COMITÊ Jacutinga

Editora UnC

AÇÕES E PESQUISAS EM RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA E BACIAS CONTÍGUAS

ORGANIZAÇÃO
Alexandre Matthiensen

AÇÕES E PESQUISAS EM RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA E BACIAS CONTÍGUAS

Comitê Jacutinga

Editora UnC

2021

AÇÕES E PESQUISAS EM RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA E BACIAS CONTÍGUAS

Comitê Jacutinga

ORGANIZAÇÃO

Alexandre Matthiensen

EDITORAÇÃO

Elisete Ana Barp
Gabriel Bonetto Bampi
Gabriela Bueno
Josiane Liebl Miranda

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade do Contestado

551.48098164
A185

Ações e pesquisas em recursos hídricos na bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas : [recurso eletrônico] / organização Alexandre Matthiensen. – Mafra, SC : Ed. da UnC, 2021.

295 f.

ISBN: 978-65-88712-43-6

1. Recursos hídricos – Pesquisa. 2. Jacutinga, Rio, Bacia – Pesquisa I. Matthiensen, Alexandre. II. Título.

ISBN: 978-65-88712-43-6
CBL
9 786588 712436

Editora UnC

QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS E AVES

Caroline Gabriela Hoss[13]
Maikon Waskiewic[14]
Paulo Belli Filho[15]
Jorge Manuel Rodrigues Tavares[16]
Alexandre Matthiensen[17]

RESUMO

Em busca de segurança hídrica, as unidades de produção de suínos e aves no Oeste Catarinense vêm ampliando a utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Além de minimizar o estresse hídrico causado pelos períodos de seca, essa tecnologia torna-se ferramenta para a sustentabilidade da produção, diminuindo a utilização das águas subterrâneas e superficiais. Apesar dos benefícios, a utilização destes sistemas no setor agrícola ainda é freada por incertezas quanto à sua potencialidade e qualidade da água armazenada, principalmente para utilização na dessedentação animal. Diante do apresentado, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial dos sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção de suínos e aves, caracterizando-os e analisando a água armazenada nas cisternas, investigando os possíveis interferentes de sua qualidade. Trinta e oito propriedades rurais, localizadas na região de abrangência do Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas, participaram do projeto. Os resultados indicaram alto potencial do aproveitamento de água da chuva nas unidades de produção animal onde, 49% dos sistemas mostraram-se capazes de suprir, pelo menos, metade da demanda hídrica da produção. Contudo, para se obter uma água armazenada de boa qualidade, a utilização de Sistemas Intermediários (dispositivo de retirada de sólidos grosseiros, dispositivo de descarte dos primeiros esco- amentos e filtro) bem dimensionados e a adoção de boas técnicas de manejo e limpeza se mostraram fundamentais.

[13] PPG em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: carolg.hoss@gmail.com
[14] Biólogo. E-mail: maikonew@hotmail.com
[15] Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: paulo.belli@ufsc.br
[16] ESA - Instituto Politécnico de Beja, Portugal. E-mail: jorgemrtavares@gmail.com
[17] Embrapa Suínos e Aves/Comitê Jacutinga. E-mail: alexandre.matthiensen@embrapa.br

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de importância vital para todos os seres vivos e desempenha papel fundamental em praticamente todas as atividades econômicas existentes. O aumento do consumo de água, aliado à má gestão dos recursos hídricos, faz com que muitas regiões passem por períodos de estresse hídrico, onde a quantidade e/ou a qualidade de água não é suficiente para atender a todas as demandas. Atualmente, no mundo todo, cerca de 4 bilhões de pessoas vivem em áreas que passam por períodos de escassez de água em, pelo menos, um mês do ano. A atividade agrícola é responsável por cerca de 70% da demanda de água do mundo, e aproximadamente 80% das culturas agrícolas do mundo todo são mantidas pelas chuvas (WWDR, 2019). Na produção animal intensiva, a água é utilizada em grande quantidade, seja para a dessedentação animal ou para finalidades menos nobres, como a limpeza das instalações e conforto térmico do animal. Dessa forma, a água é fator limitante para o aumento do rebanho e sua produtividade (VIOLA *et al*., 2011; OLIVEIRA *et al*., 2012).

O Estado de Santa Catarina é destaque nacional na produção e exportação de aves e suínos, concentrando quase 80% de sua produção na região do Oeste Catarinense (EPAGRI/CEPA, 2017), cuja área representa apenas 30% do território do Estado. A ocupação exploratória e a falta de cuidado na gestão dos recursos hídricos ocasionaram forte pressão na disponibilidade das águas superficiais, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Neste contexto, as águas subterrâneas tornam-se indispensáveis no suprimento da população e das suas necessidades. Com a perfuração descontrolada de poços, atualmente, observa-se uma sobre-explotação e casos de poluição destas águas (COMASSETTO *et al*., 2014). Agravando ainda mais o cenário hídrico, períodos cíclicos de estiagem costumam castigar a região do Oeste Catarinense, ameaçando o suprimento da produção agrícola, principal fonte de renda para muitas famílias que ali residem (FREITAS *et al*., 2002).

Diante deste cenário, torna-se evidente a necessidade de uma boa gestão dos recursos hídricos e a utilização de fontes alternativas de captação e armazenamento de água. O aproveitamento de água da chuva é uma técnica milenar que teve, no entanto, seu uso reduzido com a chegada das redes de

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

abastecimento e as técnicas de perfuração de poços. No entanto, a utilização desta técnica tem sido impulsionada nas últimas décadas, frente à situação de insegurança hídrica.

No Oeste Catarinense, a coleta e o armazenamento da água da chuva em cisternas auxiliam no suprimento da demanda da produção animal. No ano de 2017, apenas na área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas, 177 sistemas de aproveitamento de água da chuva foram identificados, sendo que, na maioria dos casos, a água armazenada estava sendo utilizada para finalidades mais nobres, como a dessedentação animal. Embora a utilização destes sistemas na produção animal, na prática, seja uma realidade, a falta de estudos concretos sobre a adequabilidade da qualidade dessa água para tal finalidade, principalmente em âmbito microbiológico, vem gerando dúvidas aos técnicos e às agroindústrias quanto ao apoio ao seu uso (WASKIEWIC *et al*., 2017).

Diante do apresentado, o Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas, doravante denominado Comitê Jacutinga, em parceria com o Consórcio Lambari, a Embrapa e a Universidade Federal de Santa Catarina, selecionaram sistemas de aproveitamento de água da chuva, implantados na região da sua abrangência, para caracterizá-los, analisar a qualidade da água armazenada nas cisternas e avaliar o seu potencial para uso na produção animal.

Os Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva permitem captar a água pluvial que cai sobre uma superfície e escoá-la até um reservatório (cisterna), onde permanece até que seu uso seja feito. Na maioria dos casos, o telhado das edificações se torna a área de captação, pois possibilita que o sistema funcione a partir da gravidade, devido à altura do pé direito da instalação, por ser uma área sem trânsito de pessoas e baixo fluxo de animais, evitando possíveis contaminações cruzadas no sistema (ANDRADE *et al*., 2010; LISBOA, 2011).

A água da chuva é coletada por meio de calhas instaladas no perímetro dos telhados e encaminhada até o reservatório por meio de condutores verticais e horizontais, constituídos de tubulação PVC. Antes da água chegar à cisterna, deve-se prever dispositivos de retirada de sólidos grosseiros (galhos, folhas, insetos, etc.)

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

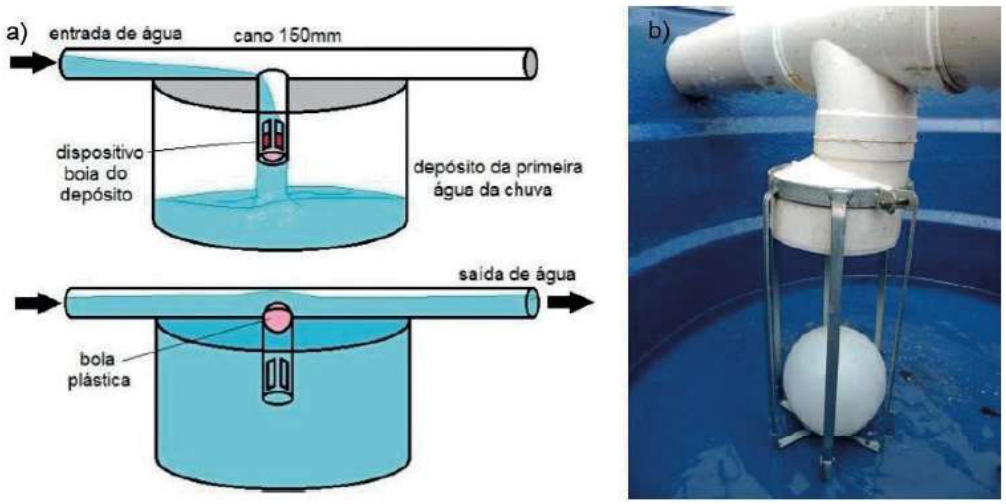
e de desvio das primeiras águas (ABNT, 2007). A retirada dos sólidos grosseiros é realizada a partir de telas, grades ou filtros com peneiras autolimpantes (LISBOA, 2011). Esse dispositivo evita que o material entre e se acumule no interior do reservatório, contribuindo para a aceleração da deterioração da qualidade da água armazenada.

As primeiras precipitações fazem a limpeza da atmosfera e da área de captação. À medida que a chuva faz essa lavagem, a qualidade da água captada melhora. Dessa forma, é extremamente recomendado que se faça o desvio dos primeiros milímetros de chuva captada, de forma a maximizar a qualidade da água a ser armazenada (ABNT, 2007; OLIVEIRA *et al*., 2012). Segundo Islam *et al*. (2010), a presença do sistema de descarte dos primeiros escoamentos, quando bem dimensionado e manejado, gera um decréscimo na concentração de coliformes fecais, podendo levar à ausência deste microrganismo, e reduz sensivelmente as concentrações de coliformes totais. A recomendação é de que, se não houver dados experimentais para o local de implantação, se descarte os primeiros 2 mm de chuva que caem sobre a área de captação (ABNT, 2007).

Existem várias metodologias para desvio dos primeiros escoamentos. A mais comum é a utilização de um pequeno reservatório com boia plástica flutuante em seu interior, permitindo a passagem de água para a cisterna apenas quando este reservatório estiver cheio (ANDRADE *et al*., 2010), como ilustrado na *Figura 1* - Esse método é também o mais utilizado em grandes sistemas de aproveitamento de água da chuva, como é o caso dos utilizados na produção animal no Oeste de Santa Catarina (OLIVEIRA *et al*., 2012).

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Figura 1 - a) Desenho esquemático do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos; b) detalhe da boia de plás- tico flutuante.



Fonte: a) Oliveira *et al*. (2012); b) Foto: Alexandre Matthiensen.

Segundo Oliveira *et al*. (2012), a água da chuva deve passar, ainda, por um sistema de filtração antes da chegada à cisterna, com a finalidade de reter sólidos em suspensão que passaram pelo descarte de sólidos grosseiros. Nos casos de captação de água da chuva a partir de telhados, onde a vazão de entrada de água no sistema é alta, são recomendados filtros rápidos, com meio filtrante de pedra britada. O processo de filtração pode ser composto por uma caixa única, caixas em série, onde a granulometria da brita deve diminuir de uma caixa para outra, como ilustrado na Figura 2, ou em paralelo, onde a vazão de água captada é dividida antes de passar pelo filtro.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Figura 2 - a) Dispositivo de filtração rápida composta em série; b) filtração com granulometria mais fina (brita nº 1); c) filtração com granulometria mais grossa (brita nº 2).

Fonte: Oliveira *et al*. (2012).

O reservatório de armazenamento é a parte mais onerosa de um sistema de aproveitamento de água da chuva, podendo chegar a 85% do custo total. Dessa forma, a tecnologia de construção adotada e o dimensionamento do seu volume devem ser determinados com cautela, de modo a tornar o sistema mais viável do ponto de vista econômico (THOMAS, 2001). Quando a água da chuva armazenada for utilizada para fins mais nobres, como a dessedentação animal, as cisternas devem ser fechadas e feitas de material que não interfira na qualidade da água, além de contar com dispositivos de inspeção, esgotamento, extravasão e respiração (ABNT, 1994).

O volume adotado para a cisterna deve levar em conta a quantidade de água que pode ser captada a partir da área de captação disponível, a eficiência do sistema e a demanda que deverá ser suprida pela água da chuva. Se a região onde for implantada a cisterna possuir um período de vulnerabilidade hídrica definido, recomenda-se que o volume da cisterna seja suficiente para atender à demanda durante este período. Na produção ani- mal, o volume da cisterna deve atender à

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

demanda da produção durante o período crítico de seca da região, sendo indicado para a região do Oeste Catarinense o período de 15 dias para cálculo (OLIVEIRA *et al*., 2012; TAVARES *et al*., 2014). Em unidades de produção avícola, onde o consumo animal é menor que na produção de suínos, a cisterna pode ter capacidade de suprir a demanda de um lote inteiro, gerando uma segurança hídrica ainda maior ao produtor.

São muitas as técnicas e materiais que podem ser adotados na construção de cisternas, podendo ser enterradas, semienterradas, sobre o solo ou suspensas, constituídas de materiais como madeira, concreto armado, fibra de vidro, alvenaria, geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinila (PVC), entre outros. A escolha dependerá, principalmente, do custo dos materiais e do volume a ser armazenado (LISBOA, 2011; OLIVEIRA *et al*., 2012). As cisternas cadastradas na região de abrangência do Comitê Jacutinga são, de modo geral, semienterradas, em formato retangular, construídas em geomembrana PEAD e com cobertura sustentada por meio de estrutura de barras de aço galvanizado (WASKIEWIC *et al*., 2017), como ilustrado na *Figura 3 -*

Figura 3 - Cisterna em geomembrana PEAD instalada em propriedade de produção animal no Oeste Catarinense. As caixas anexas em PVC são para a retenção da água de descarte dos primeiros escoamentos e do filtro.

Fonte: Foto Caroline G. Hoss

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Qualidade da água da chuva armazenada

A água da chuva costuma apresentar boa qualidade, pois passa por uma "purificação natural" antes da precipitação. Esse processo faz parte do ciclo hidrológico, através dos fenômenos de evaporação e condensação (OLIVEIRA *et al*., 2012). Porém, ao precipitar, as gotículas podem agregar poluentes que estejam presentes na atmosfera, modificando a sua qualidade. Além disso, ao entrar em contato com a área de captação, a água da chuva pode carrear detritos, poeiras e demais materiais que estiverem ali depositados (ANDRADE *et al*., 2010; LYE, 2009). O mesmo pode ser referido para as calhas e demais dispositivos do sistema de aproveitamento. Assim, a qualidade da água armazenada está diretamente relacionada com a limpeza dos componentes do sistema por onde ela percorre.

Para melhorar a qualidade da água armazenada é aconselhável que se realize o manejo adequado do sistema, mantendo, inclusive, telhados e calhas limpas e, de preferência, longe de vegetação. O uso dos Sistemas Intermediários (dispositivo de retirada de sólidos grosseiros, dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos, e filtro rápido) é indispensável para a melhoria da qualidade da água. Quando a água da cisterna for utilizada para a dessedentação animal, a água deve passar também por um processo de desinfecção. Esse processo é realizado para eliminar os microrganismos patogênicos que possam afetar a saúde dos animais. A desinfecção pode ser realizada por meio de processos físicos, como temperatura elevada e radiação ultravioleta, ou por processos químicos, como a halogenização, sendo o mais comum a utilização de cloro. A cloração é o método mais utilizado devido à sua simplicidade, eficiência e baixo custo (OLIVEIRA *et al*., 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

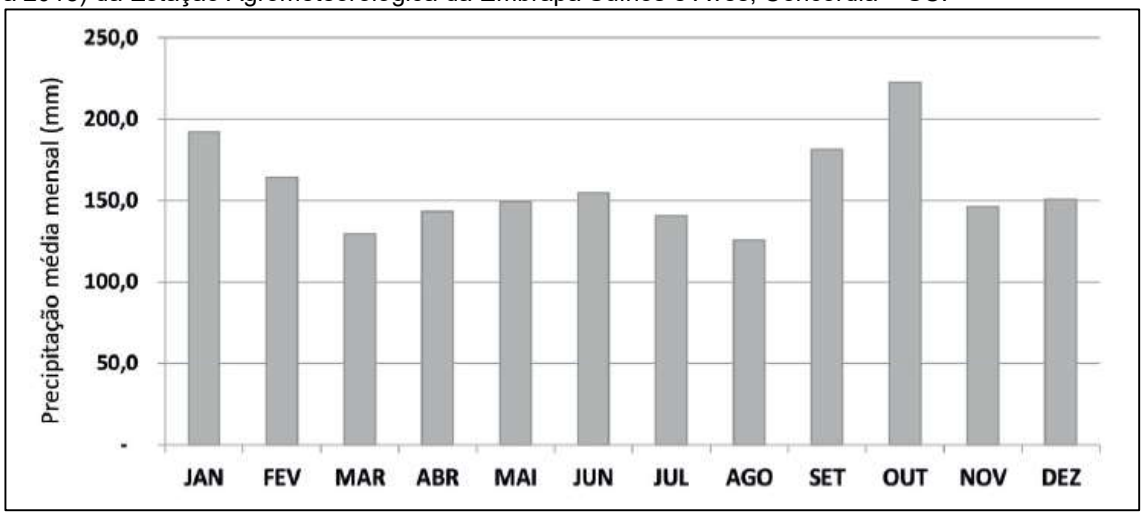
Caracterização pluviométrica da área de estudo

O trabalho foi realizado na área de abrangência do Comitê Jacutinga, que compreende 19 municípios e envolve uma região com a economia baseada na agroindústria de alimentos, com ênfase na produção intensiva de suínos e aves. O estudo pluviométrico da região foi realizado a partir dos dados da estação

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia – SC, a qual possui uma série histórica de mais de 30 anos de dados coletados. A Figura 4 apresenta a distribuição da precipitação média mensal (em mm) obtida a partir da série histórica de 1988 a 2018.

Figura 4 - Distribuição da precipitação média mensal (mm), obtida da série histórica de 30 anos (1988 a 2018) da Estação Agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC.



A precipitação média anual obtida a partir da série histórica foi de 1.914 mm, sendo a média mensal de 159 mm. No período avaliado (2017), as chuvas foram bem distribuídas durante o ano, onde a menor média mensal ficou acima de 125 mm. Porém, é importante destacar a incidência de períodos cíclicos de estiagem na região, que podem ameaçar a produção agropecuária (FREITAS *et al*., 2002; LISBOA, 2011).

Seleção das propriedades

No ano de 2017 o Comitê Jacutinga realizou o cadastro de 135 cisternas instaladas em sua área de abrangência. Durante o cadastro foram levantadas informações sobre os sistemas implantados (WASKIEWIC *et al*., 2017). A partir do cadastro foi realizada a seleção de 38 propriedades para análise da qualidade da água de suas cisternas. As propriedades foram selecionadas a partir de critérios específicos: possuir abastecimento da cisterna apenas por água da chuva, área de captação em telhados de fibrocimento e coleta da água a partir de calhas

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

galvanizadas. Estes critérios representavam a maioria dos sistemas cadastrados e possibilitaram trabalhar com sistemas semelhantes, de modo a minimizar o número de intervenientes nos resultados da qualidade das águas.

Avaliação do potencial dos sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção animal

Durante as visitas às propriedades, foram coletadas informações sobre o tipo de sistema de produção animal e número de animais existentes, de modo a possibilitar a estimativa da demanda de água na propriedade. Em contraponto, foram obtidos os dados de volume da cisterna e área de captação, sendo, assim, possível calcular o volume de água a ser captado em diferentes intervalos de tempo e avaliar se a cisterna existente é capaz de armazenar o volume da demanda para o período crítico, seguindo o indicado por Oliveira *et al*. (2012), que é de 15 dias.

Avaliação do volume dos dispositivos de descarte dos primeiros escoamentos

O cálculo do volume de água a ser desviada é realizado pelo produto da área de captação existente pela quantidade de chuva a ser descartada (0,002 m, segundo ABNT, 2007; OLIVEIRA *et al*., 2012):

$$Vd = Ae \times 0{,}002$$

Onde:
Vd: volume ideal do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos (m³);
Ae: área de captação do sistema de aproveitamento de água da chuva (m²);
0,002: volume de precipitação descartado (m).

A avaliação foi realizada comparando os resultados calculados com o volume dos dispositivos encontrados em campo. Apenas 35 sistemas (dos 38 selecionados) participaram desta avaliação, pois em 3 sistemas não foi possível obter dados do volume da caixa utilizada como reservatório de descarte.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Coleta de amostras e determinação dos parâmetros indicadores de qualidade

Em cada propriedade foram realizadas duas coletas: uma em período de chuva (água da cisterna renovada recentemente) e outra em período de estiagem (água armazenada a, pelo menos, 15 dias). Em todas as análises a água foi coletada antes de ser submetida ao processo de desinfecção por cloração.

Os parâmetros analisados foram determinados previamente pelos membros do Comitê Jacutinga e compreenderam tanto físico-químicos quanto microbiológicos. Alguns parâmetros foram obtidos in loco, por meio de medidor multiparâmetros (Aquaread AP-2000), sendo eles: temperatura, pH, sólidos dissolvidos totais, condutividade, salinidade e oxigênio dissolvido. Os demais parâmetros físico-químicos (dureza, alcalinidade, sulfato, amônia, nitrato e nitrito) foram encaminhados para o Complexo de Laboratórios de Ciência e Tecnologia – CLCT, da Universidade do Contestado, para análise. Os indicadores microbiológicos: coliformes totais e Escherichia coli, foram analisados pelo Centro de Diagnósticos de Sanidade Animal – CEDISA. Todas as análises laboratoriais foram realizados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Como não há legislação nacional que aponte valores máximos para parâmetros indicadores de qualidade da água da chuva para dessedentação animal, foram utilizados, para interpretação dos resultados obtidos, o Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5, do Ministério da Saúde, de 03 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017; antiga Portaria 2914/2011) e as Resoluções CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e Nº 396/2008 (BRASIL, 2008), que indicam a qualidade ambiental requerida para água superficial de classe 3 e água subterrânea para dessedentação animal, respectivamente.

Influência dos sistemas intermediários na qualidade da água armazenada

Durante as visitas in loco foram levantadas informações sobre a presença dos Sistemas Intermediários, suas dimensões e configurações. Para avaliar a influência destes sistemas na qualidade da água final, os resultados das análises foram classificados a partir das suas configurações em: completos (C): os que possuíam descarte de sólidos grosseiros, desvio dos primeiros escoamentos e filtro; e

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

incompletos (I): sem, pelo menos, um dos componentes dos Sistemas Intermediários. Os sistemas incompletos ainda foram divididos entre incompletos sem descarte de sólidos grosseiros e incompletos sem descarte dos primeiros escoamentos e/ou filtro. A divisão resultou em 20 sistemas completos e 18 incompletos. Dos incompletos, 6 foram classificados como incompletos sem descarte de sólidos grosseiros e 12 em incompletos sem descarte dos primeiros escoamentos e/ou filtro.

Influência da limpeza e manejo na qualidade da água armazenada

Para ser possível verificar a influência das técnicas de manejo e limpeza na qualidade final das águas, as análises foram divididas segundo o manejo adotado em: manejo bom, regular e ruim. Para tal, foi aplicado um questionário aos proprietários nas visitas *in loco*, conforme se explica na *Tabela 1* - As recomendações de manejo e limpeza considera- das boas seguem as indicações de Oliveira *et al*. (2012) e a normativa ABNT NBR 15527 (ABNT, 2007).

Tabela 1 - Critério de classificação conforme as técnicas de manejo e limpeza adotadas para com os Sistemas Intermediários

Classificação	Esvaziamento da caixa de descarte dos primeiros escoamentos	Limpeza do sistema de descarte dos primeiros escoamentos e filtro
Manejo bom	Após cada período de chuva	A cada 6 meses ou menos
Manejo regular	Mensal	Entre 6 meses e 1 ano
Manejo ruim	Nunca	Mais de 1 ano

Foi possível aplicar o questionário em 35 propriedades, de um total de 38, pois, em alguns casos, o responsável pelo manejo dos sistemas não se encontrava na propriedade no momento da visita técnica. Dessa forma, apenas estas (n=35) entraram nesta análise. Apenas o manejo e limpeza para com o Sistema Intermediário foram levados em conside- ração, já que, em geral, a lavagem do telhado e calhas, assim como a limpeza da cisterna, não é realizada.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Potencialidade dos sistemas

A análise pluviométrica da região mostrou chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com uma precipitação mensal mínima de 125 mm, obtida para o mês de agosto. Tal fato, favorece e agrega maior viabilidade ao aproveitamento de água da chuva, pois permite que o volume captado seja utilizado não apenas durante o período de escassez, mas também como uma fonte alternativa complementar (ANDRADE *et al*., 2010).

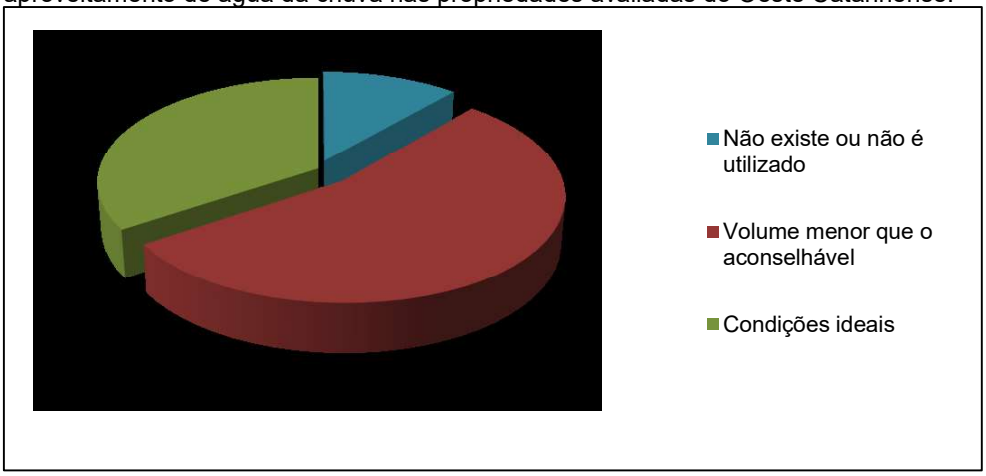
A colocação de Andrade *et al*. (2010) foi comprovada a partir da análise, onde 97% dos 35 dos sistemas avaliados possuíam cisternas com volume capaz de armazenar, pelo menos, a demanda de sua produção para o período crítico de 15 dias. Adicionalmente, os extensos telhados dos edifícios apresentaram alto potencial de captação, assim como citam Perdomo *et al*. (2003). Em 77% dos casos, a área de captação existente na propriedade mostrou-se capaz de captar, a cada dois meses, a partir da média mensal, pelo menos a demanda referente aos 15 dias de produção. Em 49% dos casos, essa demanda poderia ser captada mensalmente, o que equivale a dizer que, se o sistema for corretamente dimensionado e utilizado, torna-se capaz de suprir ao menos metade de toda a água utilizada na produção animal.

Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos

Dentre os 35 sistemas analisados, quatro (n=4) não possuíam ou não utilizavam o dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos e dezenove (n=19) possuíam volume de descarte inferior ao recomendado para lavagem de sua área de captação. A Figura 5 sintetiza a situação de uso deste dispositivo nas propriedades.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Figura 5 - Situação dos dispositivos de descarte dos primeiros escoamentos nos sistemas de aproveitamento de água da chuva nas propriedades avaliadas do Oeste Catarinense.



Qualidade da água da chuva armazenada

Em todas as propriedades selecionadas (n=38) as águas da chuva armazenadas nas cisternas foram analisadas. Para todas as análises, as médias dos valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras coletadas foram avaliadas conside- rando-se os valores mais restritivos dentre as normativas consultadas.

Em apenas uma amostra (n=1), dentre todas as coletadas, a concentração de N-nitrato (N-NO3) excedeu o valor mais restritivo recomendado na Portaria do Ministério da Saúde para água de consumo humano (a saber, indica como valor máximo permitido – VMP – a concentração de 10,0 mg L-1 de N-NO3). A amostra apresentou 12,8 mg L-1 de N-NO3 e, apesar de não exceder os valores recomendados para os demais parâmetros físico-químicos, exibiu a maior condutividade e concentração de sólidos dissolvidos totais (característica de águas de outras fontes, como a subterrânea), o que indica algum tipo de contaminação. Este resultado também pode ser explicado pela presença de árvores próximas à área de captação, fator que favorece a entrada de matéria orgânica no sistema. Adicionalmente, a amostra também corresponde a um sistema sem dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, onde os primeiros litros de água que fazem a limpeza da atmosfera e do telhado não são desviados, sendo também direcionados para a cisterna, reduzindo a qualidade da água armazenada.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

Em 100% das águas das cisternas, a média do pH entre as duas amostras coletadas (período chuvoso e período seco) apresentou-se dentro da faixa mais restritiva das normativas consultadas (entre 6,0 e 9,0). Em 97% dos casos a faixa de pH situou-se entre 6,5 e 8,5 e, em 89%, a faixa de valores foi ainda mais restrita, ficando entre 6,5 e 8,0. Esses valores se encaixam nas recomendações para águas de dessedentação animal, e do padrão da água utilizada para consumo humano, que é de 6,0 a 9,5.

Os parâmetros microbiológicos foram os que, mais frequentemente, ficaram acima do VMP mais restritivo dentre as normativas consultadas, sendo a ausência de coliformes totais e *E. coli*, recomendado para água de consumo humano (BRASIL, 2017). Nas análises realizadas, foram identificados coliformes totais em 97,4% das cisternas e Escherichia coli em 50%, considerando as duas amostragens realizadas. Porém, é importante ressaltar que as amostras foram coletadas em pontos anteriores ao processo de desinfecção (por cloração), cuja função é a de eliminar os microrganismos. Face ao exposto anteriormente, os resultados positivos nessas análises eram esperados, pois baixas contagens de coliformes são normalmente encontradas em qualquer tipo de águas naturais.

Contudo, deve-se ressaltar que a contagem de microrganismos permite identificar possíveis contaminações. Uma baixa contagem de coliformes totais é normalmente encontrada em águas pouco contaminadas, enquanto a presença, principalmente, de coliformes fecais, indicam contaminação com fezes de animais de sangue quente, e estão ligados à incidência de doenças nos animais, como a diarreia. Os resultados das análises de contagem de coliformes variaram entre 0 e 47 UFC mL-1 para coliformes totais e entre 0 e 10 UFC mL-1 para *E. coli*.

Influência do Sistema Intermediário na qualidade da água armazenada

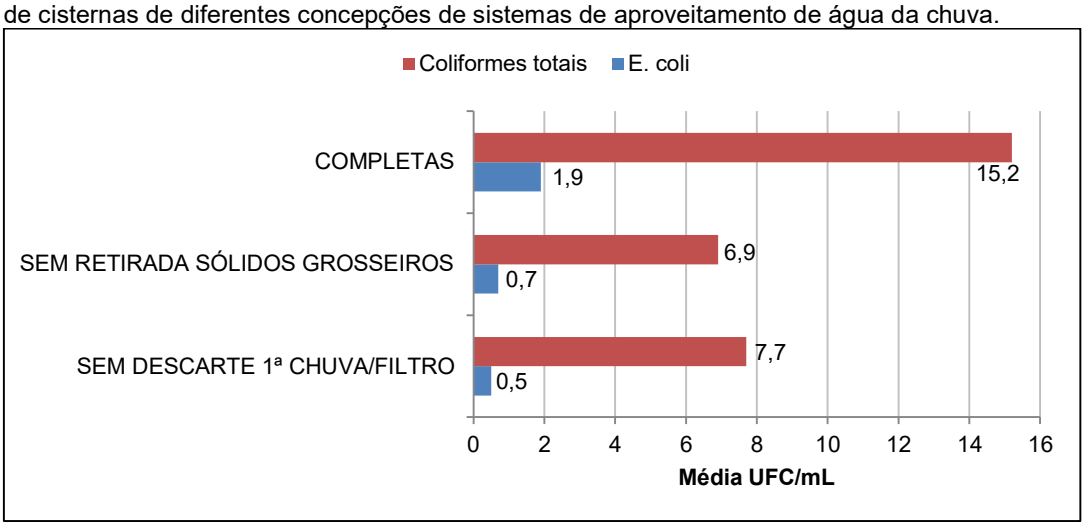
A divisão das análises físico-químicas e microbiológicas demonstrou forte influência da utilização dos dispositivos do Sistema Intermediário na concentração de parâmetros relacionados à qualidade das águas. Os sistemas que não possuíam dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos e/ou filtros apresentaram maiores concentrações em quase todos os parâmetros analisados (físico-químicos e microbiológicos), como condutividade, sólidos totais dissolvidos, dureza, nitrato,

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

coliformes totais e *E. coli*, o que evidencia a importâncias destes dispositivos na concepção dos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Os parâmetros microbiológicos, por serem os únicos que, em média, excederam os valores das normativas consultadas e por serem ótimos indicadores de contaminação, merecem maior destaque. A Figura 6 exibe as médias obtidas para cada grupo formado a partir da configuração dos sistemas.

Figura 6 - Valores médios de coliformes totais e Escherichia coli (UFC mL-1) das amostras coletadas de cisternas de diferentes concepções de sistemas de aproveitamento de água da chuva.



Na média, a utilização do descarte da água da primeira chuva/filtro reduziu em cerca de 50% as concentrações de coliformes totais e em mais de 60% as concentrações de *E. coli*. Os sistemas que não possuíam somente o dispositivo de descarte de sólidos grosseiros apresentaram médias semelhantes aos sistemas completos em todos os parâmetros. No entanto, os desvios em relação à média foram maiores, principalmente para os parâmetros de condutividade e sólidos dissolvidos totais. Estes resultados podem ser explicados pela utilização do descarte dos primeiros escoamentos e filtro nestes sistemas, que também auxiliam no bloqueio de materiais grosseiros, não refletindo tanto no resultado da qualidade da água quando avaliados isoladamente. Porém, a maior variação nos resultados pode indicar vulnerabilidade do sistema à entrada de detritos, principalmente em locais com fortes ventos ou com presença de árvores próximas da área de captação, que sobrecarregam os outros componentes dos sistemas intermediários. Nestes casos, a

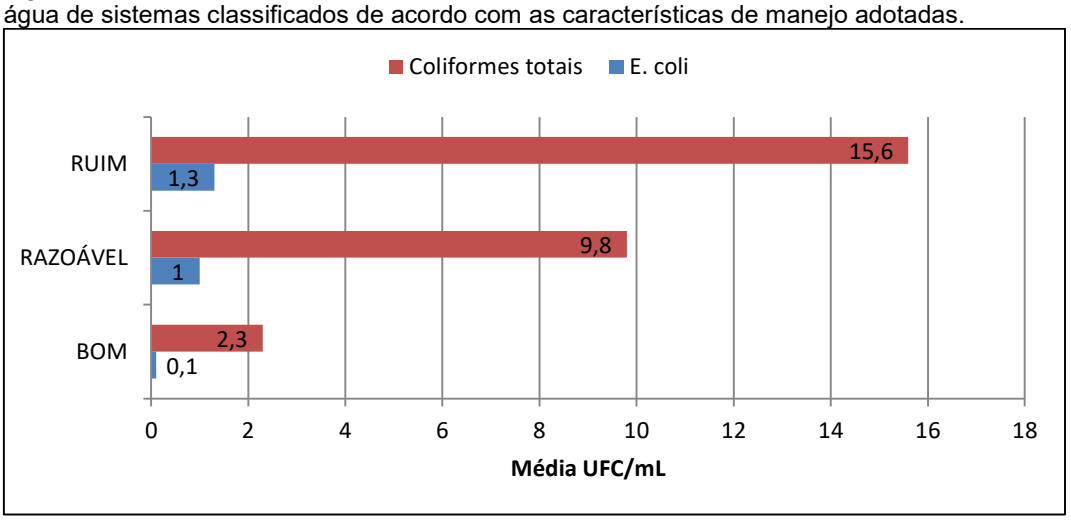
(ISBN: 978-65-88712-43-6)

não utilização deste dispositivo pode acarretar entupimento do filtro e necessidade de aumento da frequência de limpeza dos demais componentes do sistema.

Influência do manejo na qualidade da água armazenada

De um total de 35 sistemas avaliados, 11 sistemas tiveram seu manejo enquadrado como bom, 14 como regular e 10 como ruim. Os resultados obtidos revelaram que a influência do manejo e limpeza na qualidade da água armazenada possui uma importância superior à utilização dos componentes do Sistema Intermediário. Em apenas 27% dos sistemas enquadrados com manejo bom, foram encontrados coliformes do tipo *E. coli*, em comparação a 64% e 60% dos casos de manejo razoável e ruim, respectivamente. As medias encontradas a partir dos grupos formados pelas características de manejo são apresentados na *Figura 7 -*

Figura 7 - Valores médios de coliformes totais e Escherichia coli encontrados a partir de amostras de água de sistemas classificados de acordo com as características de manejo adotadas.



Os sistemas enquadrados no manejo bom apresentaram contagem de coliformes totais 85% inferior aos sistemas com manejo ruim. A redução no parâmetro E. coli foi ain- da maior entre os dois grupos (92%). Além disso, o manejo adequado mostrou-se capaz de minimizar variações nos resultados de todos os demais parâmetros de qualidade da água analisados, evidenciando sua importância fundamental para evitar cominações na água armazenada.

(ISBN: 978-65-88712-43-6)

CONCLUSÕES

O aproveitamento de água da chuva na produção de suínos e aves vem sendo amplamente utilizado na região do Oeste Catarinense, contribuindo para a segurança hídrica das propriedades. Essa tecnologia é também ferramenta promissora na sustentabilidade dos recursos hídricos, ao gerar redução no consumo de água superficial e subterrânea. Os extensos telhados nas edificações de produção animal (suínos e aves), aliados aos índi- ces pluviométricos bem distribuídos durante o ano, tornam a água da chuva uma fonte alternativa com potencial para suprir grande parte ou, em alguns casos, a totalidade da demanda hídrica da produção.

São muitos os interferentes que afetam a qualidade da água da chuva captada e armazenada nas cisternas. Contudo, a utilização de um sistema completo, contendo componentes intermediários bem dimensionados, assim como uma rotina de manejo e limpeza adequada, protegem significativamente todo o sistema de possíveis contaminações, resul- tando no armazenamento de uma água de ótima qualidade.

Devido à carência de estudos e normas que conduzam o aproveitamento seguro desta fonte de água para usos nobres, como a dessedentação animal, a conclusão da compatibilidade dos resultados para tal finalidade fica prejudicada. Ressalta-se que a existência de um sistema completo e a adoção de um manejado adequado não excluem o processo de desinfecção da água antes do consumo animal, visto que o risco de contaminação, de qualquer fonte, não deve ser negligenciado.

AGRADECIMENTOS

Ao Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas pelo convite em participar dessa coletânea, e por terem aberto as portas para a participação e parceria firmada neste projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Carina, à CAPES e à FAPESC, por possibilitarem a continuidade e aprofundamento deste trabalho.

À Embrapa, Epagri e todas as entidades e pessoas que apoiaram o projeto e, principalmente, aos produtores cujas propriedades participaram deste estudo e que nos receberam em meio às suas atividades diárias, possibilitando a obtenção dos resultados apresentados.

REFRERÊNCIAS

ABNT (Associção Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994

ABNT (Associção Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15527**: Água de chuva. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos, Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

APHA (American Public Health Association). American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. Sistemas de aproveitamento de água da chuva. In: LAMBERTS, R. (Ed.). **Casa Eficiente**: uso racional da água. Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010. p. 37-61.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 397 de 03 de abril de 2008.** Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**: Anexo XX – do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, 2017.

COMASSETTO, V.; MATTHIENSEN, A.; ALVES, J.; FAVASSA, C. T. A.; YABIKU, V. M.; WASKIEWIC, M. E.; BÓLICO, J. Diagnóstico das águas subterrâneas na bacia do Rio Jacutinga e contíguos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS; 13.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS; 19.; FEIRA NACIONAL DA ÁGUA; 8., 2014 out. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2014.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina); CEPA (Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**: 2016-2017. Florianópolis: Epagri, 2017.

FREITAS, M. A.; CAYE, B. R.; MACHADO, J. L. F.; ANTUNES, R. B.; MIRANDA JUNIOR, G. X. Água subterrânea: um recurso vital para o Oeste Catarinense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS; 12. 2002 set. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.

ISLAM, M.M., CHOU, F.N.F., KABIR, M.R., LIAW, C.H. Rainwater: A potential alternative source for scarce safe drinking and arsenic contaminated water in Bangladesh. **Water Resource Management**, v. 24, p. 3987-4008, 2010.

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva.** 2011. 215 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

LYE, D. J. Rooftop runoff as a source of contamination: A review. **Science of the Total Environment**, v. 407, p. 5429-5434, 2009.

OLIVEIRA, P. A. V.; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H.; BALDI, P. C. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. (Documentos; 157)

PERDOMO, C. C.; FIGUEIREDO, E. A. P.; SANGOI, V. **Critérios para a captação e aproveitamento da água da chuva na avicultura de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. (Comunicado Técnico; 331).

TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P. A. V. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms. **Livestock Science**, v. 169, p. 146–154, 2014.

THOMAS, T. (2001). Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA; 3. 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2001.

VIOLA, E. S.; VIOLA T. H.; LIMA, G. J. M. M. de; AVILA, V. S. de. (2011). Água na avicultura: importância, qualidade e exigências. In: **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 37-123. (Documentos; 149).

WWDR. World Water: development report 2019. Leaving no one behind. United Nations Educational, Scientific and Cultural organization (UNESCO), World Water Assessment Programme (WWAP), 2019.

WASKIEWIC, M. E.; COMASSETO, V.; TITON, M. A.; GIRON, J.; FAVASSA, C. T. A; MATTHIENSEN, A. Dinâmica de uso de cisternas no contexto da gestão integrada da água na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e Contíguos (SC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS; 22. 2017. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2017.