

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

**AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO COM
ENFOQUE NA PISCICULTURA**

MICHAEL BLANK DE SOUZA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO COM ENFOQUE NA PISCICULTURA

MICHAEL BLANK DE SOUZA

Orientador: Prof. Dra. Vanessa Lewandowski

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
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729a Souza, Michael Blank De

AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO COM ENFOQUE NA
PISCICULTURA [recurso eletrônico] / Michael Blank De Souza. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Vanessa Lewandowski.

TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande Dourados,
2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Aquicultura. 2. Classe textual. 3. Agua. 4. Demanda Hidrica. I. Lewandowski, Vanessa. II.
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.

AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO COM ENFOQUE NA PISCICULTURA

Por

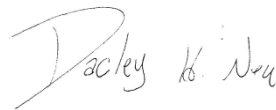
Michael Blank de Souza

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

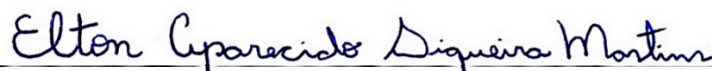
Aprovado em: 26 de outubro de 2021.



Profa. Dra. Vanessa Lewandowski
Orientador – UFGD/FCA



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



Prof. Dr. Elton Aparecido Siqueira Martins
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente à Deus em me muitas vezes agir da sua forma, me ajudando a manter sempre a disciplina e o foco para não desistir.

Agradeço a minha família, por me dar a oportunidade e facilitar toda minha vida acadêmica, me oferecendo condições e compreensão em meus métodos de estudo, em especial os que vivenciam na mesma residência que eu.

A todos os professores e supervisores, aos quais tive a oportunidade de conhecer e caminhar junto, compartilhando um dos bens que mais considero valioso, os seus conhecimentos especializados e de um modo muito especial:

A Professora orientadora Vanessa Lewandowski pela paciência, didática e pela atenção que teve durante todo o percurso, pela humildade e transparência em esclarecer diversas dúvidas pelo empenho que muitas vezes deixou de fazer qualquer outra coisa particular pra honrar seu compromisso como professora, não apenas como orientadora de projetos, mas como nos métodos de ensino utilizado em disciplinas ministradas.

Não podendo deixar de esquecer, mas sou grato a minha querida namorada que estivera presente comigo, compreendendo situações e me auxiliando no que fosse possível, fazendo com que eu me mantivesse focado em constante progresso.

Aos meus colegas e amigos que o curso de Engenharia de Aquicultura me presenteou amigos responsáveis por fazerem coexistir momentos incríveis em meios a tantos acontecimentos, me proporcionando motivos para seguir adiante.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Piscicultura brasileira	3
2.2. Requisito para construção de viveiros escavados	4
2.2.1. Infiltração no solo e construção de viveiros	6
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Data e locais de estudo.....	8
3.2. Análise de infiltração de água nos solos.....	8
3.3. Análise de granulometria do solo	9
3.4. Equações de infiltrações	9
3.5. Análises estatísticas	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Triângulo utilizado para classificar tipo de solo com base nas informações obtidas.	6
FIGURA 2. Anéis concêntricos durante a análise de infiltração.....	9
FIGURA 3. Representação da velocidade de infiltração básica (VIB) para Fazenda Cabeceira Alta (FCA), Aquaforte Alevinos (AA) e Sindicato Rural de Dourados (SRD). Letras minúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).	12
FIGURA 4. Infiltração acumulada e velocidade de infiltração pelo tempo acumulado na Fazenda Cabeceira Alta (A e B), Aquaforte Alevinos (C e E) e Sindicato Rural de Dourados (E e F).	14

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Parâmetros físico e químico da água para o cultivo de peixes tropicais em viveiros.	5
TABELA 2. Classificação do solo a partir de sua velocidade de infiltração básica (VIB).....	7
TABELA 3. Localizações das áreas de coleta dos dados sobre infiltração.....	8
TABELA 4. Representação dos dados de quantidade de partículas para cada local.....	11
TABELA 5. Equações de infiltração para os diferentes locais avaliados.	14

SOUZA, Michael Blank de. **Avaliação da infiltração de água no solo com enfoque na piscicultura**. 2021. 16p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

Com aumento da atividade voltada para Aquicultura, onde tem o cultivo de animais com ao menos uma fase de seu desenvolvimento na água, as formas de cultivo despertam uma demanda de conhecimento aplicado, tratando-se da produção de peixes, a piscicultura ainda tem um vasto horizonte a ser explorado, o mesmo que indica estudos das áreas. A piscicultura teve início em tanques escavados, ou viveiros, sistemas que possui muitas variáveis de acordo com estudos atuais. O objetivo do presente trabalho foi determinar a granulometria do solo de três propriedades do município de Dourados- MS e verificar a infiltração da água no solo em estado natural desses locais e relacionar sua importância com a piscicultura para a execução do trabalho foi feito a coleta de informações em três locais diferentes os três locais localizados em Dourados-MS locais que continha pisciculturas ativas. Com total de três áreas com três repetições cada. A implantação dos anéis foi feita de forma manual, enterrando-os 10 cm abaixo do solo e 20 cm acima. Os anéis se resumem em dois cilindros metálicos, um com diâmetro de 25 cm e outro maior com diâmetro de 50 cm, ambos com altura de 30 cm. Após a inserção dos anéis ao solo foi feita a implantação de uma unidade de medida no anel interno. Para início da coleta de informações, o espaço entre o anel interno e externo esteve sempre com seu volume completo por água, e foi abastecido quando necessário. A contagem da medida foi feita nos seguintes intervalos de tempo 0, 1, 2, 5, 10, 15 minutos. Após a coleta das informações foi feito a coleta de uma porção de solo, para fazer avaliação em laboratório. Os resultados de granulometria e velocidade de infiltração básica (VIB) foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Ao verificar diferenças estatísticas, foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade. As classificações texturais encontradas se diferem entre as partículas de silte e argila para todas as propriedades analisadas, porém com resultados de mesma textura para Aquaforte Alevinos e Fazenda Cabeceira Alta, onde foram obtidos solos argilosos e o solo da propriedade Sindicato Rural de Dourados se classificou como muito argiloso, com teor acima dos 60% para partículas de argila. Os resultados obtidos da VIB significam que a propriedade Fazenda Cabeceira Alta se define com VIB alta, e as propriedades Aquaforte Alevinos e Sindicato Rural de Dourados, com VIB muito alta. A importância da VIB está na quantidade do volume de água que será atribuída a implantação da piscicultura.

Palavras-chave: Aquicultura, água, classe textural, demanda hídrica.

ABSTRACT

With increased activity aimed at Aquaculture, where there is the cultivation of animals with at least one stage of their development in water, the forms of cultivation arouse a demand for applied knowledge, in the case of fish production, fish farming still has a vast horizon to be explored, as indicated by studies of the areas. Fish farming began in excavated tanks, or nurseries, systems that have many variables according to current studies. The objective of the present work was to determine the granulometry of the soil of three properties in the city of Dourados-MS and to verify the infiltration of water in the soil in the natural state of these places and to relate its importance to fish farming for the execution of the work. information in three different locations the three locations located in Dourados-MS which contained active fish farms. With a total of three areas with three repetitions each. The implantation of the rings was done manually, burying them 10 cm below the ground and 20 cm above. The rings consist of two metallic cylinders, one with a diameter of 25 cm and the other larger with a diameter of 50 cm, both with a height of 30 cm. After inserting the rings to the ground, a measuring unit was implanted in the inner ring. To start collecting information, the space between the inner and outer ring was always filled with water, and was filled when necessary. The measurement was counted in the following time intervals 0, 1, 2, 5, 10, 15 minutes. After collecting the information, a portion of soil was collected for laboratory evaluation. The results of granulometry and basic infiltration velocity (VIB) were submitted to analysis of variance (ANOVA). When verifying statistical differences, they were submitted to the Tukey test at 5% probability. The textural classifications found differ between silt and clay particles for all properties analyzed, but with results of the same texture for Aquaforte Alevinos and Fazenda Cabeceira Alta, where clayey soils were obtained and the soil of the Dourados Rural Union property was classified as very clayey, with a content above 60% for clay particles. The results obtained from VIB mean that the property Fazenda Cabeceira Alta is defined as having a high VIB, and the properties Aquaforte Alevinos and Sindicato Rural de Dourados, with a very high VIB. The importance of VIB is in the amount of water volume that will be allocated to the implementation of fish farming.

Keywords: Aquaculture, water, textural class, water demand.

1. INTRODUÇÃO

A Aquicultura é a atividade definida pelo cultivo de organismos que possuem ao menos uma fase de sua vida na água. A piscicultura brasileira apresenta crescimento progressivo, com avanço na profissionalização e produção, fato este comprovado pelo desempenho do setor em 2020, onde foi constatado crescimento de 4,3%, mesmo frente aos desafios impostos pelo ano pandêmico (IBGE, 2021).

O cultivo de peixes no Brasil teve início como prática em viveiros escavados, sendo criadas prioritariamente carpas, e com o tempo foram introduzidas demais espécies de acordo com o desenvolvimento da piscicultura (PINHEIRO et al., 2011). A criação de organismos aquáticos em viveiros escavados é consideravelmente complexa, uma vez que é importante uma água de boa qualidade com boa vazão durante o ano todo e, quanto mais intensivo for a produção, maior a necessidade de água, pois haverá necessidade de trocas mais frequentes (PEDROZA FILHO et al., 2020).

Antes de iniciar a produção nestes meios, é imprescindível a realização de estudos hidrológicos da região, verificação de existência de contaminantes de solo, presença de relevos com declividade que de preferência e permita o abastecimento de água por gravidade, (PEDROZA FILHO et al., 2020).

O depósito de substâncias e substratos utilizados nas produções ficarão depositados no solo no fundo dos viveiros e muitas substâncias suspensas na água serão derivadas do contato entre a água e solo, influenciando diretamente na qualidade da água dos viveiros e conseqüentemente na produção aquícola (BOYD, 1995), e em certas condições podem determinar a sustentabilidade da atividade..

A infiltração é o acontecimento do qual ocorre a passagem da água pelo solo, preenchendo seu poros vazios, e chegando a saturação que por fim tem-se a depositar em aquíferos subterrâneos, essa infiltração ocorre por consequência de diversos fatores e características presentes nos solos (FERMINO & SILVA, 2015).

O tipo de solo onde é implantado o viveiro tem alta influencia na infiltração, que resulta em uma demanda na quantidade de água, para suprir essa perda. Os solos que possuem uma granulometria maior possuem macro poros entre as camadas horizontais ocupados por ar, o que permite a passagem da água com uma maior facilidade, e com maior velocidade (EMBRAPA SOLOS, 2018). Poros maiores são encontrados em solos com maior teor de areia, que é uma característica formada pelo resultado da granulometria que forma desse tipo de partícula (SILVA, 2009). Ao contrário, solos com partículas menores, como os argilosos,

acabam dificultando essa passagem de água, e alguns tem a propriedade de formar camadas plásticas, que aumenta a retenção da água (SILVA, 2009).

Objetivou-se com o presente trabalho determinar a granulometria do solo de três propriedades do município de Dourados- MS e verificar a infiltração da água no solo em estado natural desses locais e relacionar sua importância com a piscicultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Piscicultura brasileira

A piscicultura brasileira vem mostrando um alto desenvolvimento no passar dos anos com resultados significativos com 551,9 mil toneladas no ano de 2020, contribuindo para o aumento da produção de proteína animal pelo Brasil. O ano de 2020 teve um aumento de 4,3% na produção geral de peixes, em relação a produção de 2019 considerando tempos de pandemia (IBGE, 2021)

O Brasil tem grande potencial para aquicultura, pois contém 8.400 km de costa marítima e abriga 12% de toda a água doce do planeta (ANA,2016). O Brasil por seu grande espaço territorial possui diversas condições de clima e temperatura, facilitando com que espécies de diferentes habitats sejam cultivadas com uma maior facilidade em diversas regiões do país. De todas regiões, o estado do Paraná segue liderando a produção de Tilápia, com um percentual de 25,4 % de toda produção nacional. Além das questões climáticas o Brasil possui outras características favoráveis, como terrenos disponíveis, alta produção de grãos para produção de ração e mão-de-obra disponível (MELO et al., 2010).

A região sul com temperaturas mais baixas lidera toda a produção brasileira com 31%. Seguido do Norte correspondendo a 20% e o Nordeste com um percentual de 18% (PEIXEBR, 2021). O Sudeste com ganho de 0,8% no último ano representou 17,6% da produção nacional, e por último a região centro-oeste, com 13,9% (PEIXEBR, 2021). O Paraná é o estado que mais produz peixes, com 21% de toda produção nacional, se colocando como líder da produção de tilápia, e vem ampliando essa liderança, pois teve um crescimento 11,5% na produção da espécie, em relação a 2019 (PEIXEBR, 2021).

O Brasil com seu grande espaço territorial favorece a implantação de piscicultura através da construção de viveiros, sendo definido através do contato direto de solo e água. Viveiros escavados ou tanques redes são os principais meios que os produtores recorrem para sistemas semi-intensivo e intensivo. De toda a produção nacional 84,60% da criação ocorre em viveiros escavados, e dentro desse valor, 15,40% está localizado no estado do Paraná (PEIXEBR, 2020).

No estado do Mato Grosso do Sul, existe uma predominância atual na produção de grãos comparado a outras atividades desenvolvidas no estado como, bovinos, ovinos, apiculturas pisciculturas entre outras. O estado possui características potenciais para o desenvolvimento da piscicultura, fatores como condições climáticas favoráveis, potencial

hídrico e terrenos planos, facilitam a implantação de projetos, além disso, o estado possui programas de incentivo para o produtor investir na atividade (MELO et al., 2010). Mato Grosso do Sul ocupa o 8º lugar no ranking nacional de produção de peixes (PEIXEBR, 2021), segundo IBGE além de ser o maior exportador de tilápia no Brasil o estado também se destaca em captar investimentos com R\$ 83,4 milhões para R\$ 101,6 milhões no ano de 2020, ocupando o segundo lugar entre as demais unidades da federação.

2.2. Requisitos para construção de viveiros escavados

Para a implantação de viveiros escavados alguns pré-requisitos devem ser atendidos. Antes de dar início ao projeto, é necessário que haja disponibilidade de água em quantidade suficiente pra atender a demanda, que essa água seja de qualidade e que o solo possua características de textura e granulometria satisfatórias à atividade aquícola. A quantidade de água é exigida pelos diferentes aspectos, tais como o tipo de sistema que será implantado, a intensidade do cultivo imposta, o manejo realizado por períodos e por fim as perdas que os sistema estarão expostos (LAWSON, 1995).

Para determinar a demanda hídrica da produção é preciso calcular o volume de água necessário, correspondente aos viveiros existentes na propriedade ou os que se deseja construir e levar em consideração as perdas por infiltração e evaporação, e sendo descontado o aporte de água por precipitação. (ITUASSÚ & SPERA, 2018). Dentre as considerações por perdas, a infiltração é a que possui um grau mais elevado podendo representar a maior quantidade de água que deverá ser substituída.(ITUASSÚ & SPERA, 2018).

A qualidade da água disponível deve estar nos parâmetros próximos ao que a espécie de cultivo exigem, sendo possível definir uma faixa ideal para peixes de regiões tropicais, exemplificado na Tabela 1(MERCANTE et al., 2007).

TABELA 1. Parâmetros físicos e químicos da água para o cultivo de peixes tropicais em viveiros.

Parâmetro	Faixa ideal
Temperatura	26 a 30°C
pH	6,5 a 8,0
Oxigênio dissolvido	Acima de 5,0 mg/L
Gás carbônico	Abaixo de 10 mg/L
Alcalinidade total	Acima de 30 mg/L
Dureza total	Acima de 30 mg/L
Amônia toxica	Abaixo de 0,2 mg/L
Nitrito	Abaixo de 0,3 mg/L
Salinidade	Em geral Abaixo de 12 ppm, porém, depende da espécie

Fonte: EMBRAPA (2013).

A qualidade da água é facilmente alterada de acordo com as características do solo. O solo em contato direto com a água pode causar reações químicas onde ocorre a troca de íons causando uma influência direta na qualidade da água de viveiro (VANZELA et al, 2010).

Além das características químicas do solo, as características físicas também são importantes. As características físicas do solo correlacionam-se com os seguintes aspectos: cor, porosidade, consistência e a textura; que são informações importantes para implantação de viveiro (OLIVEIRA, 2013). A textura é representada pela quantidade de partículas e seus diversos tamanhos considerando que a granulometria é definida pelo tamanho das partículas que consistem no solo. O solo é composto por três tipos de partículas, sendo elas areia, silte e argila, considerado granulometria entre 2 mm e 0,05 temos as partículas de areia, e abaixo com tamanhos entre 0,05mm e 0,02mm são partículas de silte, e por fim partículas menores que 0,02 mm as de argila (BRADY, 2005).

A classificação do solo ocorre por meio dos teores de argila presentes nos mesmos. Solos com teores abaixo de 15% são classificados como solos de textura arenosa. Já solos com teores de argila na faixa dos 15 - 35% são considerados solos de textura argilosa. E quando o solo possui acima de 35% é chamado de solos com textura muito argilosa. Com base nas três classes texturais, areia, silte e argila, há uma variação de 12 classes, que são representadas em um diagrama na forma de um triângulo (Figura 1) para um agrupamento dessas classes e uma melhor e mais rápida compreensão do tipo de solo (ANTÔNIO et al., 2018).

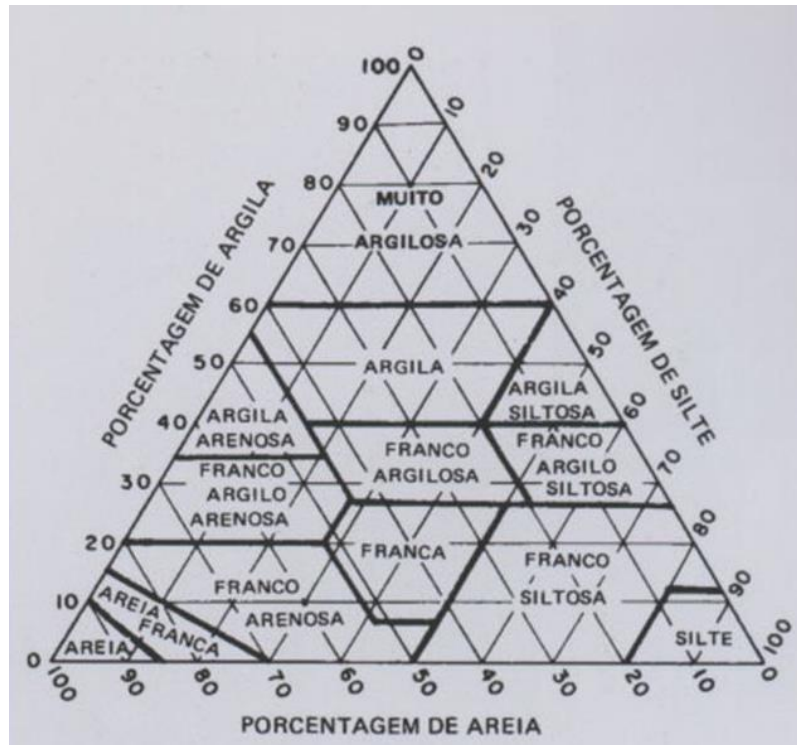


FIGURA 1. Triângulo textural utilizado para classificar o solo com base nas informações obtidas (Propriedade do solo II: Textura, cor e porosidade).

A textura e o tamanho das partículas influenciam na construção dos viveiros, assim ficam suscetíveis a erosões e sedimentação, estabilidade dos taludes e variação nas taxas de infiltração (BOYD, 1995).

Solos usados em pisciculturas como argilosos tem propriedades vantajosas, como a característica de plasticidade com um teor de argila acima de 30%, uma característica importante na modulagem do solo, facilitando a possível formação de taludes com inclinações maiores e mais resistentes a erosões. Para a construção de viveiros escavados é recomendado que o solo tenha 30% de argila (BOYD, 1995).

2.2.1. Infiltração no solo e construção de viveiros

O tipo de solo onde é implantado o viveiro tem alta influencia na infiltração, que representa a perda de água através do solo, resultando uma demanda na quantidade de água, para suprir essa perda. A infiltração é correspondente ao tipo de solo, a textura e ao tempo de deterioração da rocha matriz em função do intemperismo que o solo já sofreu (ELIANE et al .,2012). Por outro lado, solos arenosos tem poros mais espaçosos, granulometria significativamente maior, sem característica de reter água (EMBRAPA SOLOS, 2018).

Os solos que possuem uma granulometria maior possuem macro poros entre as camadas horizontais ocupados por ar e água, o que permite a passagem da água com uma maior facilidade, e uma velocidade maior (RIBEIRO et al., 2019). Poros maiores são encontrados em solos com maior teor de areia uma característica formada pelo resultado da granulometria da areia (ANTÔNIO, 2018). No entanto, solos com partículas de menor granulometria como solos os argilosos, acabam dificultando essa passagem de água, e alguns têm a propriedade de formar camadas plásticas, que aumenta a retenção da água (EMBRAPA SOLOS, 2018). Existe alguns métodos que para se obter dados sobre a infiltração a campo, que com base nos dados consultando a tabela, que indica a classe do solo correlacionada a uma velocidade de infiltração básica (VIB) caracterizando o tipo de solo (Tabela 2).

TABELA 2. Classificação do solo a partir de sua VIB.

Tipo de solo	VIB (cm/h)
Solo de VIB muito alta	> 3,0
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0
Solo de VIB média	0,5 - 1,5
Solo de VIB baixa	< 0,5

Fonte: BERNARDO et al. (2006).

Os Métodos para determinar a infiltração do solo são meios que auxiliam a obter informações importantes para construção de viveiros. Um dos métodos direcionado a obter dados que informa a infiltração, é o método dos anéis concêntricos, usado bastante na agricultura e também na aquicultura (FAGUNDES, et al. 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Data e locais de estudo

A avaliação de infiltração de água no solo foi realizada em três pisciculturas localizadas no município de Dourados-MS (Tabela 3), entre os meses de novembro e dezembro do ano de 2020.

TABELA 3. Localizações das áreas de coleta dos dados sobre infiltração.

Coordenadas UTM	Propriedades		
	Aquaforte alevinos	Fazenda Cabeceira Alta	Sindicato Rural de Dourados
Longitude	735816.07 m E	727660.58 m E	733904.13 m E
Latitude	7520559.66 m S	7530724.27 m S	7540043.74 m S

3.2. Análise de infiltração de água nos solos

A avaliação da infiltração foi efetuada no período da manhã (iniciado às 07:00) em solos em estado natural, ou seja, com compactação natural, sem estarem em local onde o terreno foi revolvido ou local de trânsito de veículos e/ou pessoas. Dessa forma, objetivou-se a coleta de dados simulando uma avaliação prévia de infiltração de água no solo antes da implantação de uma piscicultura em viveiros.

A análise foi realizada com auxílio de anéis concêntricos, os quais constituem-se de dois anéis metálicos, um maior com medidas de 50 x 30 cm (Diâmetro x Altura), e outro menor com 25 x 30 cm (Diâmetro x Altura). Os anéis, interno e externo, foram enterrados na profundidade de 10 cm. Assim que ambos os anéis foram fixados no solo, foi adicionado água, de forma a manter o anel exterior sempre cheio (Figura 2). Esse anel tem o objetivo de reduzir a dispersão da água do anel interno, mantendo as extremidades horizontais saturadas. A leitura da infiltração foi realizada no anel interno, onde foi acondicionada uma régua e verificado a redução do nível da água em função do tempo, com leituras em 0, 1, 2, 5, 10, 15, minutos. As leituras em 5 e 10 minutos foram repetidas três vezes em cada intervalo e posteriormente seguiu-se realizando as medições a cada 15 minutos até o momento em que foi verificado três leituras iguais. O valor final da leitura constituiu a velocidade de infiltração básica (VIB). Esse procedimento foi repetido três vezes em cada local as repetições ocorreram em sequência, a

uma distância aproximada de 7 a 15 metros do ponto anterior. Os locais de avaliação foram considerados como os tratamentos do estudo.



FIGURA 2. Anéis concêntricos durante a análise de infiltração.

3.3. Análise de granulometria do solo

Nos locais onde foram realizados a análise de infiltração, foi coletado três amostras de solo. Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório Sinergia Análises Agronômicas Ltda para determinação da composição granulométrica, com a informação da quantidade (g. Kg^{-1}) de areia, silte e argila. Essa análise foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2017). Com base no percentual da granulometria, foi determinada a classe textural do solo, pelo Triângulo Textural da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

3.4. Equações de infiltrações

Os dados de infiltração foram utilizados para determinar as equações da infiltração acumulada (I_a), (equação 1) e da velocidade de infiltração instantânea (V_i), (equação 2) as quais são determinadas pelo modelo de Kostiaikov.

Equações descritivas de infiltração:

$$I_a = C \cdot T^n \quad (1)$$

em que:

I_a = Infiltração acumulada (mm);

C = Constante que evidencia lâmina infiltrada no primeiro minuto em cm;

T = Tempo transcorrido para infiltrar a lâmina de água, em min;

n = Declividade da reta, determinada no local em cada tipo de solo, tendo como limites $0 < n < 1$

Em seguida, determinou-se a velocidade de infiltração instantânea, obtida pela Equação 2.

$$VI = n \cdot C \cdot T^{(n-1)} \quad (2)$$

Fazendo: $n \times C = K$ tem-se a equação (eq. 3)

$$VI = 60 \cdot K \cdot T^{(n-1)} \quad (3)$$

Onde:

VI= velocidade instantânea em mm/h

K = Capacidade de infiltração no primeiro minuto em mm/h

T = Tempo transcorrido para atingir a velocidade de infiltração instantânea, em min

n = Declividade da reta, determinada no local para cada tipo de solo, tendo como limites $-1 < n < 0$

A determinação dos coeficientes n e C foram feitas utilizando o método analítico (regressão linear). Dessa forma, a fórmula que está na forma exponencial foi transformada na forma linear, da seguinte maneira:

$\log I = \log C + n \times \log T$ que é a equação de uma reta do tipo $y = a + bx$, assim:

$y = \log I$ (infiltração acumulada)

$a = \log C$

$b = n$

$x = \log T$ (tempo acumulado).

Para encontrar os valores na equação linear utiliza-se um método denominado regressão linear, exposto pela equação (eq.4).

$$n = B = \frac{(\sum(x \cdot y) - (\sum(x) \cdot \sum(y))/N)}{(\sum(x^2) - (\sum(x)^2)/N)}$$

Assim, tem-se

N = o número de leituras realizadas com a régua.

$A = Y$ médio – $B \times X$ médio e $C = \text{ant Log } A$

3.5. Análises estatísticas

Os dados da granulometria do solo e da VIB (cm/h) foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Ao verificar diferença estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram efetuadas no software Statistica 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica diferiu estatisticamente para os locais avaliados ao se considerar a quantidade de partículas de silte e argila ($p < 0,05$) (Tabela 4). Podemos observar que o local da Fazenda Cabeceira Alta se encontra com uma quantidade de partículas de areia de 26% assim como se é possível observar que o mesmo local possui uma quantidade de partículas de silte acima de 31%, sendo essa a propriedade que dentre as três comparações, é a que possui menor quantidade de partículas de argila, (41%). A propriedade Sindicato Rural apresentou maior quantidade de partículas de argila em relação as demais propriedades, ultrapassando os 60%, e com partículas de areia em torno de 23% e de silte próximo a 16%.

TABELA 4. Representação dos dados de quantidade de partículas para cada local.

Propriedade	Quantidade de partículas (g Kg ⁻¹)			Classificação Textural
	Areia	Silte	Argila	
Fazenda Cabeceira Alta	267,33±27,79	319,33±15,70 ^a	413,33±23,16 ^a	Argiloso
Aquaforte Alevinos	209,33±26,10	269,00±20,95 ^b	521,67±42,15 ^b	Argiloso
Sindicato Rural de Dourados	231,33±35,28	161,00±14,42 ^c	607,67±22,19 ^c	Muito Argiloso

De acordo com a classificação de textura obtido pelo Triângulo Textural da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, a Fazenda Cabeceira Alta junto com a propriedade Aquaforte Alevinos possuem proporções de areia, silte e argila que lhes permitem classifica-las texturalmente como solo argiloso. Já na propriedade Sindicato Rural apresentou uma menor proporção de silte e um valor mais elevado no de argila, sendo classificada como solo muito argiloso.

A determinação do tipo de solo com base na característica granulométrica e classificação textural são importantes mesmo antes da implantação de viveiros escavados, pois possibilita a escolha do local mais adequado para a construção da piscicultura. Os solos arenosos possuem granulometria maior, sendo contraindicados para a implantação de viveiros por estarem propícios a altas taxas de infiltração e resultarem em instabilidade dos diques causando menor vida útil da estrutura de produção (EMBRAPA, 2013). Para construção de viveiros é indicado solos que possuem teor acima de 30% de partículas de argila (BOYD, 1995), assim como encontrado em todas as propriedades avaliadas. Dessa forma, o resultado obtido nas três propriedades indica que os solos estão aptos a serem empregados na construção de viveiros para piscicultura. Os solos argilosos possuem particularidades em relação a sua

facilidade a serem moldados, resultado de uma maior plasticidade. Além disso, conta com certa resistência a erosões, diminuindo os custos de manutenção com reformas dos diques (EMBRAPA, 2013). Ainda são escassos os estudos que abordam a classificação dos solos voltada para piscicultura, mas as pesquisas existentes relatam avaliações em solos com percentual acima de 30% de argila como sendo satisfatório para a atividade (CAMPOS, 2018; MAGALHÃES, 2017; SILVA, 2009).

A velocidade de infiltração básica (VIB) diferiu estatisticamente entre as propriedades Sindicato Rural de Dourados e Fazenda Cabeceira Alta ($p < 0,05$), sendo que nesse último local foram verificados os menores valores de infiltração (Figura 3). Classificando os valores médios de VIB e de acordo com Bernardo et al., (2006) observa-se que os dados da Fazenda Cabeceira Alta se encaixam com VIB alta, com valores de $2,10 \text{ cm.h}^{-1}$. Para os locais Aquaforte e Sindicato Rural a VIB é classificada como muito alta, com valores médios de $9,20 \text{ cm.h}^{-1}$ e $15,06 \text{ cm.h}^{-1}$, respectivamente.

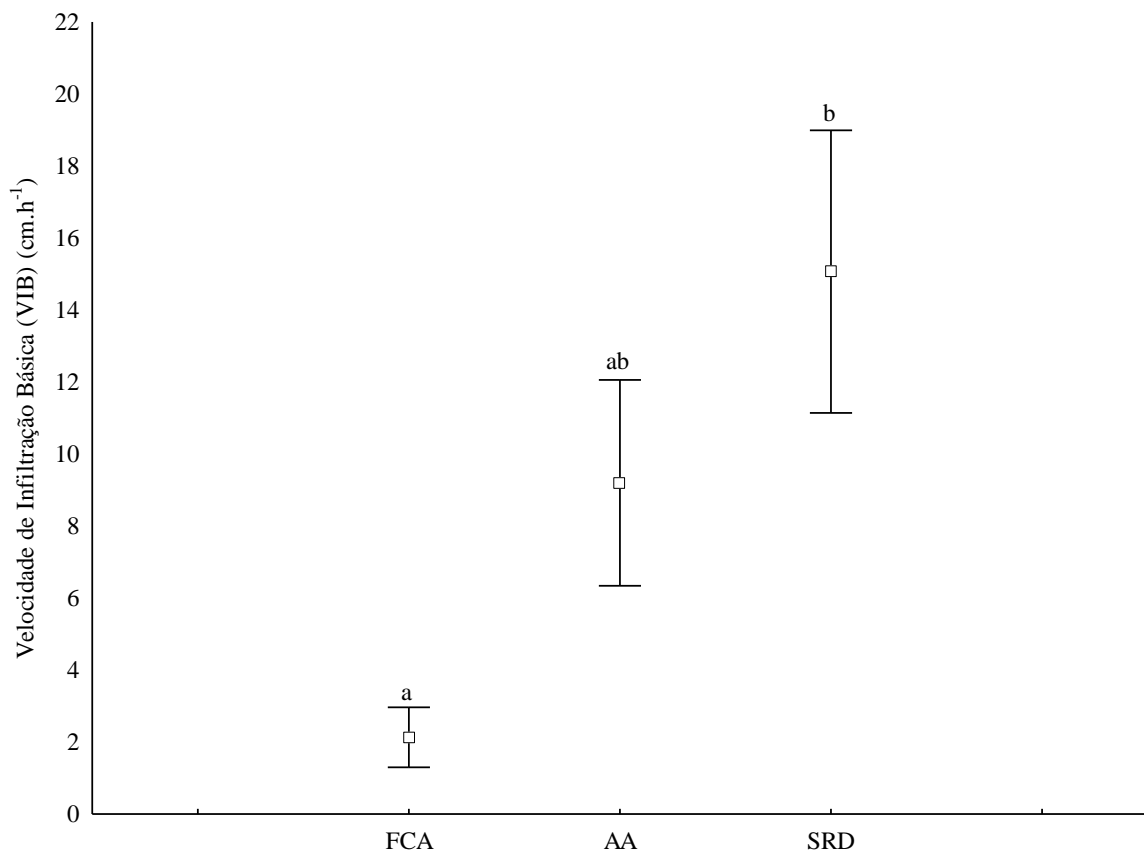


FIGURA 3. Representação da velocidade de infiltração básica (VIB) para Fazenda Cabeceira Alta (FCA), Aquaforte Alevinos (AA) e Sindicato Rural de Dourados (SRD). Letras minúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Conhecer a taxa de infiltração auxilia a contabilizar uma das maiores perdas de água que se tem na piscicultura (ITUASSÚ & SPERA, 2018). Essa informação é necessária para que seja usada no cálculo de demanda hídrica de uma propriedade aquícola, onde deve-se computar o volume do viveiro, a troca parcial de água durante a produção e as perdas por infiltração e evaporação (ITUASSÚ & SPERA, 2018; OLIVEIRA, 2013).

A infiltração vai depender da classe textural do solo, do nível de compactação e da sua saturação (OLIVEIRA, 2013). A compactação do solo diminui os espaços vazios existentes entre as partículas que compõe o solo, que permitem a passagem de água. Em estudo realizado por Silva (2009), em solo com teor de 41% de argila com apenas uma compactação básica de 3 passadas houve uma queda de 29% na taxa de infiltração.

A saturação do solo significa que os poros estão totalmente preenchidos por água e influencia na infiltração por diminuir o volume utilizado para preencher os poros do solo, este fato é bem descrito para piscicultura, como descreveu Campos (2018), verificando que viveiros com mais tempo de uso, tem taxas de infiltrações menores. Nesse estudo foi verificado que viveiros construídos em solo com teor de argila de 60%, os viveiros mais velhos, com diferença de 18 anos de viveiros recém-construídos, resultaram em uma queda na taxa de infiltração de 92%. Conforme os anos de uso dos viveiros verifica-se um aumento na quantidade de bactérias que formam um filme orgânico preenchendo os espaços onde ocorreria a infiltração

A Figura 4 ilustra a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração em função do tempo acumulado para os três locais avaliados, demonstrando um comportamento similar. Para todas as situações, a velocidade de infiltração decai rapidamente e começa a estabilização no tempo aproximado de 50 minutos. Esse comportamento é explicado de acordo com as forças capilares que no início auxiliam a infiltração junto com a força da gravidade, porém, no decorrer do tempo, as forças capilares diminuem a intensidade e ocorre a predominância da força gravitacional no deslocamento da água para baixo (VILARINHO et al., 2019). A velocidade de infiltração tende a se estabilizar com o excesso de água no solo, e em relação ao tempo a reorganização das partículas também age na diminuição da infiltração (DOURADO et al., 2019; VILARINHO et al., 2019).

Nota-se que na propriedade Fazenda Cabeceira Alta, com tempo de experimento de 100 minutos, houve um total de infiltração acumulada de 5 cm e no mesmo tempo, para as propriedades Aquaforte Alevinos e Sindicato Rural de Dourados houve uma infiltração acumulada de aproximadamente 35 cm.

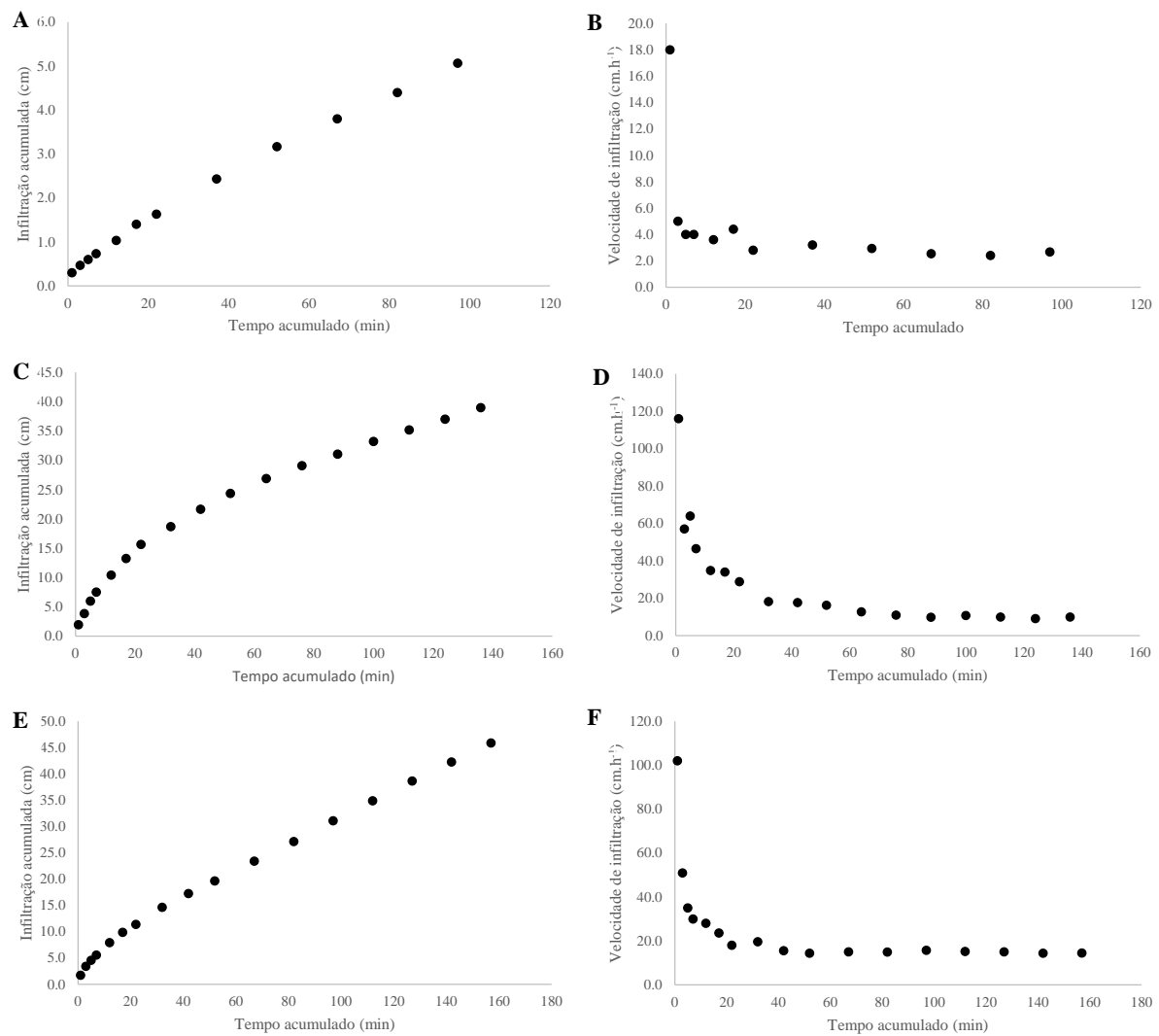


FIGURA 4. Infiltração acumulada e velocidade de infiltração pelo tempo acumulado na Fazenda Cabeceira Alta (A e B), Aquaforte Alevinos (C e E) e Sindicato Rural de Dourados (E e F).

As equações de infiltração acumulada e velocidade de infiltração para os três locais avaliados estão descritos na tabela 5.

TABELA 5. Equações de infiltração para os diferentes locais avaliados.

Propriedade	Equações de Infiltração	
	Infiltração acumulada (cm)	Velocidade de infiltração (cm.h ⁻¹)
Fazenda Cabeceira Alta	$I_a = 0,36 \times T^{(0,50)}$	$VI = 10,88 \times T^{(-0,50)}$
Aquaforte Alevinos	$I_a = 1,50 \times T^{(0,664)}$	$VI = 59,90 \times T^{(-0,336)}$
Sindicato Rural de Dourados	$I_a = 1,35 \times T^{(0,695)}$	$VI = 56,25 \times T^{(-0,305)}$

T = tempo (min)

Considerando as questões do tempo de uso dos viveiros para implantação de uma piscicultura deve-se basear nas informações iniciais de infiltração para o cálculo de demanda hídrica. Com auxílio das equações de infiltração, consegue-se ter informações da quantidade de água que se perdeu, fazendo com que no início do ciclo possa ser determinado a demanda hídrica que o local deverá ter que suprir no desenvolver da atividade. Por exemplo, estabelecendo um período de 24 horas para os três locais, utilizando a equação de infiltração acumulada, nesse período obtém-se os seguintes valores de infiltração: 13,66 cm para Fazenda Cabeceira Alta, 187,66 cm para Aquaforte Alevinos e 211,54 cm para o Sindicato Rural de Dourados. Ao simular a quantidade de água necessária para suprir a infiltração de um viveiro com área de 10.000 m² em cada uma das propriedades, obteve-se uma demanda de 1.300 m³ para a propriedade Fazenda Cabeceira Alta, 18.700m³ para Aquaforte Alevinos e 21.100 m³ para o Sindicato Rural de Dourados.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os solos dos locais avaliados são caracterizados por terem alto percentual de argila, onde a propriedade Fazenda Cabeceira Alta e Aquaforte Alevinos são classificadas como tendo solo argiloso, enquanto o Sindicato Rural de Dourados apresenta solo com classe textural muito argiloso. Os locais, mesmo com alto teor de argila apresentaram diferença de VIB e a determinação das equações de infiltração podem auxiliar na determinação da demanda hídrica de uma propriedade aquícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA CAROLINE SOUSA CAMPOS. **INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM VIVEIROS ESCAVADOS PARA A AQUICULTURA COM DIFERENTES TEMPOS DE USO.** *Iniversidade federal da grande dourados*, [s.l.], p. 33, 2018.
- ANTÔNIO, A. de C. **Propriedade de solo II textura, cor e porosidade.** *e-Tec Brasil - Solos*. [s.l.]: [s.n.], 2018. 20 p.
- BOYD, C. e. **Bottom Soils, Sediment, And Pond Aquaculture.** [s.l.]: Springer Science+ Business Media Dordrecht, 1995. 366 p. ISBN: 9781461357209.
- BRADY, N. C. **Elementos da natureza e propriedades do solo.** [s.l.]: [s.n.], 2005. 68–70 p. ISBN: 0685867498.
- DOURADO, F. de O. et al. **Determinação Da Velocidade De Infiltração Da Água Num Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Pelo Método Do Infiltrômetro De Duplo Anel.** *Premissas da Iniciação Científica 2*, [s.l.], nº 1c, p. 104–112, 2019. DOI: 10.22533/at.ed.09119110213.
- ELIANE APARECIDA ANTUNES FAGUNDES, MARCIO KOETZ, NORMAN RUDEL, TANIA SILVEIRA DOS SANTOS, R. P. **DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DE INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT.** *Universidade Federal do Mato Grosso*, [s.l.], p. 10, 2012. ISBN: 9785984520973.
- EMBRAPA. **MANUAL DE METODOS DE ANALISE DE SOLO.** In: TEIXEIRA, P. C.; FONTANA, G. K. D. A.; TEIXEIRA, W. G. (Orgs.). 3º Edição ed. [s.l.]: [s.n.], 2017. 577 p. ISBN: 9788570357717.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** *Embrapa Solos*. [s.l.]: [s.n.], 2018. 353 p. ISBN: 978-85-7035-198-2.
- FERMINO, L. D. S.; SILVA, H. V. **Anais Eletrônico.** [s.l.], p. 7–10, 2015. ISBN: 9788580849967.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2020.** [s.l.], p. 1–12, 2021.
- ITUASSÚ, D. R.; SPERA, S. T. **Abordagem prática do dimensionamento da demanda hídrica em projetos de piscicultura.** *Circular Técnica*, [s.l.], v. 2, p. 1–17, 2018.
- LAWSON, T. B. **Fundamentals of Aquacultural Engineering.** [s.l.]: Springer US, 1995. 364 p.
- MELO, A. X. De et al. **A estratégia de dominação pelos custos na piscicultura sul-mato-grossense: O caso da região de dourados/ms.** *Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional*, [s.l.], v. 6, nº 1, p. 2–21, 2010. ISSN: 1809239X.
- OLIVEIRA, P. N. De. **Engenharia para aquicultura.** [s.l.]: Fortaleza, 2013. 359 p.
- PEDROZA FILHO, M. X. et al. **O mercado de peixes da piscicultura no Brasil : estudo do segmento de supermercados.** *Embrapa Pesca e Aquicultura*, [s.l.], p. 40, 2020. ISSN: 2358-6273.
- PEIXEBR. **Anuário 2020 PeixeBr da Piscicultura.** *Associação Brasileira de Piscicultura*, [s.l.], p. 1–136, 2020.
- _____. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2021.** *Anuário 2021 Peixe Br*. Pinheiros: Texto Comunicação Corporativa, 2021. 71 p.
- RIBEIRO, C. M. F. C. L. P. C. E.; COSTA, A. de S. D. M. de J. R. de N. M. S. **DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO DA REGIÃO AMAZÔNICA.** [s.l.], p. 15, 2019. DOI: 10.18677/EnciBio.
- SILVA, M. A. Da. **Permeabilidade do solo submetido a diferentes graus de compactação**

em fundo de viveiro escavado para aquicultura. 49 p. - Universidade Católica de Goiás, 2009.

THAIS JANSON MERCANTE, C. et al. **Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil.** Bioikos, [s.l.], v. 21, n° 2, p. 79–88, 2007. ISSN: 2318-0900.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s.l.], v. 14, n° 17, p. 55–64, 2010.

VILARINHO, M. K. C. et al. **Velocidade De Infiltração Básica De Um Plintossolo Pétrico Situado Em Áreas De Pastagem E Cerrado.** *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, [s.l.], v. 13, n° 2, p. 3336–3345, 2019. ISSN: 1982-7679, DOI: 10.7127/rbai.v13n2001042.