



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CAMPUS LAGOA DO SINO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**

**DIMENSIONAMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO COMPACTA DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO A REDUÇÃO DE DUREZA E COMPOSTOS  
DE ENXOFRE PARA EMPREGO EM AVIÁRIOS**

**Candidato: Roberto Sgarbi Meira**

**Orientador: Prof. Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho**


BURI/SP

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE CIÊNCIAS  
DA NATUREZA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL


Folha de Aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do candidato ROBERTO SGARBI MEIRA, realizada em 27/01/2025:

Documento assinado digitalmente  
 JORGE LUIS RODRIGUES PANTOJA FILHO  
Data: 27/01/2025 10:21:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho - Orientador na instituição  
UFSCAR - Campus Lagoa Do Sino

Documento assinado digitalmente  
 HENRIQUE CARMONA DUVAL  
Data: 27/01/2025 16:58:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Henrique Carmona Duval da instituição UFSCAR - Campus  
Lagoa Do Sino

Documento assinado digitalmente  
 BEATRIZ CRUZ GONZALEZ  
Data: 27/01/2025 15:56:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof(a). Dr(a). Beatriz Cruz Gonzalez da instituição UFSCAR - Campus  
Lagoa Do Sino

## **Resumo**

Este trabalho apresenta o dimensionamento e a implantação de uma estação compacta de tratamento de água para aviários, com foco na redução da dureza e de compostos de enxofre na água subterrânea. A qualidade da água é crucial para a saúde e produtividade das aves, especialmente em aviários de frango de corte. O estudo foi realizado no Sítio São Roque, em Campina do Monte Alegre - SP, onde a água de um poço subterrâneo foi analisada para atender aos padrões de qualidade necessários.

## **Abstract**

This work presents the design and implementation of a compact water treatment station for poultry farms, focusing on reducing water hardness and sulfur compounds in groundwater. Water quality is crucial for the health and productivity of birds, especially in broiler chicken farms, where water represents up to. The study was conducted at Sítio São Roque, in Campina do Monte Alegre - SP, where water from a groundwater well was analyzed to meet the necessary quality standards.

Meira., Roberto Sgarbi

Dimensionamento e implantação de uma Estação Compacta de Tratamento de Água visando a redução de dureza e compostos de enxofre para emprego em aviários. / Roberto Sgarbi Meira. -- 2025. 53f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho.

Banca Examinadora: Henrique Carmona Duval., Beatriz Cruz Gonzalez.

Bibliografia

1. Tratamento de Água.. 2. Aviários.. I. Meira., Roberto Sgarbi. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>20</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

A busca pela viabilização econômica e social das propriedades agrícolas familiares tem sido objeto de diversos estudos, nas mais diferentes áreas do conhecimento. Sendo assim, é inegável a importância de apoiar o desenvolvimento dessas propriedades, considerando sua relevância não apenas na produção de alimentos, mas principalmente nas questões ambientais e sociais que esse importante segmento econômico representa (Decker et al., 2016).

A Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2024) afirma que o Brasil possui uma habilidade natural para a produção de alimentos. A vasta disponibilidade de recursos naturais e insumos fez com que o sistema de produção integrado e o elevado padrão sanitário fossem fatores fundamentais para o aumento da produtividade e competitividade do setor. Além disso, os fortes investimentos, o uso de alta tecnologia e a profissionalização do setor ao longo dos últimos quarenta anos fizeram com que a avicultura e a suinocultura brasileiras se tornassem líderes mundiais. A criação de frango é uma das principais atividades no Brasil, posicionando o país em segundo lugar no ranking mundial de produção e em primeiro no de exportação. Em 2023, o Brasil produziu mais de 14,8 milhões de toneladas de frango, o que torna essa atividade um pilar de grande importância social, ambiental e econômica.

Pode-se dizer que seu consumo de água dos frangos é praticamente o dobro da quantidade que ingerem de alimento, variando seu consumo com a temperatura ao longo do ano. Como a água representa até 70% do peso dos pintinhos (e pode atingir até 85% ao nascer), qualquer diminuição na ingestão de água ou aumento na perda de água teria um grande impacto na saúde da vida das aves; por isso, garantir um abastecimento de água limpa e suficiente é essencial devido ao papel básico que a água desempenha na saúde e no funcionamento dos processos biológicos (Revista Aviagen Brasil Tecnologia., 2008).

Para que os lotes de frangos de corte se desenvolvam adequadamente, é essencial que tenham acesso contínuo à água fresca, limpa e de qualidade, sendo fundamental que os produtores entendam os

comportamentos de consumo de água dos frangos para gerenciar eficientemente o sistema de fornecimento de água e garantir o máximo desempenho dos animais. Em média, um frango de corte visita o bebedouro pelo menos uma vez por minuto, retornando várias vezes ao longo do dia. As aves preferem comer e beber em grupo, um comportamento conhecido como “Facilitação Social”, o que explica porque elas apresentam um melhor desempenho quando estão em grupos (Gama et al., 2005).

Um dos grandes desafios da avicultura é manter a água com boa qualidade e temperatura ideal para o consumo das aves. A dificuldade surge devido às diferentes fontes de abastecimento, como poços artesianos e semi artesianos, fontes naturais, rede pública ou, em situações emergenciais, via caminhão pipa, rios e açudes, que podem conter impurezas ou contaminação microbiológica.

Normalmente, as águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, pois apresentam qualidades físicas e microbiológicas inadequadas devido à exposição contínua a fatores poluentes. Esses fatores podem causar desde a contaminação das aves por patógenos presentes na água até a redução no consumo de água e a ocorrência de diarreia devido à alta temperatura da água, o que resulta na queda no consumo de ração, baixo ganho de peso das aves e alta conversão alimentar, portanto, é fundamental monitorar a qualidade da água oferecida ao lote (Facchi et al., 2022).

Por sua vez, as águas subterrâneas frequentemente apresentam alta qualidade, sendo adequadas para o consumo humano sem necessitar de tratamento prévio, no entanto, já foram detectadas várias contaminações, tanto de origem humana quanto natural, que impedem essas águas de atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação, essas podendo provir de fontes externas ou ser inerentes à própria rocha onde a água é armazenada. A maior parte do abastecimento de água em áreas rurais é feita por meio de águas subterrâneas extraídas de poços tubulares, sejam eles rasos ou profundos, construídos em propriedades privadas. Esses poços raramente são testados quanto à qualidade da água. Além disso, a água fornecida pelo setor público é monitorada apenas por alguns parâmetros específicos, sem a realização de análises completas para detectar

contaminantes como metais, enxofre e elementos traços que podem comprometer sua potabilidade (Pauli et al., 2014).

Dentre os contaminantes possivelmente frequentes, os compostos de enxofre são de particular preocupação devido aos seus efeitos adversos tanto para a saúde das aves quanto para a infraestrutura das instalações. A presença de compostos sulfurados pode causar desde problemas respiratórios nas aves até a corrosão de equipamentos, resultando em custos elevados de manutenção e substituição.

Além dos problemas diretos causados pelos compostos de enxofre, a má qualidade da água, sob esse aspecto, pode impactar indiretamente a eficiência e rentabilidade das operações avícolas. A contaminação da água pode levar à necessidade de utilização de suplementos e medicamentos adicionais, aumentando os custos de produção. Por outro lado, a água de boa qualidade pode contribuir para o crescimento saudável das aves, resultando em uma melhor conversão alimentar e uma maior produtividade. Assim, um sistema de tratamento eficaz não só melhora a qualidade da água, mas também proporciona benefícios econômicos significativos para os produtores.

A escolha de uma estação de tratamento compacta é particularmente relevante no contexto de aviários, que muitas vezes estão localizados em áreas rurais com infraestrutura limitada. Via de regra, sistemas compactos são mais fáceis de instalar, operar e manter, além de requererem menos espaço, o que é um fator crítico em ambientes onde o espaço é limitado. A portabilidade e a modularidade dessas estações permitem uma implementação flexível e escalável, adaptando-se às necessidades específicas de cada instalação, o que é fundamental para garantir que a solução seja prática e sustentável a longo prazo.

Este projeto não só aborda um problema técnico específico, mas também contribui para a sustentabilidade e eficiência da produção avícola. Espera-se que este trabalho sirva de modelo para outras indústrias que enfrentam desafios semelhantes, promovendo a adoção de práticas mais sustentáveis e eficientes no uso dos recursos hídricos.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem a principal finalidade de dimensionar e projetar uma estação de tratamento de água para consumo

animal (aviários de frango de corte), com foco em diminuir as concentrações de enxofre e melhorar a qualidade da água extraída de um poço subterrâneo, localizado em uma área de produção familiar (Sítio São Roque), localizada no município de Campina do Monte Alegre - SP, sudoeste paulista.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um projeto de estação compacta de tratamento de água oriunda de manancial subterrâneo, visando o dimensionamento adequado na remoção eficiente de compostos de enxofre para garantir a qualidade da água utilizada em aviários.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Analisar a composição química da água subterrânea utilizada em aviários para identificar a presença e concentração de dureza e compostos de enxofre.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 QUALIDADE DA ÁGUA**

Essencial para a vida, a água é um recurso necessário para quase todas as atividades humanas. No entanto, a escassez de água potável é uma realidade em várias regiões do mundo e, em muitos casos, resulta da exploração predatória dos recursos hídricos e da intensificação de atividades poluidoras, o que tem levado a problemas relacionados à falta de água em condições adequadas de quantidade e qualidade, até mesmo para atender às necessidades mais básicas das populações. Diante dessa situação, há atualmente um aumento significativo no consumo de águas subterrâneas, pois seu uso para atividades humanas apresenta baixo custo e excelente qualidade natural (Da Silva et al., 2007).

### 3.1.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 3.1.1.1 pH

O pH mede a acidez ou alcalinidade de uma solução, variando de 0 a 14. Valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas, enquanto valores acima de 7 são básicos; pH igual a 7 é neutro. A escala de pH é logarítmica, então uma mudança de uma unidade representa uma alteração de dez vezes na concentração de íons de hidrogênio.

A expressão matemática para o pH está descrita na Equação 1:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \text{ (Equação 1)}$$

Em que:  $[\text{H}^+]$  é a concentração de íons de hidrogênio.

Para aves, o pH ideal da água é entre 6,5 e 8,5, pois afeta a absorção de nutrientes, a digestão e a saúde geral. Do ponto de vista das instalações, um pH fora dessa faixa pode causar problemas como corrosão, alteração na eficácia dos desinfetantes, ou precipitação de minerais (Fernandes et al., 2020).

#### 3.1.1.2 Dureza

A dureza da água mede a concentração de íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), geralmente expressa em miligramas por litro (mg/L) de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A dureza da água pode ser dividida em dureza de cálcio e dureza de magnésio, com a dureza total sendo a soma de ambas. A classificação da dureza da água é a seguinte (Tabela 1):

Tabela 1: Faixas de concentrações de dureza

Água Muito Mole	Água Mole	Água Moderadamente Dura	Água Dura	Água Muito Dura
<60 mg/L	60-120 mg/L	120-180 mg/L	180-300 mg/L	>300 mg/L

Fonte: Grupo Hídrica

A concentração de íons de cálcio e magnésio em solução, que formam precipitados de carbonato de cálcio e magnésio, é o fator que determina a dureza da água, expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Outros íons, como ferro, zinco, cromo e manganês, também contribuem para a dureza da água.

A dureza pode conferir um sabor desagradável à água e causar efeitos laxativos em determinados níveis. O maior problema da dureza é a formação de incrustações nas tubulações devido ao acúmulo de material precipitado, o que prejudica a vazão de água nos bebedouros e, indiretamente, afeta a produção de frangos de corte. Onde também pode reduzir a eficácia de certos medicamentos, como a oxitetraciclina, que é inativada pelos íons de cálcio, magnésio e ferro, além de impactar a eficiência de alguns desinfetantes, como a amônia quaternária, que perde sua eficácia em águas duras.

Sabões e detergentes também são afetados pela dureza da água, com sua capacidade de formar espuma diminuída, o que compromete a limpeza e desinfecção das instalações (SILVA et al., 2023).

### 3.1.1.3 Cálcio

O cálcio é um mineral essencial para a saúde e o funcionamento biológico das aves. Ele é fundamental para a formação dos ossos e dentes, a produção de ovos (especialmente para a formação das cascas), a contração muscular e a coagulação sanguínea. Na água, a concentração ideal de cálcio para o consumo das aves varia entre 20 e 60 mg/L, e o monitoramento regular é necessário para assegurar que os níveis estejam adequados.

O cálcio na água geralmente provém da dissolução de minerais como calcário e gesso. Concentrações adequadas de cálcio garantem a saúde óssea das aves, uma produção eficiente de ovos e o bom funcionamento fisiológico. Concentrações insuficientes podem levar a osteoporose, deformidades esqueléticas e problemas na produção de ovos, enquanto níveis excessivos (>60 mg/L) podem interferir na absorção de outros minerais e causar depósitos minerais em sistemas de distribuição de água (Nutrient Requirements of Poultry., 1998).

#### **3.1.3.4 Magnésio**

O magnésio é um mineral essencial para várias funções biológicas nos organismos vivos. Na água, sua concentração é um indicador crucial da qualidade da água e influencia diretamente a saúde das aves. O magnésio participa como cofator em mais de 300 reações enzimáticas, é vital para a formação e manutenção dos ossos, e desempenha um papel crucial na função muscular e nervosa. Além disso, ajuda na regulação do metabolismo e na produção de energia celular.

Na água, o magnésio geralmente provém da dissolução de minerais como dolomita e magnesita. A concentração ideal de magnésio para o consumo das aves é entre 10 e 30 mg/L. Monitorar essa concentração é importante para assegurar que as aves recebam a quantidade adequada do mineral.

Concentrações adequadas de magnésio ajudam a manter a saúde óssea, a função muscular e a eficácia das reações enzimáticas. Deficiências podem causar hipomagnesemia, fraqueza muscular, tremores, convulsões, problemas ósseos e distúrbios metabólicos. Por outro lado, excessos de magnésio (>50 mg/L) podem ter efeitos laxantes, causando diarreia e desidratação, e podem interferir na absorção de cálcio, levando a desequilíbrios minerais (Klasing et al., 2018)

#### **3.1.3.5 Ferro**

O ferro é um mineral essencial para muitos processos biológicos, e sua concentração na água afeta a saúde das aves e a qualidade geral da água. É crucial para o transporte de oxigênio via hemoglobina, para funções enzimáticas, para a função imunológica e para o crescimento e desenvolvimento das aves.

O ferro na água geralmente provém da dissolução de minerais como hematita e magnetita, ou da corrosão de tubulações e equipamentos de aço. A concentração ideal de ferro para água destinada a aves é geralmente abaixo de 0,3 mg/L. Monitorar regularmente essa concentração é importante para garantir que as aves recebam ferro suficiente sem riscos de toxicidade ou problemas de qualidade da água (Gama et al., 2004).

Concentrações adequadas de ferro são vitais para a saúde das aves, permitindo uma produção adequada de hemoglobina e uma função imunológica eficaz. Deficiências de ferro podem causar anemia, fraqueza, letargia, e imunidade comprometida. Por outro lado, concentrações excessivas (>0,3 mg/L) podem levar a problemas de qualidade da água, como manchas em equipamentos e tubulações, alterações no sabor da água e crescimento de bactérias ferrogênicas, além de toxicidade, que pode resultar em problemas gastrointestinais e interferir na absorção de outros minerais essenciais (Gama et al., 2004).

### **3.1.3.6 Manganês**

O manganês é um mineral essencial para várias funções biológicas, incluindo a atividade enzimática, o metabolismo ósseo, a defesa antioxidante e a função imunológica. Na água, o manganês provém da dissolução de minerais como pirolusita e pode ser introduzido através da corrosão de tubulações. Para água destinada ao consumo de aves, a concentração ideal de manganês é geralmente abaixo de 0,5 mg/L.

Concentrações adequadas ajudam a manter a saúde óssea e a função metabólica, enquanto a deficiência pode causar problemas ósseos, distúrbios metabólicos e comprometimento imunológico. Excesso de manganês pode

ser tóxico e causar problemas neurológicos, além de afetar a qualidade da água, deixando-a com coloração escura e causando manchas em equipamentos.

O manganês pode interferir na absorção de outros minerais, como ferro e cálcio. Para ajustar a concentração, métodos como filtração, oxidação e precipitação, e sistemas de troca iônica são utilizados para reduzir o manganês, enquanto suplementos podem ser adicionados à dieta das aves para corrigir deficiências (Amaral et al., 2021)

### **3.1.3.7 Cloreto**

O cloreto é um íon essencial derivado do mineral cloro, fundamental para processos fisiológicos e para a qualidade da água. Na água, ele contribui para a condutividade e o equilíbrio eletrolítico.

Biologicamente, o cloreto é crucial para manter o equilíbrio eletrolítico no corpo das aves, ajudando com sódio e potássio na regulação de fluidos e pressão osmótica. Também é necessário para a produção de ácido clorídrico no estômago, essencial para a digestão de proteínas e absorção de nutrientes, e participa da função nervosa e muscular.

Na água, o cloreto pode vir de minérios naturais como sal-gema ou de poluição industrial e fertilizantes. A concentração ideal de cloreto na água para aves é entre 50 e 200 mg/L. Níveis fora dessa faixa podem afetar a saúde das aves, com concentrações baixas causando desequilíbrios eletrolíticos e problemas digestivos, e concentrações altas provocando desidratação, problemas renais, aumento da condutividade da água e desconforto gastrointestinal (CETESB., 2018).

### **3.1.3.8 Sódio**

O sódio é um mineral essencial e um dos principais íons nos fluidos corporais, desempenhando papéis cruciais no equilíbrio eletrolítico e na qualidade da água. No corpo das aves, o sódio é fundamental para regular o

equilíbrio de fluidos, a pressão osmótica, a função nervosa, a pressão arterial e a absorção de nutrientes.

O sódio pode entrar na água a partir de minerais naturais, como o sal-gema, ou por poluição industrial e uso de sal para descongelamento. Para consumo de aves, a concentração ideal de sódio na água é entre 20 e 100 mg/L. Medir regularmente a concentração é essencial para garantir que os níveis estejam adequados.

Concentrações adequadas de sódio são importantes para manter o equilíbrio eletrolítico e a função nervosa. Concentrações baixas podem causar desequilíbrio eletrolítico, problemas nervosos e redução do apetite e crescimento. Já níveis elevados podem levar à desidratação, aumento da pressão arterial e alteração na qualidade da água (Watkins et al., 2018).

### **3.1.3.9 Sulfato**

O sulfato é um ânion composto de enxofre e oxigênio e desempenha papéis importantes tanto na qualidade da água quanto na saúde das aves. No organismo, o sulfato é crucial para desintoxicação, síntese de proteínas, saúde óssea e digestão.

O sulfato na água pode vir de minerais naturais, como a gipsita, ou da poluição industrial e uso de fertilizantes. A concentração ideal de sulfato para água destinada a aves é geralmente abaixo de 250 mg/L. Concentrações adequadas de sulfato são importantes para a função metabólica e a qualidade da água. Concentrações extremamente baixas podem impactar a síntese de aminoácidos e proteínas, enquanto níveis elevados podem causar diarreia, alterar o sabor da água e provocar corrosão em equipamentos. O sulfato também pode interagir com cálcio, magnésio e sódio, afetando a solubilidade e o equilíbrio eletrolítico (CETESB., 2018).

### **3.1.3.10 Nitratos**

Os nitratos são sais do ácido nítrico com o ânion  $\text{NO}_3^-$  e são indicadores importantes de poluição na água, podendo impactar a saúde das

aves e a qualidade da água. Biologicamente, nitratos fornecem nitrogênio, essencial para a síntese de aminoácidos e proteínas, embora as aves não usem nitratos diretamente.

As principais fontes de nitratos na água incluem fertilizantes nitrogenados, efluentes industriais e esgoto, e a decomposição de matéria orgânica. A concentração ideal de nitratos para água destinada a aves é geralmente abaixo de 10 mg/L. É crucial monitorar esses níveis para evitar problemas.

Níveis adequados de nitratos geralmente não causam problemas, mas concentrações elevadas podem levar a metemoglobinemia em aves (que interfere na capacidade de transporte de oxigênio do sangue), problemas de crescimento e desenvolvimento nas aves, e contribuir para a eutrofização, que deteriora a qualidade da água. Nitratos interagem com nitritos e amônia no ciclo do nitrogênio (Pelegri et al., 2016).

#### **3.1.3.11 Chumbo**

O chumbo é um metal pesado tóxico para aves e não possui função biológica essencial. Sua presença na água é prejudicial e deve ser minimizada. As principais fontes de chumbo na água incluem poluição industrial, desgaste de tubulações e resíduos sólidos contaminados.

A concentração ideal de chumbo na água para aves deve ser tão baixa quanto possível, com o nível máximo recomendado para consumo humano sendo de 0,01 mg/L (10 µg/L). Qualquer presença de chumbo é indesejável, pois concentrações elevadas podem causar toxicidade aguda, como dor abdominal e vômitos, e toxicidade crônica, com danos neurológicos e problemas de crescimento (Watkins et al., 2018).

#### **3.1.3.12 Cobre**

O cobre é um metal essencial em pequenas quantidades para muitos organismos, incluindo aves, onde o íon cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) desempenha papéis cruciais como co-fator enzimático, ajudando na produção de energia, na

formação de hemoglobina, no sistema imunológico e no metabolismo do ferro. No entanto, sua presença na água deve ser monitorada com atenção, pois tanto a deficiência quanto o excesso podem causar problemas de saúde. Fontes comuns de cobre na água incluem tubulações de cobre, poluição industrial e produtos agrícolas contendo cobre. A concentração ideal para a água destinada às aves é geralmente inferior a 0,2 mg/L (200 µg/L). Concentrações adequadas são importantes para funções biológicas, mas níveis muito baixos podem causar anemia, problemas imunológicos e de crescimento, enquanto concentrações elevadas podem levar a toxicidade aguda e crônica, afetando o fígado, rins e trato gastrointestinal. O cobre também interage com outros minerais como zinco e ferro, competindo pela absorção. Para ajustar a concentração de cobre, pode-se usar filtração, tratamento químico e substituir tubulações de cobre, enquanto suplementos devem ser usados com cautela para evitar toxicidade (Watkins et al., 2018).

### **3.1.3.13 Zinco**

O zinco é um mineral essencial encontrado em pequenas quantidades em muitos organismos, incluindo aves, e é vital para várias funções biológicas e metabólicas. O íon zinco ( $Zn^{2+}$ ) atua como co-fator para mais de 300 enzimas envolvidas na síntese de proteínas, divisão celular e cicatrização de feridas, além de desempenhar um papel crucial no sistema imunológico, crescimento e desenvolvimento das aves, e no metabolismo de nutrientes como ferro e vitamina A.

Na água, o zinco pode originar-se de poluição industrial, desgaste de tubulações e produtos agrícolas. A concentração ideal de zinco para o consumo das aves deve ser inferior a 5 mg/L (5000 µg/L). Concentrações adequadas são importantes para a saúde e crescimento das aves, mas níveis muito baixos podem causar problemas de crescimento, imunológicos, de pele e metabolismo, enquanto concentrações elevadas podem levar a toxicidade aguda e crônica, danos ao fígado e rins, e interferir na absorção de outros minerais como ferro e cobre (Substâncias Indesejáveis Manual., 2022).

## **3.1.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS**

### **3.1.2.1 Bactérias Totais (TPC)**

O termo "Bactérias Totais" refere-se ao total de microrganismos bacterianos em um volume de água, sendo medido em Unidades Formadoras de Colônias por Mililitro (UFC/mL). A contagem total de placas (TPC) indica a quantidade de bactérias viáveis presentes na amostra. A medição de bactérias totais é essencial para avaliar a qualidade da água e a eficácia dos processos de tratamento. Elevados níveis de bactérias podem sugerir contaminação e falhas no tratamento, comprometendo a segurança da água para consumo de aves e indicando possíveis riscos à saúde das aves, como doenças e problemas digestivos. A análise é feita por métodos de cultivo, onde a amostra é diluída, inoculada em placas de água, incubada e as colônias bacterianas formadas são contadas. Para garantir a qualidade, a água destinada ao consumo de aves deve ter menos de 100 UFC/mL. Fatores como a fonte da água, tratamento e armazenamento influenciam a contagem de bactérias. Para manter os níveis baixos, é crucial implementar tratamentos eficazes, monitorar regularmente a água e manter a higiene e a manutenção adequadas dos sistemas de armazenamento e distribuição (Prescott et al., 2005).

### **3.1.2.2 Coliformes totais**

Coliformes totais são um grupo de bactérias que servem como indicadores da presença de microrganismos na água, incluindo possíveis patógenos. A detecção de coliformes totais é fundamental para avaliar a qualidade da água e a eficácia dos processos de tratamento, pois sua presença pode indicar contaminação fecal e patógenos de origem hídrica. Para analisar a água, utilizam-se métodos como filtração por membrana, número mais provável (NMP) e contagem mais provável (MPN), onde a presença de coliformes é identificada por seu crescimento em meios específicos. Idealmente, a água destinada ao consumo deve estar isenta de coliformes totais, com a maioria das normas exigindo zero coliformes por 100 mL para garantir segurança. A presença desses microrganismos pode causar doenças gastrointestinais das aves, afetar seu crescimento e indicar falhas

nos processos de tratamento da água. Fatores que influenciam a presença de coliformes incluem a fonte de água, a eficácia do tratamento e a manutenção dos sistemas de distribuição. Para controlar e reduzir a presença de coliformes, é necessário implementar processos adequados de desinfecção, realizar monitoramentos regulares e manter uma boa higiene e manutenção dos sistemas de água (Prescott et al., 2005).

### **3.1.2.3 Coliformes Termotolerantes**

Coliformes fecais são um subgrupo específico de coliformes totais, encontrado principalmente no trato gastrointestinal de animais de sangue quente. A presença desses microrganismos na água indica contaminação recente com matéria fecal, sinalizando a possível presença de patógenos prejudiciais. A medição de coliformes fecais é crucial para garantir a segurança da água, já que a presença desses microrganismos sugere a existência de patógenos que podem causar doenças gastrointestinais e outras infecções.

Os métodos comuns para análise incluem a filtração por membrana, onde a água é filtrada e as colônias de coliformes fecais são contadas após incubação em meio específico, e o método de número mais provável (NMP), que usa meios de cultura para detectar e estimar a concentração de coliformes fecais. A faixa ideal para a água destinada ao consumo de aves é de zero coliformes fecais por 100 mL. Qualquer quantidade é considerada inaceitável, conforme as regulamentações de qualidade da água.

A presença de coliformes fecais pode causar doenças gastrointestinais nas aves e afetar seu crescimento e saúde geral. Fatores como a fonte da água, a eficácia do tratamento e possíveis contaminações cruzadas influenciam a presença desses microrganismos. Para controlar e reduzir coliformes fecais, é necessário implementar processos eficazes de desinfecção, realizar monitoramentos regulares e garantir a limpeza adequada dos sistemas de água (Substâncias Indesejáveis Manual., 2022). Podendo ser observada na tabela 2 abaixo algumas dessas doenças de veiculação hídrica.

Tabela 2: Doenças de veiculação hídrica

Doenças de veiculação hídrica	
Doença	Respiratória
Crônica (DCR)	
Colibacilose	
Cólera Aviária	
Tifo Aviário	
Pulorose	

Fonte: Silva et al., 2023

### 3.1.3 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA AVIÁRIOS

Existem várias tecnologias e métodos utilizados para o tratamento da água em aviários, com o objetivo de garantir que a água seja limpa, livre de patógenos e adequada para o consumo das aves. Aqui estão algumas das principais tecnologias e práticas utilizadas (Hancock et al, 2007):

#### Filtração

- **Filtros mecânicos:** Removem partículas sólidas, como terra, areia e sedimentos. Podem ser filtros de areia, cartuchos ou discos.
- **Filtros de carvão ativado:** Retira substâncias químicas indesejadas, como cloro, pesticidas e compostos orgânicos voláteis (COVs), que podem comprometer a saúde das aves.

#### Desinfecção

- **Cloração:** O uso de cloro é uma das formas mais comuns de desinfecção da água. Ele mata bactérias, vírus e outros microrganismos. No

entanto, é importante monitorar os níveis de cloro para evitar toxicidade para as aves.

- **Radiação ultravioleta (UV):** A radiação UV é usada para inativar microrganismos presentes na água sem a necessidade de produtos químicos. É eficiente contra bactérias, vírus e protozoários.
- **Ozônio:** O ozônio é um oxidante forte que desinfeta a água ao eliminar microrganismos. Após a oxidação, o ozônio se converte em oxigênio, sem deixar resíduos químicos.

### **Correção do pH**

- Ajustar o pH da água é essencial para evitar corrosão nos equipamentos e garantir que os medicamentos e suplementos administrados através da água sejam eficazes. Produtos como ácido cítrico ou ácido acético são frequentemente usados para corrigir o pH da água em aviários.

### **Sistemas de Osmose Reversa**

- A osmose reversa é uma técnica utilizada para remover sais dissolvidos, metais pesados e outros contaminantes da água. Embora seja um processo mais caro, pode ser necessário em regiões onde a água tem altos níveis de salinidade ou contaminantes químicos.

### **Tratamento com Peróxido de Hidrogênio**

- Em alguns casos, o peróxido de hidrogênio é utilizado como desinfetante e para a remoção de biofilmes das tubulações. Ele age de forma eficaz contra uma ampla gama de patógenos e também ajuda a manter as linhas de água limpas.

### **3.1.4 LEGISLAÇÃO PARA QUALIDADE DA ÁGUA EM AVIÁRIOS**

No Brasil, ainda não existe uma legislação específica e abrangente que regulamente o tratamento de água em aviários de frango. A gestão de recursos hídricos nesse setor, embora fundamental para a saúde das aves e a qualidade do produto final, depende, em grande parte, de diretrizes gerais que não abordam de forma detalhada as particularidades do manejo em aviários.

Isso leva as empresas a buscarem alternativas em normativas internacionais, que oferecem diretrizes mais robustas e estabelecem práticas recomendadas para garantir a eficiência no uso da água e a sustentabilidade das operações.

Empresas como a JBS, por exemplo, têm adotado materiais e padrões internacionais para implementar sistemas de tratamento de água em suas operações, visando atender às exigências de qualidade e segurança alimentar, assim como otimizar o uso de recursos hídricos em suas instalações. A adoção dessas diretrizes internacionais permite que as empresas se alinhem às melhores práticas do setor, contribuindo para a sustentabilidade e minimizando os impactos ambientais de suas atividades. Contudo, a falta de uma legislação nacional específica ainda representa um desafio para a padronização e a fiscalização desse importante aspecto da produção avícola (Watkins et al., 2018)

O Brasil sendo o segundo no ranking mundial de produção de frango e primeiro em exportação, deve-se pensar seriamente em uma legislação própria para o sistema hídrico em aviários em todo seu país, pois uma das dificuldades encontradas em um sistema é saber atender a necessidade do produto animal em questões de sistemas físico-químicos da água. Na tabela 3 abaixo podemos observar os parâmetros aceitáveis de cada elemento.

Tabela 3. Padrões de Qualidade da Água para Aves

Parâmetro	Níveis considerados médios	Nível Máximo Aceitável
Bactérias totais	0 UFC/mL	1000 UFC/mL
Coliformes Totais	0 UFC/mL	50 UFC/mL
Coliformes Fecais	0 UFC/mL	0 UFC/mL
ph	6,5 - 7,8	5 - 8

Dureza Total	60 - 180 mg/l	110 mg/L
Cálcio	60 mg/L	-
Magnésio	14 mg/L	125 mg/L
Ferro	0,2 mg/L	0,3 mg/L
Manganês	0,01 mg/L	0,05 mg/L
Cloreto	50 mg/L	150 mg/L
Sódio	50 mg/L	150 mg/L
Sulfatos	15-40 mg/L	200 mg/L
Nitratos	1-5 mg/L	25 mg/L
Chumbo	0 mg/L	0,014 mg/L
Cobre	0,002 mg/L	0,6 mg/L
Zinco	-	1,5 mg/L

Fonte: Araunatech, 2024

No Brasil, é comum que águas residuais provenientes de áreas urbanas e agrícolas, que contêm microrganismos patogênicos, sejam despejadas nos ambientes aquáticos ou no solo. Essas águas, carregadas pelas chuvas, acabam alcançando corpos d'água superficiais e subterrâneos, contaminando assim as fontes de água usadas tanto para o consumo humano quanto para a nutrição animal. A água destinada à dessedentação das aves também pode ficar contaminada dentro do aviário devido ao contato com fezes, secreções e muco de aves doentes. Embora a água não ofereça condições ideais para a proliferação de microrganismos patogênicos, estes podem sobreviver o tempo suficiente para possibilitar a transmissão hídrica. A presença de doenças transmitidas pela água pode resultar em perdas

econômicas para o produtor e introduzir doenças zoonóticas no plantel, configurando um problema de Saúde Pública. Por isso, é crucial adotar medidas de controle microbiológico da água para prevenir tais doenças.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) recomenda o uso da *Escherichia coli* como indicador da qualidade microbiológica da água em estabelecimentos avícolas. Essa bactéria representa 95% dos coliformes fecais encontrados na água. A presença de *Escherichia coli* é considerada o melhor sinal de contaminação fecal conhecida até hoje. Geralmente, essa bactéria não se multiplica nem permanece viável por muito tempo na água devido à baixa concentração de nutrientes presente neste meio (Barbosa et al., 2013).

A água deve ser tratada como tal na nutrição dos frangos. Em todas as fases da criação, a água precisa ser abundante, limpa, livre de contaminantes, fresca e com temperatura em torno de 22°C. Ela entra no corpo por três vias principais: através da ingestão de bebidas, dos alimentos e de processos orgânicos. O consumo de água depende de diversos fatores, como a idade das aves, o teor de sal e proteína da dieta, a temperatura ambiente e o tipo de ração oferecida. Em média, utiliza-se como referência o consumo de dois litros de água para cada quilo de ração ingerida pelos frangos. A tabela apresenta estimativas do consumo diário de água. Monitorar o consumo de água é essencial, pois uma variação abrupta pode indicar problemas de saúde nas aves. A salinidade da água, medida em sólidos totais (ST), deve ser inferior a 10 mg de ST/litro e, no máximo, 3000 mg de ST/litro. Não deve haver presença de coliformes em qualquer quantidade, e o tratamento pode ser feito com hipoclorito de sódio, usando-se 0 g de cloro para cada mil litros de água (EMBRAPA., 2021).

Tabela 4: Tabela de consumo de água per capita dos aviários

---

<b>Seman</b>	<b>ml / dia / frango</b>	<b>l/dia/110.000 frangos</b>
--------------	--------------------------	------------------------------

---

**a**

---

1	32	3520
2	69	7590
3	104	11440
4	143	15730
5	179	19690
6	214	23540
7	250	27500
8	286	31460

Fonte: EMBRAPA, 2010

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O local de estudo está situado em uma propriedade particular, denominada Sítio São Roque, a qual foi escolhida por ser de domínio da minha família, no município de Campina do Monte Alegre, no interior de São Paulo. Nesse local, encontram-se três aviários, com um total aproximado de 110.000 frangos alojados. O objetivo é criá-los para posteriormente fornecê-los à integradora “Itabom” (empresa que fornece as aves), visando o abate desses animais. O proprietário, responsável pelos aviários, tem a função de garantir uma boa ambiência para as aves, incluindo o fornecimento adequado de água para sua criação, porém no projeto não ocorreu uma análise pós implantação devido a uma falta de comprometimento por parte da empresa. Logo abaixo podemos notar um aviário com 35.000 frangos alojados.

Figura 1: Aviário



Figura 2: Frangos alojados



Fonte: Autoria Própria

#### 4.2 Caracterização qualitativa da água bruta

Foram coletadas duas amostras de água do poço da propriedade e encaminhadas para uma empresa chamada “Araunatech”, localizada em Minas Gerais, que foi o laboratório responsável por realizar as análises dos seguintes parâmetros de qualidade da água: alcalinidade, cálcio, condutividade, dureza, ferro total, magnésio, pH, sílica, sulfato, turbidez, nitrato, nitrito, sólidos dissolvidos totais e odor. Os parâmetros foram analisados de acordo com os métodos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros e métodos de análise para caracterização da água

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Especificações</b>
<b>Alcalinidade e alcalinidade total</b>	Método de titulação	Utiliza titulação com um ácido forte, como HCl, até alcançar os pontos finais de pH específicos
<b>Cálcio</b>	Método Complexométrico (EDTA)	Titulação com EDTA
<b>Condutividade e</b>	Condutímetro	Medição direta da capacidade da água de conduzir eletricidade.
<b>Dureza</b>	Método Complexométrico (EDTA)	Determinação da dureza total através de titulação com EDTA.
<b>Ferro total</b>	Espectrofotometria	Utilização de reagentes que formam complexos coloridos com ferro.
<b>Magnésio</b>	Método Complexométrico (EDTA)	Determinação indireta pela diferença entre a dureza total e a dureza de cálcio
<b>pH</b>	pHmetro	Instrumento eletrônico que mede o potencial hidrogeniônico da água.
<b>Sílica</b>	Espectrofotometria UV-Vis	Utilização de reagentes como molibdato de amônio para formar complexos coloridos com sílica.

<b>Sulfato</b>	Turbidimetria	Formação de precipitado de sulfato de bário e medição da turbidez resultante
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro	Medição da quantidade de luz que é espalhada por partículas suspensas na água.
<b>Nitrato</b>	Espectrofotometria UV	Medição direta da absorvência na faixa UV
<b>Nitrito</b>	Espectrofotometria	Reação com reagentes diazotizantes e de acoplamento para formar um composto colorido
<b>Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)</b>	Gravimetria	Evaporação de uma amostra filtrada e pesagem do resíduo seco Correlação empírica entre a condutividade e a concentração de SDT.
<b>Odor</b>	Análise Organoléptica	Avaliação por um painel de julgadores treinados, medindo o odor em diferentes diluições.

Fonte: Standard Methods

### 4.3 Demanda de água

No desenvolvimento de projetos e dimensionamento de sistemas de abastecimento de água para granjas avícolas, é necessário estimar a demanda de água. Para isso, utilizam-se duas equações principais: a de consumo médio diário e a de consumo de pico. Tais equações estão apresentadas a seguir:

A equação 1, que apresenta o consumo médio diário ( $Q_{\text{média}}$ ), possibilita a determinação da quantidade total de água necessária para o consumo diário das aves, baseando-se no número de animais e na quantidade de água consumida por cada um.

$$Q_{\text{média}} = N \times C \quad (1)$$

Em que:  $Q_{\text{média}}$  = consumo médio diário das aves;  $N$  = número de aves;  $C$  = cota per capita (L/ave/dia).

Para garantir que o sistema de abastecimento possa atender às variações diárias no consumo, também se considera o consumo de pico, que é usualmente 15 a 20% acima do consumo médio. Este fator  $F_{\text{pico}}$  é importante para garantir que o sistema possa suportar variações de demanda que ocorrem naturalmente, evitando escassez de água nos momentos de maior consumo. A equação 2, que permite estimar o consumo de pico ( $Q_{\text{pico}}$ ) é dada por:

$$Q_{\text{pico}} = Q_{\text{média}} \cdot F_{\text{pico}} \quad (2)$$

Em que:  $Q_{\text{pico}}$  é o consumo de pico diário (L/dia);  $F_{\text{pico}}$  é um fator adimensional que representa o aumento percentual do consumo de pico em relação ao consumo médio, variando entre 1,15 e 1,20.

#### **4.4 Seleção das tecnologias: dimensionamento**

No dimensionamento do projeto foi realizada uma extensa revisão de literatura para avaliar o melhor método de tratamento para remoção de dureza e enxofre, e, dentre várias opções disponíveis, optou-se por um sistema automático de filtro de carvão ativado instalado no local em conjunto com o sistema de abrandamento catiônico. Além disso, as melhores opções foram discutidas com a empresa “araunatech”, a qual possui certa expertise no assunto. O projeto envolveu a determinação da capacidade necessária, o dimensionamento dos componentes

principais (abrandador catiônico e a coluna de adsorção) e o desenvolvimento de um layout eficiente e compacto, considerando a disponibilidade de espaço nos aviários, a eficiência energética, a gestão de resíduos e os custos de implementação e operação (Figura 3). Todos esses aspectos foram avaliados com base no volume de água tratada e na taxa de tratamento.

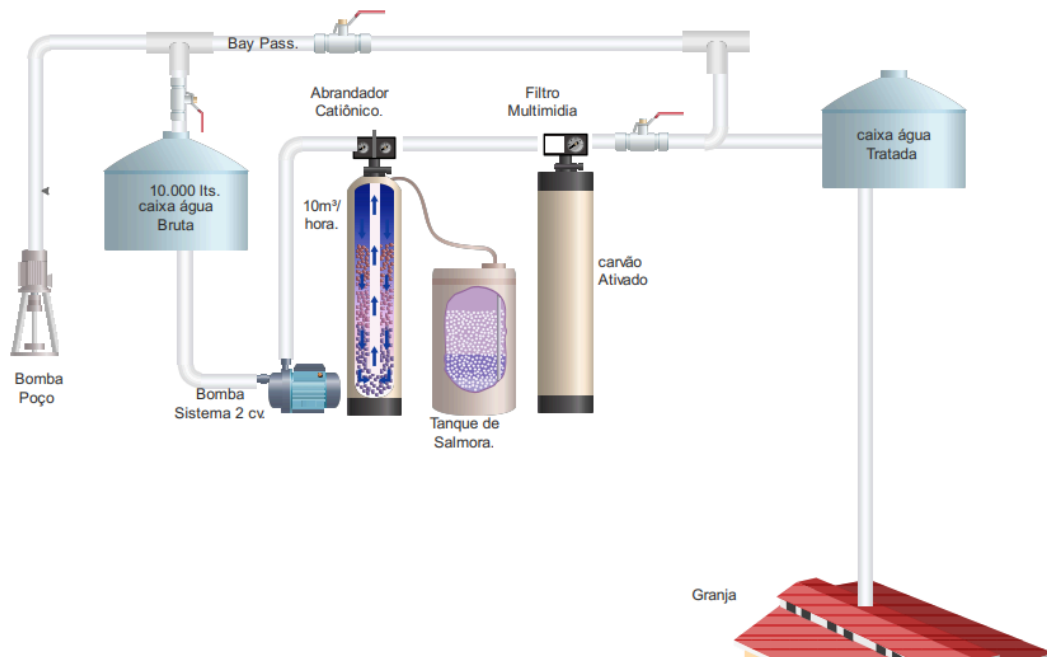


Figura 3: Layout da Estação Compacta de Tratamento de Água

O coração do sistema consiste em um abrandador catiônico e uma torre de adsorção os quais foram dimensionados através de um aplicativo chamado “Plutocalc Water” (<https://www.plutocalc.com/plutocalc/index-pt.html>).

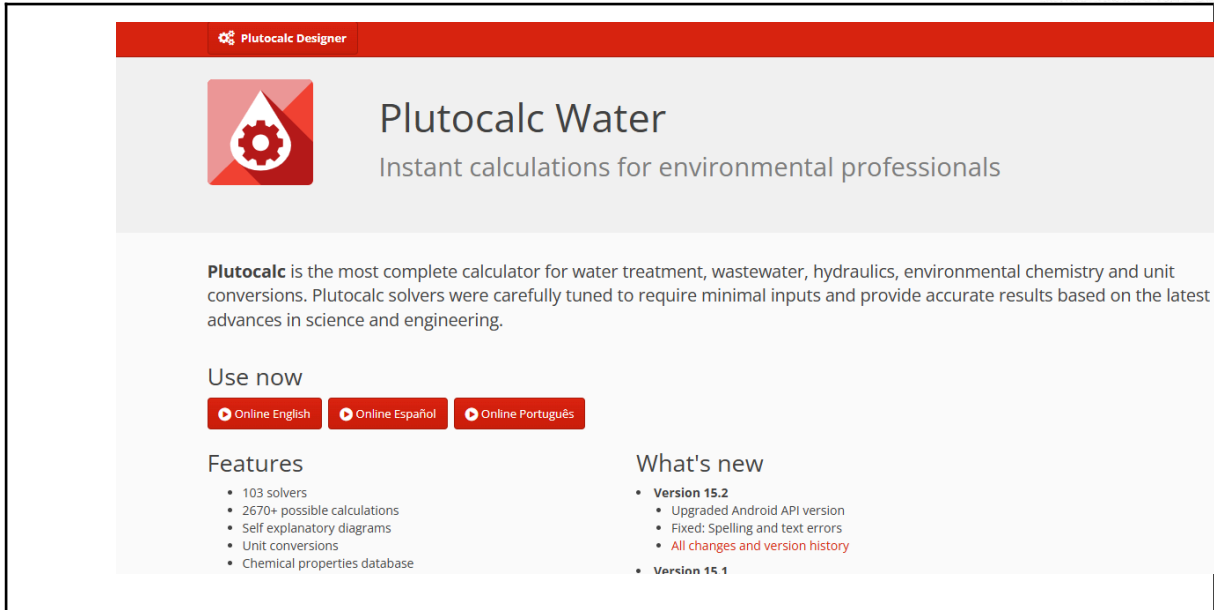


Figura 4: Aplicativo Plutocalc Water

onde se utilizou as equações abaixo:

#### 4.4.1 Abrandador de troca iônica

##### Passo 1: Volume produzido na campanha:

Multiplica-se a vazão bruta pela duração da campanha, sendo:

$$Q \times t = v \quad (3)$$

Em que Q é a vazão (m<sup>3</sup>/h); t é o tempo (h) e v é o volume (m<sup>3</sup>).

##### Passo 2: Dureza da água de alimentação (Ci):

$$M_i = C_i \times V_{total} \quad (4)$$

Em que Mi é a quantidade de íons na água de alimentação (mg); Ci é a dureza (mg/L); V é o volume total (m<sup>3</sup>)

##### Passo 3: Concentração de Sódio na alimentação

$$[Na] = [NaCl] \times \frac{23}{58,44} \quad (5)$$

Em que [NaCl] é a concentração de cloreto de sódio na água de alimentação (mg/L ou ppm); 23 é a massa molar do sódio (g/mol); 58,44 é a Massa molar do cloreto de sódio (g/mol).

**Passo 4: Nível de regenerante:**

$$N_r = \frac{C_t}{E \times V_r} \quad (6)$$

Em que  $N_r$  é o Nível de regenerante (g/L de resina);  $C_t$  é a Capacidade de troca necessária (g de  $\text{CaCO}_3$ );  $E$  é a Eficiência do regenerante (%);  $V_r$  é o Volume de resina (L).

**Passo 5: Volume da resina ( $V_r$ )**

$$V_{res} = \frac{Q \times t_{operação} \times C_i}{C_{res}} \quad (7)$$

Em que  $V_r$  é o volume da resina (L);  $Q$  é a vazão;  $t$  é tempo (h)  $C_i$  é a dureza da água (mg/L);  $C$  é a capacidade de troca da resina (em g  $\text{CaCO}_3$ /L).

**Passo 6: Diâmetro interno da coluna (D) em mm:**

$$V_r = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times h_r \quad (8)$$

Em que  $V_r$  é o volume de resina, normalmente expresso em litros (L) ou metros cúbicos ( $\text{m}^3$ );  $\pi$  é o valor constante;  $(D/2)^2$  é o diâmetro interno da coluna em milímetros (mm);  $h_r$  é a altura da resina em milímetros (mm).

**Passo 7: Altura cilíndrica da coluna e altura da resina:**

$$h_c = 1,5 \times h_r \quad (9)$$

Em que  $h_c$  é a altura cilíndrica em milímetros (mm);  $h_r$  é a altura da resina em milímetros (mm).

**Passo 8: Perda de carga à temperatura de projeto (25°C) em bar**

$$\Delta P = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D} \quad (10)$$

Em que  $f$  é o fator de atrito (depende das características da resina e do escoamento);  $L$  é o comprimento do leito de resina (h);  $v$  é a velocidade superficial da água;  $D$  é o diâmetro interno da coluna (mm).

**Passo 9: Tempo de contato**

$$t_c = \frac{h_r}{v_s} \quad (11)$$

Em que  $t_c$  é o Tempo de contato dado em minutos (min);  $h_r$  é a Altura da resina dado em milímetros (mm);  $v_s$  é a Vazão superficial dado em  $m^3/m^2 \cdot h$ .

**Passo 10: NaCl para regeneração**

$$M_{NaCl} = N_{Regeneração} \times V_r \quad (12)$$

Em que  $M$  é a massa de NaCl dado em Kg;  $N$  é o nível de regeneração dado em g/L;  $V_r$  é o volume de resina dado em L.

**Passo 11: Volume de NaCl diluído:**

$$V_{NaCl (diluido)} = \frac{M_{NaCl}}{C_r} \quad (13)$$

Em que  $V$  é o Volume de NaCl diluído em litros (L);  $M$  é a massa de NaCl necessária para regeneração em gramas (g);  $C_r$  é a Concentração de NaCl durante a dosagem em gramas por litro (g/L).

### Passo 12: Consumo de água na regeneração

$$V_{\text{água}} = V_{\text{resina}} \times C_{\text{retro}} + V_{\text{lavagem}} + V_{\text{enxágue lento}} + V_{\text{enxágue rápido}}$$

(14)

Em que  $V_{\text{água}}$  é o Consumo total de água na regeneração ( $\text{m}^3$ );  $V_{\text{resina}}$  é o Volume de resina (em L);  $V_{\text{lavagem}}$  é o Volume de água usado para a retrolavagem (em L);  $V_{\text{enxágue lento}}$  é o Volume de água usado no enxágue lento (em L);  $V_{\text{enxágue rápido}}$  é o Volume de água usado no enxágue rápido (em L);  $C_{\text{retro}}$  é o Consumo de água para retro-lavagem por litro de resina (em L/L).

### Passo 13: Duração total da regeneração

$$T_{\text{reg}} = T_{\text{retro-lavagem}} + T_{\text{dosagem de NaCl}} + T_{\text{enxágue lento}} + T_{\text{enxágue rápido}}$$

(15)

Em que  $T_{\text{reg}}$  é a Duração total da regeneração (em minutos);  $T_{\text{retrolavagem}}$  é o Tempo de retrolavagem (em minutos);  $T_{\text{dosagem de NaCl}}$  é o Tempo de dosagem de NaCl (em minutos);  $T_{\text{enxágue lento}}$  é o Tempo de enxágue lento (em minutos);  $T_{\text{enxágue rápido}}$  é o Tempo de enxágue rápido (em minutos).

#### 4.4.2 Sistema de adsorção

### Passo 1: Tempo de contato em volumes do leito por hora ( $T_c$ )

O tempo de contato em volumes do leito por hora ( $T_c$ ) é dado por:

$$T_c = \frac{Q}{V_{meio}} \quad (16)$$

Sendo  $t_c$  é o tempo de contato (h);  $Q$  é a vazão ( $m^3/h$ );  $V$  é o volume do meio ( $m^3$ ).

### **Passo 2: Tempo de contato em minutos**

O tempo de contato em minutos ( $T_{cmin}$ ) é o inverso do  $TC$ , convertido para minutos. Assim:

$$T_{cmin} = \frac{60}{T_c} \quad (17)$$

Sendo  $t_c$  é o tempo de contato (min);  $t_c$  é o tempo de contato (h).

### **Passo 3: Volume produzido na campanha**

O volume produzido na campanha ( $V_{campanha}$ ) é dado pela equação 18:

$$V_{campanha} = Q \times T_{campanha} \quad (18)$$

### **Passo 4: Carga de sólidos removidos na mídia ( $C_{removido}$ ) é dado por:**

$$C_{removido} = (C_i - C_o) \times V_{campanha} \quad (19)$$

Em que  $C$  é a concentração removida dado por ( $mg/L$ );  $C_i$  é a concentração inicial;  $C_o$  é a concentração final;  $Campanha$  é o volume da campanha.

### **Passo 5: Capacidade da mídia**

Sabemos que a capacidade da mídia ( $C_{mídia}$ ) é 15 mg/L. Isso deve ser compatível com o total de sólidos removidos por unidade de volume do meio.

O volume do meio ( $V_{meio}$ ) é 100. Assim, verificamos se:

$$C_{mídia} = \frac{C_{removido}}{V_{meio}} \quad (20)$$

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Caracterização da água bruta

Tabela 6 – Relatório da água de poço coletada

PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	L.Q	V.R-AVES	ENSAIO
Alcalinidade Hidróxida	0,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1000,0	-	08/04/2024
Alcalinidade Total	240,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1000,0	-	08/04/2024
Cálcio	48,00	mg/L	1000,0	60,00	08/04/2024
Condutividade	2.780,00	μS/cm	2000 uS e 100 uS	-	08/04/2024
Dureza	160,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	100,00	60-110	08/04/2024
Ferro Total	0,30	mg/L	670nm	0,2	08/04/2024
Magnésio	26,88	mg/L	100,00	14,00	08/04/2024
Sílica	2,38	mg/L	670nm	-	08/04/2024

<b>pH</b>	8,68	---	2 - 12	5,0-7,8	008/04/2024
					4
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	1.807,00	mg/L	66000 ppm	500,00	08/04/2024
<b>Turbidez</b>	10,80	NTU	0,02	0,0-5,0	08/04/2024
<b>Nitrato</b>	0,22	mg/L	10,00	1-5	08/04/2024
<b>Nitrito</b>	0,00	mg/L	10,00	-	08/04/2024
<b>Sulfato</b>	1.131,30	mg/L	2,00	15-40	08/04/2024
<b>Odor</b>	D/C	-	-	-	08/04/2024

Tabela 7 – Relatório da água de poço coletada

<b>PARÂMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>L.Q</b>	<b>V.R-AVES</b>	<b>ENSAIOS</b>
<b>Alcalinidade Hidróxida</b>	0,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1000,00	-	22/04/2024
<b>Alcalinidade Total</b>	380,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1000,00	-	22/04/2024
<b>Cálcio</b>	40,00	mg/L	1000,00	60,00	22/04/2024
<b>Condutividade</b>	2.430,00	μS/cm	2000 uS e 100 uS	-	22/04/2024
<b>Dureza</b>	150,00	mg CaCO <sub>3</sub> /L	100,00	60-110	22/04/2024
<b>Ferro Total</b>	0,08	mg/L	670nm	0,2	22/04/2024

<b>Magnésio</b>	26,40	mg/L	100,00	14,00	22/04/2024
<b>Sílica</b>	4,68	mg/L	670nm	-	22/04/2024
<b>pH</b>	7,64	---	2 - 12	5,0-7,8	22/04/2024
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	1.579,50	mg/L	66000 ppm	500,00	22/04/2024
<b>Turbidez</b>	0,32	NTU	0,02	0,0-5,0	22/04/2024
<b>Nitrato</b>	0,06	mg/L	10,00	1-5	22/04/2024
<b>Nitrito</b>	0,98	mg/L	10,00	-	22/04/2024
<b>Sulfato</b>	654,72	mg/L	2,00	15-40	22/04/2024
<b>Odor</b>	N/D	-	-	-	22/04/2024

Tabela 8 - Comparativo das amostras realizadas

<b>Parâmetros</b>	<b>Água Bruta (08/04/2024)</b>	<b>Água Bruta (22/04/2024)</b>	<b>V.R-AVES (Nível Médio)</b>	<b>V.R-AVES (Máximo)</b>	<b>(Nível)</b>
<b>Alcalinidade Hidróxida</b>	0,00 mg/L	0,00 mg/L	-	-	
<b>Alcalinidade Total</b>	240,00 mg/L	380,00 mg/L	-	-	
<b>Cálcio</b>	48,00 mg/L	40,00 mg/L	60,00 mg/L	-	

<b>Condutividade</b>	2.780,00 μS/cm	2.430,00 μS/cm	-	-
<b>Dureza</b>	160,00 mg/L	150,00 mg/L	60-110 mg/L	110 mg/L
<b>Ferro Total</b>	0,30 mg/L	0,08 mg/L	0,2 mg/L	0,3 mg/L
<b>Magnésio</b>	26,88 mg/L	26,40 mg/L	14,00 mg/L	125 mg/L
<b>sílica</b>	2,38 mg/L	4,68 mg/L	-	-
<b>pH</b>	8,68	7,64	6,5-7,8	5-8
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	1.807,00 mg/L	1.579,50 mg/L	-	500,00 mg/L
<b>Turbidez</b>	10,80 NTU	0,32 NTU	-	0,0-5,0 NTU

<b>Nitrato</b>	0,22 mg/L	0,06 mg/L	1-5 mg/L	25 mg/L
<b>Nitrito</b>	0,00 mg/L	0,98 mg/L	-	-
<b>Sulfato</b>	1.131,30 mg/L	654,72 mg/L	15-40 mg/L	200 mg/L
<b>Odor</b>	D/C	N/D	-	-

A tolerância legal para as concentrações de sulfato é de 200 mg/L. No entanto, nas amostras realizadas, verificou-se valores muito acima deste limite. Na amostra 01, o valor medido foi de 1100 mg/L, enquanto na amostra 2, este ficou em 654 mg/L. Para adequar os níveis de sulfato ao recomendado na literatura, concebeu-se uma torre de adsorção como componente do sistema de tratamento. É importante eliminar sulfatos da água, pois esta pode ser reduzida a sulfeto de hidrogênio, um gás altamente tóxico, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana e dos animais.

O parâmetro adequado para dureza teria de variar entre 60-110 mg/L. Porém nas amostras realizadas e pela região já ter uma água dura, obteve-se um valor acima do desejado, sendo na amostra 01 o valor medido foi de 160 mg/L, enquanto na amostra 02, observou-se um valor de 150 mg/L. No entanto, por se tratar de um valor próximo do máximo desejado e considerado

um componente que possa vir a diminuir com o uso da água não se tem um sistema específico para ele. Uma água com uma dureza alta significa que ela tem uma alta concentração de minérios em sua composição, podendo afetar equipamentos, canos e aparelhos com o passar do tempo.

Também foi notado um número bem alto de sólidos dissolvidos totais o que deveria manter uma média abaixo ou igual a 500 mg/L. Na amostra 01 obteve-se um valor de 1807 mg/L, já na amostra 02, observamos um valor de 1579,50. Com isso notamos uma diminuição, porém o valor continua bem alto para este componente, podendo ser questionado por algo que está acontecendo de errado no sistema, pois o filtro deveria eliminar esses resíduos. Uma água com sólidos dissolvidos altos são um parâmetro importante para avaliar a qualidade da água, pois altas concentrações podem ser prejudiciais à saúde humana, ao meio ambiente e às atividades industriais, por sua composição ter uma alta concentração de sais inorgânicos e matérias orgânicas.

Nas pesquisas podemos ver que o pH apresenta um número fora do comum um pouco abaixo do máximo desejado. Na amostra 01 obtemos um valor de pH de 8,68, já na amostra 02, notamos uma diminuição para 7,64. Onde mesmo com a diminuição o ideal seria abaixar ainda mais esses números da água já que o pH interfere diretamente no sistema digestivo dos frangos fazendo com que funcione de forma regular o seu sistema gástrico. Já na turbidez da água observamos uma diminuição bem drástica, onde na amostra 01, tivemos o valor de 10,80 NTU e na amostra 02 0,32 NTU. Levando em consideração o valor de referência podemos dizer que no caso da turbidez obtivemos êxito no tratamento. A turbidez está relacionada à quantidade de sólidos em suspensão, ou seja, interfere diretamente a contaminações gastro intestinais para a saúde das aves.

## **5.2 DIMENSIONAMENTO**

### **5.2.1 Dimensionamento do abrandamento catiônico**

Tabela 9 - Resultados do dimensionamento do abrandador catiônico

Parâmetros	Resultados	Unidade
Vazão Bruta	10	m <sup>3</sup>
Duração	24	horas
volume produzido na campanha	240	m <sup>3</sup>
Dureza da água de alimentação	120	mg/L
Concentração de Sódio na alimentação	200	mg/L
Temperatura do projeto	25	C°
Fator de Segurança desejado	1	-
Nível de regenerante	200	g/L
concentração de NaCl durante a dosagem	10	%
Volume de resina	423,33	L
Diâmetro interno da coluna	700	mm
Altura cilíndrica da coluna	1960	mm
altura da resina	1100	mm
Perda de carga na Temperatura de projeto	0,2663	bar
fator de segurança final	1,066	-
Tempo de contato	2,54	min
Fuga de dureza	16,355	mg/L
NaCl 100% para regeneração	84,6676	Kg
Volume de NaCl Diluído	790,73	L
Consumo de água na regeneração	4,9191	m <sup>3</sup>
Duração total da regeneração	85,158	min

## 5.2.2 Dimensionamento do sistema de adsorção

Tabela 10 - Resultados do dimensionamento do sistema de adsorção

Parâmetros	Resultados	Unidade
Vazão Bruta	10	m <sup>3</sup>
Sólidos na alimentação	1500	mg/L
Capacidade da mídia	15	mg/L
Volume do meio	100	L
Duração da campanha	0,00015	h
Volume produzido na campanha	0,0015	m <sup>3</sup>
Tempo de contato	100	BV/h

### 5.3 Implantação do sistema

O sistema desenvolvido neste projeto é composto por duas unidades principais: um abrandador catiônico e uma torre de adsorção. Cada um desses componentes desempenha um papel fundamental no tratamento da água, eliminando impurezas e ajustando as características da água para atender aos parâmetros exigidos.

A instalação foi feita em parceria com a empresa “araunatech” em conjunto com o proprietário do local.

#### 5.3.1. Instalação do Abrandador Catiônico

O abrandador catiônico foi implantado como uma solução para a remoção de dureza da água, caracterizada principalmente pela presença de íons de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>), que podem comprometer a eficiência dos sistemas de distribuição de água e, a longo prazo, gerar depósitos nos equipamentos e tubulações.

A instalação do abrandador catiônico envolveu os seguintes passos:

O primeiro passo foi a análise da qualidade da água bruta, identificando a concentração de sais e outros parâmetros importantes para determinar o tamanho e a capacidade do abrandador. O local para instalação foi escolhido de acordo com a acessibilidade para manutenção e proximidade da fonte de água, visando otimizar o processo de tratamento.

O abrandador catiônico foi instalado com a devida conexão ao sistema de abastecimento de água do aviário. A unidade é composta por um tanque de resina catiônica, que realiza a troca iônica, removendo os íons de cálcio e magnésio da água. O sistema inclui também um sistema de regeneração da resina, utilizando uma solução de salmoura, que é aplicada periodicamente para restaurar a capacidade de troca iônica da resina.

Após a instalação, foram realizados testes de eficiência do abrandador, verificando a diminuição da dureza da água, com o monitoramento constante dos parâmetros de entrada e saída. Essa etapa é fundamental para garantir que a água tratada atenda às necessidades do aviário e às normas sanitárias.

### **5.3.2. Instalação da Torre de Adsorção**

A torre de adsorção foi instalada com o objetivo de remover substâncias indesejáveis da água, como metais pesados, compostos orgânicos e outros contaminantes. A adsorção é um processo físico-químico que utiliza materiais adsorventes, como carvão ativado ou resinas especiais, para capturar e reter essas impurezas.

A implantação da torre de adsorção envolveu os seguintes processos:

O material adsorvente foi escolhido com base no tipo de contaminante presente na água. No caso do tratamento da água para aviários, o carvão ativado foi selecionado devido à sua alta capacidade de adsorção de impurezas orgânicas e contaminantes, como pesticidas e produtos químicos.

A quantidade de carvão foi calculada conforme o fluxo de água e a carga de poluentes.

A torre foi montada em um local apropriado, seguindo as especificações técnicas que garantem o contato eficiente da água com o adsorvente. A água passa por um leito de carvão ativado, onde ocorre a adsorção das substâncias contaminantes. A estrutura da torre foi projetada para permitir a fácil circulação da água e o máximo de contato entre o fluido e o adsorvente.

### **5.3.3 Integração do Sistema**

Uma vez instalados e verificados os componentes individuais do sistema, foi realizada a integração entre o abrandador catiônico e a torre de adsorção. O fluxo de água tratada pelo abrandador catiônico é direcionado para a torre de adsorção, garantindo que a água passe por ambos os processos de purificação antes de ser utilizada nos aviários. A integração foi feita de forma a garantir a continuidade do processo de tratamento e a manutenção da qualidade da água.

### **5.3.4. Acompanhamento Pós-Implantação**

Após a implantação do sistema de tratamento de água, foi implementado um plano de monitoramento contínuo para garantir que a água fornecida aos aviários permaneça dentro dos parâmetros ideais de qualidade. Tal plano incluiu a análise periódica da água em pontos críticos do sistema, bem como a verificação do desempenho do abrandador catiônico e da torre de adsorção, mas até a conclusão deste trabalho esta etapa não foi iniciada.

Em resumo, a etapa de implantação do sistema de tratamento de água, composta pelo abrandador catiônico e pela torre de adsorção, envolveu uma série de procedimentos técnicos e operacionais para garantir a eficiência do processo e a qualidade da água fornecida aos aviários, assegurando condições ideais para o bem-estar das aves e a produção sanitária.

Figura 5: Saída do poço

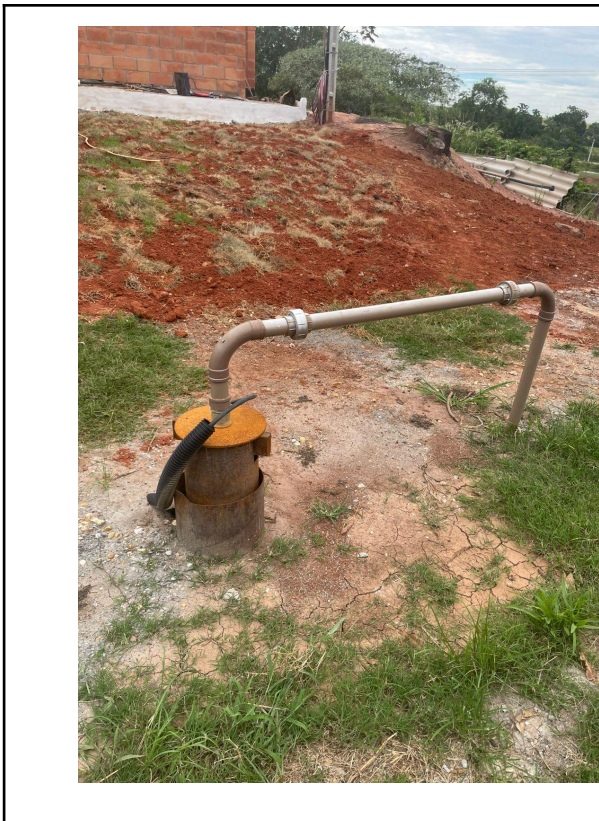


Figura 6: Disjuntor de comando



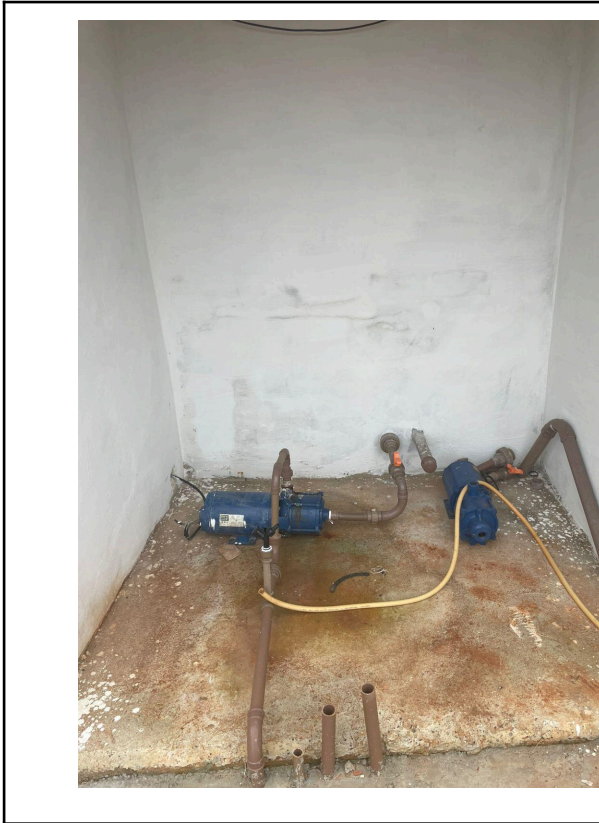


Figura 7: Bomba 1,5 cv



Figura 8: Filtro e abrandador catiônico

Figura 9: Dosador

Figura 10: Tanque de salmoura



Figura 11: Bomba 2cv

Figura 12: Sistema Completo

## 5.4 Orçamento

Tabela 11 - Orçamento de todo sistema já instalado

Modelo	Quantidade	Aplicação	Valor Total
Abrandador 10m <sup>3</sup>	1	Catiônico	R\$ 14.800,00
Filtro de carvão Ativado	1	Filtro de Carvão	R\$ 13.500,00
Bomba TEFEN dosagem	1	Bomba dosagem	R\$ 1.850,00
Bomba FGN 2 cv	1	Bomba 1,5cv	R\$ 1.600,00
Mão de Obra	1	Mão de Obra	R\$ 600,00
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 32.350,00</b>

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a importância de garantir a qualidade da água utilizada em aviários de frango de corte, considerando os impactos diretos na saúde e produtividade das aves, bem como na sustentabilidade econômica da atividade. A água tratada, livre de dureza excessiva e de compostos indesejáveis, como os sulfatos, é essencial para assegurar um ambiente saudável para as aves e para otimizar os processos produtivos.

O sistema desenvolvido, composto por um abrandador catiônico e uma torre de adsorção não pôde ser analisado corretamente devido a uma falha pós implantação, por isso temos poucos dados para atender às necessidades de tratamento da água subterrânea da região estudada. O abrandador catiônico pode desempenhar um papel fundamental na remoção de íons cálcio e magnésio, responsáveis pela dureza da água, enquanto a torre de adsorção segundo estudos é ideal na redução de sulfatos e outras substâncias prejudiciais.

A integração e o dimensionamento correto dos componentes podem garantir a eficiência do sistema e destacam a viabilidade técnica e econômica de soluções compactas para propriedades rurais com infraestrutura limitada.

## REFERÊNCIAS

MARION, F. A. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. DA. Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea em Poço no Campus da UFSM, Santa Maria - RS\*. *Ciência e Natura*, p. 97–109, 25 jun. 2007. Disponível em:

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9761/5851>

DECKER, Sérgio Renato Ferreira et al. ANÁLISE DO DESEMPENHO E PARTICIPAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR NA AVICULTURA DE CORTE NA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL/BRASIL. 2016. 25 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Ufsm, Morro Redondo, 2016. Cap. 1. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2861/1343>. Acesso em: 03 jun. 2024.

Relatório ABPA 2024, Disponível em: [https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024\\_capa\\_f rango.pdf](https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_f rango.pdf)>. Acesso em: 3 jun. 2024.

AVIAGEN BRASIL. Campinas: Avisite, maio 2008. Disponível em: [https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Portuguese/m aio2008-aqualidadedaagua.pdf](https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/m aio2008-aqualidadedaagua.pdf). Acesso em: 03 jun. 2024.

GAMA, Nilse Maria Soares Queiroz. Conhecendo a água utilizada para as aves de produção. 2005. 20 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio Avícola, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Bastos, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/331>. Acesso em: 03 jun. 2024.

SPILLARI, E. et al. Capítulo 2. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57058/1/agua-na-avicultura.pdf>>.

FACCHI, C. Água na avicultura: como garantir a melhor qualidade deste recurso. BTA aditivos, 2022. Disponível em: <<https://www.btaaditivos.com.br/br/blog/agua-na-avicultura-como-garantir-a-melhor-qualidade-deste-recurso-/171/>>. Acesso em: 3 jun. 2024

PAULI, A. R. DE. Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano na região rural do município de Toledo-PR. tede.unioeste.br, 26 fev. 2014. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1846>

SILVA, V. E. A importância da água de dessedentação na avicultura de corte. lume.ufrgs.br, 2023. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/272106>

WATKINS, S. Managing Water to Optimize Performance. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.conave.org/wp-content/uploads/2018/11/Susan-Watkins-Managing-Water-to-Optimize-Performance.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2024.

BARBOSA, T. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA AVICULTURA Monografia apresentada para a conclusão do. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5949/1/2013\\_TatianaMoraisBarbosa.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5949/1/2013_TatianaMoraisBarbosa.pdf)>.

Água - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/frango-de-corte/producao/manejo/agua>>.

MOTA DE OLIVEIRA, F. APLICAÇÃO E TESTES DO MÉTODO APHA-4500-NO3-C PARA DETERMINAÇÃO DE NITRATOS EM ÁGUAS POR LEITURA EM UV COM SEGUNDA-DERIVADA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.labwin.com.br/Artigos/Artigo\\_Nitrato\\_em\\_UV\\_por\\_2a\\_Derivada.pdf](https://www.labwin.com.br/Artigos/Artigo_Nitrato_em_UV_por_2a_Derivada.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2024.

BROOKE, D. Plutocalc Water and Wastewater. Disponível em: <<https://www.plutocalc.com/plutocalc/index-pt.html>>. Acesso em: 29 dez. 2024.

HANCOCK, A. et al. helping ensure the efficient production of top quality poultry products in Arkansas and beyond. INSIDE Feasability of On-Farm Broiler Litter

Combustion. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://poultry-science.uark.edu/resources/pdf/avianadvice\\_sp07.pdf](https://poultry-science.uark.edu/resources/pdf/avianadvice_sp07.pdf)>. Acesso em: 7 jan. 2025.

MOTA DE OLIVEIRA, F. APLICAÇÃO E TESTES DO MÉTODO APHA-4500-NO<sub>3</sub>-C PARA DETERMINAÇÃO DE NITRATOS EM ÁGUAS POR LEITURA EM UV COM SEGUNDA-DERIVADA. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://www.labwin.com.br/Artigos/Artigo\\_Nitrato\\_em\\_UV\\_por\\_2a\\_Derivada.pdf](https://www.labwin.com.br/Artigos/Artigo_Nitrato_em_UV_por_2a_Derivada.pdf)>.

Prescott, L.M., Harley, J.P. and Klein, D.A. (2005) Microbiology. Sixth International Edition. Mcgraw-Hill Publishing Company, UK, 652-668. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em:  
<<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=186433>>.

ALEGRE, P. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL FACULDADE DE VETERINÁRIA A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA DE DESSEDENTAÇÃO NA AVICULTURA DE CORTE VITÓRIA ELIS SILVA. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/272106/001196432.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm\\_source=chatgpt.com](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/272106/001196432.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm_source=chatgpt.com)>. Acesso em: 6 jan. 2025.

Nutrient Requirements of Poultry. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<[https://www.agropustaka.id/wp-content/uploads/2020/04/agropustaka.id\\_buku\\_Nutrient-Requirements-of-Poultry\\_Ninth-Revised-Edition-1994-NRC.pdf](https://www.agropustaka.id/wp-content/uploads/2020/04/agropustaka.id_buku_Nutrient-Requirements-of-Poultry_Ninth-Revised-Edition-1994-NRC.pdf)>.

KLASING.KIRK;KLASING.KIRK. Nutritional Requirements of Poultry. Disponível em:  
<<https://www.merckvetmanual.com/poultry/nutrition-and-management-poultry/nutritional-requirements-of-poultry>>.

GAMA, N. M. S. Q. et al. PARÂMETROS QUÍMICOS E INDICADORES BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA UTILIZADA NA DESSEDENTAÇÃO DE AVES NAS

GRANJAS DE POSTURA COMERCIAL. Arquivos do Instituto Biológico, v. 71, n. 4, p. 423–430, 1 out. 2004.

AMARAL, K.; FERREIRA, D. M.; NAVONI, J. A. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 3, 27 nov. 2021.

TURMA 2 FISCALIZAÇÃO, PERÍCIA E AUDITORIA AMBIENTAL ESCOLA SUPERIOR DA CETESB GESTÃO DO CONHECIMENTO AMBIENTAL MÓDULO II -PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E CONTROLE DE FONTES. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Poluicao-das-Aguas.pdf>>.

PELEGRINE, A.; EMANUELLE, M.; GASPAR, B. Capítulo 5 Água na pecuária Requerimento animal e gerenciamento das fontes. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1152759/1/LivroAguanaPecuaria-5.pdf>>.

Substâncias Indesejáveis Manual. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2022/10/Substancias-Indesejaveis.indd .pdf](https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2022/10/Substancias-Indesejaveis.indd.pdf)>.



