

Plano de Segurança da Água: elaboração de instrumento para análise de risco na captação de água em comunidades rurais

*Water Safety Plan: elaboration of an instrument for risk analysis in water catchment in rural
communities*

*Plan de Seguridad del Agua: desarrollo de un instrumento para el análisis de riesgos de
extracción de agua en comunidades rurales*

Rony Felipe Marcelino Corrêa

Mestrando em Engenharia Urbana, UFSCar, Brasil
ronykorrea@hotmail.com

Katia Sakihama Ventura

Professora Doutora, UFSCar, Brasil
katiaventura@yahoo.com



RESUMO

No Brasil, estima-se que 33 milhões de pessoas vivem em áreas rurais, o que representa 15% da população brasileira. Entretanto, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) prevê um número maior, de acordo com critérios adotados pelo programa. Algumas práticas adotadas em comunidades rurais podem comprometer a qualidade da água. O Plano de Segurança da Água (PSA) pode auxiliar o monitoramento e a tomada de decisão para preservação da qualidade da água potável para o consumo humano. O objetivo do presente artigo é elaborar um instrumento para auxiliar a aplicação do PSA em comunidades rurais. A presente pesquisa contemplou três etapas: (i) pesquisa bibliográfica e documental; (ii) identificação de eventos perigosos e elaboração de banco de dados; (iii) elaboração de programa computacional composto por matriz de priorização de risco. Os resultados permitiram identificar e caracterizar 34 eventos perigosos para captações superficiais e 67 para captações subterrâneas, e possibilitaram a elaboração de um programa computacional para subsidiar a implantação do PSA em comunidades rurais brasileiras. Estudos sobre segurança hídrica e planejamento do saneamento rural são carentes no país, principalmente os relacionados especificamente ao PSA.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água. Gestão de risco. Pequenas comunidades.

ABSTRACT

In Brazil, it is estimated that 33 million people live in rural areas, representing 15% of the Brazilian population. However, the Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) foresees a larger number, according to criteria adopted by the program. Some practices adopted in rural communities may compromise water quality. The Water Safety Plan (WSP) can assist in monitoring and decision-making to preserve drinking water quality for human consumption. The purpose of this paper is to elaborate an instrument to assist the application of WSP in rural communities. The present research contemplated three stages: (i) bibliographical and documentary research; (ii) hazardous event identification and database preparation; (iii) elaboration of a software composed of risk prioritization matrix. The results allowed the identification and characterization of 34 hazardous events for surface abstraction and 67 for underground abstraction, and enabled the elaboration of a software to support the implementation of WSP in Brazilian rural communities. Studies on water security and rural sanitation planning are lacking in the country, especially those related specifically to the WSP.

KEYWORDS: Water supply. Risk management. Small communities.

RESUMEM

En Brasil, se estima que 33 millones de personas viven en zonas rurales, lo que representa el 15% de la población brasileña. Sin embargo, el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) prevé un número mayor, de acuerdo con los criterios adoptados por el programa. Algunas prácticas adoptadas en comunidades rurales pueden comprometer la calidad del agua. El Plan de Seguridad del Agua (PSA) puede ayudar al monitoreo y la toma de decisiones para preservar la calidad del agua potable para consumo humano. El propósito de este documento es elaborar un instrumento para ayudar a la aplicación de PSA en las comunidades rurales. La presente investigación contempló tres etapas: (i) investigación bibliográfica y documental; (ii) identificación de eventos peligrosos y preparación de bases de datos; (iii) elaboración de un programa computacional compuesto por una matriz de priorización de riesgos. Los resultados permitieron la identificación y caracterización de 34 eventos peligrosos para la abstracción de superficie y 67 para la extracción subterránea, y permitieron la elaboración de un programa computacional para apoyar la implementación de PSA en las comunidades rurales brasileñas. Faltan estudios sobre la seguridad del agua y la planificación del saneamiento rural en el país, especialmente aquellos relacionados específicamente con el PSA.

PALABRAS CLAVES: Suministro de agua. Gestión de riesgos. Pequeñas comunidades.

1. INTRODUÇÃO

A água é recurso essencial para vida e todo ser humano tem direito à disponibilidade de forma adequada, segura e acessível para usos domésticos e de higiene pessoal. Os métodos de controle para segurança da água ao consumo humano atendem os protocolos ambientais e garantem o controle laboratorial, verificação de atendimento ao padrão de potabilidade (WHO, 2017).

Os critérios legais e de saúde pública para qualidade da água adotam abordagem corretiva (MANCUSO e SOUZA, 2015; MARTINHO e MENDES, 2015; WHO, 2017). No entanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a prevenção seja privilegiada para garantir eficácia ao abastecimento de água para consumo humano (WHO, 2017).

A Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), a qual revogou por consolidação a Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 (BRASIL, 2011), estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e ressalta a necessidade de manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento, sob a perspectiva dos riscos à saúde, recomendando a implementação de metodologias propostas pela OMS.

Estes documentos estabelecem procedimentos que visam a gestão segura da qualidade da água para o consumo, padrões de potabilidade hídrica, bem como ressaltam a necessidade de manter a avaliação do sistema de abastecimento, sob a ótica dos riscos à saúde.

Neste aspecto, o Plano de Segurança da Água (PSA) e a Agenda 2030 são instrumentos com diretrizes úteis para planejamento sustentável e seguro dos recursos hídricos.

A agenda 2030 propõe, no 6º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM), *“assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”*, reforça a necessidade de melhoria nas condições do saneamento e aponta outras intenções nas relações sociais, econômicas e ambientais. Além do objetivo 6, são apresentados outros ODMs que estão diretamente relacionados com a melhoria das relações sociais, econômicas e ambientais nessas comunidades, tais como (ONU, 2018): erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, saúde e bem-estar, consumo e produção responsáveis, entre outros objetivos de forma indireta.

Na gestão da qualidade da água, tradicionalmente, adota-se uma abordagem “corretiva”. Entretanto, a forma mais eficaz de garantir a segurança do abastecimento de água potável é por meio de abordagem “preventiva”. O PSA é uma estratégia de monitoramento preventivo à qualidade da água

para consumo humano desenvolvido para sistematizar boas práticas de gestão da água potável (WHO, 2017).

O PSA é um instrumento com diretrizes estabelecidas pela OMS (WHO, 2017) e estão entre seus principais objetivos: a prevenção ou minimização da contaminação das águas de origem; a redução ou remoção de contaminação através de processos de tratamento e; prevenção de contaminação durante o armazenamento, distribuição e manuseio de água potável.

Deste modo, o plano é importante ferramenta para garantir o fornecimento seguro da água, auxiliando as autoridades de saúde pública no controle da qualidade da água para o consumo humano (BRASIL, 2012).

As diretrizes indicadas para desenvolvimento PSA são compostas por cinco fases (VIEIRA e MORAIS, 2005; BRASIL, 2012): (i) etapas preliminares; (ii) avaliação do sistema; (iii) monitoramento operacional; (iv) planos de gestão; (v) validação e verificação.

O PSA representa evolução do conceito de pesquisas sanitárias e avaliações de vulnerabilidade os quais incluem e englobam todo o Sistema e Soluções Alternativas de Abastecimento de Água (SSAAA) e sua operação. O plano segue os princípios de outras abordagens de gestão de risco, como por exemplo APPCC (Avaliação de Perigos e Pontos Críticos de Controle) comumente utilizado na indústria de alimentos (WHO, 2017).

O gerenciamento de risco requer a identificação de todos os riscos potenciais, suas fontes, possíveis eventos perigosos e uma avaliação de risco apresentada por cada um deles (BEUKEN *et al.*, 2008 e DAVISON *et al.*, 2005).

Na esfera nacional, os serviços de saneamento são garantidos pela Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), regulamentada pela Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, a qual estabelece, entre as diretrizes (artigo 48) e os objetivos (artigo 49), respectivamente, os seguintes tópicos (BRASIL, 2007):

VII - garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares;

IV - proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados.

A mesma Lei, em seu artigo 52, reforça que a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) é coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento Regional.

Uma das alternativas para operacionalizar e atingir a universalização do acesso a este serviço com equidade, integralidade, intersetorialidade e sustentabilidade é considerar o saneamento rural entre os Programas de Saneamento do país (BRASIL, 2014). O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) é coordenado pelo Ministério da Saúde por intermédio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

O objetivo do PNSR é promover o desenvolvimento de ações para o saneamento básico em áreas rurais; isto é, serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, ao manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007; FUNASA, 2018).

Entre as diretrizes em discussão para o PNSR, destacam-se *“o controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água no meio rural”* e a *“implementação de Planos de Segurança da Água em sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água”* (BRASIL, 2018).

Cabe observar que cada macrorregião brasileira contempla especificidades únicas (demanda e realidade) quanto às questões tecnológicas, ambientais, socioeducativas, de sustentabilidade e de gestão. Assim, o PNSR visa promover a inclusão social de distintos grupos sociais com ações integradoras entre o setor e demais temas de interesse, tais como: saúde pública, recursos hídricos, habitação, igualdade racial e meio ambiente (FUNASA, 2018).

O Sistema Nacional de Informação para o Saneamento do ano de 2017 (MDR, 2019) confirma que 33 milhões de habitantes (15%) da população brasileira vive na zona rural, sendo que a maior parte (7,2%) está localizada no nordeste do país (15 milhões de habitantes). Apenas 22% desta população tem acesso a serviços adequados de saneamento básico e cerca de 5 milhões de brasileiros ainda não possuem banheiro no interior de suas moradias (IBGE, 2016).

É notório que condições precárias de abastecimento de água e de esgotamento sanitário associadas ao déficit de infraestrutura interferem na qualidade de vida dos núcleos rurais, pois estes serviços são, em sua maioria, direcionados para área urbana (VILAR, 2011). Isto favorece condições insalubres e expõe a população a riscos que podem comprometer a qualidade de vida na área rural.

No que se refere ao abastecimento de água, algumas práticas neste meio podem comprometer este recurso natural, tais como o descarte inadequado de resíduos recicláveis, criação de animais em área ribeirinha, vazamento de combustível (hidrocarbonetos) em área de manancial, erosão e assoreamento do corpo hídrico, uso excessivo de fertilizantes, despejos industriais, processos erosivos

e assoreamento de corpos hídricos, entre outros (RASHON, 2009; DERÍSIO, 2000; MELLAMBY, 1982; DORST, 1973).

O relatório de 2017 da Organização das Nações Unidas (ONU) para Agricultura e Alimentação (FAO) aponta alguns fatores que interferem diretamente na qualidade da água. Entre eles, destacam-se o uso inadequado de pesticidas como aspecto negativo e destacam, sob a ótica da prevenção, a produção de alimentos e a agricultura (ONU, 2018).

A ausência de instrumentos para gerenciamento de riscos desta natureza potencializa certos conflitos na área rural. Por isto, elaborar ferramenta de monitoramento a partir de eventos perigosos ou fontes de poluição/contaminação pode reduzir os riscos e incertezas no setor e, assim, subsidiar a definição de estratégias para o PSA e a revisão do plano do saneamento rural.

De acordo com norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO 31000, a gestão de risco consiste em identificar, analisar e avaliá-los para posterior tratamento com eficiência, eficácia e consistência (ABNT, 2018). Desta forma, medidas estruturantes como o uso de tecnologia para gestão de bacias hidrográficas, a implementação de ações socioeducativas, a gestão preventiva dos recursos hídricos e monitoramento de eventos possibilitam o alcance das premissas supracitadas (BRASIL, 2012).

Entende-se perigo como danos ocasionados por agentes físicos, químicos, biológicos ou radiológicos que podem causar algum risco à saúde pública. Eles podem ocorrer em todo SSAAA, desde a seleção do manancial e captação até a distribuição de água, coleta e consumo nas residências. Por sua vez, os eventos perigosos ou fontes de poluição/contaminação representam circunstâncias que causam danos e oferecem risco de poluição ou contaminação em todos componentes do SSAAA (DAVISON *et al.*, 2005; RASHON, 2009).

No caso de pequenas comunidades, melhorar o acesso à água potável contribui diretamente às condições de saúde da comunidade rural e promove melhorias aos meios de subsistência sustentáveis, redução da pobreza e desenvolvimento educacional e econômico (RICKERT *et al.*, 2014). No Brasil, quase 70% dos domicílios rurais não estão ligados à rede de distribuição de água e mais de 20% não possuem canalização na parte interna de suas residências (IBGE, 2015).

Experiências com a implantação do PSA em comunidades rurais são incipientes no país, mas podem ser relatadas com sucesso em comunidades ao redor do mundo. Estudos identificaram os eventos perigosos em comunidades rurais, destacando-se: utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da



fonte de água, contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais, ruptura/trasbordo de barragem de rejeitos perto da fonte, presença de água estagnada ao redor do poço, vandalismo ou ação terrorista, falha no sistema elétrico ou na bomba, entre outros (VIEIRA e MORAIS, 2005; ITN-BUET, 2006; RONDI, 2014; YE *et al.*, 2015; BRAGA, 2015; ROUSE, PILGRIM, NAIR, 2010; RICKERT *et al.*, 2014; GARCIA *et al.*, 2018; SILVA, 2013; NIJHAWAN *et al.*, 2014; BRAUN, ALEXANDRA, PIAMBA, 2014; MAYNILAD WATER SERVICES, 2015; SORLINI *et al.*, 2017).

O objetivo do presente artigo é elaborar um instrumento para auxiliar a elaboração do PSA em comunidades rurais, tendo como meios a identificação e caracterização de eventos perigosos na captação de água em comunidades rurais e a elaboração de programa computacional para implantação do PSA nessas comunidades.

2. METODOLOGIA

A **1ª Etapa** consistiu na pesquisa bibliográfica e documental em comunidades rurais sobre gestão do saneamento, estratégias de abastecimento de água, riscos que comprometem a qualidade hídrica, bem como instrumentos legais e de cunho teórico-científico que norteiam o tema como Brasil (2012), Rickert *et al.* (2014) e WHO (2017).

Para isto, adotou-se técnica de documentação indireta, ou seja, o levantamento de dados foi realizado por meio de pesquisa documental (fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (fontes secundárias), conforme Lakatos; Marconi (2003). Assim, foram consultados registros e relatórios públicos e de entidades que tratam de PSA e áreas rurais, além de periódicos, livros, teses, vídeos e publicações científicas.

A **2ª Etapa** foi composta pela identificação de fontes de poluição/contaminação no sistema de captação de água em comunidades rurais e a codificação destas. Foram identificados eventos perigosos referentes à etapa de captação de água em comunidades rurais (subterrânea e superficial). Os eventos foram organizados para compor o banco de dados em um modelo de avaliação do PSA em comunidades rurais.

Segundo Beuken *et al.* (2008), o aspecto relevante para elaboração de banco de dados é o nível de detalhamento para caracterizar o perigo. Para isto, recomendam que as informações sejam fáceis de serem compreendidas e manipuladas, bem como sejam aplicáveis a qualquer localidade.

A **3ª Etapa** consistiu na elaboração de um programa computacional composto por matriz de priorização de riscos, conforme diretrizes recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO,

2017) e Ministério da Saúde (BRASIL, 2012). Os critérios adotados para o gestor de recursos hídricos avaliar o cenário analisado nas comunidades rurais foram severidade da consequência (peso 1 a 5) e probabilidade da ocorrência (peso 1 a 5), como se observa na Figura 1.

O produto destes critérios compõe a nota ao evento avaliado (fonte de poluição/contaminação) e infere o grau deste risco, sendo que quanto maior o valor desta nota, pior é o risco.

Figura 1: Matriz qualitativa e semiquantitativa de priorização de risco.

Ocorrência (Probabilidade)	Severidade da Consequência				
	Insignificante Peso 1	Baixa Peso 2	Moderada Peso 3	Grave Peso 4	Muito Grave Peso 5
Quase certo - Peso 5	5 -baixo	10-alto	15-alto	20-muito alto	25-muito alto
Muito Frequente - Peso 4	4-baixo	8-médio	12-alto	16-muito alto	20-muito alto
Frequente - Peso 3	3-baixo	6-médio	9-médio	12-alto	15-alto
Pouco Frequente - Peso 2	2-baixo	4-baixo	6-médio	8-médio	10-alto
Raro - Peso 1	1-baixo	2-baixo	3-baixo	4-baixo	5-baixo

Score de Risco	<6	6-9	10-15	>15
Classificação de risco	Baixo	médio	Alto	Muito Alto

Escala adotada para análise de risco:

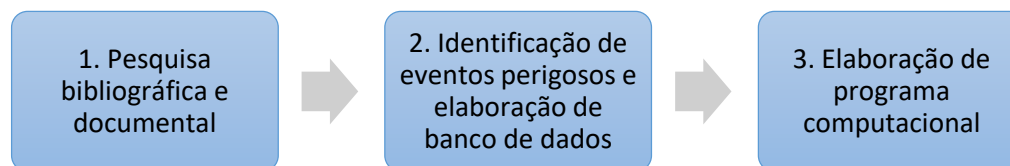
- Muito alto: risco extremo e não tolerável; necessidade de ação imediata.
- Alto: risco alto e não tolerável; necessidade de especial atenção.
- Médio: risco moderado; necessidade de atenção.
- Baixo: baixo risco e tolerável, controlável por meio de procedimentos de rotina.

Fonte: adaptado de BRASIL (2012) e WHO (2017).

Os eventos perigosos foram inseridos em um programa com interface gráfica. Para elaboração do programa, foram utilizados os softwares livres *Pycharm* e *Python 3.6*. O *Pycharm* é um ambiente de desenvolvimento integrado utilizado para a linguagem Python.

A Figura 2 representa o fluxograma das principais atividades desenvolvidas por etapa.

Figura 2: Principais atividades desenvolvidas no trabalho.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em pesquisa documental e bibliográfica, os autores desenvolveram um modelo de avaliação para o PSA em comunidades rurais (Quadro 1) incluindo os principais componentes e elementos da

etapa captação de água em comunidades rurais, os quais foram considerados para a estruturação do banco de dados.

Quadro 1: Modelo de avaliação do PSA com componentes e elementos referentes à captação de água em comunidades rurais

Etapa	Componente	Elemento
Captação	Captação de água superficial	Manancial superficial: rio; nascente; lagos
	Captação de água subterrânea	Poço escavado (poço caipira)
		Poço tubular semi-artesiano
		Poço tubular artesiano
	Armazenamento de água bruta	Reservatório de água bruta
Reservatório de água pluvial (cisterna)		

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Vieira e Morais (2005); Beuken *et al.* (2008); Rickert *et al.* (2014); WHO (2017).

O abastecimento de água em comunidades rurais é comumente realizado por meio de formas individualizadas (geralmente poços e captação superficial); portanto devem ser observadas distâncias da captação e das fontes poluidoras (BRASIL, 2009).

Em muitos casos, as fontes de água estão localizadas longe das residências, exigindo coleta e transporte da fonte até o ponto de uso (GOMEZ *et al.*, 2014). Com isto, é comum constatar baixa qualidade microbiológica da água nos locais de uso (residência), o que indica que há contaminação durante a captação, coleta, transporte e armazenamento de água (GOMEZ *et al.*, 2014; GUNDRY, 2006; WRIGHT *et al.*, 2004).

Para retirar água de um poço ou cisterna é comum recorrer-se a um meio elevatório, tais como: balde com corda, sarilho simples ou protegido. Esses sistemas são impróprios pois causam risco de contaminação da água por meio da introdução de baldes contaminados e sujos (BRASIL, 2015).

Assim, identificaram-se os principais eventos perigosos potenciais. Os Quadros 2 e 3 apresentam os eventos perigosos para a etapa de captação de água em comunidades rurais que foram obtidos por meio de literatura nacional e internacional relacionada ao PSA. Todos os itens foram ajustados conforme condições e necessidades de comunidades rurais brasileiras.

Quadro 2: Eventos identificados para captação superficial no meio rural

Eventos que podem favorecer a contaminação de manancial superficial	Referências
1 - Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (APP)	Braga (2015); ITN-BUET (2006); Rondi (2014); Vieira; Morais (2005); Ye et al. (2015)
2 - Presença de excrementos de animais e/ou humanos em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008); Rondi (2014); Rouse et al. (2010) Vieira; Morais (2005); Ye et al. (2015)
3 - Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	Braga (2015); Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Ye et al. (2015)
4 - Falta de placa de aviso sobre captação	Ye et al. (2015)
5 - Abate de animais em torno da fonte (APP)	Garcia et al. (2018)
6 - Falha elétrica	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Garcia et al. (2018); Nijhawan et al. (2014); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
7 - Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados	Beuken et al. (2008); Braga (2015); ITN-BUET (2006); Rouse et al. (2010); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
8 - Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	ITN-BUET (2006)
9 - Ruptura/transbordo de barragem de rejeitos perto da fonte	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Nijhawan et al. (2014); Piamba et al. (2014); Silva (2013); Sorlini et al. (2017); Vieira; Morais (2005)
10 - Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Piamba et al. (2014); Silva (2013); Sorlini et al. (2017); Vieira; Morais (2005)
11 - Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)	Rondi (2014)
12 - Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	Beuken et al. (2008); Rondi (2014); Vieira; Morais (2005)
13 - Presença de pessoas com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (APP)	Rondi (2014)
14 - Presença de animais em torno da fonte (até 10 metros)	Rouse et al. (2010)
15 - Lavagem de roupas e banho na área de captação	Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
16 - Lançamento de efluentes na área de captação	Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
17 - Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
18 - Presença de necrochorume, proveniente de cemitério, em torno da fonte (APP)	Vieira; Morais (2005)
19 - Presença de rejeitos de mineradora em torno da fonte (APP)	Vieira; Morais (2005)
20 - Presença elevada de algas na área de captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
21 - Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Vieira; Morais (2005)
22 - Falha mecânica e estrutural no sistema de captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
23 - Ocorrência de seca e/ou cheias prolongadas, inviabilizando a captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
24 - Entupimentos e/ou assoreamento na área de captação	Braga (2015); WHO (2005)
25 - Contaminação da água provocada por acidentes e/ou incêndios	Beuken et al. (2008); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
26 - Pesca intensiva ou piscicultura	Beuken et al. (2008)
27 - Erosão provocada por dragagem e areeiro em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008)
28 - Contaminação por água salina / água do mar	Beuken et al. (2008)
29 - Escoamento de resíduos agrícolas e/ou de áreas urbanizadas na área de captação	Beuken et al. (2008)
30 - Contaminação residual da água provocada pelo tráfego (carros, barcos, área de estacionamento, etc.)	Beuken et al. (2008)

31 - Contaminação da água provocada por atividade recreativa ou atividades afins	Beuken et al. (2008)
32 - Presença de latrina (fossa negra) até 30 metros da fonte ou a montante.	Rickert et al. (2014)
33 - Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	Rickert et al. (2014)
34 - Presença elevada de peixes mortos ou outros animais na área de captação	

Fonte: autores, 2019

Quadro 3: Eventos identificados para captação subterrânea no meio rural

Eventos que podem favorecer a contaminação de manancial subterrâneo	Referências
1 - A área da base do mecanismo de bombeamento é permeável	Rickert et al. (2014)
2 - Abate de animais em torno da fonte (APP)	Garcia et al. (2018)
3 - Acesso de animais ao reservatório	Vieira; Morais (2005)
4 - Acúmulo de fezes de animais e aves na tampa do reservatório.	Godfrey et al. (2014); WHO (2005)
5 - Ausência de canal de drenagem em torno do mecanismo de bombeamento	Rickert et al. (2014)
6 - Ausência de proteção de concreto em volta do poço e/ou problema com canal de drenagem	Rickert et al. (2014); Rondi (2014)
7 - Ausência de tampa de proteção do poço, apresentando rachaduras ou insalubre	Brasil (2015)
8 - Chuvas intensas com elevação na turbidez da água	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Vieira; Morais (2005)
9 - Conservação inadequada de reservatórios/reservatórios danificados	Godfrey et al. (2014); Rouse et al. (2010)
10 - Construção inadequada do reservatório	Vieira; Morais (2005)
11 - Contaminação da água por poços abandonados	Maynilad Water Services (2015); Vieira; Morais (2005)
12 - Contaminação da água provocada por acidentes e/ou incêndios	Beuken et al. (2008); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
13 - Contaminação da água provocada por atividade recreativa ou atividades afins	Beuken et al. (2008)
14 - Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais	ITN-BUET (2006)
15 - Contaminação no equipamento de saída do poço/torneiras	ITN-BUET (2006); Rondi (2014); WHO (2005)
16 - Contaminação por água salina / água do mar	Beuken et al. (2008)
17 - Contaminação residual da água provocada pelo tráfego (carros, barcos, área de estacionamento, etc.)	Beuken et al. (2008)
18 - Crescimento anormal de algas	Vieira; Morais (2005); WHO (2005)
19 - Desprendimento de biofilme	Godfrey et al. (2014)
20 - Drenagem insuficiente e acúmulo de água	Godfrey et al. (2014)
21 - Entrada de água contaminada durante inundações	ITN-BUET (2006)
22 - Entrada de água contaminada por meio de rachaduras, orifícios e equipamentos danificados	ITN-BUET (2006); Rondi (2014)
23 - Entrada de animais por meio de tampas ou orifícios.	Rondi (2014)
24 - Entupimentos e/ou assoreamento na área de captação	Braga (2015); WHO (2005)
25 - Erosão provocada por dragagem e areeiro em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008)
26 - Escoamento de resíduos agrícolas e/ou de áreas urbanizadas na área de captação	Beuken et al. (2008)
27 - Existência de cordas e baldes sujos ou em posições que favoreçam a contaminação	Brasil (2015); Rickert et al. (2014); Rondi (2014)



28 - Existência de outra fonte de poluição até 10 metros do poço	Maynilad Water Services (2015); Rickert et al. (2014)
29 - Falha elétrica	Garcia et al. (2018); Nijhawan et al. (2014); Sorlini et al. (2017)
30 - Falha mecânica e estrutural no sistema de captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
31 - Falha no sistema elétrico ou na bomba	Garcia et al. (2018); Nijhawan et al. (2014); Sorlini et al. (2017)
32 - Falta de placa de aviso sobre captação	Ye et al. (2015)
33 - Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas	Braga (2015); Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Ye et al. (2015)
34 - Infiltração/vazamento de água	Silva (2013b)
35 - Ingresso de água contaminada durante inundações	ITN-BUET (2006)
36 - Inundação da válvula por águas superficiais	Godfrey et al. (2014)
37 - Lançamento de efluentes ou derramamentos acidentais	Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
38 - Lançamento inadequado de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Silva (2013); Vieira; Morais (2005)
39 - Lavagem de roupas e banho na área de captação	Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
40 - Limpeza e higiene inadequadas no poço	Rickert et al. (2014); Rondi (2014)
41 - Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água	Beuken et al. (2008); Rondi (2014); Vieira; Morais (2005)
42 - Ocorrência de poços sem parapeitos adequados	Rondi (2014)
43 - Ocorrência de seca e/ou cheias prolongadas, inviabilizando a captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
44 - Perda de água no reservatório	Vieira; Morais (2005)
45 - Pesca intensiva ou piscicultura	Beuken et al. (2008)
46 - Presença de água estagnada ao redor do poço (3 metros), devido à drenagem insuficiente	ITN-BUET (2006); Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
47 - Presença de animais ao redor do poço ou área de captação	Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
48 - Presença de cemitério a menos de 10 metros do poço e/ou presença de necrochorume	Rondi (2014); Vieira; Morais (2005)
49 - Presença de pessoas com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (APP) ou poço	Rondi (2014)
50 - Presença de depósito de resíduos sólidos ao redor do poço ou área de captação	Rondi (2014); Rouse et al. (2010); Vieira; Morais (2005)
51 - Presença de excrementos de animais e/ou humanos em torno da fonte (APP)	Beuken et al. (2008); Rondi (2014); Rouse et al. (2010); Vieira; Morais (2005)
52 - Presença de excrementos de animais ou humanos em torno do poço	Beuken et al. (2008); Rondi (2014); Rouse et al. (2010); Vieira; Morais (2005)
53 - Presença de latrina (fossa negra) até 30 metros da fonte de captação ou a montante.	Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
54 - Presença de latrina (fossa negra) ou local de defecação a menos de 10 metros do poço e/ou a montante	Rickert et al. (2014); Rondi (2014); Rouse et al. (2010)
55 - Presença de necrochorume de cemitério em torno da fonte (APP)	Vieira; Morais (2005)
56 - Presença de rejeitos de mineradora em torno da fonte (APP)	Vieira; Morais (2005)
57 - Presença de resíduos sólidos dentro do poço	Rondi (2014)
58 - Presença elevada de algas na área de captação	Beuken et al. (2008); Vieira; Morais (2005)
59 - Presença elevada de peixes mortos ou outros animais na área de captação	
60 - Proteção de concreto em volta do topo do poço com rachaduras	Rickert et al. (2014)

61 - Proteção de concreto em volta do topo do poço menor que 2 metros de diâmetro	Rickert et al. (2014)
62 - Ruptura/transbordo de barragem de rejeitos perto da fonte	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Nijhawan et al. (2014); Piamba et al. (2014); Silva (2013); Sorlini et al. (2017); Vieira; Morais (2005)
63 - Tubulações sujas	Rondi (2014)
64 - Uso de agrotóxicos em torno da fonte de água	Maynilad Water Services (2015); Rickert et al. (2014); Rondi (2014)
65 - Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (APP)	Braga (2015); ITN-BUET (2006); Rondi (2014); Vieira; Morais (2005); Ye et al. (2015)
66 - Utilização de baldes diversos (não há recipiente específico) para retirada de água do poço	Rickert et al. (2014)
67 - Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)	Beuken et al. (2008); Braga (2015); Maynilad Water Services (2015); Piamba et al. (2014); Silva (2013); Sorlini et al. (2017); Vieira; Morais (2005)

Fonte: autores, 2019.

O banco de dados, apresentado nos Quadros 2 e 3, contempla os principais eventos perigosos potenciais para análise de risco em captação de água em comunidades rurais. Entretanto, pode ser que haja outros eventos que não foram referenciados; os quais poderão ser adicionados ou adaptados pela equipe responsável pela análise.

Todos os eventos perigosos organizados nos Quadros 2 e 3 foram inseridos no programa computacional em linguagem *Python*. Nele, há quatro colunas correspondente aos cálculos necessários para a avaliação hídrica (Probabilidade de Ocorrência, Consequência da Ocorrência, Nota e Medidas de Controle), como se observa nas Figuras 4 a 7.

No programa desenvolvido (Figura 4), seguem as etapas e procedimentos elaborados pelos autores com base nas diretrizes da OMS para desenvolvimento do PSA, conforme Brasil (2012); Rickert *et al.* (2014) e WHO (2017).

A interface gráfica possibilita ao gestor inserir os dados referentes ao local analisado, equipe e avaliação de campo. Além disto, o programa gera os resultados da avaliação de risco de segurança da água (Figuras 4 a 7).

Figura 4: Página inicial do programa computacional de avaliação de risco



Fonte: autores, 2019

Figura 5: Extrato da matriz de eventos perigosos para captação de água superficial

Avaliação Sistema - Ca1.1 (1)

C1.1 - Água superficial: rios; nascentes; lagos (1)

Localização ou nome do elemento analisado: _____
 Avaliador (es): _____

Data da análise: dia ____ mês ____ ano ____
 Coordenadas: lat ____ lon ____

Resultados: _____ Gráfico: _____
 Avançar: _____ Sair: _____

Evento Perigoso	Coordenadas (Lat/Lon)	*Probabilidade	*Severidade
C1.1.1: Utilização de agrotóxicos e fertilizantes em torno da fonte de água (APP)			
C1.1.2: Presença de excrementos de animais e/ou humanos em torno da fonte (APP)			
C1.1.3: Falta de proteção (cerca imprópria), permitindo acesso de animais e pessoas			
C1.1.4: Falta de placa de aviso sobre captação			
C1.1.5: Sacrifício de animais em torno da fonte (APP)			
C1.1.6: Falha elétrica (se aplicado)			
C1.1.7: Presença de depósito de resíduos sólidos em torno da fonte (APP) e/ou recebe seus lixiviados			
C1.1.8: Contaminação fecal através de lixiviação de resíduos humanos ou de animais			
C1.1.9: Ruptura/transbordamento de lagos de rejeitos perto da fonte em períodos de chuva			
C1.1.10: Vandalismo ou ação terrorista (danificação de equipamentos, obstrução de operação e adição de químicos)			
C1.1.11: Presença de carcaças de animais ao redor da fonte (APP)			
C1.1.12: Ocorrência de inundação; inviabilização temporária na captação de água			
C1.1.13: Presença de crianças com comportamento inadequado e falta de higiene em torno da fonte (APP)			
C1.1.14: Presença de animais em torno da fonte (10 metros)			
C1.1.15: Lavagem de roupas e banho na área de captação			
C1.1.16: Lançamento de efluentes na área de captação			
C1.1.17: Disposição inadequada de águas residuárias (domésticas ou industriais) em torno da fonte (APP)			
C1.1.18: Presença de necrochorume de cemitério em torno da fonte (APP)			
C1.1.19: Presença de rejeitos de mineradora em torno da fonte (APP)			
C1.1.20: Presença elevada de algas na área de captação			
C1.1.21: Chuvas intensas com elevação na turbidez da água			

Assinalar: *Severidade* e *Probabilidade*, de 1 a 5. Caso não se aplique, assinalar 0 (zero). Assinalar todos os campos.

Probabilidade
 (1)Raro: Uma vez a cada cinco anos
 (2)Improvável: Uma vez por ano
 (3)Moderadamente provável: Uma vez por mês
 (4)Provável: Uma vez por semana
 (5)Quase certo: Uma vez por dia

Severidade (Consequência)
 (1)Insignificante: Sem impacto detectável
 (2)Baixa: Pequeno impacto sobre a qualidade organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (3)Moderada: Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (4)Grave: Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
 (5)Muito Grave: Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.

Fonte: autores, 2019.

Figura 6: Extrato dos resultados obtidos utilizando a matriz de priorização de riscos

Resultados - Avaliação Sistema - C1.1 (1)

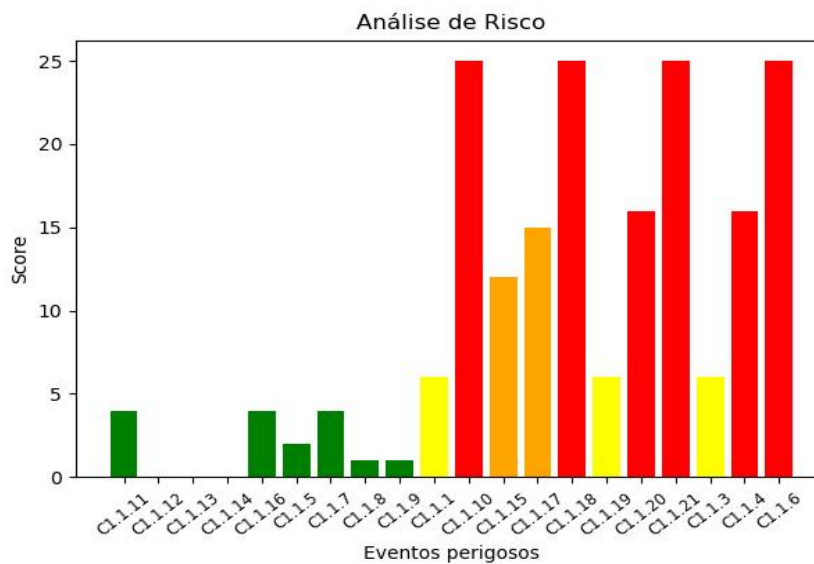
Resultados: C1.1 - Água superficial: rios; nascentes; lagos

Evento Perigoso	Classificação de risco	Score	Medidas de Controle
C1.1.1	< MÉDIO >	6.0	Firmar acordo com os usuários para não permitir uso de substâncias perigosas perto da fonte (APP)
C1.1.2	< BAIXO >	5.0	Fixar placas de sinalização; melhorar condições e proteção da fonte.
C1.1.3	< MÉDIO >	6.0	Melhorar ou providenciar cercamento do local.
C1.1.4	< MUITO ALTO >	16.0	Fixar placa de sinalização.
C1.1.5	< BAIXO >	2.0	Realizar educação comunitária; comunicar órgãos responsáveis.
C1.1.6	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar manutenção preventiva; utilizar, se possível, fontes alternativas de energia e geradores.
C1.1.7	< BAIXO >	4.0	Realizar educação comunitária e colocação de coletores de resíduos sólidos ou outras medidas de destinação adequada.
C1.1.8	< BAIXO >	1.0	Coibir defecação a céu aberto na comunidade; verificar distância de fossas; restringir quintais com animais perto da fonte (APP); cercar devidamente
C1.1.9	< BAIXO >	1.0	Estabelecer medidas de alerta e emergência
C1.1.10	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar educação comunitária; controlar acesso na área de captação; realizar vigilância;
C1.1.11	< BAIXO >	4.0	Realizar educação comunitária; promover limpeza a proteção adequada da área.
C1.1.12	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
C1.1.13	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
C1.1.14	< Não se aplica >	0.0	Não se aplica
C1.1.15	< ALTO >	12.0	Realizar educação comunitária; viabilizar locais adequados para essas atividades.
C1.1.16	< BAIXO >	4.0	Realizar prevenção e fiscalização.
C1.1.17	< ALTO >	15.0	Realizar educação comunitária; restringir atividades poluidoras na zona da captação.
C1.1.18	< MUITO ALTO >	25.0	Realizar prevenção e fiscalização.
C1.1.19	< MÉDIO >	6.0	Realizar prevenção e fiscalização.
C1.1.20	< MUITO ALTO >	16.0	Analisar e coibir atividades potencialmente poluidoras em torno da fonte
C1.1.21	< MUITO ALTO >	25.0	Estabelecer medidas de alerta e prevenção

Salvar (.PDF)
Sair

Fonte: autores, 2019.

Figura 7: Exemplo de resultado gráfico para priorização de risco



Fonte: autores, 2019.

O usuário do programa pode selecionar apenas os elementos existentes no local de estudo e realizar a análise de risco para cada elemento, bem como atribuir valores para probabilidade de ocorrência e severidade da consequência (Figura 5).

Os resultados podem ser visualizados por meio de matriz de priorização de riscos (Figura 6) e gráfico de priorização de riscos (Figura 7). Os resultados podem ser salvos no computador, em arquivo PDF (*Portable Document Format*), para posteriormente dar prosseguimento ao plano.

Ferramentas com interface gráfica para monitoramento em pequenas comunidades encorajam e auxiliam os moradores dessas comunidades e gestores municipais a realizarem manutenção preventiva para garantia da segurança da água para consumo humano (MAHMUD *et al.*, 2007).

4. CONCLUSÕES

Foram identificados eventos perigosos para o SSAAA em comunidades rurais para aplicação do PSA, os quais possibilitam a identificação de riscos à potabilidade da água para consumo humano em comunidades rurais.

A identificação destes eventos exigiu tempo suficientemente elevado para leitura, interpretação de dados para, posteriormente, adaptação aos itens listados, pois não há em literatura tais informações disponibilizadas.

O programa permitiu organizar os eventos de forma associada com o método e modelo (seleção de componentes, atribuição de valores e critérios de avaliação) para gerar os resultados de priorização de risco (matriz e gráficos). Desta forma, o gestor público ou tomador de decisão para áreas rurais pode rapidamente visualizar os eventos mais urgentes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), sob o código de financiamento 001.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 31000:2018. Gestão de riscos - Diretrizes**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.

BEUKEN, R.; REINOSO, M.; STURN, S.; et al. Identification and description of hazards for water supply systems. **TECHNEAU**, p. 79, 2008.



BRAGA, R. J. DE O. **Diretrizes para proposição de Planos de Segurança da Água em Sistemas de Abastecimento Municipais Goianos**, 2015. Universidade Federal de Goiás.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de Saneamento. , 2015. Brasília: Funasa. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasil: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. , 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Transversal : saneamento básico integrado às comunidades rurais: e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento : nível 2. , 2009. Brasil: Ministério das Cidades.

BRASIL. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL E SAÚDE DO TRABALHADOR (DSAST). Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS. , 2012. Brasília. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/editora>>.

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 a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.6. 2007.**

BRASIL. Programa Nacional de Saneamento Rural (em construção). UFMG. Diretrizes e Estratégias. , 2018. 2018. Disponível em: <<http://pnsr.desa.ufmg.br/>>. Acesso em: 5/6/2018.

BRAWN, G. & ALEXANDRA, D.; PIAMBA, Z. Identificación, priorización y gestión de riesgos técnicos en el acueducto Gutierrez & Brawn (Coto Brus-Costa Rica) bajo el enfoque de Planes de Seguridad del Agua (fase I). Foro Nacional y Feria de Tecnología de Agua Potable y Saneamiento Integral: "Gestión de Riesgo y Desarrollo Sostenible" Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) Del 25 al 29 de noviembre de 2014. **Anais...** . p.11, 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/312974512>>.

DAVISON, A.; VALLEY, D.; HOWARD, G.; et al. Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer. , 2005. Geneva. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/>.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr>>. Acesso em: 5/6/2018.

GARCIA, R.; BLANCO, R.; ANTA, J.; NAVES, A.; MOLINERO, J. Plan de seguridad del agua en los Campos de Refugiados Saharais en Tindouf (Argelia). **Ingeniería del Agua**, v. 22, n. 1, p. 37–52, 2018.

GODFREY, S.; NIWAGABA, C.; HOWARD, G.; TIBATEMWA, S. **Water Safety Plans for Utilities in Developing Countries-A case study from Kampala, Uganda**. Kampala, 2014.

GOMEZ, A. P.; SORLINI, S.; COLLIVIGNARELLI, C. **Water safety of improved source: the case study of vilanculos (mozambique)**. Rimini, Italy, 2014.

GUNDRY, S. W. Contamination of drinking water between source and point-of-use in rural households of South Africa and Zimbabwe: implications for monitoring the Millennium Development Goal for water. **Water Practice and Technology**, v. 1, n. 2, p. 1–9, 2006. Disponível em: <<http://wpt.iwaponline.com/cgi/doi/10.2166/wpt.2006032>>.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Volume Brasil 2015. , 2015. Disponível em: <ww2.ibge.gov.br>.

IBGE. Pesquisa nacional por amostra de domicílios : síntese de indicadores 2015 / IBGE. , 2016. Disponível em:



<www.biblioteca.ibge.gov.br>.

ITN-BUET. **Water Safety Plan for Handtubewell in Rural Water Supply System**. Bangladesh, 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAHMUD, S. G.; SHAMSUDDIN, S. A. J.; FEROZE AHMED, M.; et al. Development and implementation of water safety plans for small water supplies in Bangladesh: benefits and lessons learned. **Journal of Water and Health**, v. 5, n. 4, p. 585–597, 2007.

MANCUSO, P. C. S.; SOUZA DE, R. M. G. L. Princípios e métodos utilizados em Segurança da Água para consumo humano. In: F. H. B. P. BENSOUSSAN, M. d'A. & FONSECA (Org.); **Plano de Segurança da Água na visão de especialistas**. 1º ed, p.451, 2015. São Paulo: SETRI.

MARTINHO, C.; MENDES, R. Plano de Segurança da Água, um desafio. In: F. H. B. P. BENSOUSSAN, M. d'A. & FONSECA (Org.); **Plano de Segurança da Água na visão de especialistas**. 1º ed, p.451, 2015. São Paulo: SETRI.

MAYNILAD WATER SERVICES. Water Safety Plan. Managing Drinking- Water Quality from Catchment to Consumer. , 2015. Disponível em: <<http://www.mayniladwater.com.ph>>.

MDR. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. População total, urbana e rural - ano base 2017. Brasília: 2019. , 2019. Disponível em: <www.snis.gov.br>.

NIJHAWAN, A.; JAIN, P.; SARGAONKAR, A.; KUMAR LABHASETWAR, P. Implementation of water safety plan for a large-piped water supply system. **Environmental Monitoring & Assessment**, v. 186, n. 9, p. 5557–5560, 2014.

ONU NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <nacoesunidas.org>. Acesso em: 21/6/2018.

PIAMBA, D. A. Z.; LOBO, M. P.; PINO, M. Identificación, priorización y gestión de riesgos técnicos en el acueducto Gutierrez & Brawn (Coto Brus-Costa Rica) bajo el enfoque de Planes de Seguridad del Agua (fase I). Foro Nacional y Feria de Tecnología de Agua Potable y Saneamiento Integral: “Gestión de Riesgo y Desarrollo Sostenible” Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) Del 25 al 29 de noviembre de 2014. **Anais...** . p.11, 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/312974512>>.

RASHON. Guía para la implementación de Planes de Seguridad de Agua en el Sector Rural de Honduras. , 2009. . Red de Agua y Saneamiento de Honduras.

RICKERT, B.; SCHMOLL, O.; RINEHOLD, A.; BARREBERG, E. Water safety plan: a field guide to improving drinking-water safety in small communities. , 2014.

RONDI, L. **The Water Safety Plan approach: elaboration, implementation and evaluation in rural contexts of sub-Saharan Africa**. Brescia, 2014.

ROUSE, M.; PILGRIM, N.; NAIR, A. **Water Safety Plans for Rural Water Supply in India. Policy Issues and Institutional Arrangements**. New Deli, 2010.

SILVA, P. C. DA. **Análise da qualidade da água no sistema de abastecimento de Itaipava/RJ, visando a implantação do Plano de Segurança da Água**, 2013a. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, P. C. DA. **Análise da Qualidade da Água no Sistema de Abastecimento de Itaipava/RJ, Visando a Implantação do Plano de Segurança da Água**, 2013b. Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ.

SORLINI, S.; BIASIBETTI, M.; ABBÀ, A.; COLLIVIGNARELLI, M. C.; DAMIANI, S. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 4, p. 513–526, 2017.



VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento. , 2005. Braga.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition. , 2011.

WHO. **Kampala Water Safety Plan Case Study**. Geneva, 2005.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. , 2017. . Genebra.

WRIGHT, J.; GUNDRY, S.; CONROY, R. Household drinking water in developing countries: A systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. **Tropical Medicine and International Health**, v. 9, n. 1, p. 106–117, 2004.

YE, B.; CHEN, Y.; LI, Y.; et al. Risk assessment and water safety plan: Case study in Beijing, China. **Journal of Water and Health**, v. 13, n. 2, p. 510–521, 2015.