

V SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL:

**ANÁLISES E PROPOSTAS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS
NO TERRITÓRIO DO ALTO URUGUAI CATARINENSE**



ORGANIZADORES:
Jairo Marchesan
Letícia Paludo Vargas
Maria Luiza Milani
Sérgio Righi

ORGANIZAÇÃO

Jairo Marchesan

Letícia Paludo Vargas

Maria Luiza Milani

Sérgio Righi

V SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL: ANÁLISES E PROPOSTAS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS NO TERRITÓRIO DO ALTO URUGUAI CATARINENSE



2022

**V SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL:
ANÁLISES E PROPOSTAS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS NO TERRITÓRIO DO
ALTO URUGUAI CATARINENSE**

ORGANIZAÇÃO

Jairo Marchesan
Letícia Paludo Vargas
Maria Luiza Milani
Sérgio Righi

CONSELHO EDITORIAL

Renata Campos
Daniela Pedrassani
Ronaldo dos Santos Alves Rodrigues
Morgana Henicka Galio
Fernando Tureck
Sandro Luiz Bazzanella

REVISÃO ORTOGRÁFICA/GRAMATICAL

Marilene Teresinha Stroka

EDITORAÇÃO

Gabriela Bueno
Josiane Liebl Miranda

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade do Contestado

333.910098164
Q7

V Seminário sobre Água e Desenvolvimento Regional: análises e propostas para a gestão das águas no Território do Alto Uruguai Catarinense : [recurso eletrônico] / organização Jairo Marchesan ... [et al.]. – Mafra, SC : Ed. da UnC, 2022.

221 f. ; il. color.

Inclui bibliografias
ISBN: 978-65-88712-84-9

1. Recursos hídricos – Desenvolvimento. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Água – Conservação. I. Marchesan, Jairo (Org.). II. Título.

ISBN: 978-65-88712-84-9



Este livro foi publicado pela Editora UNC após avaliação por Revisores ad hoc e Comissão Científica da Universidade do Contestado - UNC.



APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL: O DESCARTE DOS PRIMEIROS ESCOAMENTOS

Caroline Gabriela Hoss¹⁷
Jorge Manuel Rodrigues Tavares¹⁸
Paulo Belli Filho¹⁹
Alexandre Matthiensen²⁰

RESUMO

Os sistemas de produção de animais confinados exigem uma demanda de água relevante. Com o aumento do estresse hídrico, o aproveitamento de água da chuva vem, cada vez mais, sendo incentivado e amplamente utilizado. O tratamento dado à água coletada varia conforme a qualidade requerida para a utilização a que se pretende. Descartar os primeiros volumes de chuva pode melhorar muito a qualidade da água a ser armazenada, já que os primeiros milímetros fazem a limpeza da atmosfera e da área de captação. Além disso, alguns fatores externos, como o número de dias secos que antecedem o evento chuvoso e a variação da intensidade da precipitação durante o período de descarte, podem influenciar na qualidade da água coletada. Esse estudo teve por objetivo avaliar a qualidade dos primeiros milímetros de chuva coletados a partir da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de 8 (oito) eventos chuvosos, no oeste de Santa Catarina. Constatou-se que o 1º milímetro possui pior qualidade que os demais. O número de dias secos que antecedem ao evento chuvoso apresentou relação positiva com a turbidez da água coletada. O aumento da intensidade da chuva resultou em aumento da concentração de sólidos dissolvidos e de *Escherichia coli*. Apesar do descarte dos primeiros escoamentos incidirem em melhor qualidade da água armazenada, é necessário que outros processos sejam realizados para a garantia da qualidade requerida.

Palavras-chave: Água da chuva. Primeiros escoamentos. Intensidade da chuva. Dias secos.

¹⁷Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: carolg.hoss@gmail.com

¹⁸ESA – Instituto Politécnico de Beja – Portugal. E-mail: jorgemrtavares@gmail.com

¹⁹Docente do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: Paulo.belli@ufsc.br

²⁰Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa em Suínos Aves (CNPSA). E-mail: alexandre.mathiensen@embrapa.br

INTRODUÇÃO

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O aproveitamento da água de chuva é uma técnica milenar exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo, como Maias, Incas e Astecas (PROSAB, 2006). Com a chegada das redes de abastecimento e o aumento da perfuração de poços, essa técnica teve seu uso reduzido, mas atualmente volta a ser impulsionada frente à situação de insegurança hídrica causada pela diminuição, em quantidade e/ou qualidade, das águas superficiais e subterrâneas, e pelos períodos de estiagem que se tornam cada vez mais severos (WRC, 2016).

Os incentivos governamentais e de organizações não governamentais têm sido fundamentais na disseminação dos sistemas de coleta de águas pluviais nas últimas décadas, levando água para locais carentes ou que sofrem com situações de estiagem severa (WRC, 2016). No Brasil, o aproveitamento de água da chuva é recente, tendo os primeiros incentivos governamentais por volta do ano 2000 no semiárido brasileiro. Desde então, vários estados e cidades adotaram leis que estipulam o aproveitamento de água da chuva para algumas atividades ou tipos de edificações.

Na agroindústria, a utilização da água da chuva como fonte alternativa de suprimento da demanda e para o uso racional dos recursos hídricos também vem sendo estimulada. A Lei Estadual Nº 14.675/2009 de Santa Catarina, institui o Código Estadual do Meio Ambiente, e em seu Art. 218, dispõe que “as atividades/empreendimentos licenciáveis, quando usuários de recursos hídricos, devem prever sistemas para coleta de água de chuva para usos diversos” (SANTA CATARINA, 2009). Dessa forma, gerou-se a exigência da instalação de um sistema de captação e uso das águas pluviais para a obtenção/renovação da licença ambiental de empreendimentos usuários de recursos hídricos, pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA, 2020).

Em geral, os sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) permitem captar a água pluvial que cai sobre uma superfície e encaminhá-la até um reservatório (cisterna), onde permanece armazenada até que seu uso seja feito. Os componentes desses sistemas variam conforme a qualidade que se deseja para a água (o que vai

dependem do uso pretendido), do espaço disponível para as instalações e os recursos financeiros a serem aplicados (PALHARES, 2016a).

Os telhados das edificações são a área de captação mais recomendada, pois possibilitam que o sistema funcione por gravidade, devido à altura do pé direito da instalação, e por ser uma área sem trânsito de pessoas e baixo fluxo de animais, diminuindo a possibilidade de contaminações cruzadas no sistema (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010; LISBOA, 2011). Nesses casos, a água da chuva é coletada por meio de calhas instaladas no perímetro dos telhados e encaminhada até um reservatório, por meio de condutores verticais e horizontais, normalmente constituídos por tubulação PVC.

Antes do armazenamento, a água deve passar por um pré-tratamento, que tem por objetivo aprimorar a qualidade da água e prevenir o risco de sua deterioração durante o armazenamento (ABNT, 2019). No caso dos SAAC instalados nas unidades de produção intensiva de suínos e aves, o telhado das granjas é utilizado como área de captação, devido a sua grande extensão e proximidade ao ponto de utilização. Como pré-tratamento são utilizados os seguintes elementos: dispositivo de retirada de sólidos grosseiros, dispositivo de desvio e descarte dos primeiros escoamentos e filtros rápidos de pedra britada (HOSS, 2017; WASKIEWICK *et al.*, 2017),

OS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA PRODUÇÃO DE ANIMAIS CONFINADOS EM SANTA CATARINA

Santa Catarina é destaque nacional na produção de animais confinados, sendo que essa produção é concentrada na região oeste do estado. Os sistemas de produção de animais confinados (SPAC) exigem uma demanda de água relevante, sendo constituída essencialmente pelo consumo direto dos animais, pela limpeza e higiene das instalações e equipamentos, e pelas nebulizações, que são utilizadas para melhorar o conforto térmico do ambiente. A água é ainda utilizada como veículo de vacinas, medicamentos e outros nutrientes ministrados de forma adicional à alimentação seca (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018)

A água destinada ao consumo dos animais deve ser limpa, fresca e isenta de patógenos (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018). A qualidade da água utilizada interfere diretamente no sucesso da produção, uma água de baixa qualidade pode interferir o

desenvolvimento dos animais e, assim, acarretar perdas econômicas para o produtor e um produto inferior a ser entregue ao consumidor (ANZECC, 2000; CCME, 2005).

A obtenção de água para o suprimento da demanda dos SPAC ocorre principalmente por meio de fontes alternativas de abastecimento individual ou comunitário, como nascentes e poços profundos, devido à localização das unidades produtivas nas zonas rurais dos municípios, onde as redes de abastecimento de água administradas por concessionárias públicas, na maioria dos casos, não possuem alcance (HOSS *et al.*, 2018). Contudo, em situações de estiagem, os produtores enfrentam dificuldades para suprir a demanda da produção e acabam dependendo do abastecimento por caminhão-pipa, normalmente oferecido pelas prefeituras com uma água de qualidade inferior (WASKIEWIC *et al.*, 2017). Diante desse cenário de insegurança hídrica, os sistemas de captação de água da chuva tornaram-se uma prática comum para o suprimento da água nos SPAC.

O uso da água da chuva armazenada na produção animal pode gerar melhorias nas dimensões ambiental, social e econômica. No lado ambiental, a captação de água da chuva reduz a extração de fontes superficiais e subterrâneas, promovendo o uso racional da água e reduzindo o impacto hídrico do setor. No aspecto social, essa prática auxilia na segurança hídrica da propriedade rural, favorecendo a manutenção do homem no campo e apoiando a educação ambiental. Por fim, na dimensão econômica, pode reduzir o custo da água na produção e permitir a expansão do rebanho onde a água é um fator limitante (PALHARES; GUIDONI, 2012; REGELMEIER; KOZERSKI, 2015).

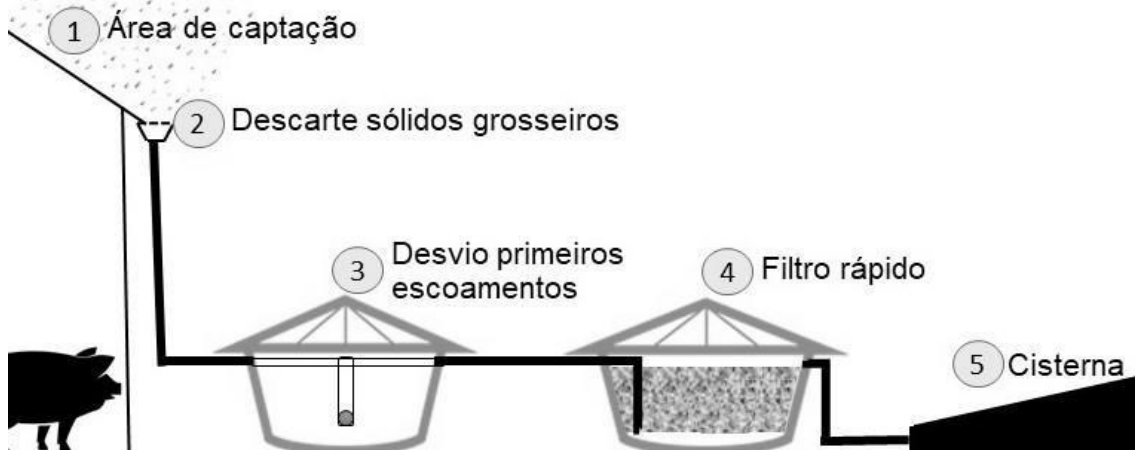
A aplicação dos SAAC nos SPAC em Santa Catarina ainda é beneficiada pelo índice pluviométrico favorável da região, com chuvas bem distribuídas durante o ano. Dessa forma, conjuntamente com as extensas áreas de telhado das granjas, é possível coletar grandes volumes de água a baixo custo (HOSS, 2017; WASKIEWIC *et al.*, 2017).

O SISTEMA INTERMEDIÁRIO

Para propiciar uma água de melhor qualidade, o volume coletado passa por um pré-tratamento antes do seu armazenamento, o chamado “sistema intermediário” (SI). Geralmente o SI é composto por um dispositivo de retirada de sólidos grosseiros, um

dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos e filtros rápidos de pedra britada (HOSS, 2017; WASKIEWICK *et al.*, 2017).

Figura 1 – Desenho esquemático de um sistema de aproveitamento de água da chuva na produção animal, com os componentes do SI (números 2, 3 e 4).



Fonte: Hoss (2020).

O descarte dos sólidos grosseiros (1) é realizado a partir de telas, grades ou filtros com peneiras autolimpantes. Esse dispositivo evita que os detritos maiores, como galhos, folhas e outros, sigam pelo sistema e se acumulem no interior do reservatório, o que contribui para a deterioração da qualidade da água armazenada (ABNT, 2019; LISBOA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Uma forma prática e muito utilizada é a aplicação de telas sobre as calhas, que impedem a entrada desses detritos antes mesmo de haver a reunião das águas coletadas em um único ponto (HOSS, 2017).

Para um melhor polimento da água são utilizados filtros rápidos (4), que fazem a retenção dos detritos menores a partir da passagem da água por um material filtrante de alto fluxo, como britas e pedriscos. Durante esse processo, se observa a formação de películas de microfilmes de bactérias e demais microrganismos, sobre e por meio do material filtrante, que podem auxiliar na remoção de certos nutrientes e contaminantes da água; porém, caso haja excesso de material retido, o mesmo pode acabar se desprendendo e o material orgânico ser liberado novamente para a água que está sendo filtrada e que será encaminhada para a cisterna. Dessa forma, é imprescindível que se faça a limpeza dos filtros de tempos em tempos.

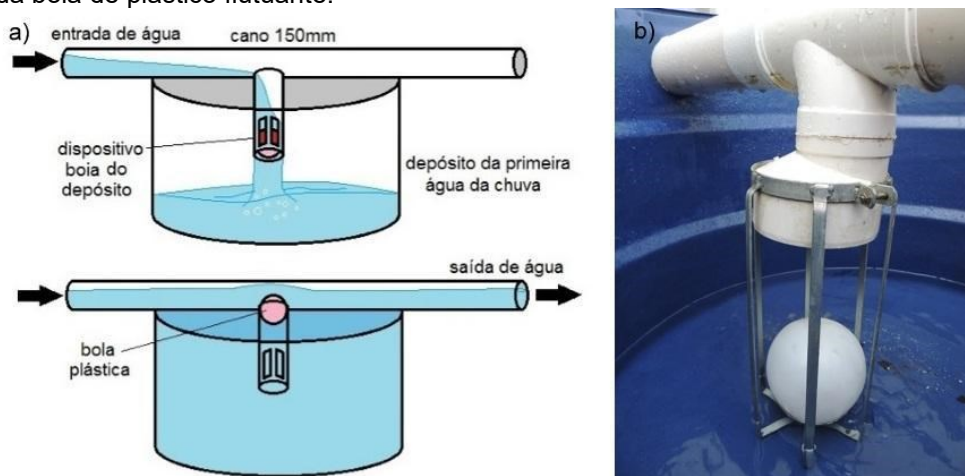
Já o dispositivo de desvio e descarte dos primeiros escoamentos (3), que deve ser posicionado antes mesmo dos filtros rápidos, conforme ilustrado na Figura 1, tem

por objetivo impedir que a água mais suja seja misturada ao volume total coletado. Devido à importância desse dispositivo na qualidade da água proveniente de um sistema de aproveitamento de água da chuva, como já relatado em diversos estudos, esse será o foco do presente trabalho.

Durante a precipitação as gotículas de chuva podem agregar os poluentes que estiverem presentes na atmosfera. Dessa forma, quando se inicia uma chuva, os primeiros milímetros de precipitação fazem a limpeza da atmosfera, o que pode modificar a qualidade da água. Ademais, ao entrar em contato com a área de captação, o fluxo de água gerado tem potencial de carrear detritos, poeiras e demais materiais que estiverem ali depositados (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER., 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2012). À medida que a chuva realiza essa lavagem, a qualidade da água captada melhora. Dessa forma, é extremamente recomendado que se faça o desvio do volume inicial de chuva captado, de forma a maximizar a qualidade da água a ser armazenada (OLIVEIRA *et al.*, 2012; WHO, 2008).

Existem várias formas de realizar o desvio dos primeiros escoamentos. Uma delas é a utilização de um pequeno reservatório com boia de plástico flutuante em seu interior, permitindo a passagem de água para a cisterna apenas quando este reservatório estiver cheio (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010). Esse método é o mais utilizado em sistemas de aproveitamento de água da chuva de grande porte, como é o caso dos utilizados na produção animal catarinense (HOSS, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Figura 2 – a) Desenho esquemático do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos; b) Detalhe da boia de plástico flutuante.



Fonte: a) Alexandre Matthiensen/Embrapa apud Oliveira *et al.* (2012); b) Alexandre Matthiensen.

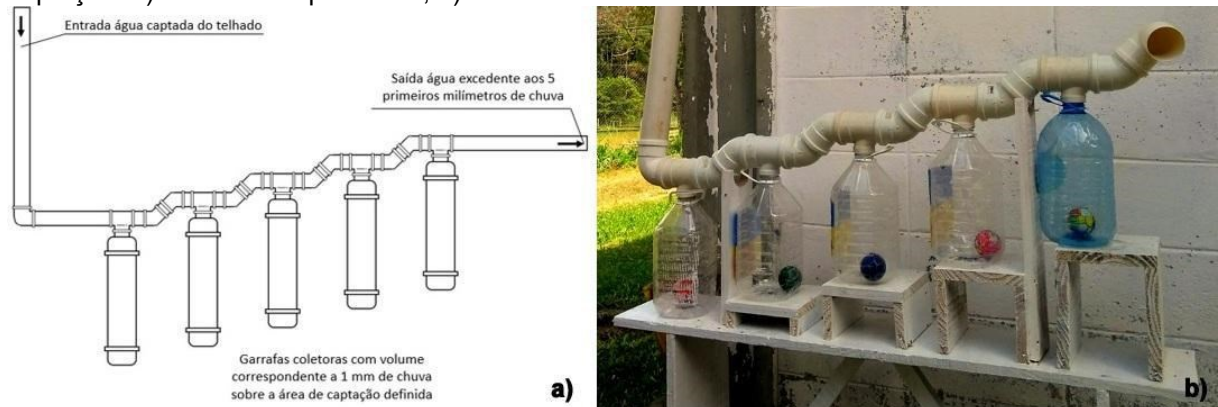
A dimensão do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos depende da área de telhado usada como captação e a quantidade de chuva que se deseja descartar. Contudo, a definição do volume de descarte ainda gera muitas dúvidas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) recomenda que, caso não se tenha dados sobre a realidade local, se descarte os primeiros 2 mm de chuva (ABNT, 2019). Segundo estudos já realizados, a quantidade de chuva necessária para realizar a limpeza da atmosfera e da área de captação, a qual deve ser descartada, varia conforme o intervalo entre as chuvas e as condições do ambiente (HAGEMANN, 2009). Santos (2015) ainda cita a influência de outros dois fatores na quantidade de chuva a ser descartada: a intensidade da chuva e a inclinação da cobertura, pois acarretam em alterações na velocidade de escoamento, e conseqüentemente, do poder de arraste de contaminantes. Contudo, a maioria dos estudos realizados para investigar o volume ideal de descarte refletem a realidade de ambientes urbanos. As áreas urbanas possuem diferentes configurações ambientais em relação às rurais, de modo que os resultados obtidos não possam ser diretamente extrapolados de um para o outro (WRC, 2016).

Dessa forma, foi pensado a realização de um experimento com o intuito de refinar o conhecimento sobre as características intrínsecas do SI de descarte dos primeiros escoamentos da água da chuva, em relação à qualidade da água e seus eventuais fatores de interferência, para a região rural do oeste catarinense, mais precisamente, em uma área de produção de animais confinados – SPAC.

METODOLOGIA

Para a análise da interferência do sistema de descarte dos primeiros escoamentos na qualidade da água da chuva captada, foi montado um sistema de coleta escalonada, com capacidade de coleta e armazenamento para os cinco primeiros milímetros de chuva, separadamente. Dessa forma, pôde-se verificar as diferenças na qualidade da água em cada milímetro de chuva a ser desviado e descartado, possibilitando, assim, melhor entendimento do funcionamento do dispositivo. A Figura 3 ilustra o sistema utilizado.

Figura 3 – Sistema de coleta escalonada dos primeiros cinco milímetros de chuva sobre a área de captação. a) desenho esquemático; b) sistema montado.



Fonte: Hoss (2020).

O sistema foi confeccionado a partir de tubulação PVC e garrafas plásticas de 5 L, rosqueadas à tubulação. Os desníveis entre a primeira e a última garrafa coletora serviram para impedir que, em uma chuva de alta intensidade, onde a água entra no sistema com alta pressão, a água passasse para a próxima garrafa sem ter enchido totalmente a anterior. No interior das garrafas foram colocadas bolas de resina sintética, que possibilitaram a estanqueidade da garrafa ao atingir seu enchimento completo, evitando a mistura com a água dos próximos milímetros. As bolas foram previamente testadas em imersão em água por 24 horas e não houve modificação de suas características nem alteração na qualidade da água.

O sistema de coleta e armazenamento dos primeiros milímetros foi instalado junto à unidade de produção de suínos desmamados da Embrapa Suínos e Aves, servindo o seu telhado como área de captação de água para o sistema. Essa unidade da Embrapa é localizada na área rural do município de Concórdia, assemelhando-se ao ambiente encontrado nas propriedades de produção avícola e suinícola da região. O comprimento da calha utilizada na captação da chuva no telhado foi delimitado de modo que o primeiro milímetro de chuva correspondesse ao enchimento completo da primeira garrafa coletora (5 L), o segundo à segunda garrafa (5 L), e assim por diante. Dessa forma, foi instalada uma calha de 0,82 metros de comprimento no beiral do telhado, cuja dimensão foi calculada com base na ABNT NBR 10844/89 para superfície inclinada (ABNT, 1989), sendo a altura do telhado igual a 1 metro e sua largura igual a 5,60 metros, resultando em uma inclinação de 18%.

Quadro 1 – Eventos de chuva coletados e parâmetros analisados.

Parâmetro analisado	Data dos eventos chuvosos (2019)							
	05/abr	16/abr	26/jun	15/jul	03/out	13/nov	27/nov	05/dez
pH	x	x	x	x	x	x	x	x
Temperatura (°C)	x	x	x	x	x	x	x	x
Condutividade (µS/cm)	x	x	x	x	x	x	x	x
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Turbidez (NTU)	x	x	x	x	x	x	x	x
Cálcio (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Magnésio (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrito_NO2 (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrato_NO3 (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Sulfatos_SO4 (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	
Coliformes totais (UFC/mL)		x	x	x	x	x	x	x
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)				x	x	x	x	x

No total, foram coletados e analisados os primeiros milímetros de chuva de 8 eventos de precipitação, ocorridos entre abril e dezembro de 2019. Foram analisados apenas os eventos que tiveram seu início entre a noite de domingo e a tarde de quinta-feira, de modo que as análises pudessem ser feitas no prazo de 24 h após a ocorrência da precipitação. Os eventos que iniciaram em menos de 48 h após a incidência de chuva anterior, foram considerados como sendo parte do mesmo evento chuvoso, e não foram coletados. Os eventos de chuva e os parâmetros indicadores de qualidade da água analisados são apresentados no Quadro 1. As análises seguiram os métodos analíticos do Standard Method (APHA, 2005).

A qualidade dos 5 grupos formados a partir das amostras de cada milímetro de chuva foram avaliados segundo a normativa de potabilidade brasileira – Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). Para cada parâmetro analisado foi realizado um teste estatístico de comparação entre os cinco grupos, a fim de verificar diferenças significativas entre a qualidade dos mesmos. Ainda, os resultados foram correlacionados com os dados de número de dias secos que antecederam o evento de chuva e a intensidade da precipitação. Os dados climatológicos foram obtidos da Estação Agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia - SC (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, s.d.), local onde foi instalado o sistema piloto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras dos diferentes milímetros de chuva coletados apresentaram diferença visual, sendo o primeiro milímetro sempre o de pior aspecto (Figura 4).

Figura 4 – Diferença visual das amostras do 1º ao 5º milímetro em dois eventos de chuva distintos – da esquerda para a direita.



Em relação ao enquadramento das amostras ao padrão exigido para água potável, o parâmetro físico turbidez e os parâmetros microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli* foram os únicos que excederam os valores máximos determinados pela portaria de potabilidade brasileira. A Tabela 1 apresenta os resultados médios para os parâmetros em questão, para os 5 grupos formados.

Tabela 1 – Média por grupo dos parâmetros que excederam o limite definido na portaria de potabilidade brasileira: turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*.

Grupo	Média do Parâmetro		
	Turbidez (NTU)	Coliformes totais (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)
1º mm	11,7	2152,4	1066,2
2º mm	5,1	2004,6	231,1
3º mm	3,7	2084,8	927,2
4º mm	4,0	2144,7	948,3
5º mm	2,7	2013,1	390,2

Nota-se que a turbidez média ultrapassou o limite de potabilidade (5,0 NTU) nos grupos formados pelo 1º e 2º mm. Já para os parâmetros microbiológicos, todas as médias se mostraram acima do limite de potabilidade (0 NMP/100 mL). Cabe salientar que as amostras foram coletadas diretamente após a captação das águas

no telhado, sem a utilização do dispositivo de descarte de sólidos grosseiros e sem a passagem por um filtro rápido, sendo que esses dois dispositivos têm como finalidade a redução da turbidez. Ainda, a portaria de potabilidade exige a ausência dos microrganismos analisados após a água passar pelo processo de desinfecção, por cloração ou outro desinfetante, o que também não ocorreu na água analisada.

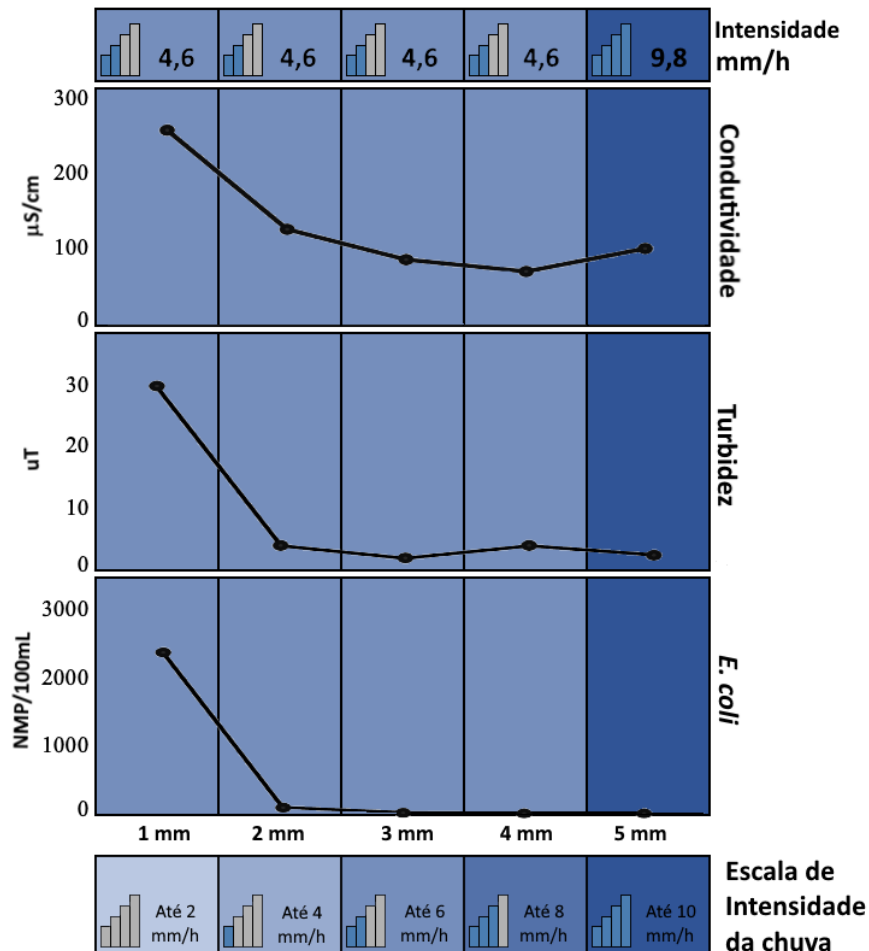
A partir da aplicação dos métodos estatísticos de comparação, os parâmetros que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos formados por cada milímetro de chuva captado foram: condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), cálcio, magnésio e turbidez.

Os parâmetros condutividade, SDT, cálcio e magnésio apresentaram a diferença significativa entre o 1º e os demais grupos (2º, 3º, 4º e 5º mm), indicando que a eliminação de 1 mm traria diferença na qualidade da água armazenada. Já o parâmetro turbidez apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas quando comparado entre o 1º e o 5º grupo. Contudo, os maiores valores de turbidez ocorreram no 1º mm de chuva, que teve também uma média mais elevada, conforme mencionado anteriormente.

Em nenhum caso os valores de turbidez dos milímetros subsequentes superaram os valores de turbidez observados no 1º mm. Contudo, houve elevação dos valores de turbidez entre o 2º e 3º mm, e também entre 3º e 4º/4º e 5º mm em alguns dos eventos de chuva analisados. Os aumentos dos valores de turbidez, após o início da precipitação, se deram nos casos onde houve o aumento da intensidade da chuva e, de forma mais acentuada, nos casos onde a chuva iniciou com uma intensidade muito baixa, não tendo uma capacidade de “limpeza” adequada da área de captação.

Os eventos de chuva tiveram, como característica, seu início com chuvas de baixa intensidade, aumentando com o passar do tempo. Isso fez com que as maiores intensidades ocorressem em momentos onde a área de captação já havia sido parcialmente limpa. Dessa forma, a correlação entre a turbidez e a intensidade da chuva resultou negativa. Contudo, se observarmos o comportamento dos eventos chuvosos isolados (por exemplo, figuras 5 e 6), podemos constatar que o aumento da intensidade, embora nos milímetros subsequentes, resulta em aumento da turbidez e, até mesmo, de outros parâmetros como sólidos dissolvidos (mensurados a partir da condutividade) e, em alguns casos, *Escherichia coli*.

Figura 5 – Variação da intensidade da chuva durante a coleta escalonada dos 5 primeiros milímetros de chuva, e suas respectivas variações de condutividade, turbidez e *E. coli*. Coleta realizada em 03 de outubro de 2019.



Na figura 5, é possível observar uma mudança na intensidade da chuva do 4º para o 5º mm coletados (de 4,6 mm/h para 9,8 mm/h). Apesar dessa mudança de intensidade não acarretar em alteração dos parâmetros turbidez e *E. coli*, observou-se um leve aumento nos valores de condutividade no 5º mm de chuva coletado, quando em comparação com o 4º mm.

Em outro exemplo, na figura 6, observa-se uma variação na intensidade da chuva durante a coleta dos primeiros 5 mm de chuva. A intensidade variou dos 2 primeiros milímetros (0,3 e 0,2 mm/h) em relação ao 3º mm (2,1 mm/h) e, logo após, a intensidade aumentou novamente para os dois milímetros subsequentes (4º e 5º, a saber, 3,8 mm/h). Essa variação de intensidade resultou em aumentos nas concentrações de turbidez e *E. coli* no 3º mm armazenado, quando comparado aos dois primeiros milímetros. Já no parâmetro condutividade, essa variação de intensidade não resultou em aumento de valores. Esses experimentos demonstram

que a variável “intensidade da chuva”, durante os primeiros 5 mm de chuva, pode possuir papel importante na qualidade da água da chuva captada.

Figura 6 - Variação da intensidade da chuva durante a coleta escalonada dos 5 primeiros milímetros de chuva, e suas respectivas variações de condutividade, turbidez e E. coli. Coleta realizada em 14 de novembro de 2019.

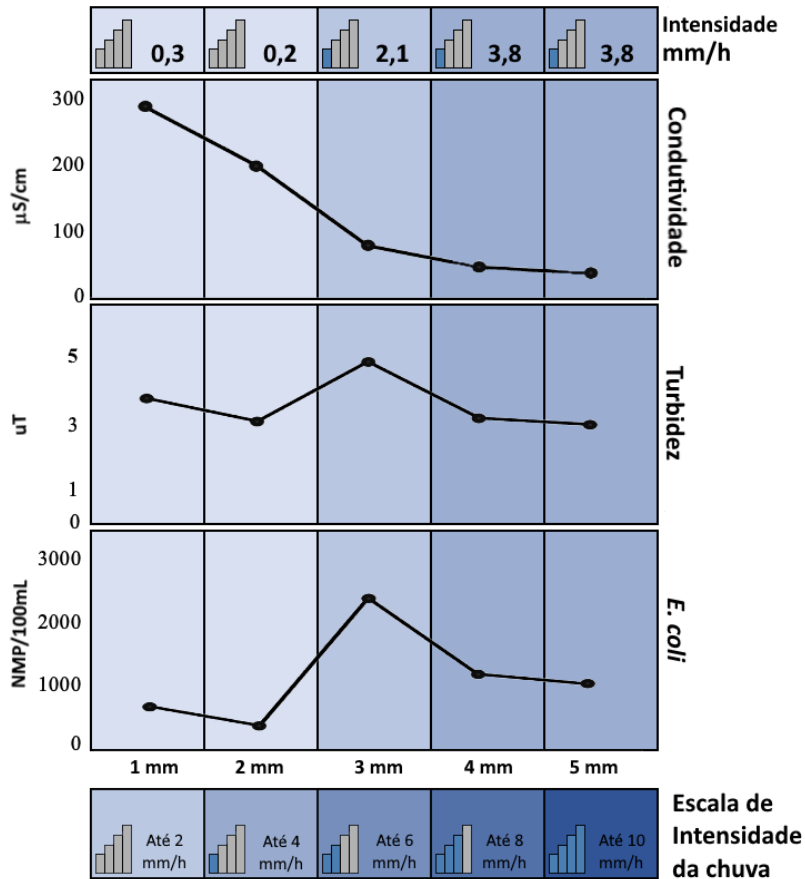
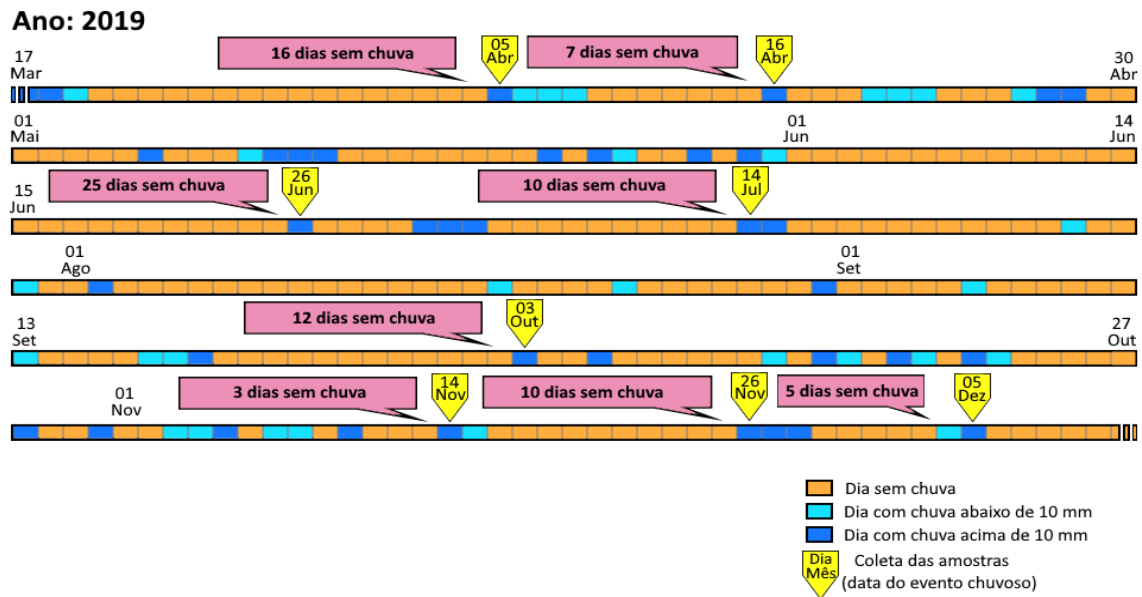


Figura 7 – Sequência temporal dos dias com e sem chuva do ano de 2019, com a data dos eventos chuvosos nos quais foram realizadas as coletas e o número de dias prévios sem chuva.



Foram também contabilizados o número de dias secos – sem chuva – que antecederam às coletas nos eventos chuvosos (Figura 7). Um período maior sem precipitação, antecedendo uma chuva considerável, é considerado uma variável importante para as concentrações de alguns parâmetros de qualidade da água da chuva, como a turbidez.

O número de dias anteriores sem chuva apresentou correlação positiva com a turbidez, o que era esperado pelo maior período de deposição de sedimentos no telhado e calhas. A Tabela 2 apresenta os resultados de turbidez e intensidade da chuva para o 1º milímetro em cada um dos eventos de chuva observados.

Tabela 2 – Intensidade da chuva e valores de turbidez observados no 1º milímetro de chuva coletado para cada um dos eventos de precipitação estudados.

Data do evento de chuva	Dias anteriores sem chuva (dias)	Turbidez (uT)	Intensidade da chuva (mm/h)
26/06/2019	25	8,6	2,0
05/04/2019	16	24,5	1,3
03/10/2019	12	30,0	4,6
15/07/2019	10	4,5	1,0
27/11/2019	10	7,3	2,3
16/04/2019	7	13,4	2,3
05/12/2019	5	2,1	0,5
14/11/2019	3	3,7	0,3

É possível perceber que os maiores valores de turbidez se concentram nos eventos onde um número maior de dias secos antecederam o evento chuvoso, com algumas exceções. Nota-se, ainda, que nos casos onde o número de dias secos foi igual, a amostra que apresentou maior turbidez foi a coletada de uma chuva de maior intensidade, como exemplo os eventos dos dias 15/07/2019 e 27/11/2019; Porém, há outras variáveis que podem alterar a quantidade de materiais depositados sobre os telhados, como os ventos e a incidência de atividades, no entorno da área de captação, que liberem poeiras e outros materiais de deposição.

CONCLUSÃO

Este trabalho focou na avaliação da qualidade da água de descarte dos primeiros escoamentos da água da chuva coletados em telhado, uma etapa importante para a garantia do armazenamento de uma água de melhor qualidade. Muitos fatores interferem na qualidade da água dos primeiros milímetros de chuva. Aqui, demonstramos a influência da variação da intensidade da chuva durante o desvio dos primeiros escoamentos e do número de dias prévios sem precipitação, o que dificulta na definição de um volume ideal para o descarte.

No geral, o 1º mm apresentou diferença significativa em relação aos demais milímetros de chuva, em alguns parâmetros físico-químicos de qualidade da água. Foi observado que os parâmetros que excederam aos valores máximos permitidos para a portaria de potabilidade brasileira (BRASIL, 2021) foram: turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*, que tendem a ser minimizados nas próximas etapas de tratamento, como a diminuição da turbidez pela passagem por filtração rápida em filtro de brita e eliminação dos microrganismos com a desinfecção (cloração). Contudo, o descarte do volume de água com maior quantidade de matéria orgânica, através do manejo adequado da caixa de descarte dos primeiros escoamentos da chuva, certamente favorece o aumento da vida útil dos materiais filtrantes e diminui a frequência de limpeza dos filtros e da cisterna, além de necessitar de menor quantidade de cloro para sua desinfecção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, à EMBRAPA, à CAPES e à FAPESC, por possibilitarem e contribuírem para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, R. H. Sistemas de aproveitamento de água da chuva. In: LAMBERTS, R. et al (Ed.). **Casa Eficiente: Uso Racional da Água**. v. 3, Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010. Cap. 5. p. 37-61. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_III_WEB.pdf. Acesso em: 30 set. 2017.

APHA. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. Eaton, A.D. and Franson, M.A.H. (Eds). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10844**. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Segunda edição. Rio de Janeiro, 2019

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME). **Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses: Summary table**. Updated October 2005. Winnipeg: CME documents, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) SUÍNOS E AVES. **Dados Agrometeorológicos**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/meteor/>. Acesso em: 20 set. 2018.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

HOSS, C. H. **Sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção de suínos e aves**. 2017. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

HOSS, C. H.; MATTHIENSEN, A.; TAVARES, J. M. R.; WASKIEWIC, M. E.; BELLI FILHO, P. Qualidade da água proveniente de sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção intensiva de suínos e aves. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais digitais...** Foz do Iguaçu: ABES, 2018. Disponível em: <http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=948>. Acesso em: 20 ago. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE (IMA). **Instrução Normativa nº 65**. Florianópolis, Brasil. 18p, 2020. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>. Acesso em 04 jun. 2020.

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

MATTHIENSEN, A.; SCHMIDT, N. S. Água na avicultura de postura. **Avicultura Industrial**, v. 1281, n. 9, p.14-21, set. 2018. Mensal.

OLIVEIRA, P. A. V. de; 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**. In: EMBRAPA, 2012. Documentos, 157. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 38p, 2012.

PALHARES, J. C. P. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016a. 32p.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 7, n. 1, p. 244-254, 30 abr. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). Doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.822>.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. [S. l.]: UFES, UFSC, UNICAMP IPT, 2006. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

REGELMEIER, F. A.; KOZERSKI, C. E. Aproveitamento de água da chuva em zonas rurais: captação e reservação. In: exposição de experiências municipais em saneamento, 19., assembleia nacional da assemae, 45., Poços de Caldas, 2015.

Anais... Poços de Caldas, 2015. p.1-15. Disponível em:

<http://www.trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/218/363/t363t5e1a2015.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui O Código Estadual do Meio Ambiente e Estabelece Outras Providências. Abr. 2009.

SANTOS, J. L. dos. **Potencial de aproveitamento de água da chuva na produção de leite**: um estudo de caso. 2015. 89p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.

WASKIEWIC, M. E. *et al.* 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., Florianópolis, 2017. **Anais...** Florianópolis: SBRH, 2017.

WATER RESEARCH COMMISSION (WRC). **Microbial Quality of Rooftop Rainwater (Volume 1)**. In: KORSTEN, L.; CASEY, N.H.; CHIDAMBA, L. (Eds.). University of Pretoria: Pretoria, South Africa, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Drinking-water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda**. 3. ed. Geneva: WHO Press, 2008. 515 p. Recommendations.