

Tecnologias Aplicadas à Melhoria de Recursos Hídricos em Propriedades Rurais



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 524

**Tecnologias Aplicadas à Melhoria de Recursos
Hídricos em Propriedades Rurais**

*Lilian Terezinha Winckler
Juliana Vargas Bozzato
Clenio Nailto Pillon
Mariana Rockembach de Ávila
Ivan dos Santos Pereira*

Editores Técnicos

Embrapa Clima Temperado
BR-392, km 78, Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luíza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Nathália Santos Fick (46.431.873/0001-50)

Foto de capa

Juliana Bozzaato

1ª edição

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

T255 Tecnologias aplicadas à melhoria de recursos
 hídricos em propriedades rurais / Lilian Terezinha
 Winckler... [et al]. – Pelotas: Embrapa Clima
 Temperado, 2022.
 22 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
 ISSN 1806-9193 ; 524)

1. Recurso hídrico. 2. Propriedade rural.
3. Desenvolvimento sustentável. 4. Tecnologia.
I. Winckler, Lilian Terezinha. II. Série.

CDD 631.7

Autores

Lilian Terezinha Winckler

Engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Juliana Vargas Bozzato

Acadêmica de Bacharelado em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas, RS

Clenio Nailto Pillon

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Mariana Rockembach de Ávila

Tecnóloga em agropecuária, doutora em Zootecnia, pesquisadora colaboradora da Fapeg/Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Ivan dos Santos Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador colaborador da Fapeg/Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Agradecimentos

À empresa Philip Morris Brasil, pela parceria institucional no Projeto Auera e ao corpo técnico do projeto, pelo subsídio no desenvolvimento deste trabalho.

Apresentação

A água é um recurso indispensável à vida e à produção. A possibilidade de sua finitude e escassez é um alerta para a busca por adequações e cuidados no seu uso.

A Organização das Nações Unidas (ONU) traz, em seu Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 6, a abordagem que se propõe a “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos”. Dentre as oito metas propostas pela ONU, a Embrapa possui forte contribuição em seis: melhoria da qualidade por meio da redução de águas residuais e poluentes; melhorias na eficiência do uso da água; gestão integrada dos recursos hídricos; proteção dos ecossistemas; apoio à capacitação através de cooperação internacional; e fortalecimento das comunidades locais para a gestão da água e saneamento.

Esta publicação sistematiza conteúdo, conhecimentos e tecnologias que podem contribuir para a diminuição da poluição, bem como para aumentar a eficiência do uso das águas. Além disso, proporciona instrumentalização para a melhor gestão desse recurso pelos agricultores e técnicos.

Roberto Pedroso de Oliveira
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução.....	11
Algumas causas das fragilidades nos recursos hídricos em pequenas propriedades do Sul do Brasil.....	12
Falta de proteção dos corpos d'água	12
Práticas agrícolas inadequadas	14
Efluentes e dejetos animais sem tratamento	15
Tecnologias aplicadas à melhoria dos recursos hídricos em propriedades rurais no Sul do Brasil	16
Recomposição de áreas de preservação permanente (APP).....	16
Tecnologias para melhorias em águas para consumo humano	17
Tecnologias para redução de contaminação microbiológica e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos recursos hídricos	18
Considerações finais	20
Referências	20

Introdução

Uma propriedade rural sustentável se mantém produtiva por meio da conservação dos seus recursos. O Projeto “Auera” se propõe a construir um modelo de propriedade rural sustentável produtora de tabaco no Sul do Brasil, aproveitando os recursos disponíveis e utilizando-os da maneira mais adequada, através da adoção de boas práticas agropecuárias (BPA), de forma a valorizar a propriedade e os produtores, qualificar os produtos agrícolas, bem como contribuir para o desenvolvimento em bases sustentáveis da região na qual a propriedade está inserida. Esta publicação se propõe a apresentar tecnologias para auxiliar no atendimento a essa expectativa, abordando os cuidados a serem observados para os problemas comumente encontrados nas pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil referentes aos recursos hídricos.

Os recursos hídricos estão diretamente ligados às atividades humanas, tanto para a manutenção da vida, quanto às produtivas e de lazer. Apesar do volume de $1.386 \times 10^6 \text{ km}^3$ de água na hidrosfera, apenas uma pequena parte dela é constituída de água doce (2,5%), sendo que grande parte dela é de difícil disponibilidade, e apenas 0,3% encontra-se disponível em lagos, reservatórios e bacias hidrográficas (Silva; Pereira, 2019). Diferenças entre regiões com disponibilidade e concentração populacional fazem com que mesmo países com maiores disponibilidades de água doce, como Brasil, Colômbia e Peru, tenham parte da população sem acesso à água potável (Silva et al., 2018a). A medida de água doce em metro cúbico per capita expressa melhor a disponibilidade ou a escassez de água, sendo a Islândia, Guiana e Suriname os países com maior disponibilidade de água doce, com 516.090 m^3 , 353.279 m^3 e 182.302 m^3 per capita, respectivamente, enquanto países como Kuwait, Emirados Árabes e Catar possuem as menores médias, com $5,13 \text{ m}^3$; $16,38 \text{ m}^3$; e $25,97 \text{ m}^3$ per capita, respectivamente (Silva; Pereira, 2019). As diferenças identificadas demonstram as dificuldades que podem ser enfrentadas, sendo que o aumento da população, as mudanças climáticas e o aumento do despejo de águas residuais tendem a agravar essa situação (Silva et al., 2018a).

O Brasil, país com abundância de recursos hídricos, possuiu, para o período de 2018-2022, um volume total de recursos hídricos per capita de 41.281 m^3 (FAO, 2022). Entretanto, essa disponibilidade apresenta diferenças geográficas. Enquanto a região amazônica concentra 81% dos recursos hídricos, com cerca de 5% da população brasileira, a região costeira possui apenas 2,7% dos recursos, porém com uma população de cerca de 45,5% do total. Isso faz com que, a cada ano, sejam constatados maiores problemas com escassez, a qual se concentrava na região semiárida, porém, atualmente tem ocorrido o que pode se chamar de “democratização da seca” (Alves; Rabelo, 2018). Essas autoras citam que, em 2015, 21% dos municípios brasileiros decretaram situação de emergência ou calamidade pública devido à seca ou à estiagem.

A disponibilidade para os diversos usos irá depender da qualidade da água disponível, sendo as águas destinadas ao consumo humano as que apresentam as maiores restrições, enquanto que águas destinadas à navegação e harmonia paisagística apresentam os níveis menos restritivos dentre os parâmetros analisados. Como a água é fundamental para a qualidade de vida e para o desempenho de atividades produtivas, cuidados com esse recurso devem ser tomados, e entre eles está o saneamento. De acordo com a Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), atualizada pela Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), o saneamento básico é um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Apesar da política federal de saneamento básico ter entre os seus objetivos “contribuir para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda, a inclusão social e a promoção da saúde pública”, entre outros, as áreas rurais não possuem planos para melhorias das suas condições. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2021), 84,1% da população total é atendida com redes públicas de abastecimento de água, sendo que dessas, 93,4% são urbanas. A região Sul apresenta 91% da população atendida, sendo 98,8% dessa população urbana, enquanto que a região Sudeste apresenta 91,3% do total atendida, porém com 96,1% sendo relativa à população urbana. Apenas 50,8% dos esgotos gerados são tratados, sendo que 79,8% dos esgotos coletados são tratados.

De acordo com a mesma fonte, os esgotos são os maiores causadores de degradação de recursos hídricos no Brasil. Estudo utilizando o índice de qualidade de água (IQA) realizado em 1.683 pontos no país indicou que 19% desses apresentaram qualidade entre regular e péssima, sendo que, ao se considerar somente os pontos próximos às áreas urbanas, esse número subiu para 39% (Agência Nacional de Águas, 2017), sugerindo diferenças entre o meio urbano e o meio rural. Enquanto no meio urbano existe forte carga orgânica chegando através dos esgotos domésticos ou ainda de despejos industriais, sendo esses em locais específicos, facilmente identificáveis, no meio rural a poluição é de origem difusa. Práticas agrícolas como a aplicação de agrotóxicos e de fertilizantes e processos como o transporte de sedimentos com material particulado e/ou resíduos ligados pelas águas das chuvas (erosão hídrica), ou ainda a dispersão dos esgotos domésticos e dejetos animais são exemplos de cargas poluentes de origem difusa comuns em agroecossistemas.

A população rural brasileira é de aproximadamente 31 milhões de habitantes, sendo que, desses, apenas 22% possui serviço de saneamento básico (Silva et al., 2018a). Dessa forma, para obter melhorias nos recursos hídricos de maneira a possibilitar o desenvolvimento sustentável das propriedades, com saúde, qualidade de vida e com produção de qualidade, faz-se necessário observar o caminho das águas e adequá-lo. Nesse contexto, esta publicação se propõe a contribuir com a disponibilização de diferentes tecnologias que podem modificar muitas das realidades relatadas. O incentivo aos agricultores, no reconhecimento do seu papel como protetor dos recursos naturais, é um dos meios de proporcionar essas melhorias (Resende et al., 2018).

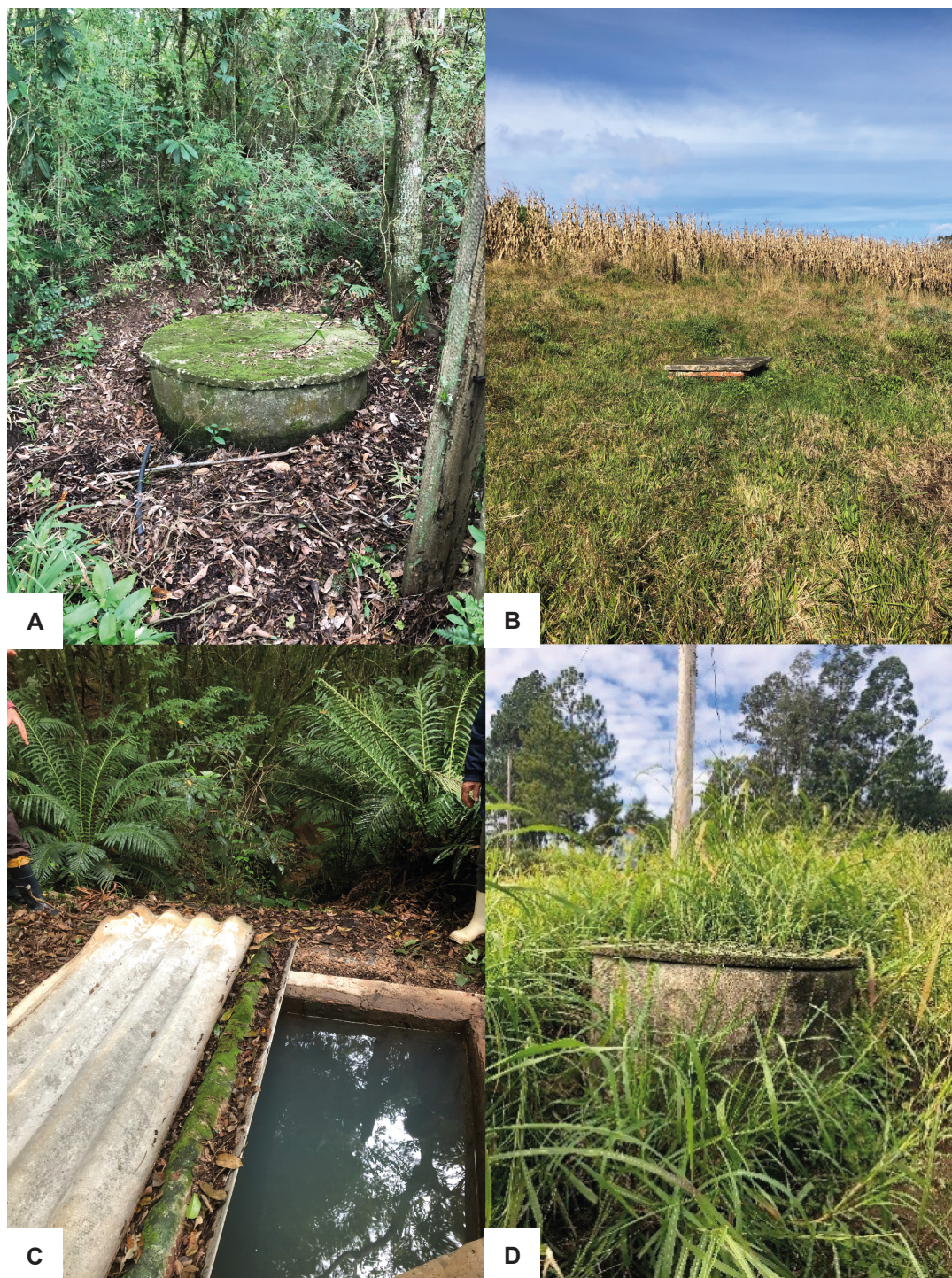
A seguir, serão descritos alguns problemas com a gestão de recursos hídricos, comumente encontrados nas propriedades rurais, e tecnologias que podem mitigá-los.

Algumas causas das fragilidades nos recursos hídricos em pequenas propriedades do Sul do Brasil

Falta de proteção dos corpos d'água

As populações rurais raramente têm a oferta de água potável a partir de um serviço de saneamento público. A alternativa é a utilização de águas provenientes de nascentes, poços ou outros locais (Figura 1). Essas águas normalmente são utilizadas diretamente pelos agricultores para o consumo pela família e empregados. Eventualmente, são feitos tratamentos como filtragem em filtro de barro doméstico ou as águas são fervidas antes do consumo.

Percebe-se que, muitas vezes, essas fontes não são protegidas, além de algumas vezes serem oriundas de poços rasos, com possível contaminação por água e percolação superficial. Com isso, a qualidade das águas disponíveis é comprometida pelos usos dados ao entorno das fontes de água. Problemas relativos a excesso de turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) alta, além de teores de fósforo e nitrogênio acima dos limites estabelecidos para águas potáveis, são comuns.



Fotos: Juliana Bozzato

Figura 1. Fontes de água para consumo humano utilizadas em propriedades familiares do Sul do Brasil. Fonte protegida em meio à mata (A); fonte com proteção de alvenaria em área de lavoura (B); cisterna protegida em área de mata (C); fonte com proteção de alvenaria em área de pastagem (D).

Da mesma forma, cursos d'água e demais corpos d'água não protegidos, com acesso de animais domésticos, estão sujeitos a perdas de solo, devido ao pisoteio, bem como contaminação, devido às fezes e urina depositadas nesses locais (Daiello; Rempel, 2020). O acesso dos animais aos açudes e cursos d'água para dessedentação, apesar de permitido, compromete a qualidade dos recursos hídricos (Figura 2).



Foto: Lilian Winckler

Foto: Juliana Bozzato

Figura 2. Corpos d'água com acesso de animais. Desmoronamento de taipas (A) e curso d'água sem área de proteção permanente, com acesso de animais domésticos (B), ambos mostrando sinais de pisoteio e instabilidade das margens.

Práticas agrícolas inadequadas

Várias práticas agrícolas podem interferir na disponibilidade e qualidade de água dentro da propriedade rural. Nas propriedades familiares, as escolhas de técnicas agrícolas normalmente são reguladas por fatores como a disponibilidade de terra e de mão de obra, informação e educação, entre outros (Duarte, 2009). Entretanto, essas relações nem sempre são diretas, conforme constatado por Finco (2003), o qual relaciona o maior uso de agrotóxicos ao maior acesso à informação.

O entendimento da adoção de diferentes práticas deve ser melhor estudado em cada sistema produtivo. Porém, constata-se ainda em pequenas propriedades problemas como erosão hídrica devido ao preparo convencional do solo, à ausência de cobertura de solo por resíduos culturais e rotação de culturas/raízes, bem como pela não utilização de práticas mecânicas de controle da enxurrada (Figura 3). Altos teores de fósforo e turbidez nos corpos d'água são alguns dos indicadores de processos erosivos que contribuem para deteriorar a qualidade dos recursos hídricos. Além da contaminação das águas, os custos com a perda de nutrientes das lavouras, além dos próprios custos com as perdas de solo, são cerca de 50% maiores em solos descobertos, quando comparados com solos com cobertura vegetal (Dechen et al., 2015).



Figura 3. Erosão hídrica do solo em áreas de resteva em propriedades rurais no Rio Grande Sul. Áreas declivosas com baixa cobertura (A); área com preparo inadequado do solo (B).

Efluentes e dejetos animais sem tratamento

Os dejetos animais constituem outra fonte de contaminação dos recursos hídricos (Figura 4). Mesmo que haja o recolhimento de tais dejetos, sua aplicação excessiva pode levar ao acúmulo de grandes quantidades de nutrientes e escoamento superficial (Scherer et al., 2010). A presença de altas quantidades de coliformes termotolerantes, alta DBO e grandes quantidades de nitrogênio revelam esse impacto negativo aos cursos hídricos.



Figura 4. Dejetos e efluentes de criação animal sem tratamento adequado em propriedades familiares. Efluentes de criação de suíno sendo esgotados diretamente sobre curso d'água (A); dejetos bovinos acumulados ao redor do estábulo, em área declivosa (B).

Os efluentes domésticos, devido à ausência de serviços de saneamento básico em grande parte do meio rural, geralmente não recebem tratamento eficiente para a redução da sua contaminação e carga orgânica. Esses efluentes são dispostos a céu aberto ou são tratados em fossas rudimentares, que, muitas vezes, não proporcionam tratamento adequado. Assim, esses efluentes atuam como grande fonte de contaminação para os recursos hídricos no meio rural (Capoane et al., 2014). Além disso, resíduos sólidos são frequentemente descartados ou queimados.

Essas ações, isoladas ou em conjunto, são comumente encontradas em pequenas propriedades de base familiar no Sul do Brasil. O manejo inadequado de resíduos sólidos contribui para a diminuição da qualidade dos recursos hídricos que são utilizados em múltiplos usos. A universalização do saneamento, conforme prevista na política nacional de saneamento (Brasil, 2007; 2020), está muito distante da realidade no meio rural.

Tecnologias aplicadas à melhoria dos recursos hídricos em propriedades rurais no Sul do Brasil

Como forma de evitar impactos negativos e poluição aos recursos hídricos, bem como melhorar a sua qualidade para usos específicos, algumas tecnologias podem ser adotadas na propriedade.

Recomposição de áreas de preservação permanente (APP)

A Lei nº 12.651 (Brasil, 2012) estabeleceu normas para a proteção da vegetação em APP, entre outras. A mesma lei define APP como áreas com função ambiental de preservação dos recursos hídricos, estabilidade geológica e preservação da biodiversidade. Para cumprir sua função, a APP é delimitada às margens de qualquer curso d'água natural, em largura mínima de:

- 30 m para cursos d'água com menos de 10 m de largura;
- 50 m para cursos d'água de 10 m a 50 m de largura;
- 100 m para cursos d'água de 50 m a 200 m de largura;
- 200 m para cursos d'água de 200 m a 600 m de largura;
- 500 m para cursos d'água com largura superior a 600 m de largura.

Além dessas, são consideradas APP áreas de entorno de reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água e áreas de entorno de nascentes e olhos d'água perenes, encostas com declividade superior a 45°, topos de morros com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25°, entre outras.

A vegetação nesses locais deve ser mantida ou recuperada, a fim de que essas áreas mantenham sua função ecológica, havendo a possibilidade de acesso de pessoas e animais às APPs para obtenção de água e realização de atividades de baixo impacto ambiental.

Apesar da possibilidade de acesso garantida na lei, sabe-se que a presença de gado e outros animais domésticos nessas áreas pode comprometer a estrutura das margens, além de interferir na manutenção de vegetação (Capoane; Santos, 2013; Pereira et al., 2016; Daiello; Rempel, 2020; Miranda et al., 2021).

Os biomas presentes na região Sul do Brasil (Pampa e Mata Atlântica) apresentam espécies vegetais diferenciadas. A regeneração das APPs visa garantir a manutenção da sua função ecológica. O simples fato de se isolar as áreas já melhora as condições da APP (Abrão; Kuerten, 2016). Além da regeneração natural sem manejo, a regeneração natural com manejo, o plantio em área total, bem como os sistemas agroflorestais são estratégias de recuperação indicadas (Embrapa, 2022a).

As listas de espécies e estratégias mais adequadas para recomposição podem ser simuladas no sistema on-line WebAmbiente (Embrapa, 2022b). Essa recomposição visa regenerar as áreas de forma que suas funções ecológicas de proteção dos recursos hídricos, aumento de infiltração, diminuição de erosão e manutenção das margens sejam garantidas, contribuindo para a melhoria da água disponível na propriedade e na região.

Tecnologias para melhorias em águas para consumo humano

A falta de serviços de saneamento básico no meio rural faz com que as águas disponíveis para consumo humano e demais atividades que necessitem de água potável dificilmente atendam aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 888/2021 (Brasil, 2021). Para melhoria das águas disponíveis, além de buscar cuidados com os recursos hídricos de maneira geral, alguns cuidados adicionais podem proporcionar padrões mais adequados para o consumo.

Na maioria das propriedades no Sul do Brasil, a água disponível para consumo humano é proveniente de nascentes, cacimbas ou olhos d'água localizados na propriedade. Esses locais caracterizam-se como APPs, mas, além das proteções já citadas, podem ser acrescidas tecnologias para a proteção de nascentes. Alguns modelos dessas tecnologias constam na Figura 5, como trincheira, captação por drenos cobertos e ainda o protetor de fonte modelo Caxambu (Calheiros et al., 2009).

Aliados a essa proteção, alguns modelos de filtros podem melhorar a qualidade de água disponível para o consumo (Carneiro et al., 2017).

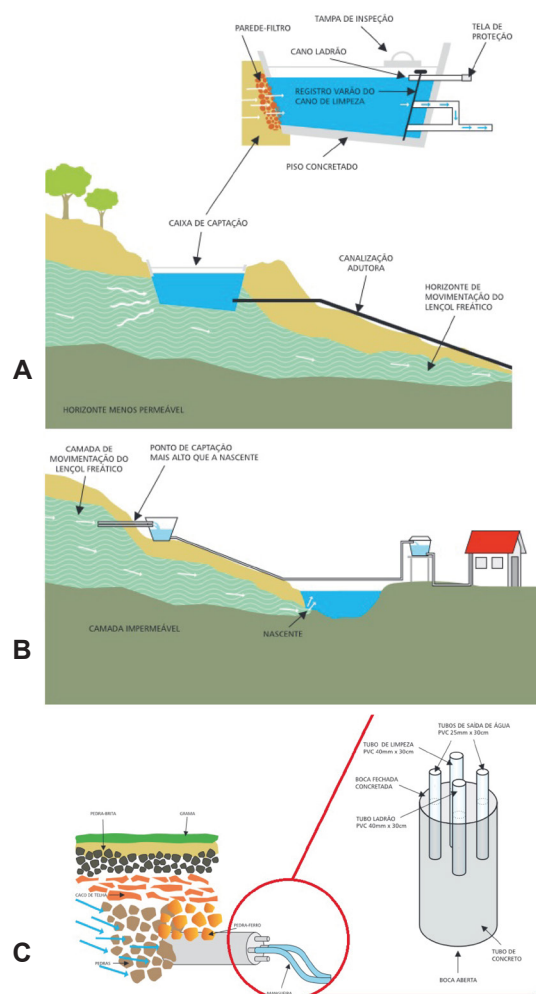


Figura 5. Proteção de nascentes para consumo humano. Tipo trincheira (A); tipo drenos cobertos (B); tipo Caxambu (C).

Fonte: Calheiros et al. (2009).

Esses cuidados garantem água com menores teores de matéria orgânica, turbidez e outros contaminantes, proporcionando maior segurança para o próximo passo, que se constitui na cloração. Outra forma de filtragem que pode ser usada é a filtragem lenta, a qual contribui para a remoção da contaminação microbiológica (Silva et al., 2018b). Essa consiste na instalação de um filtro com várias camadas de diferentes granulometrias, finalizando com uma manta de bidim, onde se estabelece uma comunidade biológica que finalizará a filtragem.

A cloração tem por objetivo diminuir os riscos relativos à contaminação microbiológica da água que será destinada para a dessedentação animal, limpeza de equipamentos e demais utensílios, higienização pessoal e consumo humano. Para isso, um clorador pode ser utilizado (Figura 6). Nele, a utilização de cloro granulado em pó (na concentração de 65% de cloro ativo), na quantidade de 2 colheres rasas de café, é indicada antes da água chegar à caixa d'água de 1.000 L (Otenio et al., 2010). O cloro deve permanecer em contato com a água e repousado por, pelo menos, 1 hora antes do consumo, proporcionando a desinfecção da mesma (Bertoncini, 2008).

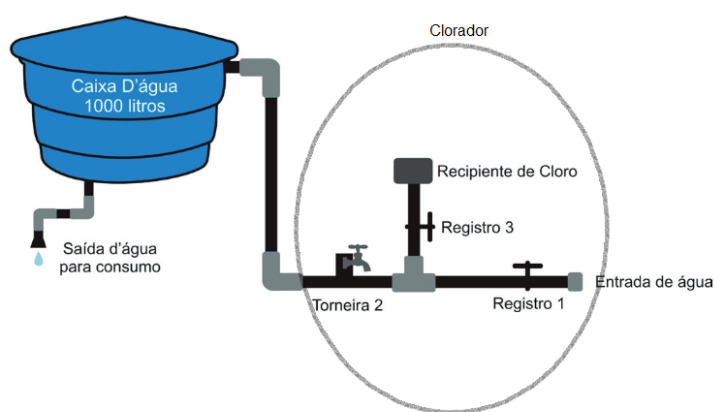


Figura 6. Clorador de água para propriedade rural, instalado na entrada da caixa d'água (tecnologia social da Embrapa).

Fonte: Otenio et al. (2010).

Tecnologias para redução de contaminação microbiológica e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos recursos hídricos

Dentre os indicadores de qualidade de água mais preocupantes estão aqueles relacionados aos efluentes. O despejo de efluentes não tratados nos recursos hídricos pode levar a eutrofização, dificultando o uso da água, mas também acarretando problemas de saúde para a população que utiliza esses recursos (Silva; Fonseca, 2016).

A entrada de efluentes domésticos nos corpos hídricos acarreta o aumento da carga de contaminação microbiológica, aumento dos teores de coliformes termotolerantes e aumento na DBO (Rabelo et al., 2016). Considerando que o meio rural apresenta maiores dificuldades para realização dos serviços de saneamento básico, devido à dispersão e heterogeneidade das fontes geradoras, a poluição ocorrida nesses locais pode afetar os recursos hídricos dentro da propriedade ou mesmo para além delas.

Para tratamento dos efluentes domésticos, algumas tecnologias de baixo custo estão disponíveis, como é o caso de fossas sépticas biodigestoras (Figura 7), capazes de reduzir cerca de 250 mortes e 5,5 milhões de infecções causadas por doenças diarreicas em humanos, além de permitir a redução de custos de produção a partir do uso de efluentes em cultivos agrícolas (Costa; Guilhoto, 2014). Os autores, porém, avaliam a necessidade de maiores estudos para a segurança desse uso. De acordo com Oliveira (2018), esse tratamento permite 90% de remoção da DBO e apresenta um efluente com altos teores de fósforo e nitrogênio, que poderia ser usado como condicionador de solos, contribuindo para a melhoria da sua qualidade. Entretanto, a variabilidade na qualidade do efluente e vazão do mesmo dependente de diferenças na construção ou manejo, o que

gera incertezas sobre o uso, sugerindo a necessidade de mais pesquisas. Dentre os efluentes domésticos, pode-se dividir as águas em cinzas e negras, sendo as águas cinzas as de maior quantidade (cerca de 71%), provenientes de lavatórios, pias, tanques de lavagem de roupas, entre outros (Rapaport, 2004). Já as águas negras são aquelas oriundas dos vasos sanitários, tendo grandes quantidades de coliformes. O direcionamento das águas cinzas a um jardim filtrante (Figura 8) proporciona a diminuição da carga de nutrientes nos recursos hídricos, possibilitando tanto ajardinamento na propriedade como uma fonte de renda caso o mesmo seja utilizado para a produção de plantas ornamentais (Silva, 2014).

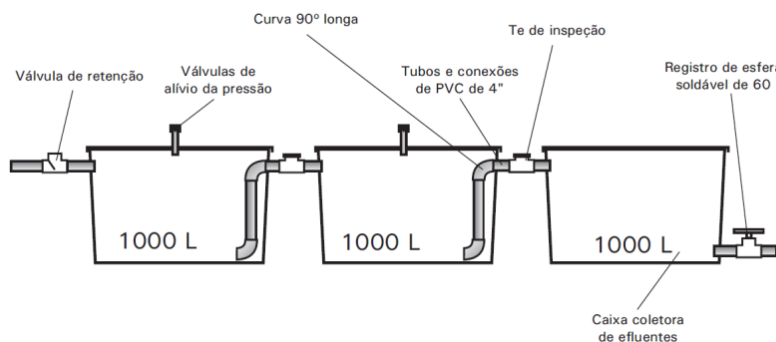


Figura 7. Esquema de montagem de fossa séptica biodigestora para tratamento de águas negras (tecnologia social da Embrapa).

Fonte: Galindo et al. (2019).

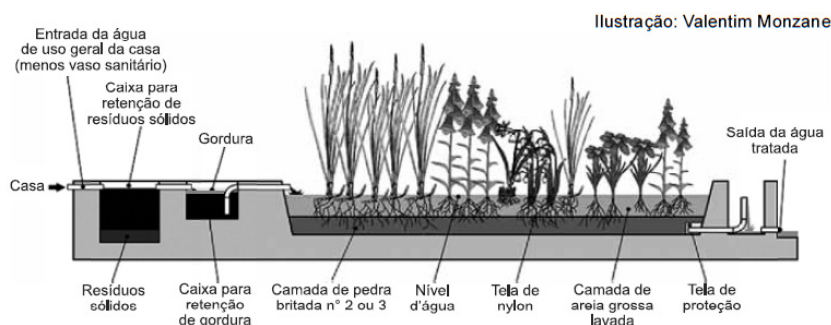


Figura 8. Esquema para a montagem de um jardim filtrante para tratamento de águas cinzas (tecnologia social da Embrapa).

Fonte: Silva (2014).

Outros efluentes, advindos de criações de suínos, aves e bovinos, não devem ser utilizados nas fossas sépticas biodigestoras, devido à diferente composição, o que demanda estratégias diferentes de tratamento. Para esses, o uso de lagoas de estabilização, biodigestores ou compostagem são opções mais adequadas (Otenio, 2015; Silva et al., 2020). Algumas diferenças podem ser citadas entre as estratégias de tratamento dado aos efluentes oriundos da produção animal. Por exemplo, as lagoas de estabilização emitem metano (Orrico Júnior et al., 2011) e precisam de grandes áreas, apesar da baixa demanda por mão de obra. A compostagem exige mão de obra, já os biodigestores podem fazer uso do biogás como fonte de energia. As definições das formas mais adequadas de tratamento dependem das quantidades e composição dos resíduos gerados e da área disponível para o tratamento. Ainda questões como mão de obra disponível para manejo dos efluentes e dejetos, bem como necessidade de investimentos podem ser os fatores que definirão as tecnologias mais adequadas para o tratamento de efluentes de criações de animais.

Considerações finais

Existem várias tecnologias disponíveis, e algumas com custo baixo, que possibilitam a solução de diversos problemas verificados nos recursos hídricos das propriedades rurais. Para a adoção dessas tecnologias, as avaliações devem ser feitas localmente, buscando entender as causas dos problemas verificados e as melhores formas de mitigação.

As melhorias buscadas beneficiam não apenas os agricultores e suas propriedades diretamente, podendo ser estendidas para toda a bacia hidrográfica. As bacias hidrográficas devem ser consideradas as unidades de planejamento territorial, uma vez que os recursos hídricos permeiam os diferentes componentes da paisagem. Porém, o efeito das ações em uma bacia não se encerra no exutório da mesma, podendo ser estendido a bacias hidrográficas subjacentes. Nesse sentido, a busca de estabelecimento de ações conjuntas para definição de políticas públicas que favoreçam essas instalações é uma forma de promover melhorias nos recursos hídricos no meio rural e também para o uso da sociedade.

Referências

- ABRÃO, C. M. R.; KUERTEN, S. Avaliação da área de preservação permanente do rio Santo Antônio na Colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna – MS: aplicação do novo código florestal. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 265-284, 2016.
- ALVES, A. B.; RABELO, D. C. Acesso à água potável no Brasil: de ações pontuais à política social. **Argumentum**, v. 10, n. 3, p. 286-301, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas esgotos**. Despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, DF, 2017. 92 p. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: 6 jul. 2022.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista de Tecnologia e Inovação**, p. 152-169, 2008.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 5 jul. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html. Acesso em: 7 jul. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 5 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **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. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 4 jul. 2022.
- CARNEIRO, C. G.; SOUZA, F. H.; BUCK, A. L. B.; SARTORI, S.; SKORONSKI, E.; SENS, M. L. Desenvolvimento de um sistema alternativo para o tratamento de água oriunda de nascente em propriedades rurais. **Revista oficial Congresso ABES**, p. 65-69, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/aesabesp/docs/biosaneas2017>. Acesso em: 5 ago. 2022.
- CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida. **Cadernos da Mata Ciliar**, São Paulo, 2009. 36 p. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municípioverdeazul/2013/05/Cadernos-de-Mata-Ciliar-1_Preserva%C3%A7%C3%A3o-e-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-nascentes_2004.pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.
- CAPOANE, V.; SANTOS, D. R. Usos antrópicos em áreas de preservação permanente: estudo de caso de um assentamento de reforma agrária. **Revista Extensão Rural**, v. 20, n. 1, p. 7-23, 2013.

- CAPOANE, V.; TIECHER, T. SCHAEFER, G. L.; SANTOS, D. R. Impactos da suinocultura na qualidade da água da bacia hidrográfica do Arroio Caldeirão, Palmitinho, Rio Grande do Sul. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and humanities research medium**, v. 5, n. 2, p. 494-509, 2014.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural o Brasil: Impacto da fossa séptica biodigestor. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. Especial, p. 51-60, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000171>. Acesso em: 5 ago. 2022.
- DAIELLO, C. Z.; REMPEL, C. Cenário das áreas de preservação permanente em propriedades rurais produtoras de leite no Vale do Taquari ante o código florestal. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 1, p. 33-50, 2020.
- DECHEN, S. C. F.; TELLEST, S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função das taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.
- DUARTE, G. B. **Práticas agrícolas e degradação ambiental: Um estudo para o caso da agricultura familiar do nordeste do Brasil**. 2009. 128 f. Tese (Mestrado) – Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3751/1/arquivo3753_1.pdf. Acesso em: jul. 2022.
- EMBRAPA. **Código florestal: adequação ambiental da paisagem rural**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal>. Acesso em: 5 ago. 2022a.
- EMBRAPA. **Webambiente**. Disponível em: <https://www.webambiente.gov.br/publico/inicio.xhtml>. Acesso em: 4 ago. 2022b.
- FAO. **AQUASTAT database**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html>. Acesso em: 5 ago. 2022.
- FINCO, M. V. A. **Pobreza rural e degradação ambiental: uma refutação da hipótese do círculo vicioso no Rio Grande do Sul**. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4013/000406719.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 jul. 2022.
- GALINDO, N.; SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; GODOY, L. A.; SOARES, M. T. S.; GALVANI, F.; MARMO, C. R.; ROMERO, P. A. L. **Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2019. 34 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 70).
- MIRANDA, R. F.; BOTEZELLI, L.; PAMPLIN, P. A. Z. Conservação ambiental em zonas ripárias de dois córregos urbanos no município de Três Pontas, sul de Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e303101321184, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21184>.
- OLIVEIRA, T. J. J. **Fossa séptica biodigestor: limitações e potencialidades de sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Engenharia ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR., J. L. Produção animal e meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 399-410, 2011.
- OTENIO, M. H.; CARVALHO, G. L. O.; SOUZA, A. M.; NEPOMUCENO, R. S. C. Cloração de água para propriedades rurais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 4 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado técnico, 60).
- OTENIO, M. H. Reaproveitamento de água residuária em sistemas de produção de leite. In: MARTINS, P. C.; PICCININI, G. A.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, C. E.; LOPES, F. C. F. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 139-160.
- PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 472- 485, 2016.
- RABELO, G. C.; NETO, J. B.; FREIRE, R. Concentração de matéria orgânica nas águas da porção urbana da bacia hidrográfica do Córrego do Limoeiro. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 12, n. 3, p. 14-28, 2016.
- RAPAPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Fundação Osvaldo Cruz.
- RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 1, p. 129-150, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>.
- SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p. 1375-1383, 2010.
- SILVA, A. R.; FONSECA, A. L. D. Eutrofização dos recursos hídricos como ferramenta para a compreensão das doenças de vinculação hídrica. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 247-270, 2016.
- SILVA, J. A. R.; TERRA, A. B. C.; ASSIS, C.; FLORENTINO, L. A.; PUTTI, F. F. Tratamento de dejetos no Brasil: comparativo entre as técnicas de compostagem e biodigestores anaeróbios. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 797-817, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p797-817>.
- SILVA, D. E.; CORDEIRO, J.; CALAZANS, G. M.; VIEIRA, E. D.; PEREIRA, S. L. C. S. Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento da água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG. **Research, society and development**, v. 7, n. 6, p. 1-25, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i6.235>.

SILVA, J. F. A.; PEREIRA, R. G. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 263-280, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0023>.

SILVA, M. S. L.; MATTHIENSEN, A.; BRITO, L. T. L.; LIMA, J. E. F. W.; CARVALHO, C. J. R. **Água e Saneamento**: Contribuições da Embrapa. Brasília, DF, 2018a. 104 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184235/1/ODS-6-agua-e-saneamento.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022.

SILVA, W. T. L. **Saneamento básico rural**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 68 p. (ABC da agricultura familiar, 37).

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico temático**: Serviços de água e esgoto. Visão Geral. Ministério do desenvolvimento Regional. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento SNS, 2021. 91 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 4 ago. 2022.

