3 é 0,50 mg.L⁻¹, valor não encontrado no ponto 1, dando Fe acima do limite. De acordo com Marmotel e Rodrigues (2015), resultados que constituem em baixos valores de Fe em um determinado local são referente à quantidade de mata preservada ou até mesmo perturbada, sendo característica do local em estudo a presença de matas ao redor. Valor próximo foi encontrado por Ventura et al. (2013). Para cultivo de peixe Fe se encontra abaixo do limite que é 1,0 mg.L⁻¹ de Fe (BOYD, 1995).

Os valores de condutividade foram 36,7 e 13,7 nos pontos 1 e 2 respectivamente. Os valores encontrados foram próximos ao registrado por Diemer, et al., (2010) que verificaram valores de 44,23, 46,35 e 45,20 para o epilímnio, metalímnio e hipolímnio, respectivamente, ressaltando que quando esse parâmetro é elevado, pode ser um indicador de poluição. De acordo com Silva et al., (2017) a condutividade elétrica pode fornecer informações sobre o metabolismo do tanque, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema. Quando seus valores são altos, indicam grau de decomposição elevado e o inverso (valores reduzidos) indica acentuada produção primária (algas e microrganismos aquáticos), sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos.

O Nitrito obteve valores de 0,01 mg.L⁻¹ N a 0,02 mg.L⁻¹ N no ponto 1 e 2, valores bem abaixo do estipulado pela CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 3 que é 1,0 mg.L⁻¹ N. Segundo Marmotel e Rodrigues (2015), esse valor baixo encontrado é decorrente da presença de vegetação preservada ou até mesmo perturbada influenciaram nos valores, resultado próximo foi encontrado pelos mesmos. Para Tambaqui o valor máximo é 0,50 mg.L⁻¹.

O Nitrato obteve valores de $1,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,1 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 1 e 2, valores bem distante do valor máximo estipulado pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 3 que é $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$ N. Para produção de tabaqui é aceitável valor até $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os valores de nitrogênio amoniacal foram de $0,48 \text{ mg.L}^{-1}$ N e $0,31 \text{ mg.L}^{-1}$ N no ponto 1 e 2, valores estes muito abaixo do estipulado pela CONAMA 357 que é de $13,3 \text{ mg.L}^{-1}$ N, para $\text{pH} \leq 7,5$. De acordo com Kubitzka (2003) valores críticos da amônia acima dos quais começam a ocorrer prejuízos ao crescimento em carpa comum e tilápia são de $0,02$ e $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente, apresentando valores elevados para cultivo de peixe, sendo o ideal até $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ de N. Para o tabaqui, valores entre $0,60 \text{ mg.L}^{-1}$ a $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os valores de Fósforo foram $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ P e $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ P, acima do valores estipulado pela CONAMA 357/2005. Segundo Payne, et al., (1986), o fósforo total é um dos melhores indicadores do conteúdo de nutrientes em um ecossistema, e sabe-se que há uma maior concentração de nutrientes nos ambientes aquáticos nos períodos chuvosos (PAYNE, et al., 1986), essa afirmação é verdadeira levando em consideração o época chuvosa no período da coleta.

Os valores de Dureza Ca e Mg foram $0,68 \text{ mg.L}^{-1}$ de Ca/ $0,65 \text{ mg.L}^{-1}$ de Mg e $0,34 \text{ mg.L}^{-1}$ de Ca/ $0,53 \text{ mg.L}^{-1}$ de Mg, sendo considerada uma água mole, apresentando pouca quantidade de nutrientes e diminuindo as chances de formação de fitoplâncton, sendo necessário a realização de calcariamento para aumentar os valores. Muitos estudos comprovam que o aumento da dureza para valores de $20-70 \text{ mg.L}^{-1}$ de Ca e Mg melhoram a sobrevivência de algumas espécies de peixe, principalmente durante os primeiros estágios de desenvolvimento (TOWNSEND, et al., 2003; SILVA, et al., 2005).

2.3.1.1 Análise de metais pesados na água

Os valores obtidos para alumínio foram $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ de Al e $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ de Al para os pontos 1 e 2. O valor do ponto 1 ultrapassou o limite estabelecido pela CONAMA 357/2005 para águas de classe 3, aonde o limite seria $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$ de Al. O limite máximo para produção de peixe fica em $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$ de Al. A grande concentração de alumínio pode causar nos peixes a formação de uma camada viscosa nas brânquias causando uma dificuldade na respiração, além da absorção pelo animal até chegar à mesa do consumidor.

Não foi apresentado valores na análise para os elementos chumbo e zinco.

2.3.2 Amostragem para análise de metais pesados no sedimento

Para as amostras da análise de metais pesados, foram feitas 05 coletas simples utilizando um amostrador do tipo pegador Ekman-Birge indicado para substratos finos e moles, com área de 225cm², em triplicata (três pegadas por estação de amostragem), de acordo com Rosenberg & Resh (1993), sendo 01 composta para a análise.

O procedimento foi realizado no início da manhã no momento da alimentação dos peixes, com manejo dos animais a extremidade oposta da realização da coleta, a fim de evitar o estresse dos animais na entrada do amostrador. O material para análise de sedimento foi composto por 500g de sedimento, sendo transportado diretamente para o Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente (SAMAM) do Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS) em isopor com gelo armazenado em sacolas de 1kg.

As amostras passaram por tratamento prévio que compreendeu as etapas de secagem a temperatura ambiente, para eliminação da umidade; desagregação em gral de ágata; peneiramento a fim de se obter material com granulometria de 270 mesh e quarteamento. Após o tratamento físico, iniciou-se o processo de digestão ou abertura da amostra; para este procedimento pesou-se cerca de 250 mg de amostra em tubos de PTFE (Teflon) e submetidos a temperatura de 150 °C por 2 horas em sistema de micro-ondas, obedecendo as seguintes etapas: decomposição da amostra, com uma mistura composta por 1 mL de ácido clorídrico (HCl) e 3 mL de ácido nítrico (HNO₃); após digestão parcial, foi adicionado 1 mL de ácido fluorídrico (HF) às amostras, para a dissolução do precipitado, e submetida novamente a aquecimento; em seguida adicionou-se 2 mL de ácido bórico (H₃BO₃) para complexação de fluoretos remanescentes, e novamente submetida a aquecimento e pôr fim a mistura resultante (após resfriamento) foi transferida quantitativamente para frascos graduados com volume de 50 mL.

As análises dos metais (em sua forma total) Al, Fe, Zn e Pb foram realizadas através da técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP OES), modelo Vista-MPX CCD simultâneo (Varian, Mulgrave, Austrália), configuração axial e equipado com um sistema de amostragem automático (SPS - 5). O controle das condições operacionais do ICP OES foi realizado com o software ICPExpert Vista.

O teste de linearidade do método utilizado foi avaliado a partir de soluções padrão de AL, Fe, Zn e Pb da marca Specsol; as alíquotas foram preparadas através do método de diluição, abrangendo a faixa de 1 a 32 mg.L⁻¹, partindo de uma concentração de 1000 mg.L⁻¹; para isso foram usadas micropipetas previamente calibradas e balões volumétricos de 50 mL,

o volume final foi aferido com água deionizada e acidificado a 1% v/v com ácido nítrico (HNO_3) e para o controle analítico de qualidade, utilizou-se o material de referência SRM 2711 – Montana Soil, NIST (National Institute of Standards and Technology), com o intuito de avaliar a recuperação do método analítico.

2.3.3 Coleta de substratos para implantação do experimento

O sedimento foi coletado também com um amostrador do tipo pegador Ekman- Birge indicado para substratos finos e moles com área de 225cm^2 , em triplicata (três pegadas por estação por estação de amostragem), de acordo com ROSENBERG e RESH (1993). Depois da coleta o sedimento foi colocado em bandejas de alumínio e armazenado em estufa com circulação forçada de ar a 90°C , ocorrendo com esse processo a secagem e a desinfecção do sedimento para que ocorresse a interrupção das atividades microbiológicas. Após a secagem, o sedimento foi peneirado para a obtenção de uma mistura homogênea e finalmente adicionado aos tratamentos.

O uso de terra preta foi de acordo com a utilização de substrato mais comum e de fácil acesso por produtores locais, possuindo uma matéria orgânica própria do local aonde foi retirado, neste caso de uma capoeira. O uso de casca de arroz foi proporcional a todos os tratamentos por conta do material necessário para a aeração, visto que o sedimento seja caracterizado por apresentar uma grande quantidade de argila.

2.4 Característica e condução da cultura

As plantas foram irrigadas diariamente de acordo com o valor obtido através do teste de capacidade de campo realizado nos substratos até os 79 dias após a germinação, quando completava seu ciclo vegetativo, para a realização da coleta. Foram realizados semanalmente os seguintes parâmetros: Altura das plantas (cm): com o auxílio de uma trena milimétrica e paquímetro digital, medindo todas as plantas do colo ao ápice; Diâmetro do caule (mm): medido a 1 cm do solo, utilizando-se de um paquímetro digital com a leitura dada em milímetro; Número de folhas: contagem das folhas brotadas.

No final do experimento foram escolhidos aleatoriamente por tratamentos 4 plantas, sendo coletadas e levadas para o laboratório, para a realização dos seguintes parâmetros: Área foliar: utilizando o equipamento LI -3100 (Licor, Lincoln, NE, USA) ($\text{AF}; \text{m}^2$); Massa fresca total (MFT; g planta^{-1}); Massa fresca das folhas (MFF; g planta^{-1}); Massa fresca de raiz

(MFR; g tufo⁻¹); Massa fresca de caule (MFC; g planta⁻¹); Massa fresca de flor (MFFL; g planta⁻¹); Massa seca total (MST; g planta⁻¹); Massa seca de folhas (MSF; g planta⁻¹); Massa seca de raiz (MSR; g planta⁻¹); Massa seca de caule (MSC; g planta⁻¹) e Massa seca de flor (MSFL; g planta⁻¹).

Para a determinação dos parâmetros MFT, MFF, MFR, MFC, MFFL, MST, MSF, MSR, MSC e MSFL, as plantas foram retiradas com cuidado dos vasos, e lavadas as raízes. Após, as plantas foram separadas por partes (flor, folha, caule e raiz) para a determinação de massa fresca aonde se utilizou uma balança de precisão (0, 0001 g). Na sequência foram colocadas em sacos de papel, identificados e alocados em estufa de circulação de ar a uma temperatura de 70° C até a obtenção do peso constante. O material seco foi pesado em balança de precisão (0, 0001 g) após 72 h.

2.5 Análise de Clorofila

Para análise de clorofila foi utilizado o medidor Spad-502 (Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co. Osaka Japan), aonde realizamos medidas indiretas de clorofila (Índice clorofila) em valor SPAD, em folhas intactas. As leituras foram feitas em folhas recém-maduras, com nove leituras, calculando-se a média para cada planta amostrada, utilizando-se o próprio medidor, em todas as repetições.

2.6 Amostragem para análise química foliar

Para análise foliar, foram realizadas análises químicas de alguns nutrientes importantes e metais pesados nos tecidos foliares das plantas no final do cultivo, a fim de avaliar o estado nutricional das plantas e a ocorrência da absorção desses elementos, pelo método de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP- MS 7900, Modelo Agilent).

Após 72 h para a secagem das plantas, foram moídas em moinho Wiley logo em seguida. O material foi acondicionado em sacolas plásticas e enviadas para o Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente (SAMAM) do Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS).

O processo de digestão das amostras de vegetais foi realizado no Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente (SAMAM) do Instituto Evandro Chagas (IEC), para isso, pesou-se cerca de 0,1 grama de amostra certificada (NIST SRM 1515 e NIST SRM

1547), para controle do método e entre 0,2-0,25 gramas de amostras de vegetal em tubos de PTFE e adicionou-se 5 mL de ácido nítrico concentrado (HNO_3) e 2 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30% v/v, logo após, as amostras foram submetidas ao processo de digestão, através do sistema de radiação por microondas, no digestor de amostra da Berghof[®], modelo Speed wave 4.

A mistura resultante (após resfriamento) foi transferida quantitativamente para frascos de Polipropileno e aferidos para o volume de 25 mL. Para a quantificação dos metais (Al, Fe, Zn e Pb) foi utilizada a técnica de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP- MS 7900, Modelo Agilent). O controle das condições operacionais foi realizado com o software ICPEXpert Vista.

2.7 Avaliações estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, quando significativos, foi realizado nas médias de valor quantitativos análise de regressão. Para a análise de dados utilizou-se o programa estatístico Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2010).

3. Resultados E Discussão

3.1 Análise de metais pesados no sedimento

Com relação ao sedimento, os valores de Pb (23.529802 mg.Kg^{-1}) e Zn (82.946776 mg.Kg^{-1}), não ultrapassaram os limites estabelecidos pela CONAMA 420/ 2009, tendo como limites para Pb (180 mg.Kg^{-1}) e Zn (450 mg.Kg^{-1}).

O valor de Al encontrado (23,55 g.Kg^{-1}) e Fe (25,64 g.Kg^{-1}) são maiores do que os valores encontrados respectivamente por GONÇALVES (2018), no Estado do Pará (9,1 g.Kg^{-1} e 9,3 g.Kg^{-1}).

Os elementos metálicos ocorrem naturalmente na água, são altamente reativos e absolutamente não degradáveis, se acumulam em componentes do ambiente e a sua toxidez vai depender da disponibilidade do mesmo, sabendo-se que, tanto elementos essenciais como não essenciais são tóxicos aos organismos vivos, quando em altas concentrações (Mokhtar, et al., 2009; Porto & Ethur, 2009).

Tabela 1. Resultado de análise de metais no sedimento de viveiro de tambaqui.

ANÁLISE DE METAIS NO SEDIMENTO DE VIVEIRO DE TAMBACUI		
ELEMENTOS	AMOSTRAS	CONAMA 357/2005
	mg.Kg ⁻¹	
Al	12108.171	-----
Fe	20609.653	-----
Pb	22.649	180
Zn	67.348	450

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

3.2 Análise de metais pesados no vegetal

Para o elemento Al, os maiores valores foram encontrados para raiz no Tratamento 4 (23.368 mg.L⁻¹), Tratamento 3 (11.542 mg.L⁻¹) e tratamento 5 (11.396 mg.L⁻¹). A solubilidade desse elemento aumenta em pH abaixo de 5,5 e acima de 7,5, quando temos valores altos o órgão que apresenta as características de toxidez é a raiz, apresentando engrossamento e amarelamento nas pontas, degeneradas, tortuosas, com ramificações secundárias, escuras em parte pela oxidação de compostos fenólicos e sem pelos absorventes (MIGUEL, et al., 2010). De acordo com Martins, et al., (2011), que testou valores próximos ao que encontramos em *Brachiaria Ruziziensis*, demonstrou uma pequena toxidez por Al.

Para o elemento Fe, os maiores valores foram encontrados para raiz nos Tratamento 4 (7.781 mg.L⁻¹), Tratamento 3 (3.209 mg.L⁻¹) e Tratamento 2 (2.772 mg.L⁻¹). Os valores encontrados na raiz podem ser explicados devido à pouca mobilidade de Fe na planta, ficando em maior quantidade na raiz (Faquin & Andrade, 2004). Valores de Fe abaixo do que encontrado, foi descoberto por Aguiar, et al., (2014) na produção de dieta alimentar a base de jambu para ratos com anemia. Sua fonte pode ser justificável através da ração fornecida aos peixes devido sua composição constar a presença de sulfato ferroso (FeSO₄). Para os peixes o Ferro é um elemento essencial para o funcionamento dos órgãos e tecidos para os vertebrados, pois desempenha um papel importante no transporte de oxigênio, e na respiração celular (Lim, et al., 2000).

Para o elemento Zn, o maior valor foi encontrado para raiz no Tratamento 1 (0.506 mg.L⁻¹). O valor encontrado na raiz pode ser explicado devido à pouca mobilidade de Zn na planta, ficando em maior quantidade na raiz (Faquin & Andrade, 2004). A função do Zn está

estritamente envolvida no metabolismo nitrogenado e na síntese proteica da planta, tendo como consequência na sua deficiência a redução da síntese proteica (Faquin & Andrade, 2004).

Não foi apresentado valores na análise para o elemento Pb

Tabela 2. Resultado da análise de metais em plantas de jambu cultivadas com sedimento de viveiro de peixe.

ANÁLISE DE METAIS NAS PLANTAS DE JAMBU					
AMOSTRA		Al	Fe	Zn	Pb
		mg. L ⁻¹			
T1	RAIZ	5.598	1.941	0.506	0
	CAULE	0.094	0.039	0.069	0
	FOLHA	0.716	0.334	0.171	0
	FLOR	3.19	0.73	0	0
T2	RAIZ	9.637	2.772	0.205	0
	CAULE	0.484	0.162	0	0
	FOLHA	0.526	0.211	0.007	0
	FLOR	0.269	0.101	0	0
T3	RAIZ	11.542	3.209	0.261	0
	CAULE	0.211	0.064	0	0
	FOLHA	2.145	0.516	0.026	0
	FLOR	0.333	0.06	0	0
T4	RAIZ	23.368	7.781	0.029	0
	CAULE	0.223	0.067	0	0
	FOLHA	0.624	0.309	0	0
	FLOR	0.194	0.072	0	0
T5	RAIZ	11.396	2.744	0.022	0
	CAULE	0.291	0.086	0	0
	FOLHA	0.337	0.161	0	0
	FLOR	0.173	0.095	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

De acordo com Fernandes, et al. (2007), a legislação brasileira não disciplina limites críticos para olerícolas com vistas ao consumo humano. A única referência encontrada foi a Portaria nº 685/1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004), que não compreende ao resultado dos elementos analisados, visto que os elementos pertencentes a portaria não apresentaram valores ou não pertenciam ao tratamento que utilizou o sedimento.

3.3 Análises agronômicas

Para os caracteres avaliados, foi possível ajustar modelos de regressão que permitiram a visualização de seus comportamentos para com o aumento da concentração de sedimento, buscando observar a interação ($p < 0,05$) entre os fatores e as variáveis.

A análise de regressão para o fator ALT foi significativa e explicada pelo modelo linear crescente, pois é dado o crescimento da mesma à medida que aumenta a concentração de resíduos. Diferentemente, o parâmetro D apresentou significância e um comportamento quadrático, crescendo na medida em que a concentração de sedimento também cresce até alcançar um ponto limite, no qual o comportamento assume características decrescentes após transpor tal ponto. Este ponto, para o parâmetro D, é disposto na porcentagem de 40%.

Esta característica não tem parâmetro para a espécie em citação, tendo a importância para outras olerícolas no ramo de comercialização, pois quanto maior a grossura do diâmetro do coleto, melhor a forma de corte do vegetal para as indústrias de alimento.

Segundo Souza et al., (2013), o parâmetro D combinado com a ALT, constitui um dos mais importantes caracteres morfológicos para a planta, Nascimento, et al., (2018), estudando o cultivo de jambu com biofertilizantes, complementa dizendo que o seu desenvolvimento está ligado aos nutrientes disponíveis, favorecendo ao crescimento e a diferenciação celular.

Em sua maior média, a ALT corresponde a 39,45 cm, concordando com o estudo de Gusmão e Gusmão (2013), onde é afirmado que plantas de jambu podem alcançar até 50 cm de altura.

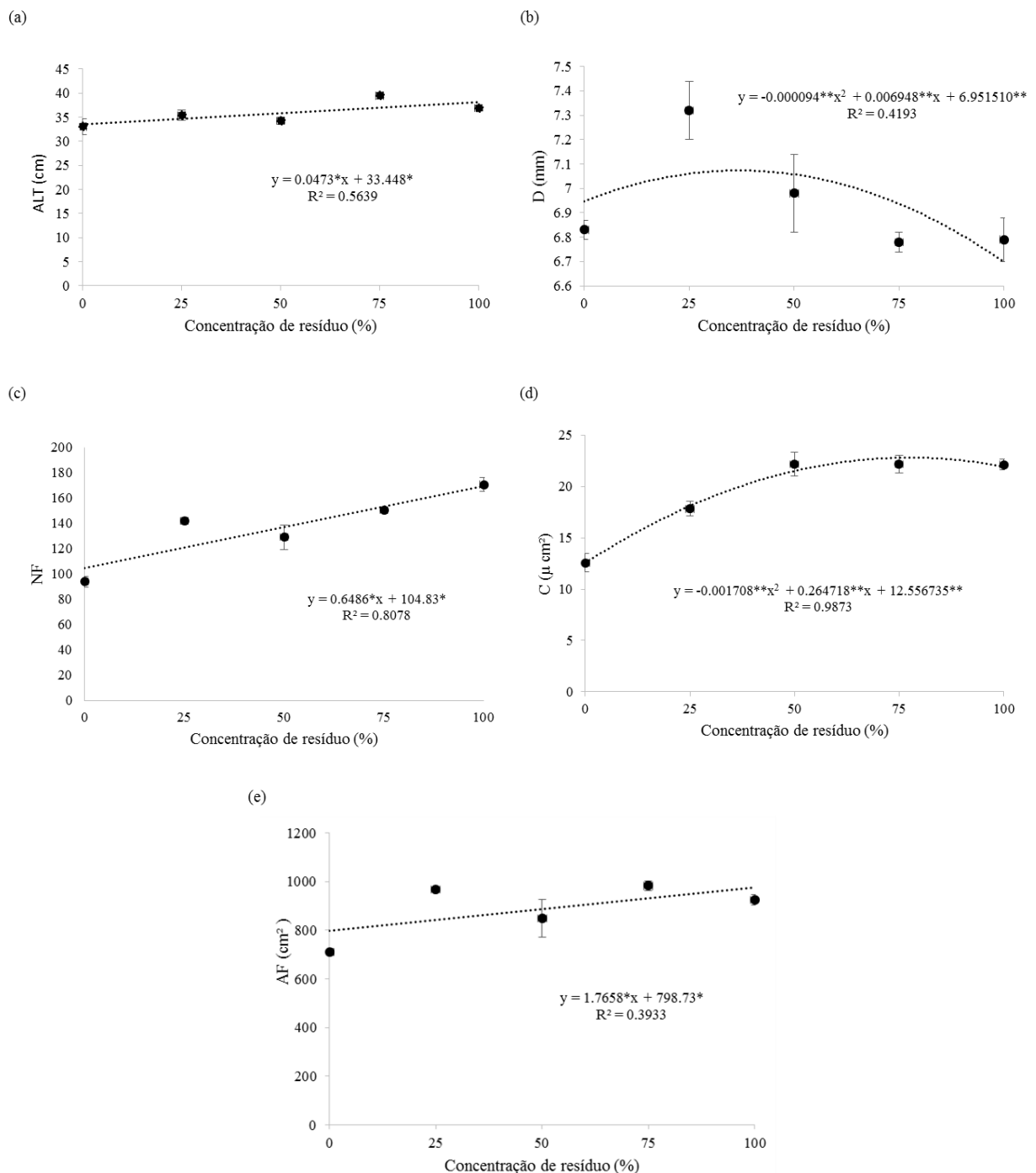
Analisando a variável ALT, é observado que os valores apresentados pelos tratamentos compostos por sedimento foram superiores à testemunha, possivelmente por conta de uma maior presença de nutrientes. Borges (2009), demonstra em seu experimento a interação entre um substrato com bom aporte de nutrientes e a altura de planta, onde a adubação proporcionou maior altura quando utilizadas maiores doses de adubo nitrogenado, encontrando máxima altura de 36,34 cm. Da mesma forma, Souto (2016), mostra um incremento na altura de plantas de jambu de flor amarela em detrimento ao aumento da adubação, anotando valor de 35,42 cm para sua maior dosagem, que foi de 10 kg.m⁻².

Haque, et al., (2016), em seu experimento utilizando sedimento de criação de pangásius como fertilizante para produção de para-grama, observou o ganho de comprimento para a mesma no tratamento com maior concentração, configurado de 100% de sedimento, concordando com o comportamento de altura de planta avaliado neste trabalho.

Para os parâmetros AF e NF, a explicação é dada pelo modelo linear positivo de forma a ser significativo. Já a análise de regressão para o parâmetro C obteve significância e assumiu um comportamento quadrático com ponto de maior desempenho no 77% de sedimento. Estes parâmetros possuem uma grande relação entre si, pois, quanto maior o número de folhas, maior é a área foliar e a taxa fotossintética, corroborando com Melo, et al., (2007), que diz que com o aumento da área foliar, as plântulas obtêm maior taxa de assimilação de luz e possibilidade de realização de fotossíntese com conseqüente acúmulo de matéria seca e maior altura.

Em ensaio realizado em Bangladesh, avaliando o potencial de sedimentos de tanque de pangasius na produção de variedade de tomate, Monira, et al., (2014), testou três concentrações de substratos para plantio e levantou dentre dados, valor significativo para os parâmetros ALT (77,98 cm), NF (184,33 folhas.planta⁻²) e AF (622,49 cm²) no tratamento que continha a maior concentração de sedimento, equivalente a 100% do mesmo.

Figura 2. Altura de plantas (ALT), diâmetro de coleto (D), número de folhas (NF), clorofila (C), área foliar (AF) de plantas de jambu cultivadas em diferentes porcentagens de sedimento de viveiro de peixe.



** e *- Significativo 1 e a 5% pelo teste t-Student
Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

Nos caracteres de matéria fresca, MFT, MFC e MFR a análise da regressão também é significativa e tem-se comportamento quadrático, demonstrado pelo crescimento em conjunto

dos mesmos com os tratamentos até o ponto de inflexão, no qual é dado o decréscimo. MFT, MFC e MFR apresentaram ponto de máxima evolução em 58%, 60% e 53% respectivamente.

É importante ressaltar que o volume radicular é um parâmetro muito importante, pois apresenta a relação direta que existe com o volume de solo explorado pelas raízes (borcioni, et al., 2016). Podendo levar em conta também que, quanto maior for o número e mais finas forem as radículas, maior será a eficiência na absorção de água e íons (Rodda, et al., 2006)

MFF não foi significativa, porém, é possível visualizar o seu comportamento no gráfico, sendo seu ponto ótimo em 53,6% de sedimento. Ainda na massa fresca, apenas MFFL assumiu comportamento linear crescente e com significância.

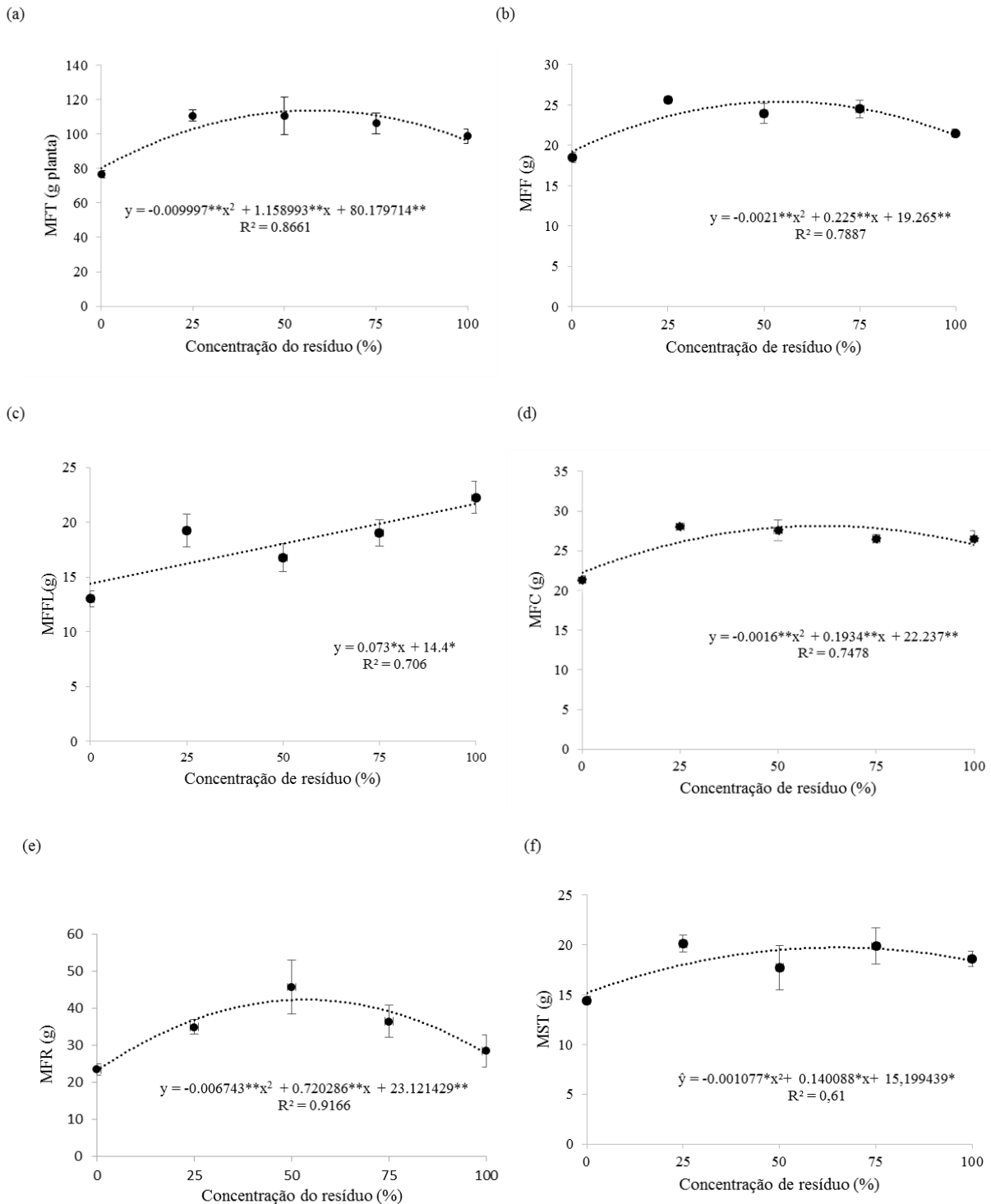
A massa fresca de flor tem sua importância voltada para a produção do capítulo floral para o mercado, devido a quantidade de espilantol ocorrer em maior quantidade nesse órgão, levando em consideração ao seu comportamento linear crescente, podemos dizer que quanto maior a quantidade de sedimento maior a produção de capítulos florais. Em média os tratamentos apresentaram 18,03% em relação MFT da produção.

A massa fresca total apresenta um valor médio no seu ponto de maior expressão de 110 g.planta⁻², que é acrescido de 37,5% do valor médio da testemunha. Souto (2016), avaliando desempenho de jambu, observou aumento de massa fresca à medida que se elevou a aplicação de adubo, havendo significância estatística e apresentando máxima de 160,59 g.tufo⁻², correspondendo aproximadamente a 33,11 g.planta⁻².

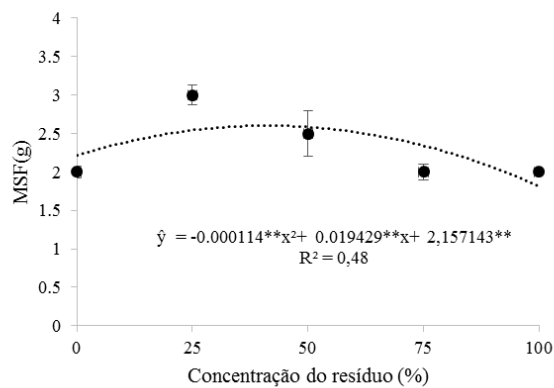
Com relação aos teores de matéria seca, a análise de regressão para MST e MSR foi significativa e mostrou como melhor ajuste o quadrático, com o ponto de inflexão estabelecido em 65% para o primeiro e 58% para o segundo. MSF e MSC também se configuraram quadrático, porém não significativo, com sua regressão sendo utilizada apenas para a visualização do comportamento em relação aos tratamentos, com 85% e 50%, nesta ordem, seus pontos de melhor rendimento. E para MSFL, o melhor ajuste foi o linear positivo.

Monira, et al., (2014), ainda em seu experimento com sedimento em cultivo de tomate, viu que na fase inicial (estágio de plântula), a produção total de biomassa para todos os tratamentos foi praticamente a mesma, no entanto, após a colheita final foi significativamente máxima (119,47g) em tratamento de 100% sedimento, seguida do tratamento formado por sedimento e solo virgem (93,41g). Os mesmos autores ainda mostraram valores de matéria seca, que foi encontrada em maior quantidade no tratamento 100% (8,50%).

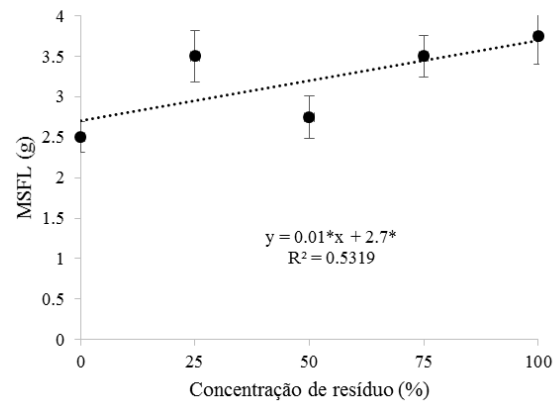
Figura 3. Massa fresca total (MFT), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de flor (MFFL), massa fresca de caule (MFC), massa fresca de raiz (MFR), massa seca total (MST), massa seca de folha (MSF), massa seca de flor (MSFL), massa seca de caule (MSC) e massa seca de raiz (MSR) de plantas de jambu cultivadas em diferentes porcentagens de sedimento de viveiro de peixe.



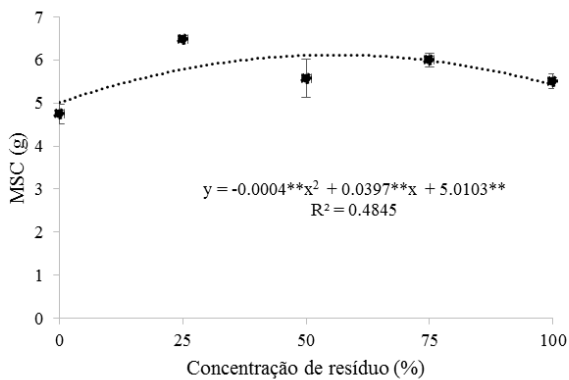
(g)



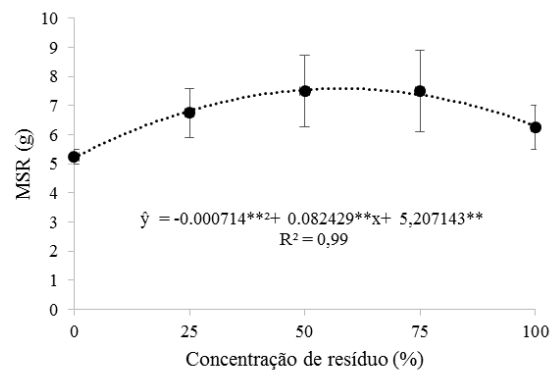
(h)



(i)



(j)



** e *- Significativo 1 e a 5% pelo teste t-Student
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

4. Considerações Finais

Diante dos resultados apresentados é visto que não houve absorção de metais pelas plantas de forma que colocasse em risco a saúde humana, ficando os valores encontrados muito abaixo do limite considerável.

Referências

Aguiar, J. P. L., Souza, F. C. A., Yuyama, L. K. O., & Pessoa, A. (2014). Biodisponibilidade do ferro do jambu (*spilanthus oleraceae* L.): estudo em murinos. *Revista. Pan-Amazonia de Saúde*, 5 (1), 19-24.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998). Portaria n.685. Ministério da Saúde, Brasília. Recuperado de http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm.

Aride, P. H. R., Roubach, R. E., & Val, A. L. (2004). Water pH in central Amazon and its importance for tambaqui (*Colossoma macropomum*) culture. *World Aquaculture*, 35, 24-27.

Borcioni, E., Mógor, A. F., & Pinto, F. (2016). Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. *Revista Ciências Agrônômica*. 47(3), 509-515.

Borges, L. S. (2009). *Biomassa, teores de nutrientes, espilantol e atividade antioxidante em plantas de jambu (Acmella ciliata Kunth) sob adubações mineral e orgânica*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de ciências agrônômicas da Unesp, Campus de Botucatu, Botucatu-SP.

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1995). Sustainability of channel catfish farming. *World Aquaculture*, 26, 45-53.

Castro, A. L., Souza, N. H., & Barros, L. C. G., (2002). Avaliação do sistema de produção de Tambaqui intensivo em viveiro de terra com aeração. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico 09-MAPA.4 p.

Conama- *Conselho Nacional do Meio ambiente*. (2012). Resolução nº 357, de 17 de março de 2012, Brasília.

Conama- Conselho nacional do meio ambiente. (2009). Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009, Brasília.

Cunha. H. B., & Pascoaloto, D. *Hidroquímica dos rios da Amazônia*. 2006. Manaus: Governo do Estado do Amazonas. Cadernos do CCPA – Centro Cultural dos Povos da Amazônia. Série Pesquisas. Manaus/AM.

Diemer, O., Neu, D. H., Feiden, A., Lorenz, E. K., Bittercount, F., & Boscolo, W. R. (2010). Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas em ambientes de criação de peixes em tanques-rede. *Ciência Animal Brasileira*, 11 (1), 24-31.

Esteves, F. A. (1998). *Fundamentos de limnologia. Interciência*, Rio de Janeiro.

Faquim, V., & Andrade, A. T. (2004). *Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças*. 2004. (Curso de pós-graduação “Lato sensu” (Especialização) à distância em produção de hortaliças) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

Fernandes, R. B. A., Luz, W. V., Fontes, M. P. F., & Fontes, L. E. F. (2007). Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais, *Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental*, 11 (1).

Ferreira, D. F., Sisvar (2010). *Sistema de análise de variância*. Versão 5.3. Lavras, Mg, UFLA. Software.

Gusmão, M. T. A., & Gusmão, S. A. L. (2013). *Jambu da Amazônia (Acmella oleracea [(L.) R. K. Jansen]: características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 135p.

Gonçalves, D. A. M. (2018). *Metais e elementos terras raras em solos da Amazônia oriental*. 2018. Tese (Doutorado em agronomia/ Área de concentração: Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém –PA.

Haque M. M., Belton, B., Alam, M. M., Ahmed, A. G., & Alam, M. R. (2016). Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 226-236.

Jegatheesan, V., Shu, L., & Visvanathan, C. (2011). Aquaculture effluent: impacts and remedies for protecting the environment and human health. *Encyclopedia of environmental health*, 123-135.

Kubtiza, F. (2013). *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*, 265 p.

Kubtiza, F. (1998). *Qualidade da água na produção de peixes: parte 2*. Rio de Janeiro: Panoramada Aquicultura, p.35-41

Lachi, G. B., & Sipaúba-Tavares, L. H. (2000). Qualidade da água e composição fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para fins de pesca esportiva e irrigação. *Boletim do instituto de Pesca*. 34 (1), 29-38.

Lim, C., Klesius; P. H., Li, M. H., & Robinson, E. H. (2000). Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture, Amsterdam*, 185, 313-327.

Lima, M. R. P., & Gonçalves, R. F. (1999). Desidratação do lodo de lagoas. In: Gonçalves, R.F. (Coord.). *Gerenciamento do lodo de Lagoas de estabilização não mecanizadas*. Rio de Janeiro: PROSAB - Programa de pesquisa em Saneamento Básico, 1999. Cap.6, 44–54.

Marmontel, C. V. F., & Rodrigues, V. A. (2015). Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Floresta e Ambiente*, 22, (2), 171-181.

Martins, C. E., Miguel, P. S. B., Rocha, W. S. D., Sobrinho, F. S., Gomes, F. T., & Oliveira, A. V. (2011). Seleção de genótipos de *Brachiaria Ruziziensis* quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritive. I: Resposta a diferentes concentrações de alumínio e valores de ph em solução nutritive. *Revista de Ciências Agrárias*, 34 (1).

Melo, A. S., Costa, C. X., Brito, M. E.B., Viégas, P. R. A., & Silva junior, C. D. (2007). Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substrates e doses de fósforo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2 (4), 257- 261.

Miguel, P. S. B., Gomes, F. T., Rocha, W. S. D., Martins, C. A., Carvalho, C. A., & Oliveira, A. V. (2010). Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *Ces revista*. 24,12-30.

Mokhtar, M. B., Aris, A. Z., Munusamy, V., & Preveena, S. M. (2009). Assessment level of heavy metals in *Penaeus monodon* and *Oreochromis* sp. In selected aquaculture ponds of high densities development área. *European Journal of Scientific Research*, 30, 348-360.

Monira, S., Haque, M. M., Ali, M. M., & Prodhana, M. Y. (2014). Evaluation of *Pangasius* pond sediment potentials in vegetable production as rooftop Bag Gardening. *Journal Bangladesh Agriculture University*. Bangladesh, 12 (2), 397- 404

Nascimento, K. A., Campos, M. C. C., Lima, A. F. L., Cunha, J. M., Lima, V. S., & Nascimento, A. A. (2018). Uso de diferentes tipos de biofertilizantes na produção de jambu (*Acmella oleracea*) na Região de Humaitá – AM. *Scientia Amazonia*, S1, 21-28.

Papadopoulos, I. (1999). Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: Folegatti, M.V. (ed.) *Fertirrigação: citros, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 11-84.

Payne, A. I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. New York: Wiley. 301p.

Porto, L. C. S., & Ethur, E. M. (2009). Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciencia Rural*, 39 (9), 2512-2518.

Prachayasittukul, V., Prachayasittukul, S., Ruchiwarat, S., & Prachayasittukul, V. (2013). High therapeutic potential of *Spilanthes acmella*: a review. *EXCLI Journal*, 12, 291- 312.

Rakocy, J. E., et al. (2004). Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. In: *New dimensions on farmed Tilapia: proceedings of the sixth international symposium on Tilapia in Aquaculture, held September*. 12-16.

Rodda, M. R. C., et al. (2006). Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto: I - efeito da concentração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30, (4), 649-656.

Rosa, D. K. O. F., Barros, D. L., Aires, F. P. G., & Gomide, P. H. O. (2018). Aproveitamento do resíduo de tanque de piscicultura na produção de mudas de mamoeiro em Rorainópolis. *Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, 11 (1), 120-136.

Rosemberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 504.

Schober, J., & Mendonça Filho, M. Sustentabilidade é Fundamental para Desenvolvimento da Aquicultura. Recuperado de <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v61n4/02.pdf>

Silva, F. N. L., Medeiros, L. R., Costa, M. S. M., Macedo, A. R. G., Brandão, L. V., & Souza, R. A. L. (2017). Qualidade da água proveniente de poço artesiano em viveiro de piscicultura. *Pubvet*, 11 (7), 652-657.

Silva, F. O. R., Melo, C. C. V., Botelho, H. A., Souza, F. B. M., & Ramos, J. D. (2017). Efeito do resíduo de tanque de piscicultura na produção de mudas de maracujazeiro. *Boletim de Industria Animal*, 74 (1), 58-64.

Silva, E. A., Ramos, J. D., Silva, F. O. R., Soares, F. M., Santos, V. A., & Ferreira, E. A. (2014). Adição de água residuária de laticínio em substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Agrarian*, 7, 49-59.

Silva, C. A., & Carneiro, P. C. F. (2007). *Qualidade da água na engorda de tambaquis em viveiros sem recirculação de água*. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2p.

Silva, L. V. F., Golombieski, J. I., & Baldisserotto, B. (2005). Incubation of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae), eggs at different calcium and magnesium concentrations. *Neotropical Ichthyology*, 3, 299-304.

Souto, G. C. (2016). *Desempenho agrônomico e acúmulo de nutrientes pela planta de jambu*. 2016. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

Talbot, C., & Hole, R. (1994). Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, 10 (4), 258-270.

Towsend, C. R., Silva, L. F., & Baldisserotto, B. (2003). Growth na survival of Rhamdia quelen exposed to diferente levels of water hardnesse. *Aquaculture*, 215, 103-108.

Ventura, A. S., Jerônimo, G. T., Gonçalves, E. L. T., Tamporoski, B. R. F., Martins, M. L., & Ishikawa, M. M. (2013). Fauna parasitária dos híbridos siluriformes cachapinta e jundiara nos primeiros estágios de desenvolvimento. *Pesquisa agropecuária. Brasileira*, 48 (8), 943-949.

Yamamoto, F. Y. (2011). *Microminerais (Cu, Fe, Mn, Se e Zn) na nutrição de peixes uma revisão bibliográfica*. 2011. Tcc (Graduação em engenharia de aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ana Carolina da Silva Gomes – 35%

Glauber David Almeida Palheta – 15%

Dênmore Gomes Araujo – 15%

Lucas de Matos Ribeiro – 20%

Kelson do Carmo Freitas Faial – 10%

Marcos André Piedade Gama – 5%