

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM VIVEIROS ESCAVADOS
PARA A AQUICULTURA COM DIFERENTES TEMPOS DE
USO**

ANA CAROLINE SOUSA CAMPOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM VIVEIROS ESCAVADOS PARA A AQUICULTURA COM DIFERENTES TEMPOS DE USO

ANA CAROLINE SOUSA CAMPOS

Orientador: Prof. Dr. Leonidas Pena de Alencar

-

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências para conclusão do curso de
Engenharia de Aquicultura.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C198i Campos, Ana Caroline Sousa
INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM VIVEIROS ESCAVADOS PARA A
AQUICULTURA COM DIFERENTES TEMPOS DE USO / Ana Caroline
Sousa Campos -- Dourados: UFGD, 2018.
25f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Leonidas Pena de Alencar

TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da
Grande Dourados

Inclui bibliografia

1. Idades de viveiros. 2. perda de água. 3. recursos hídricos. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

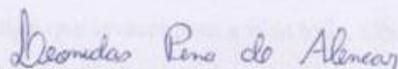
INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM VIVEIROS ESCAVADOS PARA A AQUICULTURA COM DIFERENTES TEMPOS DE USO

Por

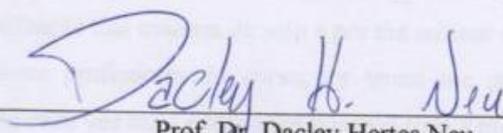
Ana Caroline Sousa Campos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO DE AQUICULTURA

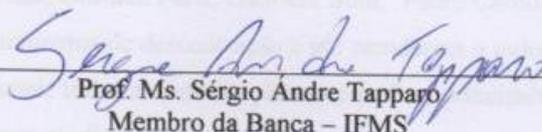
Aprovado em: 29 de novembro de 2018.



Prof. Dr. Leônidas Pena de Alencar
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Dacley Hertes Neu
Membro da Banca – UFGD/FCA



Prof. Ms. Sérgio André Tapparo
Membro da Banca – IFMS

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre estar próximo de mim em todos os momentos de minha caminhada, guiando-me, protegendo-me, abençoando-me e dando-me a força necessária para sempre persistir.

À Instituição Universidade Federal da Grande Dourados, por tornar-me possível a realização do sonho de ser Engenheira de Aquicultura em uma Universidade Federal, disponibilizando-me bons professores, um ensino de qualidade e a estrutura necessária para que tudo se tornasse possível.

Ao Numiac, por ter me proporcionado uma maior segurança e um apoio no período de execução do presente trabalho.

Ao CNPq, pelas bolsas concedidas.

Ao Prof. Dr. Leônidas Pena de Alencar, meu orientador ou, melhor dizendo, um anjo da guarda por confiar em mim, acreditar em minha capacidade e pela oportunidade de realizar este trabalho. Agradeço-o, também, pelas palavras de apoio, paciência, incentivo e pelos ensinamentos que me proporcionaram momentos de paz e tranquilidade, dos quais sempre irei lembrar.

À Profa. Dra. Cleonice Cristina Hilbig, minha eterna orientadora, por me apoiar e orientar-me com muita paciência, humildade e gentileza desde o início da minha graduação, tornando-se uma grande amiga que levarei para a vida toda. Obrigada por me ajudar e estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei durante esse período, me tranquilizando e dando forças para que eu pudesse continuar neste caminho.

À Profa. Dra. Carla Eloize Carducci, por disponibilizar o laboratório de física dos solos para a realização das análises de solo e por me ensinar e ajudar na execução.

Aos meus professores do curso, por terem me proporcionado a oportunidade de aprender sempre cada vez mais e tornarem possível toda a minha formação até aqui.

À todos amigos e colegas do curso, Amanda Held, Agnes Marques, Igor Oliveira, Fabrício Carneiro, Lucas Siqueira, Leandro Freitas, Natiele Inácio, Yasmim Casadias, Tiago Pael, Paulo Vitor, Gustavo Ferri, Gabriela Bom, Pedro Carollo e Wesley Barbieri pela amizade, carinho, momentos de descontração e por atenderem a todos os favores que requeri, toda ajuda que solicitei, todas as informações que pedi e, principalmente, por terem aturado tudo isso. Obrigada por me fazerem sorrir.

Ao Adejair Ribeiro e sua família, Ariana Benites e Felicita Benites por me permitirem estagiar em suas empresas e terem paciência, dedicação em me proporcionar aprendizados e por permitirem intervalos para a execução deste trabalho.

Ao meu namorado, Lucas Rocha, por sempre me apoiar, ajudar e ter paciência por todo esse período, me proporcionando o suporte e a força necessários para a execução de todos os meus trabalhos acadêmicos.

Aos meus sogros Adriana Rocha e Marcos Antônio, a vó Anita e vó Albino e todos os tios e primos que me acolheram como um membro da família e me deram suporte, amor e uma estrutura familiar aqui em Dourados. Serei eternamente grata a todos vocês.

Aos meus avós Ana Gonçalves, Irodia Maria e Abel Gouveia e tios Leda Pereira, Laureano Pereira e Marilza Larose, por sempre me incentivarem e me darem suporte necessário para poder realizar meus estudos.

À minha mãe Leide Sousa e minha irmã Isabela Campos, por sempre me darem suporte, apoio e os cuidados que ajudaram na execução do TCC.

Ao meu pai Dalmo Campos, por tornar-me possível a realização deste trabalho em sua propriedade, financiando todo o projeto e ajudando a executá-lo. Agradeço, também, por proporcionar a realização do meu sonho em ser engenheira aquícola.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Água na produção aquícola brasileira.....	3
2.2 Infiltração da água no solo.....	5
2.3 Características do solo	5
2.4. Fatores que afetam a demanda de água na piscicultura	6
2.5. Fatores de cultivo.....	6
2.6. Fatores hidromecânicos	7
2.7. Construção de viveiros.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Local e Data	12
3.3. Preparo dos ensaios e medição da infiltração	12
3.3. Análise de Solo	16
3.4. Análises Estatísticas.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Taxa de infiltração e evaporação	17
4.2 Análise de solo.....	19
5. CONCLUSÃO.....	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

CAMPOS, Ana Caroline Sousa. **Infiltração da água em viveiros escavados para a aquicultura com diferentes tempos de uso**. 2018. 25p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a perda de água, por infiltração no solo, em viveiros escavados, com diferentes tempos de uso em uma piscicultura no Estado de Goiás. Para a realização do experimento, foram usados 3 viveiros antigos e 3 viveiros novos que foram enumerados de 1 a 6. Foram colocadas fitas métricas espalhadas no interior dos viveiros, para a medição da infiltração. As medições foram feitas em 3 intervalos do dia (8 às 11h, 11 às 14h e 14 às 17h), por um período de 3 dias, até obterem o valor da taxa de infiltração estável. Com relação a medição da evaporação, foi instalada uma caixa d'água ao lado dos viveiros com uma régua e teve as medições nos mesmos horários que a infiltração. e para análise de solo foi coletada 3 amostras no fundo dos viveiros recém construídos e feita análise granulométrica no laboratório de Física dos Solos (UFGD). Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey. De acordo com os resultados, pode-se observar que nos viveiros mais antigos (1, 2 e 3) a taxa de infiltração da água foi menor, devido a presença de matéria orgânica que promove um selamento dos poros, diminuindo a infiltração. Nestes viveiros, a taxa de infiltração variou de 2,93 a 6,22 mm h⁻¹, o que leva a perdas de 70,32 a 149,2 mm dia⁻¹; sendo estes valores elevados em relação aos valores de referências internacionais. Nos viveiros recém construídos (4, 5 e 6) a taxa de infiltração média variou de 9,52 a 37,45 mm h⁻¹, o que leva a perdas de 228 a 898 mm dia⁻¹. Dependendo da área do viveiro, o consumo de água se faz elevado, tornando a atividade juntamente com a agricultura um dos grandes consumidores de água no planeta.

Palavras-chave: Idades de viveiros; perda de água; recursos hídricos;

ABSTRACT

The following paper work aimed on evaluation of the water loss by soil infiltration in excavated (ponds), with different time of usage in a pisciculture in the State of Goiás. To carry out the experiment, 3 old ponds and 3 new ones were used, which were numbered from 1 to 6. Metrical tapes were disposed inside the ponds to measure the infiltration. The measurements were made in 3 periods of the day (from 8 a.m. to 11 a.m., from 11 a.m. to 2 p.m. and from 14 p.m. to 17 p.m.) for a period of 3 days, until they've obtained the stable value of the infiltration rate. In respect to the evaporation measurement, a water box with a ruler was installed on the side of the ponds which was measured at the same time as the measurements of the infiltration. For the soil analysis 3 samples were collected from the bottom of the newly built ponds and a granulatory analysis was made on the Physics of Soils laboratory (UFGD). The results were submitted to analysis of variance and Turkey's test. According to the results, it is possible to observe that on the older ponds (1, 2 and 3) the infiltration rate was lower, due to the presence of organic matter which promotes a sealing of the pores, decreasing the infiltration. In those ponds, the infiltration rate ranged from 2,93 to 6,22 mm h⁻¹, which leads to losses from 70,32 to 149,2 mm day⁻¹; being those values higher compared with the international reference values. On the ponds recently built (4, 5 and 6) the average infiltration rate ranged from 9,52 to 37,45 mm h⁻¹; which leads to losses from 228 to 898 mm day⁻¹. Depending on the pond area, the consumption of water is high, making this activity together with agriculture one of the big water consumers on the planet.

Keywords: pond age; loss of water; hydric resources.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se definir a aquicultura como a produção de organismos, que têm, pelo menos, uma fase da vida na água. São utilizados como locais para as atividades aquícolas: lagos, rios, viveiros ou o mar, se destacando alguns animais dessa prática, como: peixes, moluscos, crustáceos, anfíbios e répteis.

Para Siqueira (2017), a aquicultura vem desempenhando e representando um papel econômico e social de grande relevância, uma vez que, através da produção de peixes em viveiros, podemos obter o aumento da produção de alimentos e, por conseguinte, a geração de empregos e renda.

A criação de animais aquáticos é o maior ramo do agronegócio no planeta atualmente, movimentando 144,4 bilhões de dólares por ano (Martinez-Porchas & Martinez-Cordova, 2012; FAO, 2014). Esta importância tende a se intensificar devido à demanda, que será criada com o aumento populacional mundial, aumento de renda, urbanização e acesso a uma dieta diversificada (FAO, 2014).

A produção atual brasileira ainda não reflete esse potencial. Em 2014, o Brasil foi apenas o 13º maior produtor mundial de pescado oriundo da aquicultura, com uma produção de pouco mais de meio milhão de toneladas (FAO, 2016). A atratividade da atividade econômica tem estimulado a abertura de novas áreas de produção, e isto, por sua vez, causa pressão sobre corpos hídricos locais, pois é a partir deles que o principal insumo da aquicultura – a água – é captado para viabilizar a produção. De fato, a aquicultura é uma atividade de uso intensivo de água, consumindo mais, por unidade de área, do que a agricultura irrigada (Boyd & Gross, 2000).

Neste sentido, esta prática, por utilizar recursos naturais, necessita de medidas de proteção ambiental e de sustentabilidade referentes ao uso da água, solo e energia, de tal forma que promova um desenvolvimento social de maneira lucrativa e ambientalmente correta (Oliveira al., 2009).

A água é um recurso natural renovável essencial para o uso humano e animal, porém possui reservas limitadas e tem sido utilizada de forma imprópria, tornando-se necessárias medidas de preservação e economia deste recurso (Tiago & Gianesella, 2003).

Segundo Siqueira (2017), a elaboração de técnicas inéditas e o maior monitoramento do ambiente aquático trouxeram ganhos na produtividade e qualidade no desenvolvimento da aquicultura, podendo ser praticado em pequenas áreas. É importante atentar-se para o fato de que para que ocorra a construção de um projeto aquícola, este deve passar por algumas etapas

de estudos: avaliação da quantidade, qualidade e demanda dos recursos hídricos, características dos solos, dimensionamento das estruturas dos viveiros, da estrutura hidráulica do projeto e, por fim, elaboração de estratégias de boas práticas de manejo e de desenvolvimento sustentável (Kubitza & Ono, 2002).

Nesse contexto, podemos destacar a perda de água devido à infiltração desta no solo em viveiros escavados. A infiltração é a passagem da água através da superfície do solo, movimentando-se para as camadas mais profundas. Brandão et al. (2006) enfatiza a importância do conhecimento do processo de infiltração para o manejo e conservação do solo e da água, fornecendo subsídios, não somente para o dimensionamento de estruturas de controle de erosão e de inundação, mas também, para a definição de práticas de uso e manejo do solo que sejam capazes de diminuir a erosão até níveis toleráveis.

Em viveiros escavados ocorrem perdas de água por evaporação e em destaque por infiltração no solo, sendo que estas perdas variam conforme a eficiência dos processos de compactação, do material do local de construção do viveiro, do tipo do solo e do selamento dos poros do solo do fundo do viveiro (Silva, 2009).

Desse modo, é necessário determinar a extensão destas perdas de maneira que seja possível dimensionar a vazão adequada a ser captada, contínua ou intermitentemente e a solicitação da outorga de uso da água, para que se possa manter o volume de água das unidades de produção nos níveis desejados (Sánchez-Ortiz, 2015).

Devido à perda de água pela infiltração, torna-se de grande importância uma compactação e impermeabilização apropriadas no solo dos viveiros escavados, com vista a minimizar a perda de água, o que diminuirá o impacto na qualidade da água subterrânea por dejetos dos animais e resíduos, além da estrutura física dos viveiros, melhorando a economia dos recursos hídricos (Silva, 2009).

Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a perda de água por infiltração no solo em viveiros escavados com diferentes tempos de uso, localizados em uma piscicultura no Estado de Goiás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água na produção aquícola brasileira

A água é um dos recursos naturais mais abundante no planeta e disponível em diferentes locais e quantidades. A maior parte é composta por água salgada e apenas 2% do volume de água no mundo é água doce, porém mais de 90% de seu volume está armazenado em reservatórios subterrâneos ou congelado nas regiões polares. Esse recurso possui uma função essencial no ambiente e na vida humana, tornando-se, assim, insubstituível e fundamental para a manutenção da vida dos seres vivos (Donadio, 2005).

Segundo Tundisi (1999), modificações na qualidade, quantidade e distribuição dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e das demais espécies do planeta, sendo que o desenvolvimento social e econômico dos países também depende da disponibilidade desses recursos, tornando-se essencial o uso sustentável da água para impulsionar o desenvolvimento socioeconômico e cultural das nações. Conforme a Lei n. 9.433 de 1997, conhecida como a Lei das Águas, a água é um recurso natural limitado, um bem público e dotado de valor econômico, sendo a cobrança pelo uso desta um estímulo para o uso racional e uma forma de originar receitas para preservar e recuperar bacias hidrográficas que possam assegurar a disponibilidade de água para as gerações futuras (ANA, 2008).

O Brasil possui uma grande disponibilidade de água em seu território, com diferentes níveis de distribuição. O país possui cerca de 12% de toda a água doce do planeta, compreendendo ao todo 200 mil microbacias espalhadas em 12 regiões hidrográficas. É um enorme potencial hídrico, capaz de prover um volume de água, por pessoa, 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) – de 1.700 m³/s por habitante, por ano (ANA, 2008).

Nesse sentido, o país possui um grande potencial para a produção aquícola, pois possui 8.400 km de costa marítima e 5.500.000 hectares de reservatórios de água doce, com clima tropical, áreas disponíveis e relativamente baratas, mão-de-obra numerosa e crescente demanda por pescados no mercado interno (ANA, 2008).

Segundo Carballo (2008), a disponibilidade de água de boa qualidade é essencial para todos os sistemas aquícolas, mas para os viveiros escavados possui uma importância maior, visto que é necessário que ocorra um abastecimento constante de água não somente para encher o viveiro, mas também, para se recuperarem das perdas causadas pela infiltração e pela evaporação, que pode ser verificado na Figura 1. Portanto, a disponibilidade de água é um fator

importante a ser considerado, pois mantém o sistema em funcionamento com volume hídrico adequado. Nesse sentido, podemos considerar durante o ano algumas fontes de água para o sistema de produção e suas desvantagens, como mostra no Quadro 1.

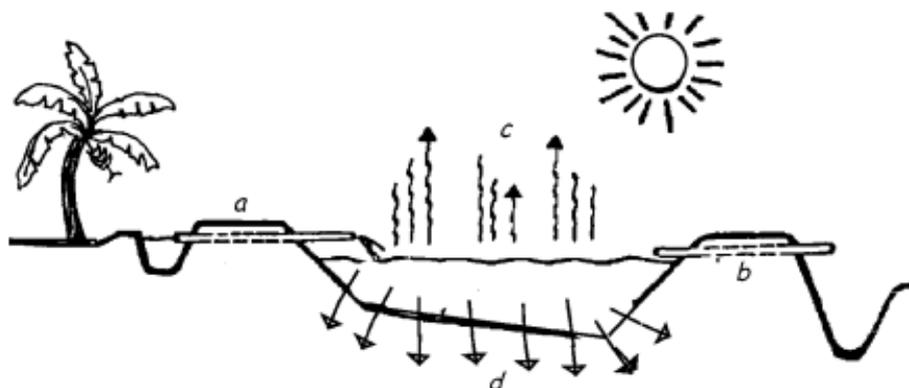


FIGURA 1. Abastecimento e perdas de água num tanque de peixes (Viveen, 1985). a: abastecimento; b: escoamento/descarga; c: evaporação; d: infiltração/percolação)

QUADRO 1. Fontes de água e os seus inconvenientes principais

Fonte de água	Inconveniente principal
Precipitação - Os tanques 'sky' dependem apenas da chuva para abastecimento de água.	Dependência - O abastecimento depende em grande medida da quantidade de chuva e das flutuações sazonais.
Vazão/escoamento - Podem-se encher os tanques quando a água proveniente da terra ao redor corre para eles.	Turvação alta - A turvação é a quantidade de iodo que se encontra na água. No caso de vazão a água pode ficar lamacenta. Perigo de inundação e de pesticidas ou outros poluentes na água.
Águas naturais - A água de correntes naturais ribeiros, regatos, arroios, rios ou lagos pode ser desviada para o tanque.	Contaminações - Animais, plantas e organismos em decomposição podem causar doenças. Perigo de pesticidas ou outros poluentes na água.
Fontes ou nascentes - A água de uma nascente é uma água subterrânea que encontrou uma maneira de aflorar á superfície. A água de nascentes é boa para os tanques aquícolas, visto que normalmente se encontra limpa.	Baixo nível de oxigênio e temperatura baixa.
Poços - Poços são lugares onde se bombeiam a água subterrânea.	Baixo nível de oxigênio e temperatura baixa.

Fonte: (Carballo,2008)

As fontes de água para o abastecimento dos viveiros são bastante diversificadas, como visto no Quadro 1. Entretanto, ao planejar um sistema aquícola é importante determinar a principal fonte que será usada para, então, posteriormente analisar se será viável ou não para atender as necessidades hídricas dos viveiros durante todo o ciclo, além de avaliar a qualidade para os organismos cultivados, atentando-se para o fato de que a aquicultura interfere na

qualidade da água do local de produção e na qualidade do consumo das demais regiões. Assim sendo, são necessárias medidas para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos ao serem devolvidos para os mananciais naturais.

2.2 Infiltração da água no solo

A infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. O conhecimento deste processo é de fundamental importância por ser um dos principais determinantes do escoamento superficial, que é responsável por processos indesejáveis, como a erosão hídrica e as inundações. A infiltração determina, também, o balanço de água na zona radicular, que é responsável por elevadas perdas de água em tanques escavados na piscicultura e, por isso, o conhecimento da sua relação com as propriedades do solo é importante para o eficiente manejo do solo e da água nos sistemas agrícolas (Brandão, 2003).

Geralmente o processo da infiltração da água no solo se inicia com uma elevada taxa de infiltração para solos secos e, com o tempo, diminui gradualmente até atingir um valor mínimo e constante, que é denominado velocidade de infiltração básica (VIB) ou taxa de infiltração estável (Sobrinho, 2003).

O movimento da água no solo é controlado por diferentes forças atuantes nos sistemas: gravitacional e capilar, de acordo com o tamanho do poro (Silva, 2009). Muitos são os fatores que interferem na infiltração da água, dentre os quais se destacam aqueles relacionados com as características do solo e da cobertura vegetal (Brandão et al., 2002).

2.3 Características do solo

O solo caracteriza o conjunto de partículas sólidas e de espaços ou poros (ocupados com ar e água). Estas partículas sólidas variam o tamanho, formato, granulometria, composição mineral, entre outros (Silva, 2009). Para a construção de viveiros deve-se fazer uma avaliação dos locais e averiguar a compatibilidade dos solos para sistemas aquícolas, com solos que dispõem de lençol freático profundo, pouca vulnerabilidade a erosão interna, rachaduras e infiltração (Kubitza & Ono, 2002).

A textura e a estrutura são as características que mais influenciam a movimentação da água no solo, uma vez que determinam a quantidade de macroporos, que é um fator

determinante da condutividade hidráulica. Também interferem expressivamente na infiltração, na distribuição, na forma e na continuidade desses poros (Brandão, 2003).

Solos de textura grossa (arenosos) possuem maior quantidade de macroporos do que solos de textura fina (argilosos) e conseqüentemente apresentam, quando saturados, maiores valores de condutividade hidráulica e taxa de infiltração. Por outro lado, solos argilosos com uma estrutura estável podem apresentar taxas de infiltração tão altas quanto as dos solos arenosos, quando submetidos a um agente desagregador (Brandão et al., 2002).

2.4. Fatores que afetam a demanda de água na piscicultura

Pelo fato da aquicultura ser uma atividade que resulta em retiradas de volume de água de corpos hídricos, a mesma está sujeita a dispositivos legais que regulamentam a atividade. Esta é uma situação percebida em diferentes países e visa atenuar o impacto da aquicultura sobre corpos hídricos locais (Boyd et al., 2007). No Brasil, a Agência Nacional de Águas – ANA, é o órgão responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei nº 9.433/97 e, entre outras atribuições, é responsável por regulamentar o uso da água para diferentes atividades (agricultura, mineração, aquicultura, etc) (Ituassu & Spera, 2018).

Em uma criação de peixes, a necessidade por água pode ser influenciada por fatores de cultivo em si e fatores relacionados à construção dos viveiros, ou seja, fatores hidromecânicos. Os fatores de cultivo dizem respeito ao sistema de cultivo empregado e o regime de despesca dos viveiros. Os fatores hidromecânicos se referem às perdas de água por infiltração e por evaporação (Coche & Van der wal, 1981; Rezende & Bergamin, 2013), além das entradas de água por precipitação e por escoamento superficial (Sánchez-Ortiz, 2015).

2.5. Fatores de cultivo

Sistemas de cultivo que empregam altas densidades de estocagem elevam a carga de matéria orgânica nos viveiros, prejudicando as variáveis de qualidade de água como um todo. A prevenção ou resolução dos problemas, decorrentes da deterioração da qualidade da água, passa pelo uso de aeradores mecânicos, conforme indicado por Izel et al., (2013), ou pelo aumento das taxas de renovação de água dos viveiros (Oliveira, 2000b; Lima, 2013; Rezende; Bergamin, 2013). O aumento da renovação da água de viveiros, entretanto, eleva a quantidade de água a ser captada pelo empreendimento e, se mal dimensionada, pode demandar uma vazão

de captação superior àquela outorgada pela Agência Nacional de Águas – ANA ou pelo órgão estadual licenciador, o que pode resultar em suspensão e revogação da outorga.

Para facilitar a despesca nos viveiros, é muito comum que o piscicultor faça a drenagem total dos viveiros, para depois enchê-los novamente para a criação de um novo lote de peixes. Em empreendimentos de pequeno porte, este incremento na captação de água pode nem ser suficiente para atingir o limite de captação, considerado insignificante pelo órgão ambiental. Porém, em função do porte e se o empreendimento operar em fases, isto é, se produz pescado ao longo do ano, esta prática pode contribuir para o aumento da demanda hídrica da atividade. Importante frisar que o esvaziamento por completo de viveiros pode resultar em significativa deterioração da qualidade da água do corpo hídrico receptor, em virtude da alta carga orgânica presente nos viveiros (Ituassu & Spera, 2018).

2.6. Fatores hidromecânicos

Em todo o projeto de construção de viveiros, o volume inicial é definido como a quantidade de água necessária para enchê-los até as profundidades previstas. Entretanto, em todo viveiro ocorrem perdas de água em função da infiltração e da evaporação. Estas perdas variam conforme o tipo do solo, material do local de construção do viveiro, com a eficiência dos processos de compactação e selamento dos poros do solo do fundo do viveiro (Silva, 2009), bem como as características meteorológicas da região onde se pretende instalar uma piscicultura. Nesse sentido, para obter um controle maior durante a construção de um viveiro, o material usado na compactação deve ser isento de impurezas, tais como pedras, elementos orgânicos e outros que possam provocar infiltrações nos viveiros (Mardini, 2000).

Desta maneira, é essencial determinar a extensão destas perdas de água de forma que seja possível dimensionar a adequada vazão a ser captada, contínua ou intermitentemente, para que se possa manter o volume de água das unidades de produção nos níveis desejados (Sánchez-Ortiz, 2015).

Segundo Silva (2009), a compactação do fundo do viveiro é de grande importância, uma vez que se relaciona diretamente com o volume de água disponível, pois influencia na taxa de infiltração e também com a estrutura física do viveiro. Neste sentido, quanto maior for a compactação, menores serão os riscos de haver perda de água por infiltração e comprometimento da parte estrutural do viveiro.

Uma alternativa para o controle da perda de água por infiltração é o estudo de controle de permeabilidade do solo nos taludes e no fundo dos viveiros, pois o volume de água perdido

nos viveiros aquícolas deve ser considerado. Porém, um fator que é presente na aquicultura em pequenas propriedades é a construção de viveiros sem a impermeabilização adequada, ocasionando uma grande perda de água por infiltração (Ituassu & Spera, 2018).

Após a construção de viveiros, nos primeiros anos, há considerável perda de água por infiltração. Normalmente com o passar do tempo, à medida que o peso da água desfaz a estrutura do solo e os poros são vedados pela matéria orgânica produzida no viveiro, a taxa de infiltração diminui até uma taxa constante, cujo valor é dependente do tipo de solo (Silva, 2009; Rezende & Bergamin, 2013).

Segundo Silva (2009), citado por Ituassu & Spera (2018), é possível reduzir a taxa de infiltração em viveiros com a aplicação de doses elevadas (25 a 50 ton.ha⁻¹) de esterco animal. Segundo o autor, a matéria orgânica penetraria nos espaços porosos do solo, formando um filme orgânico que o selaria, minimizando a infiltração nesses locais.

Com relação à evaporação em regiões tropicais, onde há alta incidência de radiação solar e alta temperatura do ar, a evaporação tende a ser maior que em regiões temperadas. Logo, em países como Brasil, onde a maior parte do território está em latitudes tropicais e equatoriais, a evaporação tem expressiva influência sobre a quantidade de água necessária a um empreendimento de piscicultura (Ituassu & Spera, 2018)

Na tabela 1, Ituassu & Spera (2018) fornecem alguns valores de infiltração de água em diferentes tipos de solo em estado natural e após a quebra de sua estrutura e fechamento de poros (processo de Puddling). O Puddling deve ser executado antes do seu enchimento, pois o puddling consiste em encharcar o fundo do viveiro e posteriormente usar equipamentos agrícolas como arados, etc., para desfazer a estrutura do subsolo do local promovendo o entupimento dos poros.

TABELA 1- Valores de infiltração de água em diferentes tipos de solo em estado natural e após a quebra de sua estrutura e fechamento de poros.

Tipo de solo	Perdas por infiltração (mm/ dia) – solo em estado natural	Perdas por infiltração (mm/ dia) – solo estabilizado
Arenoso	2400	2400
Franco arenoso	960	3,0 a 6,0
Franco	8,0 a 20,0	2,0 a 3,0
Franco argiloso	2,5 a 15,0	1,0 a 2,0
Argiloso franco	0,25 a 5,0	Cerca de 1,0
Argiloso	6,12	1,41

2.7. Construção de viveiros

Para a construção de viveiros, devemos considerar algumas características básicas que devem ser levadas em consideração (tabela 3), como a escolha de locais apropriados, que se encontram em terrenos com uma pequena inclinação, ou seja, uma topografia apropriada, solo adequado e disponibilidade hídrica. Os viveiros possuem variadas formas, que normalmente são quadrados ou retangulares. Podemos classificar os viveiros em duas categorias: os viveiros de barragem e os viveiros de desvio de água. Os tanques-barragem são construídos com um dique que atravessa uma nascente (fonte natural) de água. Deste modo, os viveiros se assemelham a pequenas represas de armazenamento da água. Com relação aos viveiros de desvio da água, são construídos de forma que a captação de água seja proveniente de outras fontes (Carballo,2008).

QUADRO 2. Características construtivas de um tanque (Carballo,2008)

Localização	Escolha um terreno com uma ligeira inclinação, aproveitando os contornos existentes.
Construção	Os tanques podem ser cavados na terra; podem estar parcialmente acima ou a baixo do nível original do terreno. Durante a construção as inclinações e o fundo devem ser bem acondicionados para se evitar a erosão e a infiltração da água. O solo deve conter um mínimo de 25% de argila. Devem-se eliminar dos diques pedregulhos, capim, ramos e outros objetos indesejáveis.
Profundidade do tanque	A profundidade deve ser entre 0,5-1,0 m na extremidade menos profunda, com uma inclinação de até 1,5-2,0 m na extremidade de drenagem.
Configuração	A melhor forma para os tanques é retangular ou quadrada.
Lados de inclinação	Construir tanques com 2:1 ou 3:1 de inclinação em todos os lados.
Drenagem	A drenagem não deve durar mais que 3 dias.
Abastecimento- entrada de água	A tubulação para a entrada de água deve ter uma capacidade suficiente de modo a encher cada tanque dentro de 3 dias. No caso de se utilizar a água de superfície, deve-se filtrar a água que entra de modo a se remover plantas e animais indesejáveis.
Volume total de água	Deve haver uma disponibilidade suficiente de água de modo a encher todos os tanques da exploração dentro de algumas semanas e mantê-los cheios durante o período de crescimento dos peixes.
Diques	Os diques devem ser suficientemente largos para permitir cortar a erva. Devem-se fazer caminhos no

	dique de cascalho e plantar-se erva/relva em todos os diques.
Orientação	A localização dos tanques deve ser cuidadosamente ponderada para se aproveitar o fato da água poder-se misturar por ação do vento. Em áreas em que o vento causa uma onda extensiva de erosão dos diques, coloque os lados mais compridos do tanque com ângulos retos, virados para os ventos dominantes. Caso for necessário, utilize arbustos ou árvores como quebra-ventos.

A construção de um viveiro deve ser realizada seguindo algumas etapas que nem sempre são simples, principalmente, por ser a parte que mais demanda recursos financeiros da piscicultura. Como resultado, espera-se que, com o alto investimento, sejam construídos viveiros de qualidade e com vida útil prolongada. As etapas de construção são: preparação do local de construção, construção de um núcleo de argila (nem sempre é necessário), cavação do viveiro e construção dos diques, construção da entrada e saída da água, proteção dos diques com cobertura vegetal, fertilização do viveiro, vedação, enchimento com água e por último o povoamento com os peixes (Murnyak, 1990).

Entre as etapas de construção, destacamos a construção de um núcleo de argila, que funciona como um alicerce para os diques. Esta etapa é importante, pois reforça a estrutura e impede a perda de água por infiltração por estes locais. O núcleo de argila é feito por baixo dos diques em que a água ficará, acima do nível original do terreno é cavada uma “vala central” e acrescentada argila, com posterior compactação, podendo em seguida, construir os diques nessa base, como mostram as Figuras 2 e 3 (Carballo, 2008).

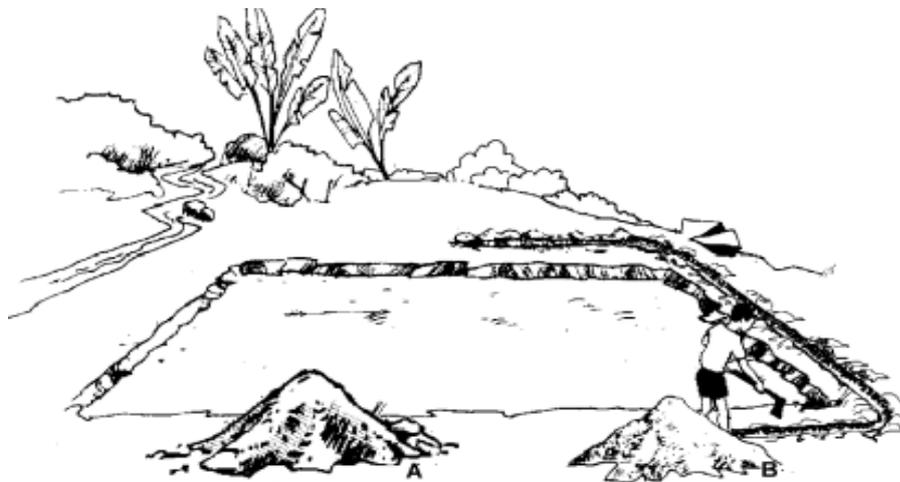


FIGURA 2. Escavação da vala central (Murnyak, 1990).



FIGURA 3. A função do núcleo (Murnyak, 1990). A: água; B: margem do tanque; C: solo; D: infiltração da água; E: núcleo de argila

A presença do núcleo central de argila permite uma menor infiltração lateral entre viveiros, reduzindo as perdas por infiltração, pois atuará como uma barreira para a água que infiltra na parte inferior dos taludes. Observa-se que, de acordo com a Figura 3, o viveiro que não possui o núcleo de argila tem infiltração na parte inferior do talude, estendendo-se até o final do dique. Diferentemente, o viveiro que possui o núcleo de argila impede a perda da água por infiltração nesses locais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Data

O experimento foi conduzido no município de Gouvelândia (GO), na piscicultura Aqua Campos (Figura 4), nos meses de setembro e outubro de 2018. A altitude local é de 420 m, com as seguintes coordenadas de 18°27'03"S e 50°05'55"W. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw (clima tropical com estação seca de inverno) (Cardoso, 2015), sendo a média anual de precipitação de 1.454 mm e a temperatura média anual de 24.8°C. O local encontra-se na Bacia Hidrográfica do Rio dos Bois (SECIMA,2018). Na ocasião do experimento não ocorreu precipitações, teve reposição de água nos viveiros durante a noite e a propriedade passava por uma ampliação da estrutura, coordenada pelo o proprietário e o presente trabalho foi realizado em viveiros já existentes com 18 anos de uso e em viveiros recém construídos.



FIGURA 4. Localização do local do experimento (Abreu,2006)

3.3. Preparo dos ensaios e medição da infiltração

Os viveiros foram enumerados de 1 a 6, de acordo com a Figura 5 e a tabela 2. Dentro de cada viveiro foram espalhadas fitas métricas acopladas em uma estaca (Figura 6) para a

medição da infiltração. A quantidade de fitas em cada viveiro variou com relação a área de cada um, pois os viveiros novos possuem uma área em m² menor em relação aos viveiros antigos.



FIGURA 5. “Lay-out” dos viveiros utilizados no experimento na área do ensaio (Google Earth-out/2018).

TABELA 2. Identificação dos viveiros utilizados para a medição da infiltração

Viveiro Antigo	Área (m ²)	Profundidade máxima (m)	Quantidade de fitas	Viveiro Novo	Área (m ²)	Profundidade máxima (m)	Quantidade de fitas
1	600	1,40	5	4	340	1,10	4
2	1000	1,60	5	5	300	1,10	4
3	1100	1,60	5	6	110	1,10	3

Foram construídos três viveiros escavados (4, 5 e 6) com um trator esteira. Durante a construção dos viveiros, foram feitas valas centrais para o núcleo de argila (Figura 3) abaixo dos taludes e, posteriormente ao término das construções dos viveiros, foram preenchidos com água, até atingirem a quantidade máxima de armazenamento e ocorrer a saturação do solo com água (período de 10 dias).



FIGURA 6. Fitas métricas prontas para serem instaladas nos viveiros.

Para a medição da taxa de infiltração da água no solo, foram colocadas fitas métricas espalhadas pela a parte rasa, profunda e região central dos viveiros recém-construídos e dos três viveiros antigos (Figuras 6 e 7). As medidas foram realizadas com intervalos de tempo de 3 horas (8 às 11h, 11 às 14h e 14 às 17h), por um período de 3 dias, até obterem o valor da taxa de infiltração estável.

A taxa de infiltração média para cada intervalo de tempo foi calculada pela equação 1

$$Ti = \frac{h_t - h_{(t-1)}}{t_t - t_{(t-1)}} \quad \text{Equação}$$

(1)

Em que: Ti é a taxa de infiltração média do intervalo de tempo (mm h^{-1}), h_t (m) a leitura no tempo t e t_t (h) o tempo no qual se realizou a leitura. Considerou-se que a taxa média representa a taxa de infiltração no tempo médio entre as duas leituras.



FIGURA 7. Detalhe da fita métrica utilizada para a medição da infiltração da água no solo.



FIGURA 7. Fitas métricas instaladas no viveiro 6, em diferentes locais.

Para a medição da evaporação no período do experimento, foi instalada uma caixa d'água ao lado dos viveiros com uma régua (Figura 8). Todos os dias nos mesmos horários das medições era medida a perda de água por evaporação da água na caixa d'água, para posteriormente descontar no valor da infiltração e assim separar a perda de água devido a infiltração da perda de água por evaporação.



FIGURA 8. Caixa d'água com uma régua, para as medições da perda de água por evaporação.

3.3. Análise de Solo

Com relação ao solo, três amostras de solo foram recolhidas após a construção dos viveiros na parte com maior profundidade dos viveiros novos e foram encaminhadas para o laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) no município de Dourados (MS). Foi realizada uma análise granulométrica pelo método da pipeta de acordo com o modelo estabelecido pela a EMBRAPA (EMBRAPA,1997).

3.4. Análises Estatísticas

Para as análises das taxas de infiltrações, o ensaio constitui-se em dois tratamentos que correspondiam aos viveiros novos e aos viveiros antigos, com 3 repetições cada, totalizando 6 unidades experimentais.

Para as análises estatísticas, os resultados das infiltrações dos diferentes viveiros escavados foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade e em caso de diferenças significativas, esses foram submetidos ao teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Taxa de infiltração e evaporação

O índice de evaporação foi de 4,0 mm dia⁻¹, que está de acordo com o estabelecido por Boyd & Gross (2000) e Verdegem et al.(2009), que observaram valores variando entre 2,7 e 6,3 mm dia⁻¹, na Universidade de Auburn e na Tailândia. Um estudo feito em lagoas de camarões, identificou que as perdas de água por evaporação e infiltração foram de 3,1 e 5,2 mm dia⁻¹ respectivamente (Verdegem, 2009).

A quantidade de água necessária depende da área dos viveiros, das taxas de infiltração e evaporação, da renovação de água exigida no manejo da produção e do uso de estratégias de reaproveitamento da água, dentre muitos outros fatores. Na tabela 3 encontram-se os valores médios encontrados para taxa de infiltração estável observada nos viveiros.

TABELA 3. Parâmetros da estatística utilizados nos viveiros de amostragem para a infiltração

Viveiro	Média (mm.h ⁻¹)	Média (mm.dia ⁻¹)	Desvio padrão (mm.h ⁻¹)	Variância (mm ² .h ⁻¹)	CV (%)
1	3,59 c	86,16	0,27	0,077	7,72
2	2,93 c	70,32	0,27	0,077	9,48
3	6,22cb	149,28	0,33	0,111	5,35
4	9,52 b	228,48	3,05	9,309	32,02
5	13,70 b	328,80	2,12	4,513	15,49
6	37,45 a	898,80	6,65	44,278	17,76

*Os valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade

O viveiro 6 apresentou uma diferença significativa com relação a taxa de infiltração, superior a todos os demais viveiros, fato que pode ser relacionado por ser o único viveiro novo sem a presença de uma vala central para um núcleo de argila na parte inferior do talude, que é um método construtivo para diminuir a perda de água por infiltração e dar maior estabilidade estrutural.

Os viveiros 4 e 5, não diferiram entre si e tiveram taxas de infiltração superiores aos tanques velhos. Portanto, os viveiros novos (4, 5 e 6) apresentaram as maiores perdas de água por infiltração por dia e espera-se, com o passar dos anos, a diminuição da taxa de infiltração. A perda de água por infiltração depende, principalmente, da porosidade do solo, dos métodos de construção dos viveiros e das mudanças estruturais ao longo do tempo e do manejo do tanque

(Sharma et al., 2013). Entretanto, o viveiro 3 não teve diferença significativa com relação ao viveiro 4, pois um de seus diques teve o seu alicerce feito em um terreno úmido e rebaixado (brejo), o que aumenta a taxa de infiltração, porém não teve diferença significativa com os viveiros 1 e 2.

Os viveiros 1, 2 e 3 apresentaram as menores taxas médias de infiltrações e não diferiram entre si. Segundo Davis et al. (2014), viveiros construídos em solos permeáveis apresentam taxas de infiltração mais altas. Esses autores afirmam que uma infiltração média de 25 mm dia⁻¹ (1 polegada) é comum. O viveiro 2, que apresentou a menor infiltração diária, apresentou valor bem superior (70,3 mm.dia⁻¹) ao recomendado pelo autor.

Sharma et al., (2013) avaliaram o balanço de água em viveiros ao longo do ano e observaram que a infiltração da água no solo era responsável pela perda de 48,75% da água, a evaporação por 51,25% e a chuva era responsável por 35% da reposição de água. A perda total pela infiltração da água no solo foi da ordem de 1182 mm ano⁻¹ e devida a evaporação foi de 1498 mm ano⁻¹ e a precipitação foi responsável por 1762 mm anual.

Estes mesmos autores avaliaram 350 viveiros variando de 0,01 ha à 4,0 ha de área, em um solo com 88% de areia, 8% silte e 4% de argila. E observaram que a perda de água por infiltração da água no solo foi em média de 14,26 mm dia⁻¹ (Sharma et al., 2013). Valores estes bem inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Robinson (1973) estudando a taxa de evaporação do tanque Classe A (utilizado para estimar a evaporação) e posteriormente quantificando a infiltração, observou que as taxas de infiltração foram reduzidas de 112 mm dia⁻¹ inicialmente para 3 mm dia⁻¹ quando o efluente do gado foi colocado no tanque de terra.

Segundo Parker et al. (1999), avaliando as características da infiltração e as propriedades hidráulicas de solo em viveiros de confinamento, observou valores de infiltração variando de 4,4 a 11,5 mm dia⁻¹, menores que o observado neste trabalho, mesmo em viveiros antigos, porém o solo usado no estudo de Parker et al. (1999), apresenta teores de argila variando de 50 a 75%, sem a presença de areia.

Já para Jayanthi et al. (2004), avaliando a redução da infiltração da água no solo em viveiros com água bruta (sem passar por tratamento), construídos com diferentes materiais forrando o fundo (controle, esterco de galinha, bioconcreto e argila), o viveiro controle registrou a taxa média de infiltração de 16,2 mm dia⁻¹.

Outros fatores adicionais devem ser considerados para viveiros de peixes sendo este a idade e a profundidade do local (Yoo & Boyd, 1994). Quanto mais profundo o viveiro, maior a pressão no fundo do viveiro e, conseqüentemente, maior a infiltração em viveiros profundos.

A infiltração lateral é adicional às propriedades do solo e do sedimento, sendo influenciada pela inclinação do dique, da altura da água acima da inclinação do dique, a altura da água nos viveiros adjacentes, canais ou presença do núcleo de argila. Este comportamento pôde ser verificado com o ocorrido no viveiro 6 (37,45 mm h⁻¹), que apresentou a maior taxa de infiltração, uma vez que o mesmo não apresentava núcleo de argila.

Nesse sentido, verificamos que a infiltração de água nos viveiros é uma das principais formas para perdas de água em uma propriedade aquícola. Segundo Kubitzka & Ono(2002), a cada aumento de 0,5mm/h na velocidade básica de infiltração de água no solo, representa uma demanda hídrica adicional de 120m³ /ha/dia ou 43.800m³ /ha/ano, no caso do presente trabalho o viveiro 2 que apresentou a menor taxa de infiltração, possui uma demanda hídrica anual de 25.666,8mm/ano. Portanto, são necessárias algumas medidas para evitar essa perda d'água, como, por exemplo: compactação do solo do fundo e das laterais dos viveiros, aplicação de adubos orgânicos para promover a obstrução dos poros do solo, uso de dispersantes de partículas, uso de argilas com alta capacidade de expansão e absorção de água (bentonita) e revestimento com filmes de polietileno ou de polivinil (PVC).

4.2 Análise de solo

De acordo com o triângulo textural utilizado para a determinação da textura do solo (Lemos & Santos,1996), o solo do local do experimento é classificado como argiloso, com teor de areia 29,1% (291,2 g kg⁻¹), argila de 47,4% (474,1 g kg⁻¹) e de silte de 23,4% (234,7 g kg⁻¹), o que condiz com o solo característico da região , que é o Latossolo Vermelho Argiloso, que possui de 40% a 60% de argila (Oliveira,2009).

Segundo Yarhere (2009), para ser adequada, a textura do solo deve ser de grão fino, com partículas de silte e argila representando mais de 50% do peso seco total. Os melhores solos para a piscicultura são os solos argilo-arenoso, franco-argilo-siltoso e franco-argiloso.

Este mesmo autor salienta que na construção de tanques de terra, o solo necessário deve ser aquele que irá reter água de preferência argila ou silte-argila. Os solos arenosos e rochosos não são convenientes para a construção dos viveiros, devendo, portanto, conter um mínimo de 20% e máximo de 60% de argila.

Por outro lado, solos que apresentam teores de areia e pedras acima de 50% não são adequados para a construção de viveiros, pois se tornam solos com predominância de macroporos, aumentando a taxa de infiltração e por terem menor nível de compactação.

Entretanto, solos arenosos que possuem teores de argila entre 20% a 25%, podem ser utilizados para construções de viveiros, com o acréscimo de um solo argiloso e maior compactação. De acordo com Kubitza & Ono (2002), solos que apresentam teor de argila entre 15 a 30 % são adequados para a construção de viveiros, sem a necessidade de acréscimo de solos argilosos. Neste contexto, o solo característico do local do experimento é adequado para a construção de viveiros com maior estabilidade estrutural.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o estudo pode-se concluir que os viveiros novos tiveram taxas médias de infiltração superior aos viveiros velhos. O viveiro novo 6, apresentou a maior taxa média de infiltração, em contrapartida os viveiros velhos 1, 2 e 3 apresentaram as menores taxas de infiltração, porém o viveiro velho 3 não teve diferença significativa com o viveiro novo 4.

O solo do local foi caracterizado como argiloso, com teor de argila de 47,41%, de areia 29,12% e de silte 23,47% o que significa que é apropriado para a construção de viveiros com uma estrutura estável e com boa compactação. O índice de evaporação foi de 4,0 mm/dia, que está de acordo com o estabelecido por Boyd & Gross (2000) e Verdegem et al(2009), variando entre 2,7 e 6,3 mm/dia.

Por fim, o presente trabalho permitiu obter valores de referência para a infiltração da água no solo em viveiros para as condições do Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Brasília,2008. Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 nov 2018.

BOYD, C. E.; GROSS, A. Water use and conservation for inland aquaculture ponds. **Fisheries Management and Ecology**, v. 7, n. 1-2, p. 55–63, 2000

BOYD, C. E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. **Reviews in Fisheries Science**, v. 15, n. 4, p. 327–360, 2007.

BRANDÃO, V.S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 120p.

BRANDÃO, V.S. **Infiltração de água em solos sujeitos a encrostamento**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 98p:il. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Viçosa, 2003.

BRANDÃO, V.S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: UFV, 2002. 98p.

CARBALLO, E. et al. Piscicultura de água doce em pequena escala. Wageningen: Fundação Agromisa /CTA 2008. 93 p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.

COCHE, A. G.; VAN DER WAL, H. **Water for freshwater fish culture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1981. Simple methods for aquaculture; FAO Training Series, 4

DAVIS, J. T; 'NEAL, H.O; SWEETEN, J. **CONTROLLING WATER LOSSES FROM AQUACULTURE PONDS**. A0802 The Texas A&M University System. 2014

DONADIO, Nicole MM; GALBIATTI, Joao Antonio; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, p. 115-125, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro- RJ: Embrapa Solos, 1997. 212p

FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2014: **Opportunities and challenges**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: . Acesso em: 28 set. 2018.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome: FAO, 2016. 243 p

ITUASSU, D. R.; SPERA, S. T. Abordagem prática do dimensionamento da demanda hídrica em projetos de piscicultura. **Circular Técnica**, nº. 2, p. 1–17, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172636/1/2018-cpamt-daniel-ituassu-dimensionamento-demanda-hidrica-projetos-piscicultura.pdf>> Acesso em: 13 nov 2018.

IZEL, A. C. U.; CRESCÊNCIO, R.; O´SULLIVAN, F. F. L. DE A.; CHAGAS, E. C.; BOIJINK, C. DE L.; SILVA, J. I. Produção intensiva de tabaqui em tanques escavados com aeração. **Circular Técnica**, n. 39, p. 1–4, 2013. Disponível em: . Acesso em: 13 nov. 2018.

JAYANTHI, M; NILA REKHA, P; MURALIDHAR, M; GUPTA, B.P. Seepage reduction in Brackishwater ponds with different materials. **Ecology, Environment and Conservation**. 10. 257-260. 2004.

KUBITZA, F.; ONO, E. A. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v.12, n.72, p. 35-48,2005.

MARDINI, C. V.; MARDINI, L. B. L. F. **Cultivo de peixes e seus segredos**. CanoasRS: Ulbra, 204 p.2000. Disponível em:< <http://books.goolge.com.br>>.Acesso em : 11 nov. 2018.

MARTINEZ-PORCHAS, M.; MARTINEZ-CORDOVA, L. R. World aquaculture: Environmental impacts and troubleshooting alternatives. **Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1–9, 2012.

MURNYAK, D. and M. Murnyak.; **Raising fish in ponds: a farmer's guide to Tilapia culture**. Evangelical Lutheran Church of Tanzania. 75p.1990.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**. 3º ed, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo ,84p.1996.

LIMA, A. F. Sistemas de produção de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. V. dos (Org.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 97–108.

OLIVEIRA, G.C; **Solos da região dos cerrados: reconhecido na paisagem, potencialidades e limitações para o uso agrícola**. Lavras-Minas Gerais: Artmed, 2009.

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquicultura no brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, n.1, p.71-89,2009.

OLIVEIRA, M.L. **Camadas superficiais adensadas em resposta à radiação solar, temperatura e umidade do solo**. Viçosa: UFV, 2000, 67p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal deViçosa, Viçosa, 2000^a

OLIVEIRA, P. N. de. **Engenharia para aquicultura**. Recife: UFRPE, 2000b.

ONO, E.A.; KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes: planejamento, seleção das áreas, fontes de água, demanda hídrica e propriedades dos solos. **Revista Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.12, n.72, p.35-48, 2002.

PARKER, D. B; EISENHAEUER, D. E; SCHULTE, D. D.; NIENABER ,J. A. Seepage characteristics and hydraulic properties of a feedlot runoff storage pond. **Transactions of the ASAE** 42(2): 369-380. 1999.

REZENDE, F. P.; BERGAMIN, G. T. Implantação de piscicultura em viveiros escavados e tanques-rede. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. V. DOS (Org.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**, p. 109–139,2013.

ROBINSON, F. E. Changes in seepage rate from an unlined cattle waste digestion pond. **Transactions of the ASAE** 16(1): 95-96. 1973.

SÁNCHEZ-ORTIZ, I. A. Caudal de diseño para estaciones de piscicultura continental, más que un balance hídrico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, n. 12, 2015.

SECIMA – **Secretária do Meio Ambiente**. Goiás,2018. Disponível em : < <http://www.secima.go.gov.br/post/ver/205377/cbh-bois>>. Acesso em: 22 set. 2018.

SHARMA, K.K; MOHAPATRA, B. C; DAS, PRATAP & SARKAR, BIKASH, S; CHAND, S. Water budgets for freshwater aquaculture ponds with reference to effluent. **Agricultural Sciences**. volume 04.p 353-359. 10.4236. 2013.

SILVA, M. A. **Permeabilidade do solo submetido a diferentes graus de compactação em fundo de viveiro escavado para aquicultura**. 2009. 32 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura Continental) - Universidade Católica de Goiás -PUC Goiás, Goiânia.

SIQUEIRA, T.V. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. **Boletim regional, urbano e ambiental, IPEA**. v.17, p.53-60, 2017.

SOBRINHO, T.A. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.191-196, 2003

TIAGO, G.G.; GIANESELLA, S.M.F. O Uso da Água Pela Aquicultura: Estratégias e Ferramentas de Implementação de Gestão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, p.1-8,2003.

TUNDISI, J.G. Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

VERDEGEM M. C. J; BOSMA. R. H. **WATER POLICY 11 SUPPLEMENT** 1 p. 52–68. 2009.

VIVEEN, W.J.A.R., C.J.J. Richter, P.G.W.J. van Oordt, J.A.L. Janssen and E.A. Huisman. **Practical manual for the culture of the African catfish (Clarias gariepinus)**. Directorate General International Cooperation of the Ministry of Foreign Affairs,Haia, Países Baixos. 94p.1985

YARHERE, M. **Construction of earthen ponds extension guide nº. 001**. Extension Research And Liaison Services (ERLS)" Nigerian Institute For Oceanography And Marine Research 2009.

YOO, K. H. & BOYD, C. E. **Hydrology and Water Supply for Pond Aquaculture**. Chapman & Hall, New York, USA, pp 483. 1994.