

**Potencial de produção de biogás de resíduos provenientes da criação de tilápia em sistema aquapônico**

**Potential for production of biogas from waste arising from the creation of tilapia in the aquaponic system**

**Potencial para la producción de biogas de residuos derivados de la creación de tilapia en el sistema acuapónico**

Recebido: 29/07/2020 | Revisado: 06/08/2020 | Aceito: 07/08/2020 | Publicado: 14/08/2020

**Rodrigo Aparecido Jordan**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2479-4461>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: [rodrigojordan@ufgd.edu.br](mailto:rodrigojordan@ufgd.edu.br)

**Victor Pelisson Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2403-2694>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: [victorpelissonm@gmail.com](mailto:victorpelissonm@gmail.com)

**Alexsandro Claudio dos Santos Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9389-1572>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [alexsandro.almeida@ceca.ufal.br](mailto:alexsandro.almeida@ceca.ufal.br)

**Fabrcio Correia de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7373-0667>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: [fcoliveira@utfpr.edu.br](mailto:fcoliveira@utfpr.edu.br)

**Wellytton Darci Quequeto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0658-2692>

Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: [wellytton\\_quequeto@hotmail.com](mailto:wellytton_quequeto@hotmail.com)

**Valdiney Cambuy Siqueira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3698-0330>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: [vcambuy@yahoo.com](mailto:vcambuy@yahoo.com)

**Elton Aparecido Siqueira Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3195-2317>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: [eltonmartins@ufgd.edu.br](mailto:eltonmartins@ufgd.edu.br)

**Rodrigo Couto Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-9305>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: [rodrigocouto@ufgd.edu.br](mailto:rodrigocouto@ufgd.edu.br)

## **Resumo**

Objetivou-se com o trabalho quantificar a geração de dejetos da criação de tilápias em sistema intensivo com recirculação da água, e avaliar o uso desse resíduo em processo de biodigestão para produção de biogás. A metodologia científica utilizada neste experimento foi uma pesquisa de laboratório empregando o método quantitativo. O sistema aquapônico utilizado possui capacidade para 200 peixes e 144 alfaces, sendo composto por dois tanques de criação, um tanque de bombeamento e aquecimento, um decantador e um filtro biológico. Cada tanque de criação possui um volume de 1000 L e a densidade populacional de peixes foi de 100 peixes m<sup>-3</sup>. O cultivo vegetal foi realizado utilizando um sistema do tipo NFT (*Nutrient Film Technique*). Os biodigestores foram construídos utilizando galões plásticos com volume de 50 L e o tempo de biodigestão foi de 35 dias. O volume de dejetos decantados do sistema de criação intensiva de peixes com recirculação é baixo, portanto, o processo de separação da água residuária do dejetos deve ser muito bem conduzido para disponibilizar o maior volume possível para a biodigestão. A biodigestão de dejetos de tilápia em sistema intensivo com recirculação se mostrou viável, com produtividade equivalente e até superior a outros trabalhos realizados com dejetos de outras espécies de peixes. A biodigestão se mostrou como uma alternativa para o tratamento do efluente gerado na criação de tilápia em sistema aquapônico. A temperatura do biodigestor e o tempo de retenção influenciaram diretamente na produção de biogás com dejetos de tilápia.

**Palavras-chave:** Biodigestão; *Oreochromis niloticus*; Dejetos.

## **Abstract**

The objective of this work was to quantify the generation of waste from tilapia farming in an intensive system with water recirculation, and to evaluate the use of this waste in the biodigestion process for biogas production. The scientific methodology used in this

experiment was a research at the laboratory level using the quantitative method. The aquaponic system used has a capacity for 200 fish and 144 lettuces, consisting of two rearing tanks, a pumping and heating tank, a decanter and a biological filter. Each breeding tank has a volume of 1000 L and the population density of fish was 100 fish m<sup>-3</sup>. Vegetable cultivation was carried out using an NFT (*Nutrient Film Technique*) system. The biodigesters were built using plastic gallons with a volume of 50 L and the biodigestion time was 35 days. The volume of decanted waste from the intensive fish farming system with recirculation is low, therefore, the process of separating wastewater from waste must be very well conducted to provide the largest possible volume for biodigestion. The biodigestion of tilapia waste in an intensive system with recirculation proved to be feasible, with productivity equivalent and even superior to other works carried out with waste from other fish species. Biodigestion proved to be an alternative for the treatment of the effluent generated in the creation of tilapia in an aquaponic system. The temperature of the biodigester and the retention time directly influenced the production of biogas with tilapia waste.

**Keywords:** Biodigestion; *Oreochromis niloticus*; Wastewater.

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la generación de desechos del cultivo de tilapia en un sistema intensivo con recirculación de agua, y evaluar el uso de estos desechos en el proceso de biodigestión para la producción de biogás. La metodología científica utilizada en este experimento fue una investigación a nivel de laboratorio utilizando el método cuantitativo. El sistema de acuaponia utilizado tiene una capacidad para 200 peces y 144 lechugas, compuesto por dos tanques de cría, un tanque de bombeo y calentamiento, un decantador y un filtro biológico. Cada tanque de cría tiene un volumen de 1000 L y la densidad de población de los peces fue de 100 peces m<sup>-3</sup>. El cultivo de vegetales se llevó a cabo usando un sistema NFT (*Nutrient Film Technique*). Los biodigestores se construyeron con galones de plástico con un volumen de 50 L y el tiempo de biodigestion fue de 35 días. El volumen de desechos decantados del sistema intensivo de piscicultura con recirculación es bajo, por lo tanto, el proceso de separación de las aguas residuales de los desechos debe realizarse muy bien para proporcionar el mayor volumen posible de biodigestion. La biodigestión de los residuos de tilapia en un sistema intensivo con recirculación resultó factible, con una productividad equivalente e incluso superior a otros trabajos realizados con residuos de otras especies de peces. La biodigestion demostró ser una alternativa para el tratamiento del efluente generado en la creación de tilapia en un sistema acuaponico. La

temperatura del biodigestor y el tiempo de retención influyeron directamente en la producción de biogás con residuos de tilapia.

**Palabras clave:** Biodigestion; *Oreochromis niloticus*; Aguas residuales.

## 1. Introdução

A demanda crescente de alimentos e a limitada disponibilidade de recursos naturais requerem que as atividades de produção de alimentos sejam realizadas de forma intensiva, sustentável, utilizando menos recursos e poluindo menos. Um dos setores produtivos que sofrem maior pressão para aumentar a produtividade das atividades é o agropecuário.

Mesmo com o conhecimento atual e a sofisticação de algumas tecnologias, os processos de produção não possuem eficiência absoluta, implicando na geração de algum tipo de resíduo. Devido ao poder poluente de muitos desses resíduos, a legislação ambiental impõe que os mesmos devam ter um destino adequado para minimizar possíveis prejuízos ambientais. Com isso, tem-se buscado desenvolver e incentivar a adoção de tecnologias que utilizem fontes renováveis de insumos na produção, reciclagem e reaproveitamento de resíduos, criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala (Coldebella, 2006).

As atividades agropecuárias geram uma grande quantidade de resíduos que podem ser aproveitados de forma sustentável em outros processos, como fertilizantes, por exemplo. Da mesma forma, na aquaponia associa-se a produção de hortaliças em sistemas hidropônicos com a criação de peixes (Rakocy et al., 2004) como uma forma de tratar os resíduos gerados, onde os resíduos produzidos pelos peixes fertilizam a água utilizada para a produção vegetal. Entretanto, a parte sólida dos resíduos, a qual apresenta elevada carga de matéria orgânica, é eliminada na chamada descarga de fundo dos tanques de criação.

A biodigestão seria uma forma sustentável de tratar a descarga de fundo, produzindo biogás (Arthur et al., 2011). A geração de biogás é uma alternativa sustentável, considerando os benefícios em termos ambientais e econômicos, visto que, o acesso à fonte de energia é a chave para o desenvolvimento da atividade rural e, muitos produtores em regiões inóspitas não possuem esse acesso (Banerjee et al., 2012). A produção de biogás é comumente realizada com dejetos provenientes da bovinocultura, suinocultura e avicultura, além de outros materiais orgânicos, tornando-se um processo interessante por aliar o tratamento de resíduos à produção de energia renovável (Farias et al., 2012).

O acentuado crescimento da aquicultura nos últimos anos tornou essa atividade um importante ramo do agronegócio na escala mundial (Alvarado, 2003). O Brasil apresentou uma produção de peixes em cativeiro de 969.370,60 ton em 2013, sendo o Centro-Oeste responsável por 118.200,2 ton e, o estado de Mato Grosso do Sul, responsável por 15.664,20 ton (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013).

Apesar do cultivo de peixe ser totalmente dependente da utilização de água isenta de poluentes, de acordo com Bastian (1991), a piscicultura é uma atividade causadora de potencial de degradação ambiental. A combinação entre elevadas densidades de estocagem de peixes e altas taxas de alimentação deterioram a qualidade da água dos viveiros de cultivo, produzindo um ambiente rico em nutrientes e sólidos suspensos, compostos principalmente por fitoplâncton, restos de ração e matéria fecal, aumentando assim a demanda química de oxigênio (DQO) (Ghate et al., 1997).

Os resíduos oriundos da piscicultura são compostos pelas fezes dos peixes, urina e restos de alimentação. Devido ao seu aspecto aparente, quando comparada a outros tipos de criações, como avicultura e suinocultura, a piscicultura se mostra como uma atividade relativamente limpa. No entanto, é grande geradora de resíduos. E, no contexto atual de sustentabilidade e processos de produção menos degradantes, o resíduo gerado pela atividade deve ser objetivo de estudos e pesquisas.

Assim, objetivou-se com o trabalho quantificar a geração de dejetos da criação de tilápias em sistema intensivo com recirculação da água, e avaliar o uso desse resíduo em processo de biodigestão para produção de biogás.

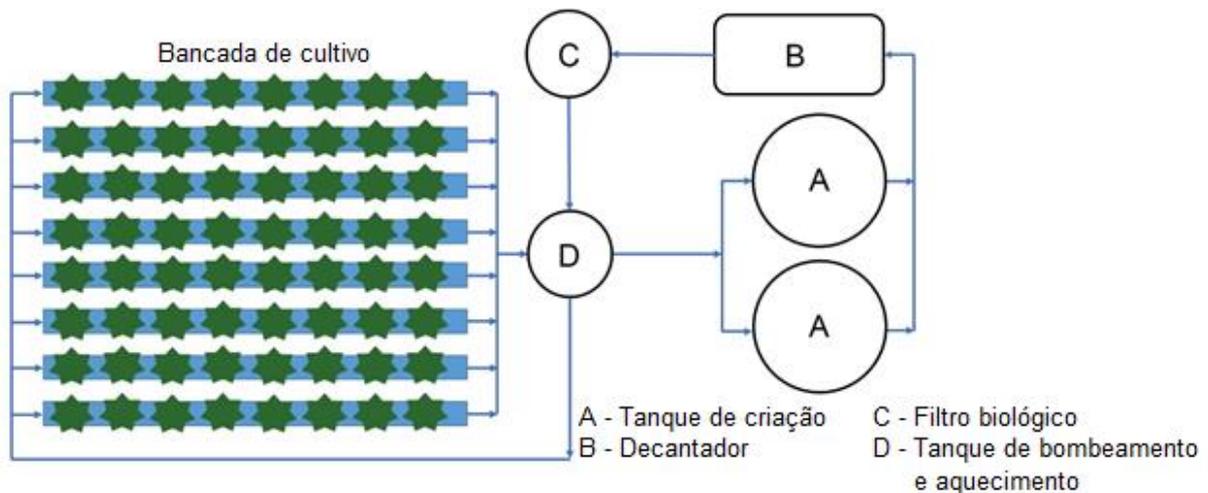
## **2. Metodologia**

O trabalho de pesquisa de campo foi conduzido na Área Experimental de Aquaponia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), situado nas dependências da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), localizada em Dourados, Mato Grosso do Sul, a qual possui vários sistemas aquapônicos com diferentes escalas de produção: pequeno, médio e grande porte.

A metodologia científica utilizada neste experimento foi uma pesquisa de laboratório empregando o método quantitativo, ou seja, realiza-se a coleta de dados numéricos por meio do uso de medições de grandezas, assim, são gerados conjuntos de dados que são analisados por técnicas matemáticas como a análise estatística e equações aplicáveis para descrição do processo (Prodanov & Freitas, 2013; Pereira, et al., 2018).

O sistema aquapônico escolhido é descrito como de pequeno porte, com capacidade para 200 peixes e 144 alfaces. Este é composto por dois tanques de criação, um tanque de bombeamento e aquecimento, um decantador e um filtro biológico (Figura 1).

**Figura 1** - Esquema dos principais componentes do sistema aquapônico.



Fonte: Autores (2020).

Cada tanque de criação apresenta um volume de 1000 L. A densidade populacional de peixes foi de 100 peixes  $m^{-3}$  (Coelho et al., 2014). A espécie de peixe utilizada foi a tilápia linhagem Gift (*Oreochromis niloticus*). Os peixes foram introduzidos no tanque de criação em fase juvenil, quando apresentavam massa média de 142 g. A alimentação dos peixes foi realizada com ração extrusada contendo 45% de proteína, sendo fornecida de forma manual até à saciedade, verificada quando paravam de comer a ração que ficava flutuando. As sobras eram retiradas com uma peneira. A água do sistema foi mantida entre 22 e 24 °C, por meio de um sistema de aquecimento montado no tanque de reaquecimento, o qual utilizava resistências elétricas.

O cultivo vegetal foi realizado utilizando um sistema do tipo NFT (*Nutrient Film Technique*), com 3 m de comprimento, apoiados em estrutura metálica, com inclinação de 3% e espaçados 20 cm um do outro. O espaçamento entre as plantas em uma mesma linha também foi de 20 cm.

Os biodigestores foram construídos utilizando galões plásticos com volume de 50 L. Ao lado de cada biodigestor foi construído uma estrutura para armazenar e medir o biogás. Para isso, utilizou-se como base um tubo de 100 mm de diâmetro fechado em sua base inferior, dentro desse tubo foi inserido um tubo de 75 mm de diâmetro, o qual foi preenchido

com água até a borda para selar e evitar vazamento de gás. No tubo de 75 mm foi marcado uma escala graduada em centímetros para a quantificação do biogás produzido. Válvulas, instaladas nas tampas dos galões, permitiam a saída do biogás. Uma mangueira transparente de 10 mm de diâmetro conectava as válvulas ao biodigestor, conduzindo o biogás até os gasômetros (Figura 2).

**Figura 2** - Biodigestores e gasômetros utilizados na pesquisa.



Fonte: Autores (2020).

A agitação dos sistemas de biodigestão foi realizada de forma hidráulica. Para isso, foi utilizada uma mini motobomba de máquina de lavar roupas, de potência de 35 W. A motobomba succionava os resíduos do biodigestor e bombeava novamente para seu interior, mantendo a mistura em suspensão. Foram analisados quatro biodigestores, em dois houve agitação hidráulica. A agitação foi realizada em intervalos de 45 min, sendo agitado por 15 min.

Os resíduos para os testes foram provenientes da remoção do material decantado no fundo dos tanques e no decantador, que é chamada de descarga de fundo. As coletas se davam por meio da abertura dos registros instalados na base dos reservatórios, realizadas duas vezes ao dia (início da manhã e fim de tarde).

Após a coleta, os resíduos eram transferidos para um recipiente, onde determinava-se o volume gerado. Uma amostra desse material era colhida para determinação da fração

decantável, a qual foi utilizada nos testes de biodigestão. Esse procedimento foi realizado com uma proveta de 1000 mL, graduada de 10 em 10 mL. A proveta era preenchida com o material homogeneizado até a marcação de 1000 mL, após a decantação, realizava-se a medida do material decantado, determinando-se a porcentagem pela relação volume decantado/volume total.

Para ocorrer a decantação, o material permanecia em repouso por um período de 3 horas. Em seguida, separava-se a água residuária que ficava na parte superior da parte inferior (sólidos decantados). A fração decantada, ainda bastante líquida, era então estocada em um tambor plástico. Esse procedimento era realizado diariamente. O uso nos testes se dava quando o volume estocado atingia 90 L, o que era suficiente para encher dois biodigestores.

Os biodigestores foram preenchidos com 45 L de resíduo da criação de peixes e 2 L de inóculo para biodigestão. O inóculo foi proveniente de um biodigestor que já estava produzindo biogás.

O tempo de biodigestão foi de 35 dias. A temperatura interna e externa dos biodigestores foi monitorada por meio de termômetros digitais com registro de máxima e mínima temperatura. O monitoramento do volume de biogás gerado foi realizado diariamente.

A quantificação da produção de biogás era feita pela manhã. O volume de biogás acumulado durante 24 horas era anotado e o gasômetro era esvaziado por meio de uma válvula logo após a saída do biodigestor. As anotações de temperatura ocorriam no momento da leitura da produção de biogás.

### 3. Resultados e Discussão

Durante o período de avaliação, 112 dias, que correspondeu ao início da criação (alojamento dos peixes) até a despesca, o consumo total de ração foi de 63876 g (Tabela 1), resultando em uma média de consumo de 313,12 g por peixe.

**Tabela 1** - Consumo de ração pelos peixes durante o ciclo de 112 dias.

Peixes	CTR <sup>1</sup> (g)	CMRD <sup>2</sup> (g)	CMRD/P <sup>3</sup> (g)
204	63876	303,120	1,535

<sup>(1)</sup>Consumo Total de Ração;<sup>(2)</sup>Consumo Médio de Ração Diário;<sup>(3)</sup>Consumo Médio de Ração Diário por Peixe.

Fonte: Autores (2020).

As descargas de fundo somaram um volume total de 6221,52 L (Tabela 2), uma média diária de 55,55 L dia<sup>-1</sup>, equivalente a 1,6% do volume total de água do sistema de criação intensivo, que era de 3510 L. A fração média decantável das descargas de fundo foi de 4,25%, resultando em um volume de 264,41 L de material para biodigestão, uma média diária de 2,361 L dia<sup>-1</sup>, aproximadamente 12,89 mL por peixe.

**Tabela 2** - Volume das descargas no sistema durante o período de 112 dias de avaliação.

VTD <sup>1</sup> (L)	VMDD <sup>2</sup> (L)	VMDD/P <sup>3</sup> (mL)	%MDD <sup>4</sup>	VTDD <sup>5</sup> (L)	VMDDD <sup>6</sup> (L)	VMDDD/P <sup>7</sup> (mL)
6221,52	55,55	272,30	4,25	264,41	2,631	12,89

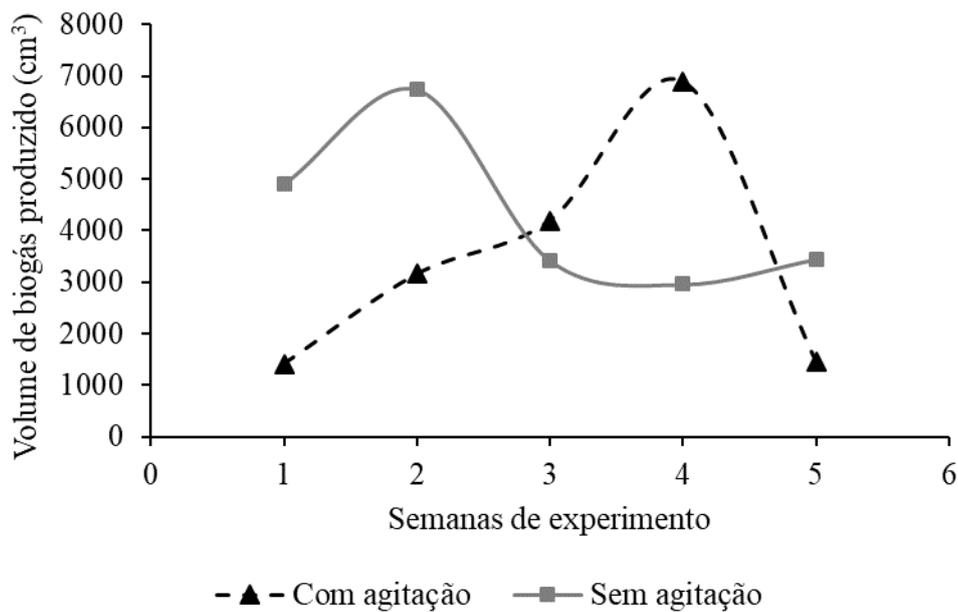
<sup>(1)</sup>Volume Total da Descarga; <sup>(2)</sup>Volume Médio da Descarga Diária; <sup>(3)</sup>Volume Médio da Descarga Diária por Peixe; <sup>(4)</sup>Porcentagem Média de Dejeito Decantado; <sup>(5)</sup>Volume Total de Dejeito Decantado; <sup>(6)</sup>Volume Médio de Dejeito Decantado Diariamente; <sup>(7)</sup>Volume Médio de Dejeito Decantado Diariamente por Peixe. Fonte: Autores (2020).

Relacionando os dados das Tabelas 1 e 2, para o período total de criação (112 dias) verificou-se uma relação de 4,145 L de dejeito decantado por quilograma de ração consumida.

A quantidade de resíduos gerados na produção intensiva de peixe depende principalmente da espécie utilizada e das características do sistema de remoção de resíduos. Para truta arco-íris com densidade de peixes de 50 kg m<sup>-3</sup> foi observado mais que o dobro do valor de resíduos decantado, com média de 9,95 L de resíduo decantado por quilograma de ração consumida (Lanari & Franci, 1998).

Em relação ao volume de biogás produzido utilizando as diferentes formas de manejo, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados. Nas primeiras duas semanas houve aumento da produção em ambos os sistemas de manejo, contudo a produção no sistema sem agitação foi até 47% maior quando comparado com o sistema com agitação. Após a segunda semana, houve redução da produção no sistema sem agitação, permanecendo aproximadamente constante. O sistema com agitação apresentou comportamento contrário, com aumento na produção até a quarta semana, reduzindo bruscamente na quinta semana (Figura 3).

**Figura 3** - Volume de biogás produzido em sistema de manejo com e sem agitação.



Fonte: Autores (2020).

Considerando todo período analisado, o sistema de manejo sem agitação proporcionou a geração de 21476,34 cm<sup>3</sup> de biogás, enquanto que com agitação o valor acumulado foi de 17123, 63 cm<sup>3</sup>.

Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2005) avaliando a biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem agitação. Os autores observaram que o manejo sem agitação proporcionou maior produção de biogás quando comparado com o sistema sem agitação.

Outros autores, como Ortolani et al. (1991) também fizeram referência ao efeito negativo da agitação em excesso nos dejetos. Assim, o efeito negativo pode ser atribuído também ao excesso de agitação, o que exige mais estudos para definir o tempo adequado de funcionamento.

Lanari & Franci (1998) com sistema de medição contínuo para tempos de retenção entre 22 e 38 dias, temperatura de 24 °C, observaram uma relação de produção de biogás entre 4980 e 8470 cm<sup>3</sup> por litro de dejetos carregado no biodigestor, valor muito superior ao obtido nesse trabalho.

Em outro trabalho com biodigestão de dejetos de peixe, Kafle & Kim (2012), encontraram um valor médio de 19,23 cm<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> por litro de dejetos, para um tempo de retenção de 60 dias e temperatura de 36 °C. Ainda que o tempo de retenção tenha sido quase o dobro, este valor é mais condizente com o encontrado nesse trabalho. Por outro lado, Salam et al.

(2009), obtiveram uma produtividade de apenas 5 cm<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> por litro de dejetos de peixe, para um tempo de retenção de 15 dias. O que demonstra haver uma grande variação nos valores de produtividade de biogás com dejetos de peixe, em função do tempo de retenção, espécie e temperatura.

A produção de biogás apresentou uma relação com as temperaturas médias semanais medidas dentro dos biodigestores. As maiores produções de biogás no biodigestor IV foram observadas durante as semanas 1 e 5, na qual a temperatura média foi de 30,65 e 33,50 °C, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3** - Temperatura média semanal interna no biodigestor.

Biodigestor	III Com agitação (°C)			IV Sem agitação (°C)		
	TMáxI <sup>1</sup>	TMínI <sup>2</sup>	TM <sup>3</sup>	TMáxI <sup>1</sup>	TMínI <sup>2</sup>	TM <sup>3</sup>
1	36,70	24,80	30,75	36,50	24,80	30,65
2	33,50	25,90	29,70	33,70	25,50	29,60
3	30,30	24,90	27,60	30,80	24,20	27,50
4	36,90	25,70	31,30	37,00	25,10	31,05
5	37,00	26,90	31,95	39,10	27,90	33,50

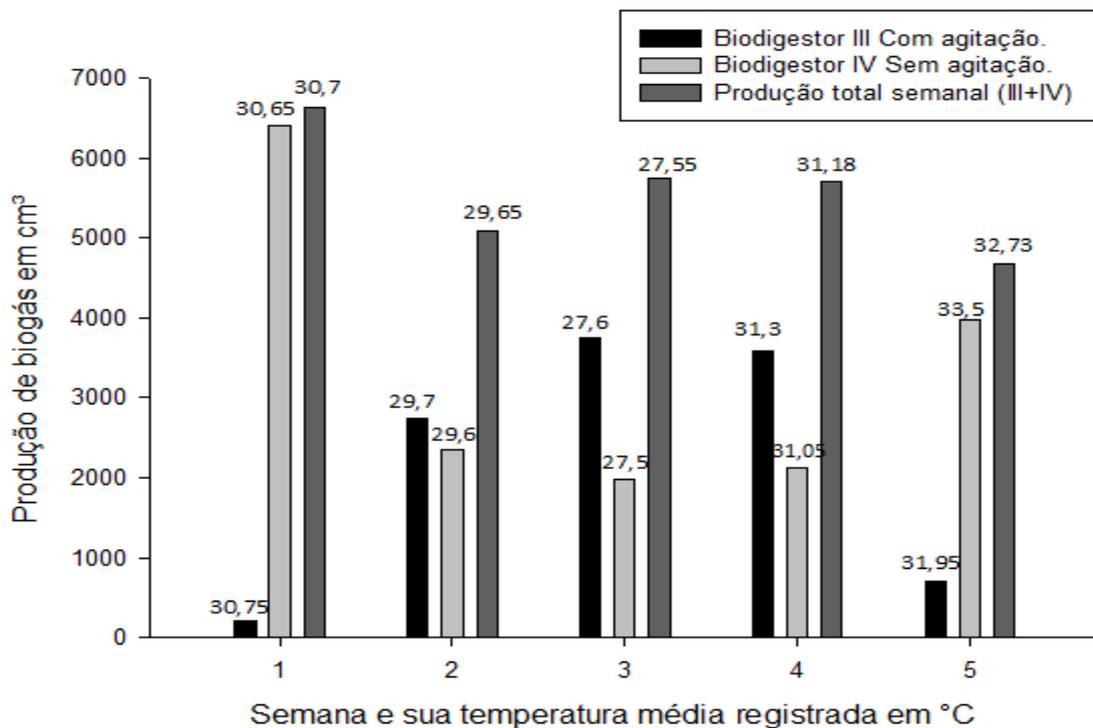
<sup>(1)</sup>Temperatura Máxima Interna; <sup>(2)</sup>Temperatura Mínima Interna; <sup>(3)</sup>Temperatura Média.  
Fonte: Autores (2020).

A menor temperatura média registrada foi de 27,5 °C, no biodigestor IV. Consequentemente, culminou com a menor produção semanal de biogás registrada nesse biodigestor. Massé et al. (2001) observaram o efeito da temperatura sobre a concentração de metano no biogás produzido, sendo que a 20 °C para 30 °C, a concentração aumentou quase 5%.

A partir da relação da produção média semanal nos biodigestores com a temperatura média semanal (Figura 4), é possível observar que a maior produção foi obtida na semana 1, com a temperatura média de 30,7 °C.

Miranda et al. (2006) trabalhando com diferentes temperaturas na biodigestão, observaram melhor produção na temperatura de 35 °C (faixa mesofílica), que é a faixa de temperatura considerada ótima para produção de biogás, entre 20 e 35 °C (Utech et al., 2017). Da mesma forma para os dejetos de tilápia, observou-se que quanto mais próximo da temperatura ótima proposta por esses autores, ocorreu maior produção de biogás.

**Figura 4** - Produção de biogás em relação à temperatura média semanal.



Fonte: Autores (2020).

A quinta semana apresentou menor produção total, mesmo com temperatura média de 32,73 °C. Nesse caso, segundo Orrico (2009), a baixa produção pode ser atribuída a redução do potencial de biodigestão do dejetos, devido ao tempo de permanência no biodigestor.

O ciclo da produção nos biodigestores III e IV (Figura 4) se comportou de maneira diferente. Pois, enquanto no biodigestor III a produção foi crescente da primeira para a terceira semana, no biodigestor IV o comportamento foi inverso. Comportamento semelhante foi observado por Souza & Campos (2007) trabalhando com dejetos suíno. Esses autores observaram 50% da capacidade total de produção do biogás com um tempo de retenção de 15 dias, o que aconteceu com o biodigestor IV. Já no biodigestor III os primeiros 15 dias a produção foi de apenas 27%. A queda de temperatura na terceira semana também pode ter influenciado.

Kafle & Kim (2012) para o tempo de retenção de 60 dias, observaram um ciclo de produção com uma variação muito grande durante esse período, com produtividade variando entre 1,3 e 45 cm<sup>3</sup> por litro de dejetos por dia, com picos ocorrendo no primeiro, aos 16 e aos 41 dias. Uma vez que a temperatura foi mantida constante em 36 °C, esses autores atribuíram a variação as diferentes fases de decomposição do material. Nesse trabalho foi verificado que 70% da produção de biogás ocorreu nos últimos 30 dias.

Opurum et al. (2017) trabalhando com biodigestão de dejetos de peixe, observaram que a variação na produção de biogás esteve associada a variação de pH dentro do biodigestor, fator não monitorado neste trabalho. A elevação de pH promoveu aumento na produção de biogás. Isso ocorre pelo fato de valores baixos de pH inibirem as bactérias metanogênicas e a metanogênese (Nnabuchi et al., 2012).

#### **4. Considerações Finais**

O volume de dejetos decantados do sistema de criação intensiva de peixes com recirculação é baixo, portanto, o processo de separação da água residuária do dejetos deve ser muito bem conduzido para disponibilizar o maior volume possível para a biodigestão.

A biodigestão de dejetos de tilápia em sistema intensivo com recirculação se mostrou viável, com produtividade equivalente e até superior a outros trabalhos realizados com dejetos de outras espécies de peixes.

A biodigestão se mostrou como uma alternativa para o tratamento do efluente gerado na criação de tilápia em sistema aquapônico.

A temperatura do biodigestor e o tempo de retenção influenciaram diretamente na produção de biogás com dejetos de tilápia.

Tendo em vista a variação de produtividade observada, recomenda-se para estudos futuros a utilização de um maior número de repetições (biodigestores com e sem agitação), bem como aumentar o tempo de retenção e, realizar o monitoramento do pH nos biodigestores.

#### **Referências**

Alvarado, C. E. G. (2003). Sobrevivência e aspectos econômicos do treinamento alimentar de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) em laboratório. f. 66. Jaboticabal, São Paulo: USP.

Arthur, R., Baidoo, M. F., & Antwi, E. (2011). Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study. *Renewable Energy*, 36(5), 1510-1516. doi: 10.1016/j.renene.2010.11.012

Banerjee, A., Tierney, M. J., & Thorpe, R. N. (2012). Thermo economics, cost benefit analysis, and a novel way of dealing with revenue generating dissipative units applied to candidate decentralised energy systems for Indian rural villages. *Energy*, 43(1), 477-488. doi: 10.1016/j.energy.2012.03.002

Bastian, R. E. P. A. (1991). Prefers effluents to be recycled. *Water farming J.*, 28(1), 7-10. doi: 10.1016/b978-0-7506-1015-5.50023-5

Coldebella, A., Souza, S. N. M. D., & Souza, J. D. (2006). Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. Proceeding of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural.

Coelho, A. A. D. C., Bezerra, J. H. C., Silva, J. W. A. D., Moreira, R. T., Albuquerque, L. F. G. D., & Farias, W. R. L. (2014). Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do Nilo cultivados em um sistema de recirculação de água com a microalga *Spirulina platensis*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(1), 149-159. doi: 10.1590/S1519-99402014000100024

Farias, R. M. D., Orrico Junior, M. A. P., Orrico, A. C. A., Garcia, R. G., Centurion, S. R., & Fernandes, A. R. M. (2012). Biodigestão anaeróbia de dejetos de poedeiras coletados após diferentes períodos de acúmulo. *Ciência Rural*, 42(6), 1089-1094. doi: 10.1590/s0103-84782012005000031

Ghate, S. R., Burtle, G. J., Vellidis, G., & Newton, G. L. (1997). Effectiveness of grass strips to filter catfish (*Ictalurus punctatus*) pond effluent. *Aquacultural Engineering*, 16(3), 149-159. doi: 10.1016/S0144-8609(96)01020-5

Kafle, G. K., & Kim, S. H. (2012). Evaluation of the biogas productivity potential of fish waste: a lab scale batch study. *Journal of Biosystems Engineering*, 37(5), 302-313. doi: 10.5307/JBE.2012.37.5.302

Lanari, D., & Franci, C. (1998). Biogas production from solid wastes removed from fish farm effluents. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 289-295. doi: 10.1016/S0990-7440(98)80014-4

Ministério da Pesca e Aquicultura. Coleta dos dados da produção de pesca e aquicultura relativo ao exercício de 2013. Brasília. Distrito Federal. 2014.

Miranda, A. P., Amaral, L. A., Lucas Junior, J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2006, São José dos Campos. Anais do Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. São José dos Campos: UNIVAP, 2006. 2928-2931.

Massé, D. I., & Masse, L. (2001). The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors. *Bioresource technology*, 76(2), 91-98. doi: 10.1016/S0960-8524(00)00105-X

Nnabuchi, M. N., Akubuko, F. O., Augustine, C., & Ugwu, G. Z. (2012). Assessment of the effect of co-digestion of chicken dropping and cow dung on biogas generation. *Global Journal of Science Frontier Research*, 12(7), 21-26.

Opurum, C. C., Nweke, C. O., Nwanyanwu, C. E., & Orji, J. C. (2017). Biogas Production from Fish Pond Effluent Supplemented with Cow Blood Meal in a Batch Anaerobic Digester System. *Futo Journal Series*, 3(1), 166-175. doi: 10.13140/RG.2.2.32425.90722

Orrico Júnior, M. A., Orrico, A. C., & Lucas Júnior, J. D. (2009). Potencial de produção de biogás remanescente nos efluentes de biodigestores abastecidos com dejetos de suínos, com e sem separação da fração sólida, e conduzidos sob diferentes tempos de retenção hidráulica. *Engenharia Agrícola*, 29(4), 679-686. doi: 10.1590/s0100-69162009000400018

Ortolani, A. F., Benincasa, M., & Lucas Júnior., J. Biodigestores rurais modelos indiano, chinês e batelada. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 35p. (Boletim Técnico).

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica. [e-book]*. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. de. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*, 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. Recuperado de <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 02 junho 2020.

Rakocy, J., Shultz, R. C., Bailey, D. S., & Thoman, E. S. (2003). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In *South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC*, 648(1), 63-69.

Salam, B., Islam, M., & Rahman, M. T. (2009). Biogas from anaerobic digestion of fish waste. *Proceeding soft e International Conference on Mechanical Engineering*, 26(1), 1-3.

Souza, C. F., Campos, J. A. (2007). Avaliação do tempo de retenção hidráulica, agitação e temperatura em biodigestores operando com dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1), 1742-1745.

Souza, C. F., Lucas Júnior, J. D., & Ferreira, W. P. (2005). Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. *Engenharia Agrícola*, 25(2), 530-539. doi: 10.1590/S0100-69162005000200027

Utech, C., Feiden, A., Zschornack, A. F., Grunevald, D. G., Tavares, S. G., Soares, C. M. T. (2017). Avaliação de variações térmicas em biodigestor modelo Bioköhler no período de transição outono – inverno. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 6(2), 208-227. doi: 10.5380/rber.v6i2.46898

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Rodrigo Aparecido Jordan – 20%

Victor Pelisson Martins – 20%

Alexsandro Claudio dos Santos Almeida – 10%

Fabício Correia de Oliveira – 10%

Wellyton Darci Quequeto – 10%

Valdiney Cambuy Siqueira – 10%

Elton Aparecido Siqueira Martins – 10%

Rodrigo Couto Santos – 10%