

Alternativas aplicadas no diagnóstico de qualidade de água para o abastecimento rural

O presente trabalho avaliou em termos ambientais, as nascentes, poços escavados e os poços tubulares profundos utilizados como fonte de acesso a água potável na bacia hidrográfica do Rio São Matheus, no município de Terra Boa – PR. Foram realizadas análises laboratoriais para os parâmetros microbiológicos (Escherichia coli e coliformes totais) e físico-químicos (Ferro, Zinco, Manganês e de turbidez) das amostras coletadas. Após processamento laboratorial e exame estatístico dos dados, chegou-se aos seguintes resultados: 1) A maior parte das amostras coletadas em nascente apresentou níveis elevados de contaminação por E. Coli (75%) e coliformes totais (75%); 2) poços escavados rasos apresentaram contaminação em 80% dos casos analisados; 3) Foram observados valores de Fe acima do indicado pela portaria 05/2017 do Ministério da Saúde, especialmente nas amostras coletadas em poços tubulares profundos; 4) Os valores das análises de Fe e Zn permitiram observar uma clara distinção entre os diferentes tipos de mananciais.

Palavras-chave: Alternativas; Qualidade da água; Mapeamento ambiental.

Alternatives applied in the diagnosis of water quality for rural supply

This research evaluates, in environmental terms, the springs, excavated wells and the deep tubular wells used for a source of access to drinking water in the São Matheus River hydrographic basin, in the city of Terra Boa – PR. Laboratory analyzes were performed for microbiological (Escherichia coli and total coliforms) and physicochemical (Iron, Zinc, Manganese elements and turbidity of water) parameters of the collected samples. After laboratory processing and statistical examination of the data, the following results were reached: 1) Most samples collected in springs showed high levels of contamination by E. coli (75%) and total coliforms (75%); 2) excavated wells were contaminated in 80% of the cases analyzed; 3) Iron values above those indicated by Ministry of Health Port. 05/2017 were observed, especially in samples collected in deep tubular wells; 4) The values of the Fe and Zn analysis allowed to observe a clear distinction between the different types of sources.

Keywords: Alternatives; Water quality control; Environment mapping.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **18/12/2021**

Approved: **19/01/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Sidival Antonio Calderan 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4909939505742088>

<http://orcid.org/0000-0002-9092-384X>

sidivalcalderan@hotmail.com

Cristiane Kreutz 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5168151879842104>

<http://orcid.org/0000-0003-3152-6489>

ckreutz@utfpr.edu.br

Marcilene Ferrari Barriquello Consolin 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/3028205116451785>

<http://orcid.org/0000-0001-5499-2701>

marcilenef@utfpr.edu.br

Nelson Consolin Filho 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5820606948533146>

<http://orcid.org/0000-0002-4847-0701>

consolin@utfpr.edu.br

Marcos Silvano Almeida 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4946185987756278>

<http://orcid.org/0000-0001-9795-6022>

marcosilvano@utfpr.edu.br

Ericson Hideki Hayakawa 

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4329506543421390>

<http://orcid.org/0000-0003-1342-1659>

ericson.hayakawa@unioeste.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0019

Referencing this:

CALDERAN, S. A.; KREUTZ, C.; CONSOLIN, M. F. B.; CONSOLIN FILHO, N.; ALMEIDA, M. S.; HAYAKAWA, E. H.. Alternativas aplicadas no diagnóstico de qualidade de água para o abastecimento rural. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.1, p.238-249, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0019>

INTRODUÇÃO

O consumo público da água e o direito ao seu acesso pelas gerações atuais e futuras são princípios basilares da Lei n. 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Entretanto, muitas vezes a autoridade tem dificuldade de garantir esse acesso, tampouco que a fonte de água esteja seguramente dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação.

A legislação que dispõe sobre o padrão de potabilidade, Portaria de consolidação 05/2017 ou Portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde, também estabelece quais são as formas de abastecimento de água (BRASIL, 2011). Do mesmo modo, a Portaria CONAMA 357/05, dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e padrões de lançamento de efluentes que, por sua vez, influenciam diretamente nas condições de potabilidade do corpo hídrico.

O Artigo 5º da Portaria n. 2.914 de outubro de 2011 (referendada pela Portaria de Consolidação 05/2017) estabelece três classes de uso da água, a saber: i) Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAA), uma modalidade de abastecimento que envolve todo o conjunto de obras civis e equipamentos destinados à captação e fornecimento coletivo de água tratada, localizada em áreas urbanizadas; ii) Solução Alternativa Coletiva (SAC), consistindo na modalidade de fornecimento de água tratada com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição e, portanto, de menor porte que o sistema de abastecimento e; iii) Solução Alternativa Individual (SAI), uma modalidade de abastecimento que atenda a domicílios familiares com única família, geralmente localizada na zona rural (BRASIL, 2011).

Dentre as formas de abastecimento supracitadas, a última é a que apresenta maior risco de contaminação. O risco é decorrente da inexistência de tratamento regulamentado pela lei, bem como da dificuldade ao acesso das outras formas de abastecimento citadas, em razão da distância de algumas propriedades da sede dos municípios.

Por outro lado, as soluções individuais também estão sujeitas à vigilância da qualidade da água, o que deve implicar num conjunto de medidas adotadas pela autoridade de saúde pública dos municípios que, considerando o contexto socioambiental do local, deve avaliar se o consumo da água apresenta risco à saúde humana. Inicialmente, essas ações são feitas por meio do monitoramento das fontes de água usadas para o consumo, através de coletas para análise de parâmetros que estão elencados na Portaria supracitada e, posteriormente, alimentados no Sistema de Informações de Vigilância de Qualidade da Água para Consumo Humano, o SISAGUA. Através desse ambiente, o gestor pode interagir com dados de cadastros, controles, fiscalização e coletas.

Os dados do sistema permitem avaliar as condições de potabilidade das diversas fontes de abastecimento. Apesar disso, esse sistema não está totalmente interligado com outros setores do poder público, de modo que a informação gere ações voltadas para precaução e saneamento. Além desta avaliação, é exigido pela portaria 2.914 de 2011, que as autoridades de saúde municipais desencadeiem ações efetivas para a redução do risco de contaminação dos mananciais. Como visto, a ausência de uma caracterização das causas que levam a contaminação dos corpos hídricos torna mais difícil à atuação do

poder público na redução da contaminação dos mananciais.

Análises da qualidade da água do município de Terra Boa - Paraná tem demonstrado presença de contaminantes em algumas amostras coletadas na zona rural (BLANC et al., 2019). São especialmente preocupantes os contaminantes associados a transmissões de doenças do aparelho digestivo, como gastroenterites. Mesmo que a análise das amostras de água seja uma forma de se conhecer sobre a potabilidade da mesma, ainda há dificuldades em relacionar essas informações com os possíveis agentes contaminantes, bem como, coletar os dados de forma mais eficiente e de modo que permita ações de planejamento, gestão e conscientização sobre o uso desses recursos.

Esse problema é assinalado pela dificuldade de articulação entre os diferentes setores da secretaria de saúde municipal, com os setores de vigilância em saúde e atenção básica. Em outras palavras, os agentes que monitoram a saúde dos produtores rurais desconhecem as fontes de água que estes utilizam, tampouco tem conhecimento do estado de contaminação dessas fontes.

Assim, este trabalho buscou avaliar a aplicabilidade de ferramentas para caracterizar e avaliar em termos ambientais as nascentes, poços escavados e os poços tubulares profundos utilizados como fonte de acesso a água potável na bacia hidrográfica do Rio São Mateus, no município de Terra Boa – Paraná.

METODOLOGIA

Área do estudo: localização e caracterização fisiográfica

A bacia hidrográfica analisada por essa pesquisa situa-se na unidade hidrográfica do Paraná I e Baixo Ivaí (Figura 1), com comitê de bacia hidrográfica assim nomeado. A área da Bacia hidrográfica do rio São Mateus situa-se entre os municípios de Terra Boa e Jussara e apresenta como uso e cobertura predominante a agricultura anual (RH ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2015).

Conforme classificação de Köppen, o clima da bacia é do tipo Cfa, com verões quentes e chuvosos, amplitude de temperaturas que variam de 18° C a 22°C, baixa incidência de geadas. Ainda segundo o plano de bacia, a partir da análise dos dados de 34 estações pluviométricas que abrangem o território da bacia hidrográfica, a precipitação média fica em torno de 1450 mm ao ano, com valores entre 1240,3 mm e 1699,1 mm de média máxima anual. Em termos de distribuição anual, o período menos chuvoso concentra, em média, 40% desse montante enquanto 60% ocorrem no período mais chuvoso não havendo assim, variação acentuada dessa distribuição anual (RH ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2015).

A bacia hidrográfica do rio São Mateus está inserida no contexto geológico do Baixo Ivaí. Esta bacia é espacialmente caracterizada por duas litoestruturas associadas a rochas sedimentares clásticas e basálticas, formadas pelos basaltos do grupo São Bento- Formação Serra Geral (rochas magmáticas provenientes do derrame de lavas) e Bauru – Formação Caiuá, (Figura 1).

Conforme a resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o curso principal do rio São Mateus está enquadrado na Classe II. Ainda segundo esse dispositivo legal, rios dessa classe podem ser destinados ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), recreação, irrigação e aquicultura (BRASIL, 2011). Para esta classificação considera-se o nível de poluição

do rio, seguindo parâmetros de qualidade como o teor de nitritos, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e parâmetros inorgânicos, onde estão presentes os metais pesados (RH ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2015). Conforme o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Social (2020), a população no município de Terra Boa é estimada em 16.984 habitantes e com uma população rural censitária de 2.725 habitantes.

O mapeamento das microáreas que delimitam a atuação das equipes do Programa de Saúde da Família, realizado com base na lista de endereços disponíveis em cadastro prévio, permitiu visualizar a distribuição das análises realizadas. Após a obtenção e delimitação do polígono que envolve esses registros, foi possível carregar os pontos de amostragem ao passo que se executavam as coletas. Os pontos das coletas foram obtidos em campo com o auxílio do aplicativo que, na época, ainda estava em desenvolvimento.

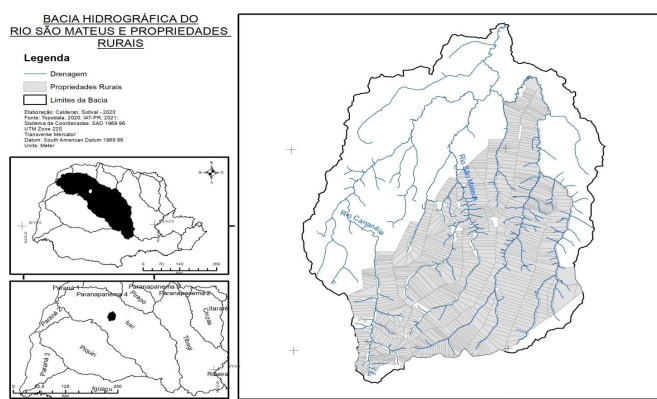


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio São Mateus.

Caracterização dos mananciais amostrados

A definição dos pontos de coleta foi realizada de acordo com o banco de dados do SISAGUA. Esse registro permitiu verificar se o abastecimento de água é feito a partir de nascentes, poços escavados ou poços tubulares profundos. Foram coletadas 58 amostras, sendo 34 de nascentes, 5 poços escavados e 19 poços tubulares profundos (Figura2) ao longo dos meses de março a dezembro de 2020.

A caracterização dos mananciais pautou-se em um checklist das nascentes adaptado do formulário de cadastros do SISAGUA. Esta análise é composta pela caracterização da nascente quanto à forma de exfiltração, podendo ser pontual, difusa ou múltipla e pela avaliação de aspectos ambientais através da análise de perceptíveis visualmente.

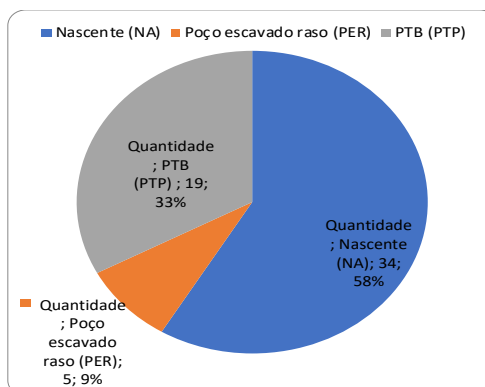


Figura 2: Número de mananciais analisados.

Segundo Magalhães et al. (2012), a exfiltração pode ser pontual quando apresenta a ocorrência do fluxo d'água em um único ponto do terreno. É difusa, ~~quando~~ não possui um único ponto de vazão definido no terreno, ou seja, apresenta vários afloramentos. É múltipla quando existem afloramentos de água em vários pontos e áreas distintas, mas que configuram apenas uma nascente.

Os dados cadastrais levantados in loco foram associados à localização das nascentes e salvos em arquivos locais do tipo texto, separadamente. Conforme Handa (2017), o sistema de coordenadas utilizado pelo sensor dos Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) dos dispositivos móveis com sistema Android é o WGS84, o que implica no uso de um sistema de coordenadas compatível. Os dados de campo coletados serão armazenados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

As imagens do satélite SENTINEL 2 têm sido largamente utilizadas para o levantamento de característica fisiográficas da paisagem. Seu uso vem apresentando resultados importantes para finalidade de classificação de uso do solo (REX, 2018), determinação de biomassa, entre outras aplicações. É um satélite de monitoramento terrestre que gera imagens em 12 bandas espectrais e com resolução espacial de 10 metros (ZHENG et al., 2017).

Do mesmo modo, o mapeamento hidrográfico foi realizado com base nos dados vetoriais obtidos do Instituto Água e Terra (IAT) em escala de 1:50.000 e corrigidos com auxílio de imagens orbitais, bem como com o auxílio de dados de Modelo digital de Elevação (MDE) da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM de 60 metros), também disponíveis no IAT, com resolução 60 metros. Os dados de MDE também serão utilizados para elaborar a carta de declividade e hipsometria para a bacia. Esses dados foram processados no software QGIS™ (versão 3.10), onde foi possível extrair essas informações através da utilização de algoritmos próprios. Por fim, como pano de fundo para o mapeamento das amostras coletadas, será elaborado um mapa onde serão poligonizadas as áreas abrangidas pelo programa de saúde da família. Para isso, foram georreferenciados os dados oriundos do cadastro de propriedades rurais contidos no SISAGUA.

O mapa para a gestão da qualidade da água na bacia hidrográfica foi elaborado com base nas camadas contendo a malha hidrográfica (adaptada do IAT) incluindo canais de primeira ordem, os limites da bacia hidrográfica do Rio São Mateus.

Análises físico-químicas

A coleta de amostras para os parâmetros de metais pesados e microbiológicos foi realizada no ponto de captação da água utilizada para consumo. Após isso, com o auxílio da equipe técnica do Núcleo de Estudos em Engenharia Ambiental (NUPEA) e do Laboratório de Espectroscopia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, foi realizadas análises microbiológicas e físico-químicas da água conforme metodologia própria dos fabricantes dos reagentes.

Após as coletas, as amostras para as análises de metais pesados foram reservadas em ambiente refrigerado, recebendo um 1mL de ácido nítrico para conservação. As soluções analíticas foram preparadas a partir de da diluição de soluções-padrão comerciais com concentração de 1000 ± 2 mg/L (SpecSol) dos

respectivos íons citados (Tabela 1).

Tabela 1: Diluição da solução estoque para construção da curva de calibração.

Elementos	Diluição para curva de calibração em mg/L								
Chumbo	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Cobre	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Zinco	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Ferro	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0

As análises dos metais foram processadas no espectrofotômetro de absorção atômica de chama, da marca Analytik Jena (modelo NOVAA-300). Considerando a Portaria no. 2.914/2011, foram realizadas análises de Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn). As condições operacionais do espectrofotômetro de absorção atômica foram pré-definidas no comprimento de onda característico para cada elemento químico com lâmpada específica, largura de fenda, intensidade da lâmpada e correção de ruído, sendo que o tipo de chama utilizado foi de ar/acetileno.

Os resultados dessas análises foram comparados aos valores de referência contidos na tabela de padrão organoléptico de potabilidade conforme a Portaria de Integração n 05/2017.

Análises microbiológicas

Para a determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) provenientes de todas as formas de abastecimento, utilizou-se o método ColilertIdexx®. Essa técnica permite a obtenção do nível de contaminação da água através da determinação do Número Mais Provável de Unidades Formadoras de Colônia (NMP) desses dois patógenos investigados nas diferentes formas de abastecimento.

Foram coletadas amostras de 100mL de água com uso de frascos estéreis o mais próximo possível do ponto de captação para que fosse evitada contaminações por materiais estranhos ao longo da tubulação ou reservatório. Nas nascentes, as coletas foram realizadas diretamente sobre o ponto de exfiltração. Nos poços freáticos a coleta foi realizada antes do reservatório no ponto mais próximo possível dos poços, deixando a água escoar por pelo menos um minuto. Nos poços tubulares profundos foi realizada a coleta imediatamente após o ponto de captação aplicando a mesma técnica descrita anteriormente.

Em laboratório, após assepsia do local, foi adicionado o meio de cultura nas amostras e agitado até que a água obtivesse uma coloração ocre. Após isso, as amostras foram manejadas para uma embalagem Quanti-Tray®/2000 estéril, devidamente seladas e acondicionadas em estufa (a 35° C) durante 24 horas. Após esse período, a leitura foi realizada a olho nu e com auxílio de uma câmara ultravioleta (360nm de comprimento de onda). O resultado dessa leitura é empregado na tabela NMP-INDEX, cedida pelo fabricante.

Para que fosse realizada a comparação entre os valores obtidos nas análises microbiológicas e físico-químicas foram utilizados os softwares Excel™ e RStudio, este último de acesso livre. Para esse tratamento estatístico, os dados oriundos do SIG QGIS™, foram convertidos em formato compatível com o Rstudio e com auxílio da biblioteca readxl e do comando boxplot foram gerados os gráficos de múltiplos valores para a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A vigilância da qualidade de fontes alternativas de água para o consumo humano é hoje um dos grandes desafios para a gestão ambiental em saúde a nível municipal. Realizar uma pesquisa, bem como uma proposta de intervenção nesse âmbito, não poderia ser menos desafiador. Deste modo, no decorrer desta pesquisa, observou-se a impossibilidade de executá-la somente a partir da análise “de gabinete” sem que se fosse lançado mão de atividades de campo, como as amostragens nos mananciais investigados. Neste processo, observou-se também a necessidade de atualização dos cadastros e registros do serviço de vigilância da água, fossem físicos ou digitais.

Além disso, deparou-se com a existência dos profissionais da saúde da família (agentes, enfermeiros e médicos da família) que já tratavam da questão da contaminação da água em seu dia a dia. Esses profissionais realizam intervenções de natureza clínica, como o tratamento de enfermidades, bem como de cunho educativo, geralmente traduzidas em orientações verbais ou na entrega de material impresso.

Deste modo, os resultados são apresentados em duas sessões: A primeira sessão contempla os resultados referentes às análises físico-química e microbiológicas especializados em um mapa digital, tendo como plano de fundo, o território do PSF. Na segunda sessão, tem-se a proposta de produto na forma de um protótipo de software para dispositivos móveis para uso no cadastramento e coleta de amostras de água.

Neste sentido, a Tabela 2 sintetiza os dados de coleta (latitude e longitude) assim como os resultados das análises de campo e laboratoriais. Nesta mesma tabela, estão identificadas as amostras com alguma não conformidade. Essa realidade, que contempla instrumentos de planejamento amplos, com ações de larga abrangência, torna-se um gargalo para sua implementação. Para o Banco Mundial este gargalo se reflete em um conjunto de metas maximizadas e idealistas, tornando os planos ambiciosos e em grande parte inexecutáveis diante dos recursos disponíveis e dos prazos indicados.

Mapeamento das análises físico-químicas e microbiológicas

Os resultados associados às análises físico-químicas e microbiológicas, especialmente as que se referem às análises microbiológicas confirmaram o quadro de contaminação já citado anteriormente (BLANC et al., 2019).

A aplicação das geotecnologias na elaboração de mapas e outros produtos evidenciou a gravidade desse quadro, bem como a importância dessas ferramentas na gestão da qualidade da água em soluções alternativas. A partir da espacialização dos dados das análises nos territórios definidos pelo Programa de Saúde da Família, foi possível observar quais propriedades estavam contidas nesses territórios.

Durante as coletas, foi possível observar que, na maior parte das fontes de água do tipo nascentes, as estruturas utilizadas para a contenção da água não possuíam adequada vedação (Figura 3). Nos poços, sejam escavados ou tubulares profundos, em sua maioria próximos as residências, não foi observado problemas estruturais.

Tabela 2: Quadro Síntese de Amostragem e análise.

Latitude	Longitude	Manancial	TB	pH	Temperatura	Coliformes totais	E. Coli	Zn	Fe
-23,752974	-52,455031	NA	2,19		21	19,7	9,7	0,077	0,12
-23,752765	-52,444899	NA	0		22,9	1	2	0,009	0,105
-23,748831	-52,444114	NA	0		22,2	113,7	0,99	0,089	0,144
-23,741562	-52,432915	NA	0		23,02	15,8	5,1	0,128	0,149
-23,739429	-52,431914	NA	0,69		23,01	1	3,1	0,128	0,156
-23,750433	-52,457906	NA	1,98		22	114,6	51,19	0,061	0,081
-23,755343	-52,43980	NA	2,99	5	22,3	1011,2	1011,2	0,098	0,183
-23,745238	-52,458903	NA	0		20,05	3,1	0,99	0,036	0,09
-23,747485	-52,450903	NA	0	6	22,5	3,1	0	0,083	0,135
-23,75426	-52,45678	NA	1,49		20,5	55,6	8,6	0,076	0,104
-23,672635	-52,376169	NA	18,56		23,05	14,4	5,2	0,116	0,119
-23,741128	-52,432036	NA	0		18	52	1	0,14	0,216
-23,754051	-52,438028	NA	0		22,7	4,1	0,99	0,145	0,197
-23,734419	-52,400313	NA	2,92		19,4	22,1	6,3	0,2758	0,102
-23,752586	-52,437899	NA	0		23,6	2	0,99	0,15	0,201
-23,748059	-52,421853	NA	1,45	6	18	228,2	0	0,136	0,211
-23,717508	-52,443381	NA	10		20	163,1	26,3	0,2819	0,527
-23,674416	-52,370302	NA	1,07		23	549,3	3	0,2321	0,062
-23,678856	-52,38644	NA	0		22,4	30,7	0,99	0,2274	0,104
-23,744091	-52,414504	NA	43,05	6	28,5	121,1	20,4	0,13	0,696
-23,745911	-52,421515	NA	0	6	24,1	81,6	22,8	0,065	0,17
-23,727099	-52,436551	NA	0	5	N.REGISTRADO	2	5,1	0,2282	0,02
-23,756645	-52,439744	NA	3,25	5	19,4	1	1	0,2969	0,286
-23,759187	-52,446296	NA	20,34	5	21,1	72,4	25,3	0,1995	0,128
-23,697981	-52,34868	NA	0	6	21,5	125,4	16	0,2695	0,281
-23,748284	-52,436911	NA	0	5	N.REGISTRADO	10,8	5,2	0,2919	0,113
-23,74846	-52,42315	NA	15,74	5	17	16,9	23,9	0,121	0,226
-23,685263	-52,353536	NA	0	6	N.REGISTRADO	133,4	0	0,088	0,211
-23,745911	-52,421515	NA	0	6	19	16,8	27,2	0,136	0,231
-23,73576	-52,429636	NA	0	6	23	248,9	29,8	0,087	0,162
-23,743895	-52,414118	NA	5,3	6	19	1011,2	75,1	0,105	0,226
-23,70518	-52,36874	NA	7,2	6	24	34,7	10,8	0,1	0,204
-23,68452	-52,37726	NA	0	6	N.REGISTRADO	37,3	7,5	0,149	0,25
-23,71373	-52,435	NA	0	5	23,8	0	0	0,2585	0,235
-23,730119	-52,426333	PTP	1,69	6	21	0	0	0,5582	0,379
-23,734266	-52,431511	PTP	2,95	6	21	25	0	0,5894	0,331
-23,737708	-52,418537	PTP	1,43	6	21,1	8,5	0	0,5054	0,344
-23,736559	-52,424915	PTP	3,44	6	21	8,5	0	0,4921	0,353
-23,747625	-52,427936	PTP	0	6	22,7	362,3	0	0,5953	0,367
-23,73977	-52,41761	PTP	8,61	6	24	0	0	0,4747	0,356
-23,730492	-52,404796	PTP	1,29	6	25,1	21,1	1	0,5045	0,366
-23,694752	-52,378567	PTP	3,5	6	21	193,5	0	0,4771	0,385
-23,73313	-52,444778	PTP	2,7	7	22,1	0	0	0,5282	0,459
-23,756624	-52,462865	PTP	0	5	23,6	0	0	0,562	0,472
-23,706635	-52,437766	PTP	0	5	23,1	0	0	0,5128	0,465
-23,713673	-52,435606	PTP	3,73		19,3	4,1	7,1	0,5675	0,53
-23,72397	-52,4502	PTP	1,3	6	23,5	0	0	0,5174	0,429
-23,75329	-52,38838	PTP	0	6	23,5	0	0	0,5686	0,454
-23,74422	-52,43456	PTP	0	6	23,7	0	0	0,5382	0,455
-23,74795	-52,42512	PTP	1,77	6	23	1	1	0,5293	0,477
-23,74935	-52,40766	PTP	0	5	24,4	0	0	0,5362	0,486
-23,74446	-52,42839	PTP	0	6	26,5	0	0	0,5474	0,485
-23,746444	-52,42378	PTP	0	7	23,7	1011,2	23,3	0,61	0,505
-23,756316	-52,447025	PTP	0	5	24	2	0	0,5657	0,491
-23,713953	-52,376126	PER	1,82	6	19,9	870	0	0,5793	0,498
-23,740012	-52,405038	PER	3,6	6	24,1	640	658,6	0,6446	0,745
-23,733043	-52,457161	PER	0	5	23,6	1011,1	1	0,5796	0,528
-23,758512	-52,446665	PER	15,13		15,13	78,4	27,8	0,6016	0,507

* NC: Amostra não classificada; NA: Nascentes; PE: poço escavado raso; PTP: Poço tubular Profundo.

Após o mapeamento das propriedades rurais que continham os mananciais amostrados, observou-se que eles fazem parte da área de abrangência de uma macro-área do Programa de Saúde da Família, gestada pela equipe de saúde da Unidade Básica em Saúde (UBS) Salvador Bráulio Molina, subdividida em 5 microáreas (Figura 4). A partir do mapeamento, foi possível quantificar o número de propriedades rurais

daquela área e diferenciar o tipo de fonte de abastecimento de água (Tabela 3).



Figura 3: Nascentes utilizadas para abastecimento na bacia hidrográfica.

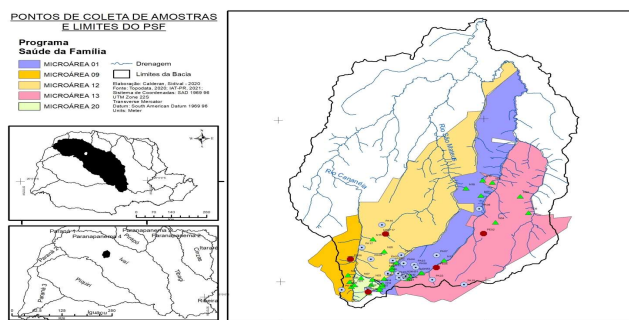


Figura 4: Mapas com pontos de coletas e limites do PSF.

Tabela 3: Quantitativo de mananciais por Microárea do PSF.

Nome	Nascente	Poço escavado raso	Poço tubular profundo	Total
Microarea 01	13		9	22
Microarea 09	3	1	1	5
Microarea 12	8	1	6	15
Microarea 13	4	2	2	8
Microarea 20	6	1	1	8
Total	34	5	19	58

Na Tabela 4 são apresentados os mananciais considerados insatisfatórios para o consumo de água, com presença de *E. coli* em uma amostra de 100 mL. Como é possível observar na Tabela 4, todas as microáreas apresentaram um quadro preocupante na maior parte das fontes de abastecimento, dando destaque a MICROÁREA 9 com 80% de fontes de abastecimento contaminadas. Considerando os dados apresentados, após a elaboração do mapa com a união dos pontos de análise e camadas referentes ao território, foi possível relacionar cada manancial amostrado a uma equipe do PSF.

Tabela 4: Presença e Ausência de *E. coli* por microáreas do programa PSF.

Nome	AU		PRE		% otal geral		T
	SÊNÇA	%	SENÇA	%	SENÇA	%	
A 01	7	1,8	3	15	8,2	2	2
A 09	1	0,0	2	4	0,0	8	5
A 12	7	6,7	4	8	3,3	5	1
A 13	4	0,0	5	4	0,0	5	8
A 20	2	5,0	2	6	5,0	7	8
Total geral	21	6,2	3	37	3,8	6	5

Análise microbiológica

Os resultados da análise de quartis do parâmetro de *E. coli* (Figura 5) indicam que 75% (acima do primeiro quartil) das amostras coletadas em nascentes estão acima de 0,99 UFC. O resultado da mediana

foi de 5,2 UFC e do terceiro quartil 23,07UFC. Comparativamente, os valores resultantes das análises de Quartis dos poços tubulares profundos (PTP) foram iguais a zero, excetuando-se duas amostras que resultaram em 1 UFC e 23 UFC o que se atribui a interferências externas nos locais da coleta. Estas interferências estavam associadas a presença a dificuldade da coleta no ponto mais próximo ao ponto, bem como a presença de área de pastagem nas proximidades. Nos poços escavados, 3 das 5 amostras apresentaram contaminação com mediana de 7 UFC.

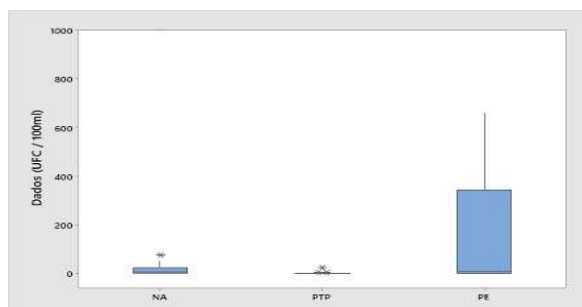


Figura 5: Resultados de *E. coli* das formas de abastecimento coletadas. UFC: Unidades Formadoras de Colônia; NA: Nascentes; PTP: Poços tubulares profundos; PER: Poço escavado raso; *: ponto fora da curva (outlier).

Portanto, observa-se que a maior parte das coletas realizadas em nascentes e em poços escavados estão acima dos valores permitidos, conforme Tabela 5. Já nos Poços Tubulares Profundos, apenas 3 (15%) apresentaram contaminação.

Tabela 5: Percentual de amostras com presença de *E. coli*.

Tipo de manancial	Total de coleta	Presença em 100ml	%
Nascentes	34	25	73
Poços escavados Rasos	5	4	80
Poços Tub. profundos	19	3	15
Totais	58	32	55

A análise de quartis dos Coliformes totais revelou um cenário semelhante ao que se observou em relação a contaminação por *E. coli*. Para as nascentes, o primeiro quartil de 3,2 UFC indica que 75% das amostras coletadas estão acima desse valor.

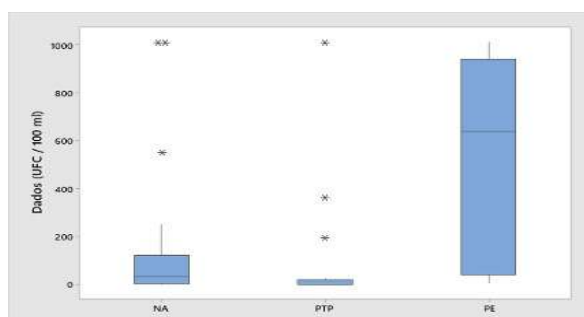


Figura 6: Resultados de coliformes totais para as formas de abastecimento. UFC: Unidades Formadoras de Colônia; NA: Nascentes; PTP: Poços tubulares profundos; PER: Poço escavado raso; *: ponto fora da curva (outlier).

A mediana das amostras de nascentes foi de 32,7 UFC e o valor máximo encontrado foi de 1011,2 UFC. É importante notar que 73% das amostras coletadas em nascentes apresentaram contaminação por coliformes totais (Figura 6), cuja referência para água potável é dada pela Portaria 05/2017, como ausência

em 100mL.

Novamente, o resultado da análise exposta no Boxplot das amostras coletas em Poços Tubulares Profundos permitiu verificar uma clara distinção das outras formas de abastecimento. Com primeiro quartil e mediana igual a 0 UFC, e terceiro quartil 21,1 UFC. Do mesmo modo, a maior dispersão das amostras coletadas em Poços escavados rasos permitiram verificar uma significativa diferença entre as demais formas de abastecimento. Conforme é possível observar na Tabela 6, a maior parte das análises dessa fonte de abastecimento estão contaminadas acima do disposto na Portaria 05/2017.

Tabela 6: Percentual de amostras com resultado positivo para coliformes totais.

Tipo de manancial	Total de coleta	Presença em 100ml	% de presença
Nascentes (NA)	34	25	73
Poços escavados Rasos (PE)	5	4	80
Poços Tub. Profundos (PTP)	19	3	16
Totais	58	32	55

CONCLUSÕES

O diagnóstico de fatores que condicionam a contaminação, bem como ações de proteção e recuperação de mananciais, se constitui em um importante avanço para a gestão da qualidade da água na administração pública municipal.

Deste modo, partiu-se da hipótese de que, frente a esses desafios e considerando a emergência na necessidade de fornecer ao habitante da zona rural uma melhoria na qualidade da água potável, as geotecnologias, aqui representadas pelo uso dos SIGs na elaboração de mapas a nível municipal.

Assim, no decorrer da pesquisa, observou-se que a atual situação da água na zona rural, colocada em termos de qualidade para o consumo, correspondeu as piores expectativas no que concerne a contaminação microbiológica, especialmente em mananciais do tipo nascente onde 75% das amostras coletadas apresentaram contaminação. Além disso, observou-se que 50% das amostras coletadas em poços tubulares profundos, onde praticamente inexistente contaminação por agentes microbiológicos, ocorre a presença de metais pesados (Fe) em níveis acima do valor máximo permitido pela Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde.

A análise dos dados espaciais desses pontos contaminados, quando identificados em um mapa digital, a partir de um Sistema de Informação Geográfica reforçou a importância dos territórios demarcados pelo Programa de Saúde da Família. Foi a partir da demarcação dos pontos nesse mapa, associados a uma base de dados desses territórios, que permitiu que as famílias sem acesso a água tratada, pudessem, ao menos, ter acesso a alguma forma de tratamento.

Além disso, os resultados aqui obtidos podem ser diretamente associados ao sexto Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS), ou seja, de alcançar o acesso a água potável e segura para todos. Para alcançar esse objetivo, não será possível negligenciar que o contingente de famílias vivendo na área rural,

vem sofrendo com o acesso precário a condições de saneamento.

Finalmente, apesar dos desafios que se apresentaram ao longo do trabalho, pode-se dizer que os resultados alcançados foram animadores, sobretudo se considerarmos a situação incipiente dessas análises e intervenções no Brasil, demonstrando que essa linha de atuação é bastante promissora.

REFERÊNCIAS

BLANC, R. L.; CALDERAN, S. A.; LOZADA, M. K.. Qualidade da água nas soluções alternativas individuais de quatro municípios da região meso-centro ocidental do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 8. Anais. Belo Horizonte, 2021.

BRASIL. **Lei 9433 de 1997**. Institui a Política Nacional de Recurso Hídricos. Brasília: DOU, 1997.

FALKOWSKI, D. J.. **Determinação de teores de metais pesados em açúcares com diferentes solventes**. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

HANDA, R. A.. **Desenvolvimento de aplicativos como uma ferramenta de aprendizagem na área de matemática**. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

IPARDES. Instituto Paranaense De Desenvolvimento **Cadernos Municipais**: Terra Boa: Curitiba: IPARDES, 2019.

MAGALHÃES, P. A. N. R.; SILVA, M. V. V.; RIBEIRO, R. L.. **Análise macroscópica das condições ambientais em nascentes na cidade de Rio Verde**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Rio Verde Goiás, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **Portaria 2.914 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. Brasília: DOU, 2011.

REX, F. E.; KÄFER, P. S.; DEBASTIANI, A. B.; KAZAMA, V. S.. Potencial de imagens msi (sentinel-2) Para classificação do uso e cobertura da terra. **Enciclopedia Biosfera**, v.15, p.219, 2018.

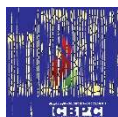
RELATÓRIO INTERNO SISAGUA. **Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 2019.

RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA. **Relatório Técnico Nº1: caracterização geral e Regionalização do Plano de Recursos Hídricos das Bacias do Baixo Ivaí e Paraná 1 – 2015**.

ZHENG, H.; DU, P.; CHEN, J.; XIA, J.; LI, E.; XU, Z.; LI, X.; YOKOYA, N.. Performance Evaluation of Downscaling Sentinel-2 Imagery for Land Use and Land Cover Classification by Spectral-Spatial Features. **Remote Sens.**, v.9, 2017.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum). *The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157276637732012033/>