

**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
BIOMEDICINA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS
HÍDRICOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS,
MINAS GERAIS**

**Barbacena-MG
2022**

**ADRIANY SILVA DE FREITAS
CARLA SOARES DE CARVALHO
RUAN ÂNGELO**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS
HÍDRICOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS,
MINAS GERAIS**

Projeto apresentado ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena, Minas Gerais, como requisito para conclusão do projeto de Iniciação Científica

Coordenador: Hugo Silva Pires
Área: Química Ambiental

**BARBACENA-MG
2022**

Perguntaram ao Dalai Lama:

- " o que mais surpreende na humanidade?"

E ele respondeu:

- " Os homens... Porque perdem a saúde para juntar dinheiro, depois perdem o dinheiro para recuperar a saúde. E por pensarem ansiosamente no futuro, esquece do presente de tal forma que acabam por não viver nem o presente nem o futuro. E vivem como se nunca fossem morrer... E morrem como se nunca tivessem vivido.

AGRADECIMENTO

Concluir este trabalho foi uma vitória conquistada com muito esforço e dedicação, é necessário reconhecer que essa vitória só foi possível graças a contribuição dos colaboradores.

Agradeço a Deus por ter nos dado força e sabedoria em cada etapa do projeto.

Agradeço ao professor orientador Hugo Silva Pires, que dedicou todo seu tempo e sua paciência para nos guiar e nos ensinar tudo que aprendemos no decorrer deste trabalho.

Agradeço ao PROBIC, pelo incentivo do estudo.

Agradeço a UNIPAC, todos os docentes, técnicos administrativos e demais funcionários que efetivam o papel e a função da instituição.

Agradeço aos amigos dentro e fora da universidade, que acompanharam a minha trajetória.

Agradeço a coordenadora do curso de Biomedicina Luna Esteves Campos Gomide, que sempre nos incentivou e apoiou nossas escolhas.

A todos que fazem parte da minha história, meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANVS – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CEMIG - Companhia Mineira de Energia Elétrica

CGS - Conselho Geral de Saúde

COMAG - Companhia Mineira de Água e Esgoto

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

Cl – Cloro Residual Livre

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPASA-MG - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

Cr – Cromo

Cu – Cobre

DGSP – Diretoria Geral de Saúde Pública

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes

Hg – Mercúrio

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

LABGEST – Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos

MG - Minas Gerais

N – Nitrogênio

NO₂ - Nitrito

NO – Nitrato

NRVI – Índice Normalizado de Vegetação Remanescente

P – Fósforo

PH - Potencial Hidrogeniônico

PRH - Planos de Recursos Hídricos

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

SCEA - Sistema de Contas Econômicas Ambientais

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

ONU - Organização Das Nações Unidas

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIPAC - Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena

UNT - Unidades Nefelométrica de Turbidez

FNU – Formazin Nephelometric Units

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----------|
| Quadro 1- Competências federativas na gestão de recursos hídricos no Brasil..... | 38 |
| Quadro 2- Principais instituições jurídicas estatais responsáveis pela gestão da água no Brasil..... | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1- Análise química dos pontos de amostragem dia 16 de Março..... | 55 |
| Tabela 2- Análise química dos pontos de amostragem dia 24 de Março..... | 55 |
| Tabela 3- Análise química dos pontos de amostragem dia 06 de Abril..... | 56 |
| Tabela 4- Análise química dos pontos de amostragem dia 04 de Maio..... | 56 |
| Tabela 5- Análises de cromo CR/VI nas amostras..... | 57 |
| Tabela 6- Análises de sulfato nas amostras..... | 58 |
| Tabela 7- Análises de fluoreto nas amostras..... | 58 |
| Tabela 8- Análises da dureza nas amostras..... | 59 |
| Tabela 9- Análises da alcalinidade total nas amostras..... | 60 |
| Tabela 10- Análises do pH nas amostras..... | 61 |
| Tabela 11- Análises da temperatura nas amostras..... | 62 |
| Tabela 12- Análise da turbidez dia 24 de Março..... | 62 |
| Tabela 13- Análise da turbidez dia 06 de Abril..... | 62 |
| Tabela 14- Análise da turbidez dia 04 de Maio..... | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1- Localização de Antônio Carlos, Minas Gerais. | 25 |
| Figura 2- Imagem de satélite do município de Antônio Carlos (Google, 2021), com os pontos de amostragem: P1 – Rio das mortes; P2 – Água do Poço; P3 – Cachoeira do poçinho; P4 – Água Tratada (Grupo Controle). | 26 |
| Figura 3- Dados sobre a água. Adaptado de Aith; Rothbarth, 2015. | 33 |
| Figura 4- Kit 14 in reagent Strip For Water. | 53 |
| Figura 5- (A): Turbidímetro Orion mod-Aq 2010; (B): pHmetro digital Tec_2mp com termômetro acoplado. | 54 |
| Figura 6- Representação da presença do cromo cr/vi nos períodos de março a maio de 2022. | 57 |
| Figura 7- Representação da presença do sulfato nos períodos de março a maio de 2022. | 58 |
| Figura 8- Representação da presença do fluoreto nos períodos de março a maio de 2022. | 59 |
| Figura 9- Representação da presença da dureza nos períodos de março a maio de 2022. | 60 |
| Figura 10- Representação da presença da alcalinidade total nos períodos de março a maio de 2022. | 61 |

SUMÁRIO

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1.INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. DESENHO DO ESTUDO | 20 |
| 3. JUSTIFICATIVA | 21 |
| 4. OBJETIVOS | 22 |
| 4.1 OBJETIVO GERAL | 22 |
| 4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS | 22 |
| 5. METODOLOGIA | 23 |
| 5.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS | 23 |
| 5.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM | 24 |
| 5.2.1 ÁREAS DE ESTUDO | 25 |
| 6. REFERENCIAL TEÓRICO | 27 |
| 6.1 CONTEXTO HISTÓRICO | 27 |
| 6.2 A ÁGUA | 32 |
| 6.2.1 ETAPAS DO CICLO HIDROLÓGICO | 34 |
| 6.2.2 BACIA HIDROGRÁFICA | 35 |
| 6.3 GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS | 36 |
| 6.4 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS | 40 |
| 6.5 USO DO SOLO LIGADO A QUALIDADE DA ÁGUA | 43 |
| 6.6 PARÂMETROS, FÍSCOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS | 46 |
| 6.6.1 PARÂMETROS FÍSICOS | 48 |
| 6.6.2 PARÂMETROS QUÍMICOS | 48 |
| 6.6.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS | 51 |
| 7.RESULTADOS | 53 |
| 8. DISCUSSÃO | 64 |
| 8.1 CROMO | 65 |
| 8.2 SULFATO | 65 |
| 8.3 FLUORETO | 66 |
| 8.4 DUREZA | 66 |
| 8.5 ALCALINIDADE TOTAL e pH | 66 |
| 8.7 TURBIDEZ | 67 |
| 8.8 TEMPERATURA | 67 |
| 9.CONCLUSÃO | 69 |
| REFERÊNCIAS | 70 |

RESUMO

O Rio das Mortes abastece várias cidades mineiras, entre elas estão as cidades de Barbacena e Antônio Carlos. A água do Rio das Mortes é utilizada no abastecimento público da região bem como recebe os despejos oriundos da urbanização e indústrias. Tendo em vista este cenário, o objetivo desta obra foi avaliar a atual condição da qualidade das águas dos rios no município de Antônio Carlos, MG bem como os fatores determinantes. Para tanto, foram realizadas quatro (n=4) coletas em quatro pontos de amostragem distintos (Rio das Mortes, P1; lençol freático, P2; Cachoeira do Pocinho, P3; grupo Controle, P4). Posteriormente as amostras foram submetidas a análises de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (VON SPERLING, 2005). Os parâmetros físicos foram averiguados (temperatura e turbidez) utilizando termômetro digital Tec_2mp e Turbidímetro Orion mod-Aq 2010, respectivamente. Para a realização das análises dos parâmetros químicos foram utilizadas, em duplicata, fitas provenientes do kit 14 in 1 Reagent Strips For Water (alcalinidade total, pH, dureza, chumbo, cobre, ferro, mercúrio, cromo/cromo (vi), bromo, nitrato, nitrito, cloro residual e sulfato), e para a análise do pH foi utilizado o pHmetro digital Tec_2mp. Na medição da temperatura das amostras coletadas não foram observadas diferenças significativas entre os pontos de coleta, sendo a média da temperatura (n=4) igual a 24,1°C para P1; 24,1°C para P2; 23,8°C para P3; 23,8°C para P4. Dos resultados obtidos utilizando o turbidímetro foram observados índices de turbidez entre 0 e 200 FNU (Formazin Nephelometric Units). As análises de cada ponto indicaram: 75 ±5 FNU para o Rio das Mortes; 35 ±5 FNU para o lençol freático; 45±5 FNU para a Cachoeira do Pocinho; 1,2 ±2 FNU para o grupo controle. Entre as análises químicas, os resultados das amostras foram negativos para a presença de chumbo, cobre, ferro, cloro livre, bromo, nitrato, nitrito e mercúrio, em sua composição, enquanto que para os parâmetros cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total, houveram diferenças significativas entre os pontos de amostragem.

Palavras-chave: *Abastecimento público, Monitoramento, Qualidade da água, condições ambientais.*

ABSTRACT

Rio das Mortes supplies several cities in Minas Gerais, among them are the cities of Barbacena and Antônio Carlos. The water from Rio das Mortes is used in the public supply of the region as well as receiving waste from urbanization and industries. In view of this scenario, the objective of this work was to evaluate the current condition of the water quality of the rivers in the municipality of Antônio Carlos, MG as well as the determining factors. For that, four (n=4) collections were carried out at four different sampling points (Rio das Mortes, P1; water table, P2; Cachoeira do Pocinho, P3; Control group, P4). Subsequently, the samples were analyzed according to the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (VON SPERLING, 2005). The physical parameters were verified (temperature and turbidity) using a digital thermometer Tec_2mp and Turbidimeter Orion mod-Aq 2010, respectively. To perform the analysis of chemical parameters, strips from the 14 in 1 Reagent Strips For Water kit were used in duplicate (total alkalinity, pH, hardness, lead, copper, iron, mercury, chromium/chromium (vi), bromine, nitrate, nitrite, residual chlorine and sulfite), and the Tec_2mp digital pHmeter was used for pH analysis. In measuring the temperature of the collected samples, no significant differences were observed between the collection points, with the average temperature (n=4) being equal to 24.1°C for P1; 24.1°C for P2; 23.8°C for P3; 23.8°C for P4. From the results obtained using the turbidimeter, turbidity indices between 0 and 200 FNU (Formazin Nephelometric Units) were observed. The analyzes of each point indicated: 75 ±5 FNU for Rio das Mortes; 35 ±5 FNU for groundwater; 45±5 FNU for Cachoeira do Pocinho; 1.2 ±2 FNU for the control group. Among the chemical analyses, the results of the samples were negative for the presence of lead, copper, iron, free chlorine, bromine, nitrate, nitrite and mercury, in its composition, while for the parameters chromium, sulfate, fluoride, hardness and alkalinity total, there were significant differences between the sampling points.

Keywords: *Public supply, Monitoring, Water quality, environmental conditions.*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água acompanha a sociedade desde o surgimento da civilização. Naquele período a qualidade da água era definida por aspectos estéticos e sensoriais, tais como cor, sabor e cheiro, sendo considerada como água “pura” ou “impura”. Essa forma de avaliação durou por séculos, até os dias atuais onde o reconhecimento das características essenciais para determinação da qualidade da água foi compreendido de forma mais complexa do que se imaginava anteriormente (PÁDUA *et. Al.*, 2009). Somente no século XIX, com epidemias de febre tifoide e mortes por cólera, poliomielite é que se estabeleceu correlação entre a qualidade da água consumida e a transmissão de doenças (TAVARES E GRANDINI, 1999).

O crescimento demográfico, em sequência da propagação do desenvolvimento socioeconômico da sociedade e no âmbito de saúde pública, passou por mudanças devido a uma grande pressão e exigência por uma maior demanda de água que atendesse e acompanhasse a qualidade da água e a difusão do território brasileiro, considerando que, a água é de inestimada importância para a manutenção da vida, assim como é um recurso que promove a autossuficiência de uma região (CUNHA, 2009).

Para os diversos fins de utilização dos recursos hídricos direcionados ao consumo humano, tem-se a ingestão direta, o preparo de alimentos, a higienização pessoal e de utensílios. A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características toxicológicas adequadas, livres de microrganismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde (ZANCUL, 2006). Neste contexto, destaca-se a importância do gerenciamento dos recursos hídricos – evidenciando a importância do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) neste papel possui como principal função, a orientação na utilização e monitoramento, dos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais de uma bacia hidrográfica, de forma que seja promovido o desenvolvimento sustentável e de longo prazo (LANNA, 1995; MUÑOZ, 2000; TUCCI, 2004).

A Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), criada pela Lei nº 9884 no ano de 2000, é a atual responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, e entre suas funções

está a de apurar um conjunto de ações nas quais são fundamentadas na regulamentação e no controle do uso das águas doces de forma que estejam em concordância com as leis e normas determinadas (ANA, 2009).

A Lei nº 9.433, determina que todo aquele que utilizar a água para sua atividade econômica, causando impacto sobre a quantidade ou qualidade da água, deve obter Outorga de direito de uso da água, gerando custos, que compreendem na cobrança pelo uso da água. Essa cobrança é uma remuneração pelo uso de um bem público natural cobrado de quem utiliza água diretamente dos rios e outros corpos d'água, e serve para fonte de recurso para recuperação e preservação de nossos corpos d'água. De acordo com a ANA, a lei de Outorga deve ser solicitada por pessoas ou empresas que fazem o uso da água dos rios ou reservatório, ou que lancem resíduos. Empresas de abastecimento e saneamento, que perfurem poços para extração de água e que realizem obras que alterem a quantidade ou a qualidade do corpo hídrico (barragens, reservatórios ou desvio de rios), também estão inclusas (ANA, 2009).

Os comitês de bacia hidrográfica são locais de discussão e decisão que reúne representantes dos usuários da água, da sociedade civil organizada, e do governo, onde serão discutidos e negociados, democraticamente e com transparência, os diferentes interesses sobre os usos das águas de uma bacia. O plano de recursos hídricos é uma das principais decisões a ser tomada pelo comitê, cujo o objetivo é estabelecer informações estratégicas para gestões da água em cada bacia hidrográfica (ANA, 2009).

O enquadramento é referência para o planejamento da gestão das águas e do meio ambiente, embasando diversas condutas e decisões, como de direito do uso da água, a definição da cobrança por esse uso, o licenciamento e o monitoramento ambiental. Os planos de recursos hídricos devem ser elaborados segundo três abordagens: da bacia hidrográfica, do estado, ou para o país. Esses planos possuem uma ampla análise das condições atuais, de projeções das possibilidades futuras, e da realidade socioeconômica da região que se localiza cada corpo d'água (ANA, 2009).

De acordo com a Lei das águas nº 9.433, estabelecida pela PNRH, as diretrizes e objetivos dos recursos hídricos devem ser fundamentados por meio de uma gestão descentralizada e participativa, isto é, deve haver o envolvimento do poder público, e de todos os usuários e comunidades. Essa gestão deve ter como objetivo proporcionar o uso correto das águas de forma que em caso de escassez, deve-se priorizar o consumo humano e a dessedentação de animais. Contemplando desse modo, dois instrumentos fundamentais para gestão das águas de nosso país; o enquadramento de

corpos de água em classes (uma ferramenta de planejamento que estabelece metas de qualidade de água, a partir das suas utilizações) e os planos de recursos hídricos. (ANA, 2009).

A PNRH reconhece que as águas são um bem de domínio público, de disponibilidade limitada e dotado de valor econômico e define a bacia hidrográfica como a unidade territorial a ser considerada para a sua implementação, assim como para a atuação do SINGREH, que compõem parte de seus instrumentos como, plano de recursos hídricos, o enquadramento de corpos de água, a outorga, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre recursos hídricos que em conjunto, permitem que a gestão dos recursos hídricos atue nas diversas escalas geográficas presentes, incluindo as pequenas e micro bacias hidrográficas (LABGEST, 2011; ANA, 2009).

Conforme classifica Mendes (2007), é possível categorizar a utilização da água dos rios em três formas diferentes: através do uso consuntivo que é destinado para atividades como uso doméstico, irrigação e pecuária (essas utilizam a água de forma direta, sendo seu reaproveitamento quase nulo); uso não consuntivo, sendo este destinado para fins como a piscicultura, usinas hidrelétricas e diluição de efluentes (não sendo de consumo direto, podendo ser reaproveitada quase que em sua totalidade). Por esse motivo, a Resolução no 91/2008 do CNRH estabelece que o conjunto de parâmetros de qualidade da água a ser adotado para a avaliação de sua qualidade deve ser definido em função dos usos atuais e pretendidos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (ANA, 2009).

De acordo com Viana e colaboradores, (2013), o monitoramento da qualidade da água é um fator essencial para os órgãos gestores. Sabe-se que nos dias de hoje a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e artificiais. A infiltração, o escoamento superficial no solo, modifica sua estrutura, incorporando substâncias presentes no solo em sua composição. As atividades antropogênicas, originária principalmente do impacto doméstico, industriais, de mineração, agropecuária, pecuária e de cargas difusas de origem urbana e rural, também determinam a presença dessas substâncias nas coleções de água (SPERLING, 2005; MODESTO *et. Al.*, 2013).

A agricultura irrigada é a responsável por gerar riqueza no país, produção de alimentos e está diariamente em nossas atividades cotidianas. Desse modo, é o meio no qual ocasiona o maior consumo de água no Brasil e no mundo, cerca de 67%, para entender melhor seu funcionamento foi criado o Atlas Irrigação que é um estudo realizado pela ANA, com o objetivo de garantir uma gestão responsável e garantir os

usos múltiplos. A agricultura irrigada é subdividida em quatro grandes grupos: arroz inundado, cana de açúcar, demais culturas em pivô centrais e demais culturas e sistemas (ANA, 2009). Além disso, a humanidade está totalmente condicionada a ser dependente da água, pois seus múltiplos usos são indispensáveis a sobrevivência, destacando sua importância no consumo para os seres vivos, a sua relação com o abastecimento industrial, na irrigação, na produção de energia elétrica e também a sua relevância na manutenção e sobrevivência da fauna e da flora (BARROS *et Al.*, 2012).

O Brasil compreende em um dos países mais abundantes com relação disponibilidade hídrica no mundo. De acordo com o IBGE, os principais aquíferos de água doce em território brasileiro são: Açú, Áter do Chão, Aredo, Bambuí-Caatinga, Barreiras, Boa Vista, Cabeças, Coberturas Cenozoicas, Furnas, Iça, Itapecuru, Jandaira, Missão Velha Mauriti, Pirabas Tucunaré Grajaú, Poti – Piauí, Serra Grande, Serra do Tucano, Sistema Aquífero Guarani, Sistema Aquífero Parecis, Tacaratu, Tombetas, Uruçuia. Dentre os aquíferos citados destacam-se a do Guarani e Alter do Chão, que não são somente os maiores em território brasileiro, mas também do mundo.

Referente a iniciativa de estudos acerca de planejamento, monitoramento e execução de análises voltadas a melhoria de condições da utilização destes corpos hídricos, de forma que, por meio de conhecimentos mais aprofundados de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, seja possível alcançar uma gestão que seja baseada nos princípios determinados pela legislação vigente (ROCHA *et Al.*, 2014). A manutenção dos recursos hídricos está subordinada ao ciclo hidrológico, no qual está vinculado a sua preservação, pois mantê-lo estável e adequado exige diversas etapas, entre as quais podemos citar, precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem, o que permite manter todos os componentes da água em um movimento contínuo (TUNDISI, 2011).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o CNRH, são os principais regulamentadores para o enquadramento dos corpos hídricos, estabelecendo, respectivamente, por meio das resoluções 357/2005 e 396/2008, os parâmetros da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Os procedimentos realizados de enquadramento de corpos de água superficial e subterrânea são estabelecidos pela Resolução nº 91 do CNRH, de novembro de 2008. Ademais, o Art. 3º CNRH, 2008, confere a proposta de que o enquadramento dos corpos hídricos deva possuir quatro etapas, sendo: a de diagnóstico; prognóstico; propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; programa de efetivação do enquadramento.

O desenvolvimento da etapa de diagnóstico deve ser realizado por meio de levantamento do maior número de informações disponíveis sobre a situação atual da bacia hidrográfica. Em específico sobre o uso das águas e a ocupação no solo, assim como seus respectivos impactos sobre os recursos hídricos, para que seja possível obter o resultado das situações quantitativas e a qualidade dos corpos de água analisados (ROCHA *et Al.*, 2014).

O alojamento humano desenfileado nas margens dos rios se caracteriza como uma problemática, por ser quase sempre realizada de forma irregular. A má utilização dos corpos hídricos acelera processos como o assoreamento, criando pontos de fragilidade, onde seus impactos podem ser observados principalmente no âmbito silvestre e rural, com consequências sobre o meio ambiente, como o da erosão dos solos, somando-se simultaneamente a atividades de caráter antrópico, acelerando esses processos de deterioração do meio ambiente (MEDEIROS, 2007).

A falta de conhecimento da população, associada a precariedade ou ausência de infraestrutura sanitária como tratamento de água e de efluentes, principalmente nas áreas rurais e nos subúrbios das grandes cidades, aumenta os casos de agentes patogênicos de veiculação hídrica, atingindo toda a população da área afetada. Além disso, jovens e crianças são os mais acometidos devido a essa problemática estrutural, além fatores sociocomportamentais, que acaba favorecendo a incidência de novos casos de doenças. É sabido que doenças parasitárias diminuem o rendimento escolar, a produtividade no trabalho e ocasiona gastos com assistência médica (JOVENTINO, 2010).

Segundo Tucci e Mendes (2006), a fim de evitar a contaminação por agentes infecciosos ou até mesmo substâncias tóxicas das bacias de drenagem nas áreas rurais oriundas da irrigação de lavouras, a análise da qualidade da água faz-se extremamente necessária, especialmente em pontos onde essa é utilizada para o consumo humano. (LABGEST, 2011a). Além disso, as águas também recebem resíduos industriais, onde o tratamento, nesses casos, irá depender do tipo de efluente, a quantidade de água utilizada e da finalidade do processo, já que para cada indústria é exigido uma demanda e um tratamento diferente, de acordo com a atividade ali desenvolvida. (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Desta forma, denota-se ser imprescindível que os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica sejam amplamente conhecidos, de maneira que, seja disposto um planejamento com base no conhecimento ao longo do tempo acerca de assuntos

como: o espaço geográfico das águas que estariam sendo analisadas, informações relevantes sobre às quantidades de água armazenadas, sobre às vazões presentes nas redes de drenagem, aos usos hídricos e a qualidade dos mesmos. (PASSERAT DE SILANS *et Al.*, 2000; REBOUÇAS, 2004).

A fragilidade do sistema público de saneamento, assim como a ausência de redes coletoras de esgoto e pela qualidade da água fornecida à população. Faz do Brasil um dos países com maiores índices de morbimortalidade infantil do continente (DANIEL, 2001). Segundo Briscoe (1987), intervenções em abastecimento de água e coleta de esgoto têm efeitos de longo prazo, podendo aumentar sete vezes a expectativa de vida e prevenir mortes de forma quatro vezes mais eficientes.

Diante dessas informações e tendo em vista o conhecimento de casos de contaminação da água, a UNIPAC – Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, buscou desenvolver um projeto de coleta, análise e monitoramento da qualidade da água in natura de poços artesianos e corpos hídricos urbanos do município de Antônio Carlos, Minas Gerais. A presente proposta possibilitou além do conhecimento das condições que os rios apresentam quanto aos indicadores de qualidade, a análise do diagnóstico das condições quanto à presença de mata ciliar, processo erosivo, assoreamento, entre outros. Segundo Cunha e Calijuri (2010), o monitoramento ambiental nos permite ter uma visão mais ampla da qualidade das águas, de forma que ao longo do tempo sejamos capazes de realizar um amplo diagnóstico da bacia e assim possamos entender melhor os impactos de suas alterações negativas e como elas afetariam o ecossistema aquático como um todo, pois conforme completa Matos e colaboradore (2007), um estudo aprofundado evitaria de certa forma um comprometimento qualitativo das águas de determinadas regiões distanciando-se de uma necessidade de aumentar os custos de tratamento e cuidado, de forma que também não restrinja o uso hídrico no futuro por não estar sendo compatível ao adequado.

Esse trabalho serviu como ferramenta de suporte para detecção de pontos de irregularidades como efluentes jogado na galeria de água pluvial ou jogado diretamente aos rios, sendo instrumentos de controle da qualidade da água, desta forma, se torna indispensável o conhecimento das condições desse cenário e o estudo aprofundado das fontes poluidoras.

O diagnóstico ambiental das fontes de coleta, avaliou e documentou as principais fontes poluidoras, como efluentes industriais e urbanos e seus impactos

sobre a qualidade da água acerca do município, permitindo a obtenção do cenário atual da degradação a que está submetido.

2. DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo analítico, que foi realizado com graduandos de Biomedicina do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), localizado no município de Barbacena-MG. Foram incluídos os alunos do curso de Biomedicina, com idade ≥ 18 anos, matriculados do segundo ao penúltimo período. Foram excluídos todos aqueles que se recusaram a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Houve o recrutamento de 3 alunos no total, no período de outubro de 2021 a setembro de 2022. Para que fossem alcançados os objetivos da pesquisa, as etapas do projeto foram desenvolvidas em 6 etapas: (1) Localização de prováveis fontes poluidoras no município de Antônio Carlos; (2) Coleta de água nas localidades selecionadas; (3) Análise laboratorial da água coletada; (4) Interpretação dos dados; (5) Elaboração dos resultados e discussões; e (6) redação do projeto final e resumos para eventuais atividades acadêmicas. Os dados coletados foram correlacionados com os valores de referência da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005).

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica por se tratar de rios urbanos que tem suas águas destinadas ao consumo humano e abastecimento de indústrias. A má qualidade das águas destas localidades pode limitar o desenvolvimento da cidade e prejudicar a saúde dos moradores da região. Vale ressaltar também sobre a importância da manutenção da qualidade desses recursos hídricos para fins de preservação ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros físico-químicos da água dos rios e de corpos hídricos urbanos do município de Antônio Carlos, Minas Gerais.

4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema exposto.
- Identificar pontos de lançamento de efluentes;
- Identificar nascentes
- Identificar pontos de fragilidades hídricas dos rios;
- Realizar coletas de água in natura nos pontos determinados;
- Realizar a análise dos níveis de alcalinidade total, pH, dureza, chumbo, cobre, ferro, mercúrio, cromo/cromo (vi), bromo, nitrato, nitrito, cloro residual e sulfito das amostras coletadas.

5. METODOLOGIA

5.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS

A primeira coleta ocorreu no dia 16 de março de 2022, a segunda coleta ocorreu dia 23 de março de 2022, a terceira coleta ocorreu 06 de abril de 2022 e a quarta ocorreu dia 04 de maio de 2022

Foram selecionadas quatro áreas distintas e com o intuito de comparar e analisar a qualidade delas, foi realizado um processamento de imagens, a fim de obter uma caracterização fisiográfica sucinta da região. O ponto 1 (P1) se refere ao Rio das Mortes e se encontra próximo à uma indústria de laticínios, já o ponto 2 (P2) é referente a água de um poço artesiano que está localizado dentro do campus da UNIPAC. O ponto 3 (P3) está localizado na cachoeira do Pocinho que tem seu encontro com o Rio das Mortes, todas as amostras foram comparadas com a água tratada (P4 - controle). As coletas de cada ponto de amostragem foram realizadas em duplicata em frascos de polietileno com tampa de volume 500ml e posteriormente a coleta as amostras foram transportadas em uma caixa plástica tampada ao laboratório. Foram realizadas as análises de água de cada local selecionado, onde buscou-se desenvolver uma boa gestão da água através de um plano que contemplou os múltiplos usos desse recurso, desenvolvendo e aperfeiçoando as técnicas de utilização, tratamento e recuperação dos rios.

As análises de água foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Presidente Antônio Carlos, em Barbacena, Minas Gerais, avaliando os parâmetros descritos por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Os parâmetros analisados foram: alcalinidade total, pH, dureza, chumbo, cobre, ferro, mercúrio, cromo/cromo (vi), bromo, nitrato, nitrito, cloro residual e sulfito. Esses parâmetros são descritos a seguir por Von Sperling:

- Cor: responsável pela coloração da água, de origem natural não representa risco direto a saúde, porém de origem industrial pode apresentar toxicidade.
- Ferro: confere sabor e odor, coloração e turbidez na água.

- Nitrato e nitrito: ciclo do nitrogênio, tem origem de despejos domésticos, fertilizantes, excremento de animais. O nitrogênio na forma de nitrato está correlacionado com doenças como a metahemoglobinemia.
- pH: representa a concentração de íons hidrogênio, de origem natural e antropogênica. Não tem importância em termos de saúde pública.
- Temperatura: origem natural e antropogênica, quando elevada aumenta a taxa de reações físicas e químicas e biológicas, maior taxa de transferência de gases, o que pode ocasionar mau cheiro.
- Dureza: concentração de cátions multimetálicos, causando sabor desagradável, podendo ter efeito laxativo, além de causar incrustações em tubulações.
- Cloretos: é advindo da dissolução de sais, em altas concentrações causa sabor salgado à água, indicador de águas residuárias.
- Alcalinidade: quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio. Não tem significado sanitário para a água, em alta concentração altera o sabor da água.
- Foram avaliados também os níveis de :Chumbo, Cobre, Cromo, Bromo, Cloro residual e Sulfito.

O parâmetro: pH foi analisado no laboratório pelo termômetro digital pHmetro Digital Tec_2mp; e o mesmo foi usado para medir a temperatura; para fazer a medição da turbidez foi utilizado Turbidímetro Orion mod- Aq 2010; para análise de alcalinidade total, pH, dureza, chumbo, cobre, ferro, mercúrio, cromo/cromo (vi), bromo, nitrato, nitrito, cloro residual e sulfito foi utilizado o kit 14 in 1 Reagent Strips For Water para medida *in loco*.

5.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

A cidade de Antônio Carlos, localiza-se a uma latitude 21°19'05" sul e a uma longitude 43°44'48" oeste (IBGE, 2002), estando a uma altitude de 1058 metros. De acordo com o censo realizado pelo IBGE em 2010, sua população é de 11.112 habitantes e a área do município possui uma área de 526,41 km². O município está localizado ao Sul de Minas Gerais (Figura 1) e possui vários rios importantes como o Rio das Mortes e Rio Banderinhas e outros e ter em seu território a nascente do Rio Paraibuna que é muito importante.



Figura 1- Localização de Antônio Carlos, Minas Gerais.

Os pontos de amostragem predeterminados para avaliação foram levantados de acordo com as possíveis áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, onde foram verificados os padrões de pH, temperatura, Acidez total, CO₂, Cloreto, Ferro, Amônia, além de aspectos físicos e coliformes totais, relacionando os resultados obtidos com os valores de referência da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), para verificação da Classe atual nos pontos de amostragem, verificando se há pontos de lançamento de efluentes potencialmente poluidores.

5.2.1 ÁREAS DE ESTUDO

Os Pontos pré determinados para a coleta de água foram selecionados com base em análise do mapa do município (Figura 2). O P1 foi determinado tendo em vista a presença de uma Indústria de laticínios, dessa maneira, foi avaliado o impacto produzido pela indústria quanto aos efluentes por ela produzidos; Em P2 está localizado o poço artesiano que se encontra dentro do campus da UNIPAC; Em P3

está localizada a popularmente chamada cachoeira do Poçinho, que vai de encontro ao Rio das Mortes; Em P4 está localizada a água tratada, que serviu como controle durante as análises das amostras.

Dentre os pontos predeterminados foi realizada uma associação com os impactos produzidos pelas indústrias e pela comunidade. Durante o andamento do projeto as localizações não sofreram alterações e foram mantidos os mesmos pontos de amostragem determinados desde o início.

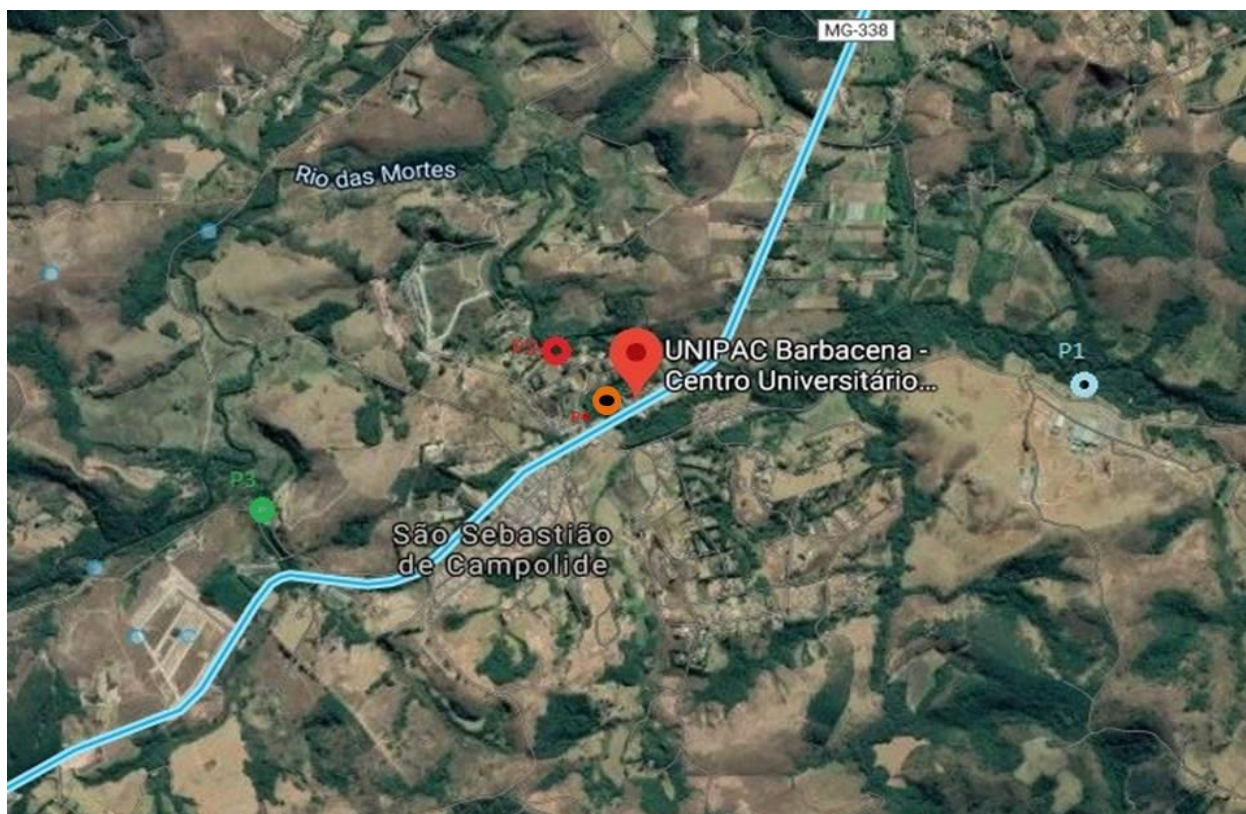


Figura 2- Imagem de satélite do município de Antônio Carlos (Google, 2021), com os pontos de amostragem: P1 – Rio das mortes; P2 – Água do Poço; P3 – Cachoeira do poçinho; P4 – Água Tratada (Grupo Controle).

6. REFERENCIAL TEÓRICO

6.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Considerado por Tales de Mileto, grande filósofo da antiga Grécia, como sendo a origem de todas as coisas, a água é responsável pela formação da sociedade (SILVA, 1998). As nações mais primitivas já demonstravam preferência por se estabelecerem próximas a cursos de água. Por sua importância na sobrevivência, o manejo da água sempre foi bastante cobiçado e assim algumas civilizações foram desenvolvendo técnicas como irrigação, canalizações e a construção de diques. Essas técnicas foram consideradas pioneiras das civilizações hidráulicas na antiguidade (RESENDE; HELLER, 2002).

Os primeiros povos a construir aquedutos, barragens, poços e chafarizes foram os egípcios, mesopotâmios e os gregos. A água já era utilizada em atividades comuns do dia a dia como, para irrigação na Mesopotâmia (4000 a.C.), sistemas de drenagem no Vale dos Hindus (3000 a.C.) e sistema de esgoto na Índia. Além disso, a poluição dos recursos hídricos já era uma preocupação presente nas civilizações da época, onde os Persas aplicavam punições para quem praticava o ato (RESENDE; HELLER, 2002).

Registros de técnicas de purificação da água desenvolvidas pelos egípcios (2000 a.C.) demonstram a cautela por parte desses povos com o consumo desse recurso. Tais técnicas incluíam a utilização de sulfato de alumínio, resultando em uma água mais cristalina, armazenamento em vasos de cobre, filtragem com carvão, areia e cascalho grosso e também técnicas de fervura por calor do fogo, aquecimento solar e introdução de ferro aquecido (RESENDE; HELLER, 2002).

Apesar de todos esses registros de práticas sanitárias da época, o aparecimento de doenças transmissíveis não era ligado ao consumo de água contaminada por ausência de saneamento, mas por hábitos e crenças, imputavam todos os males a castigos dos deuses (RESENDE; HELLER, 2002).

Foi apenas por volta do século XII, com a ideologia capitalista, onde os novos interesses presentes demandavam conhecimento e, portanto, fazia-se necessária a criação de escolas e o desenvolvimento da ciência, que finalmente começaram a fortalecer a ideia de que saúde e saneamento tinham relações. O Renascimento deu vida a essa ideia (RESENDE; HELLER, 2002).

Com o início da revolução industrial na Inglaterra, no século XVIII, o estilo de vida europeu se transformava, o foco eram as cidades e o número de indivíduos residindo na zona urbana aumentava cada vez mais. O aglomerado de pessoas se tornou um problema, principalmente devido à falta de estrutura para alojar tanta gente, logo surgiram epidemias. Não demorou muito para o problema de as doenças serem associado a falta de preparo estrutural, superlotação das moradias e ausência de saneamento. (ARRUDA, 1977).

A fim de resolver a problemática das péssimas condições de trabalho e moradia na Grã-Bretanha, o advogado Edwin Chadwick batalhou muito. Foi criado então o Conselho Geral de Saúde (CGS), tinha por função gerenciar serviços de abastecimento de água, esgoto e fiscalizar as condições sanitárias. Porém, as melhorias realizadas pelo CGS demandariam obras que interfeririam nas construções já existentes, por isso os proprietários de terras e imóveis apresentaram muita resistência perante as medidas que seriam tomadas, uma vez que temiam pela desapropriação de seus bens em favor das obras e assim o Conselho perdeu a credibilidade e teve que ser fechado (RESENDE; HELLER, 2002). França, Alemanha e Estados Unidos seguindo o exemplo da Inglaterra e também deram início a obras e medidas de reformas sanitárias (SILVA, 1998).

O Brasil, antes do seu descobrimento, era habitado somente por índios. Esses por sua vez não tinham grandes preocupações com medidas sanitárias, até mesmo porque o território era vasto e despovoado. Consumiam água pura, tomavam banho regularmente e possuíam lugares específicos para depositar lixo e fazer suas necessidades fisiológicas. Porém, com a chegada dos Europeus vieram também doenças e isso afetou drasticamente a vida dos nativos. (RESENDE; HELLER, 2002).

Os europeus se fixaram no litoral, povoando aquelas regiões e dando origem as cidades do Brasil. A água que abastecia as residências se encontrava em mananciais próximos, o armazenamento era feito em potes e a utilização era para higiene pessoal, preparo da alimentação e na limpeza doméstica. Como o transporte da água era feito pelos escravos, a criação de um sistema de abastecimento demorou cerca de três séculos (RESENDE; HELLER, 2002).

Durante o período da ocupação holandesa no Brasil, sob o comando de Maurício Nassau (1637- 1644), a preocupação com a saúde da população teve grande peso e assim foram desempenhadas diversas ações para otimizar a estrutura das cidades. Entre as melhorias realizadas estavam inclusas obras de drenagem, dessecamento de

terrenos alagados, diques, canais e ancoradouros. Essas ações legítimas entraram para a história como os primeiros trabalhos de caráter coletivo voltados para o saneamento realizados no país (RESENDE; HELLER, 2002).

Com o início do ciclo do ouro, a corrida em busca do metal precioso mais cobiçado da época atraía cada vez mais a população para o interior do país, surgiram ali os primeiros centros urbanos mineiros, Mariana, São João Del Rei, Vila Rica, Diamantina e Serro do frio (RESENDE; HELLER, 2002). Nesse período foram construídos os primeiros chafarizes daquelas localidades, com o objetivo de abastecer a população, mas essa medida não era muito eficiente e a demanda de água era muito grande, além disso essas construções favoreciam em sua maioria as classes mais ricas. Os povos carentes encaravam longas jornadas em busca de recursos hídricos, por não possuírem chafarizes próximos de suas casas ou até mesmo por serem explorados por companhias particulares que tomavam conta dessas construções, que deveriam ser públicas, e comercializavam a água (SILVA, 1998).

O cargo de Diretor geral da saúde pública foi criado por Dom João VI no ano de 1808, e era a primeira autoridade sanitária do Brasil. A partir dali foram desempenhadas inspeções de saneamento nos portos, onde cada município ficaria responsável por fiscalizar os navios que ali ancorassem, antes de autorizar o desembarque. Logo foram criadas três comissões que seriam encarregadas de resolver as questões sanitárias na capital do império, são elas: -Comissão Central de saúde Pública e Comissão Central de Engenharia, em 1849, e a Junta de Higiene Pública, em 1850 (RESENDE; HELLER, 2002).

A revolução industrial que aconteceu na Inglaterra refletiu mudanças no ponto de vista econômico, político e cultural da sociedade. No Brasil, já no fim do século XIX, a economia ainda tinha como base atividades agrícolas, sendo dominada pelas oligarquias de café, e com isso possuíam um poder controlador sobre o Estado e usavam isso para favorecer seus interesses. Com o crescimento das cidades a necessidade de serviços de saneamento era cada vez maior, com isso o Estado ficou responsável pelo abastecimento de água e esgoto e os serviços de infraestrutura eram oferecidos por companhias inglesas (RESENDE; HELLER, 2002).

O engenheiro sanitarista Saturnino de Brito, foi o grande responsável por atender a urgência da criação de condições básicas para o desenvolvimento da economia. Cidades brasileiras passaram por reformas no saneamento, especialmente as portuárias como Rio de Janeiro e Santos. Entre os principais feitos de Saturnino está a adoção do sistema separador de esgotamento sanitário, o qual substituiu o

sistema único inglês que era oferecido até então e também a implementação de tratamento físico-químico para as águas que abasteciam a população (RESENDE; HELLER, 2002).

No período republicano, entre 1903 e 1909, Oswaldo Cruz foi o principal responsável pelos grandes movimentos sanitários. Durante sua gestão no Rio de Janeiro, revolucionou as políticas de saúde pública da capital, dando ênfase a necessidade de modificar as medidas de saneamento da cidade e assim fortaleceu a modernização do país. Oswaldo entrou para a história por seu papel crucial no combate a epidemias como febre amarela, peste e varíola que assolavam o Rio de Janeiro na época (HOCHMAN, 1998).

A criação da Diretoria Geral de Saúde Pública (DGSP) também foi de responsabilidade de Oswaldo Cruz, o órgão tinha por objetivo gerenciar a condução das políticas de saúde da capital do Brasil e dos estados, fiscalizar os portos e as políticas de saneamento (HOCHMAN, 1998). Outro grande marco dessa administração foi a revolta da vacina, em 1904, movimento sanitário historicamente conhecido e caracterizado pela obrigatoriedade da vacinação contra a varíola (RESENDE; HELLER, 2002).

No século XX, os estudos medicinais avançaram e o conceito de prevenção foi introduzido em meio ao combate a doenças. Com essa ideia médicos pesquisadores começam percorrer o país em busca do entendimento da realidade de cada região. A expedição encontrou pelo sertão e interior famílias à mercê da pobreza, em péssimas condições de vida e abandono sanitário total, como consequência disso eram acometidas em sua grande maioria por malária, doença de chagas e ancilostomíase. Essas doenças poderiam ser evitadas com a aplicação de medidas sanitárias. As ações profiláticas se faziam necessárias também para que fosse evitada a associação entre a água disponível e focos de doenças, sobretudo a malária (RESENDE; HELLER, 2002).

Enquanto isso nos grandes centros três endemias preocupavam as autoridades, eram elas a febre amarela, varíola e a peste bubônica, consequências das péssimas condições de higiene de certos locais. O país todo era afetado por enfermidades (HOCHMAN, 1998). Nesse momento o conselho superior de saúde que havia sido criado em 1886 teve suas atribuições, que até então eram restringidas apenas a capital e aos portos, ampliadas também para os estados (FONTENELLE, 1922 apud HOCHMAN, 1998).

Mais tarde, no governo de Getúlio Vargas, em 1934, com a suspensão da constituição de 1891, foram realizadas significativas melhoras nos serviços sanitários do país. Houve a nomeação de interventores de saúde nos estados, e assim foram criados e reformulados os Departamentos Estaduais de Saneamento, eles tinham os próprios governadores como interventores da saúde. Vargas foi o presidente que mais deu atenção a Saúde Pública e acolheu os municípios também nos problemas de ordem sanitária, através da constituição de 1934 (RESENDE; HELLER, 2002).

Nesse mesmo ano foi criado também o decreto que instituiu o código das Águas, nele ficavam estabelecidas normas para o aproveitamento de recursos hídricos, especialmente para fins energéticos. O decreto ainda está vigente tem grande importância por ter sido um dos primeiros meios ativos responsáveis pelo controle do uso de recursos hídricos e serviu de base para a gestão pública do setor de saneamento (SILVA, 1998). Através desse código foi ampliado o domínio público e federal sobre as águas e a instituição da indústria elétrica (HOCHMAN, 1998).

Em Minas Gerais as primeiras estações hidrométricas foram instaladas entre 1920 e 1930, pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). A partir de 1962, em Minas Gerais, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), responsável pelo programa hidrométrico no estado, passa a executar importantes levantamentos e ainda realiza até os dias de hoje. No total foram 169 estações em território mineiro nas bacias dos rios São Francisco, Rio Paranaíba, Rio Grande, Rio Doce, Rio Jequitinhonha e Rio Paraíba do Sul (HOCHMAN, 1998).

De acordo com Resende e Heller (2002), em 1964 surgiu a Companhia Mineira de Água e Esgoto (COMAG), a empresa era caracterizada por adequar suas ações de acordo com a realidade de cada município e apresentava o saneamento como um fator de indução do crescimento econômico. Uma fala do diretor da companhia, o médico Paiva Neto, que disse “o problema da saúde era um problema para o desenvolvimento” demonstra como o aspecto epidemiológico era relevante para eles. Dez anos depois, em 1974, a COMAG passa a se chamar Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997).

No Brasil o sistema de saneamento público é muitas vezes sucateado por negligência do poder público. Essa situação é preocupante principalmente pelo surgimento e aumento no número de casos de doenças relacionadas a água e esgoto sanitário sem tratamento adequado, que ocorre em muitas localidades do país. A crise sanitária vivida no território brasileiro é apenas uma fração em meios a diversos problemas sociais (RESENDE; HELLER, 2002).

6.2 A ÁGUA

A água é um recurso de suma importância para a manutenção da vida, sendo responsável por manter o equilíbrio biológico por meio de suas inúmeras funções que variam desde o consumo dos seres vivos até atividades de lazer e recreação. Os ecossistemas aquáticos podem ser divididos em: oceanos, rios, lagos e pequenos corpos de água, permitindo a existência de diferentes tipos de fauna e flora, viabilizando as relações ecológicas (CANDIDO, 2012). Outra importante característica da água, é a capacidade de atuar como regulador térmico, tornando a sensação mais agradável. Os seres vivos no planeta necessitam de água para sobreviver, pois ela desempenha diferentes funções, por exemplo: dissolver substâncias, transportar materiais, eliminar resíduos e até mesmo auxiliar na fabricação de alimentos, e auxiliar no processo de realização da fotossíntese (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Apesar do planeta Terra possuir três quartos de sua superfície coberta por água, apenas uma pequena quantidade é aproveitada para os seres humanos. Sendo que, o volume total de água no planeta é de 1.385.984.00 Km³, contudo apenas 2,53% desse total é constituído por água doce e apenas 0,29% dessa água está disponível como Águas superficiais, e 31,01% como águas subterrâneas o restante dos 68,70% está sob a forma de geleira ou neve (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A água que se infiltra no solo é responsável pela sua umidificação, favorecendo o crescimento e desenvolvimento da vegetação. Por se tratar de um solvente, é possível identificar o porquê de ser um recurso com a capacidade de se ligar e incorporar a substâncias orgânicas e inorgânicas que estão presentes no meio pelo qual percorre. Ao considerar somente os processos naturais, a água possui elementos provindos do intemperismo que é a ação de desintegração das rochas e solos devido aos processos químicos, físicos e biológicos de hidrólise, dissolução, oxirredução. Além disso, cabe ressaltar que há produtos minerais secundários e elementos químicos que foram liberados ao meio e estão presentes (MAGALHÃES, 2006).

Os elementos na água liberados devido ao processo de intemperismo das rochas são dissolvidos e estão ligados diretamente ao material de origem de uma determinada área. Dessa forma, a declividade, altitude, tipos de solo, vegetação presente e clima, são atributos que interagem entre si e influenciam em demais fatores como a velocidade, direção e intensidade dos processos ambientais. Além disso, os componentes presentes na água também são resultantes de ações antrópicas, fazendo

com que seja reflexo tanto de ações humanas quanto de processos naturais (MAGALHÃES, 2006).

A água doce do planeta está presente em lagos, represas, águas subterrâneas e rios, e seu condicionamento está associado ao ciclo hidrológico (Figura 1), no qual permite o movimento contínuo deste recurso por meio de seus componentes de precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem (TUNDISI, 2011).

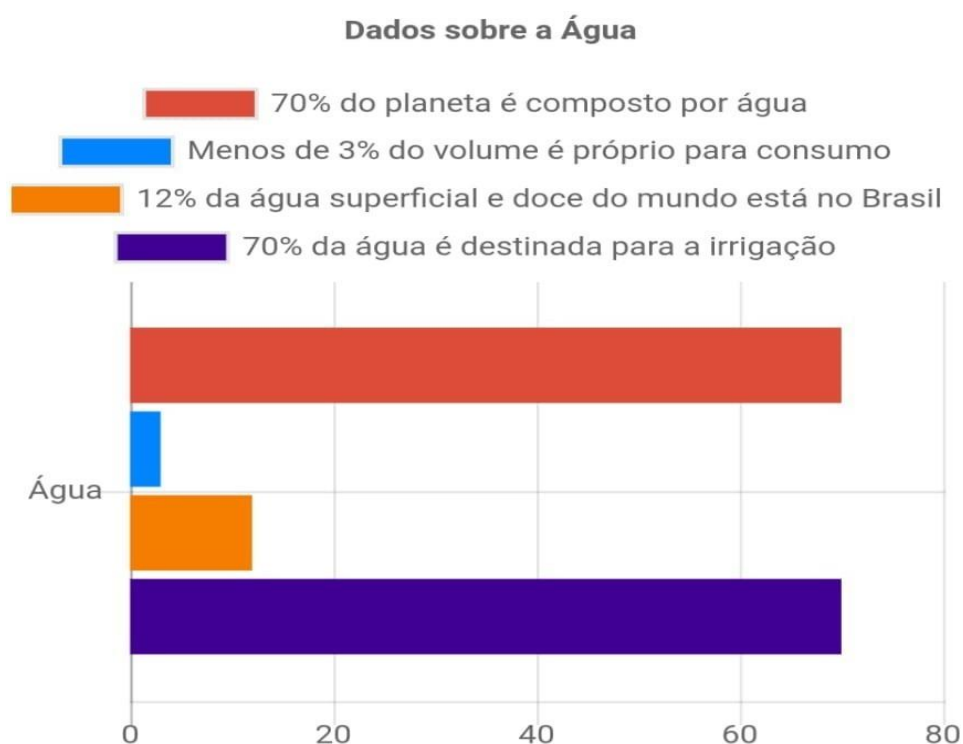


Figura 3- Dados sobre a água. Adaptado de Aith; Rothbarth, 2015.

O ciclo hidrológico é uma dinâmica influenciada por fatores como a força das correntes de ar que são responsáveis por transportar o vapor de água pelos continentes; a gravidade que é responsável por fenômenos como a precipitação, infiltração e deslocamento das massas de água; e a energia térmica solar que está presente no processo de evaporação (ANA, 2009).

No território brasileiro, grande parte da dinâmica hidrológica é resultado de chuvas e vazões de outros países na bacia Amazônica, sendo que uma parte dessa água é consumida para diferentes atividades econômicas, uma parte retorna ao

ambiente, e outra se direciona ao Oceano Atlântico ou países vizinhos através dos rios Paraguai, Paraná e Uruguai. O fluxo de água no Brasil, da mesma forma que a quantidade utilizada para seus diferentes usos é contabilizado nas Contas da Água, que é vinculado ao Sistema de Contas Econômicas Ambientais (SCEA) que realiza o monitoramento da evolução dos países rumo ao desenvolvimento sustentável (ANA, 2009).

6.2.1 ETAPAS DO CICLO HIDROLÓGICO

As chuvas tornam-se as principais responsáveis pela atividade de circulação do ciclo hidrológico, pois são as mesmas que desenvolvem a entrada da água neste meio. Quando precipitada, parte destas chuvas escoam pelos rios, enquanto as demais infiltram nos solos e o restante evapora (figura 2). A parte que se infiltra nos solos, desempenha um papel de grande relevância pela razão de que a parte da água que é absorvida pelas raízes das plantas, retorna para a atmosfera pela transpiração ou diretamente pela evaporação. A água é utilizada de diversas maneiras, encontrando o mar ao final, onde evapora e condensa em nuvens que seguirão com o vento, reiniciando o ciclo (ANA, 2009, 2012).

- **Evaporação:** Parte da água da chuva tem seu retorno direto para a atmosfera através do processo de evapotranspiração, onde ocorre a mudança do estado líquido para gasoso, por meio da evaporação do solo ou transpiração das plantas.
- **Condensação:** Nesta etapa, o vapor é levado pelas correntes de ar, esfria e retorna novamente em seu estado líquido, ou seja, condensa. As nuvens são então formadas, pois estas são o conjunto de partículas bem pequenas de água.
- **Precipitação:** Quando as partículas de água se juntam elas vão formando então as gotas, e essas vão ficando cada vez maiores, e esse processo ocorre dentro das nuvens que vão ficando cada vez mais carregadas, que devido a gravidade, elas caem em forma de chuva. A água que precipita em formato de chuva forma então, a maior parte da vazão dos rios e da recarga dos aquíferos.
- **Retorno para a superfície:** A água das chuvas que são então formadas por meio da precipitação retorna novamente para os continentes e reservatórios, sendo que grande parte dessa precipitação ocorre principalmente nos oceanos. É um

processo fundamental pois através deste é possível manter o ciclo ativo e reinicia-lo a todo momento, sendo algo que ocorre de forma infinita.

6.2.2 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade espacial, digna de análise planejamento (PORTO, 2008). Definida como uma área de captação natural da água de precipitação, que faz o processo de direcionamento do escoamento para um único ponto de saída, sendo, portanto, limitada em superfície a montante, pelos divisores de água que são correspondidos pelos pontos mais elevados do terreno que separam as bacias adjacentes (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Para a realização do manejo integrado de bacias hidrográficas, deve-se constituir principalmente na elaboração de diagnósticos básicos que quantificam os problemas presentes na bacia, analisando desta forma um conjunto de recomendações necessárias para chegar a soluções em todos os níveis possíveis para a recuperação do meio em que está inserida (MONTGOMERY *et. Al.*,1995; SILVA; RAMOS, 2006; MARTINS, 2012).

O diagnóstico ambiental realizado em uma bacia hidrográfica deve ter como foco a atual realidade na qual se encontra a qualidade das águas nos corpos superficiais e subterrâneos de acordo com seus respectivos usos, devendo ser considerados também os aspectos biofísicos, socioeconômicos e geopolíticos, além da relação entre disponibilidade e demanda, que de forma técnica deverão estar correlacionadas a dinâmica socioambiental (AMARO, 2009).

Sendo realizado em quatro etapas, o diagnostico pode ser baseado em: identificação dos usos para a qual a água é principalmente utilizada; diagnóstico das fontes de poluição e a qualidade dos recursos hídricos da mesma; legislação específica das áreas reguladas; e os planos e programas previstos para a bacia de forma descrita. Todas as informações deverão ser coletadas e consolidadas para garantir assim um diagnóstico integrado da situação atual da bacia para que os dados sejam disponibilizados para a consulta pública (ANA, 2009).

Vale ressaltar que a bacia hidrográfica transporta água, sedimentos e materiais para o exultório (ponto destinado para saída da água). Esse processo de entrada e saída de matéria são influenciadas por características físicas da bacia, como rocha, solo, relevo, vegetação e clima, além é claro das ações antrópicas que influenciam nos fluxos de matéria e energia (MENDONÇA; SANTOS, 2006). Também é um processo

que ocorre de maneira ligada diretamente ao ciclo hidrológico. A precipitação no caso, assume a responsabilidade da entrada de energia, enquanto os fluxos de evapotranspiração são alguns dos processos presentes de saída de energia ou matéria (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A vegetação preservada ou solo exposto, influenciam em maior taxa de infiltração e escoamento, pois respectivamente, são determinantes importantes na natureza para a quantidade das partículas transportadas no escoamento, pois o solo desprotegido pode ser erodido conforme o impacto das chuvas, provocando um aumento da quantidade de material transportado (SÁNCHEZ, 2013).

6.3 GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

No dia 8 de janeiro de 1997, foi criada a lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criou o SINGREH (BRASIL, 2005).

É conhecida pela União dos Estados, e participativo, por inovar com a instalação de comitês de bacias hidrográficas que une poderes públicos, usuários e sociedade civil na gestão de recursos hídricos, considerada uma lei moderna pela PNRH que possibilitou identificar conflitos pelo uso das águas, através dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo (BRASIL, 1988).

A lei nº 9.433/97 deu maior abrangência ao Código de Águas, de 1934, que centralizava as decisões sobre gestão de recursos hídricos no setor elétrico. Ao estabelecer como fundamento o respeito aos usos múltiplos e como prioridade o abastecimento humano e dessedentação animal em casos de escassez, a Lei das Águas deu outro passo importante tornando a gestão dos recursos hídricos democrática (BRASIL, 1997).

A ONU desde 1966 mencionou em seus documentos que a água é um bem jurídico a ser protegido. Retificado pelo Brasil em 1992, alega que a água é o direito de todos e que em nenhuma hipótese poderá ser privada (ONU, 1977).

O plano de ação de mar Del Plata foi aprovado em 1967 pela conferência das nações unidas, determinando a identificação do status das fontes de água no Globo, analisando um nível adequado de água para a necessidade do planeta, tornando assim

mais eficaz a gestão de água e evitando a crise de abastecimento de água potável em dimensões globais antes do final do século XX (ONU, 1977).

Conhecida como a década da água, se trata do período compreendido entre 1981 e 1990 onde iniciou as conscientizações a respeito dos efeitos da água poluída e do desperdício de água (KAUFMAN, 2012).

Em janeiro de 1992 a ONU organizou a conferência internacional sobre a água e meio ambiente, na cidade de Dublin na Irlanda, pela primeira vez foi tratada há necessidade de cada país em exercer uma eficiente gestão de recursos hídricos, com o princípio que a escassez e o mau uso da água doce acarretam um grande risco ao desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente (ONU, 1992). Sendo assim foi formada a declaração de Dublin, documento este que estabelece quatro princípios básicos:

1. A água doce é um recurso finito e essencial para a manutenção da vida.
2. A colaboração dos cidadãos e dos Estados em todos os seus níveis legislativos, para uma abordagem participativa.
3. Os papéis preponderantes da mulher na provisão, gerenciamento e proteção da água.
4. Compreender que a água é um bem econômico.

Com o estabelecimento da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o código de instituição da política dos recursos hídricos implementado e adaptado pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos regulamentada pela Constituição Federal conferiu o estabelecimento dos quatro princípios estabelecidos anteriormente em Dublin. Soma-se a isso, outros dois importantes conceitos básico adotados pela Lei das Águas:

1. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da política nacional de recursos hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
2. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A conferência das nações unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento foi realizada neste mesmo ano, no Rio de Janeiro conhecida também como rio-92, eco-92 ou ainda capítulo da terra. A agência 21 foi destacada como resultado deste encontro que consiste em um instrumento de planejamento para a construção de sociedades

sustentáveis em diferentes bases geográficas, conciliando a proteção ambiental justiça social e eficiência econômica (ONU, 1992).

Em julho de 2010 a ONU reconheceu a água como direito humano, a resolução A/RES/64/292 disse que " a água limpa e segura que o saneamento (como) um direito humano essencial para gozar plenamente a vida e todos os outros direitos humanos" (ONU, 2010). Essa resolução proporcionam os estados e organizações internacionais a fortalecer em assistência e cooperação na forma de capacitação de recursos financeiros e transferências de tecnologia para os países em desenvolvimento com o intuito de intensificar os esforços para um fornecimento igualitário de água potável para todos (ONU, 2010).

O comitê das nações unidas desde 2002 vem enviando esforços para inserir o direito a água com o direito humano, vinde o comentário geral n. 15 que diz "o direito humano a água prevê que todos tenham água suficiente, segura, aceitável, fisicamente acessível e a preços razoáveis para uso pessoal e doméstico (ONU, 2010).

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, os Planos de Recursos Hídricos são documentos que definem a agenda dos recursos hídricos de uma região, incluindo informações sobre ações de gestão, projetos, obras e investimentos prioritários. São fornecedores de dados atualizados que contribuem para o enriquecimento das bases de dados da Agência Nacional de Águas (ANA,2009).

Com os diferentes usos da água, os planos são elaborados em três níveis: bacia hidrográfica, nacional e estadual. Existe o envolvimento de órgãos governamentais, da sociedade civil, dos usuários e de diversas instituições que participam do gerenciamento dos recursos hídricos.

A gestão da água com dever do estado brasileiro e representada por uma das principais garantias dos direitos humanos fundamentais à água. (Tabela 1) Sendo assim é destacado o desempenho jurídico da união, dos estados, do distrito federal e dos municípios nas gestões dos recursos hídricos.

Quadro 1- Competências federativas na gestão de recursos hídricos no Brasil.

| ENTE FEDERATIVO | COMPETÊNCIA |
|------------------------|--|
| União Federal | Administra a Política Nacional e o Plano Nacional de Recursos Hídricos; Juntamente do Ministério do Meio ambiente e a Agência Nacional de águas exerce a fiscalização e |

| | |
|-------------------------|--|
| | <p>normalização da gestão hídrica no país;</p> <p>Conselho Nacional de Recursos Hídricos normaliza a política com o apoio do governo federal, estados, DF, setores e usuários da sociedade Civil;</p> <p>Administra comitês de bacias federais ou interestaduais;</p> <p>Inspeciona a água destinada ao consumo humano através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVS).</p> |
| Estados | <p>Responsável por gerir as águas dentro do seu território;</p> <p>Cria leis destinadas ao território de seu domínio;</p> <p>Administra o Conselho Estadual de Recursos Hídricos e garante que os comitês de bacia dentro de sua competência estejam em funcionamento;</p> <p>Inspeciona a água destinada ao consumo humano através da Vigilância Sanitária estadual.</p> |
| Municípios | <p>Incorporam políticas de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e do meio ambiente em conjunto com as políticas federal e estaduais de Recursos Hídricos;</p> <p>Possuem assentos nos Comitês e Bacias Hidrográficas com a finalidade de executar articulações intersetoriais e federativa das políticas públicas territoriais;</p> <p>Inspeciona a água destinada ao consumo humano através da Vigilância Sanitária municipal.</p> |
| Distrito Federal | <p>Detém as mesmas atribuições que os estados e municípios na administração de seus Recursos Hídricos.</p> |

Fonte: Adaptado de Aith; Rothbarth, 2015.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tem a ANA como implementação, elaborando planos de recursos hídricos em bacias hidrográficas de domínio da União. Em outras esferas, a ANA atua como apoio técnico na elaboração dos planos. No planejamento a ANA, tem como função o enquadramento dos corpos d'água, que estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo.

6.4 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS

De acordo com a ANA, a função dos corpos hídricos é estabelecer o nível de qualidade (classe) assim alcançada em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. Objetivo do enquadramento é de acordo com o artigo 9º, lei nº 9.433/97 "assegurar às águas qualidade compatíveis com os usos mais exigentes aqui forem destinadas", e a "diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes" (ANA, 2009).

De acordo com a lei nº 11.612/09, artigo 15, o comitê de bacia e responsabilizado pelo enquadramento do corpo d'água. Essas leis têm como objetivo a saúde, o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico aquático. A outorga, direito do uso de recurso hídrico para um determinado uso deve atender ao enquadramento do corpo d'água. O enquadramento é necessário para proporcionar gestão de recursos hídricos, outorga, cobrança, planos de bacia, instrumentos de gestão ambiental como por exemplo licenciamento e monitoramento (ANA, 2009).

Em 1986 a resolução nº20, "o CONAMA 20", substituiu a portaria nº 13 e classificou as águas doces, salobras, e salinas no Território Nacional. No ano de 1989 o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de recursos naturais com renováveis (IBAMA), enquadrou os corpos d'água de domínio da união na Bacia do Rio São Francisco no CONAMA 20. Na década de 80 e 90, fórum enquadrados os corpos d'água das bacias Paraíba, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso do sul (BRASIL, 2005).

Em 1991, de acordo com a lei nº 7.663, a política estadual de recursos vídeo do estado de São Paulo antecipou além federal sobre recursos hídricos, e instituiu a lei nº 9.433/97, conhecida como política nacional dos recursos hídricos (BRASIL, 2005).

A resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 12, no ano de 2000 estabeleceu os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade, mais tarde substituída pela Resolução nº 357/2005, que classificou em águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes. De acordo com a lei estadual nº 11.612/09 o enquadramento dos corpos d'água, tem como base os níveis de qualidade a que forem destinados (BRASIL, 2005).

De acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005, o enquadramento determina regras para determinados corpos d'água com base qualidade corpos hídricos com o objetivo de atender as necessidades das populações e não em seu estado atual (BRASIL, 2005).

De acordo com a lei nº 9.433/1997 o que originou a política nacional de recursos hídricos afirma que o enquadramento dos corpos de água em classe, de acordo com a necessidade do uso da água, com o objetivo de garantir às águas uma qualidade compatível a qual foi destinada, o enquadramento dos corpos de água em classes proporciona o estabelecimento de um objetivo a ser alcançado e mantido (BRASIL, 2005).

Dessa forma, os comitês de bacia passaram a ser responsáveis por discutir e aprovar a proposta de enquadramento dos corpos d'água, e a deliberação é responsabilidade dos conselhos de recursos hídricos.(Tabela 2) Para o processo de enquadramento se tornar possível são necessários diversos fatores como por exemplo, os usos desejados para o corpo d'água, a condição atual deste corpo hídrico, a viabilidade técnica e os custos necessários para o alcance dos padrões de qualidade estabelecido pelo enquadramento (ANA, 2012).

Quadro 2- Principais instituições jurídicas estatais responsáveis pela gestão da água no Brasil.

| INSTITUIÇÃO | COMPETÊNCIAS |
|---|---|
| Agência Nacional de Águas- ANA | Entidade que tem por atribuição regular a execução, operação, controle e avaliação dos meios de gestão elaborados pela Política Nacional de Recursos Hídricos através do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. |
| Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano- Ministério do Meio Ambiente | Tem por atribuição instituir políticas públicas que visem preservar recursos hídricos, a biodiversidade aquática e garantir o acesso à água potável. |
| Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- Ministério das Cidades | Tem por atribuições a criação e a ordenação de políticas urbanas que estendam à serviços de saneamento como: fornecimento de água, esgoto e manejo de resíduos sólidos. |
| Conselho Nacional de Recursos Hídricos | Se divide em 10 câmaras técnicas, sendo encarregado de: Analisar propostas de mudanças nas leis referentes aos recursos hídricos; Instituir orientações para que seja colocada em prática a Política Nacional de Recursos Hídricos; Fomentar o planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacionais, de cada região, estados e setores usuários; Resolver conflitos que envolvam recursos hídricos e também projetos de aproveitamento desses recursos que causem repercussões fora dos |

| | |
|---|--|
| | <p>estados onde serão implantados;</p> <p>Aprovar propostas de comitês de bacia hidrográfica; estabelecer critérios para o uso da água e para a cobrança do uso;</p> <p>Aprovar e fiscalizar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos.</p> |
| <p>Comitês de Bacias Hidrográficas</p> | <p>São órgãos colegiados que tem por função aprovar o Plano de Recursos Hídricos de cada Bacia;</p> <p>Resolver eventuais conflitos pela utilização desse recurso- dentro da primeira esfera administrativa;</p> <p>Determinar mecanismos de usos da água e apresentar propostas de valores de cobrança por esse uso em cada região.</p> |

Fonte: Adaptado de Aith; Rothbarth, 2015.

Segundo a CONAMA nº 357/2005, existe cinco classificações para as Águas doces: classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 as quais são destinadas a diferentes usos (Brasil, 2005):

1. Classe especial: Destinada ao consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

2. Classe 1: Destinada ao consumo humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho conforme resolução CONAMA nº 274, de 2000; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem em frente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem a remoção da película; proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.

3. Classe 2: Direcionado ao consumo humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a resolução CONAMA nº 274, de 2000; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins, Campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e atividade de pesca.

4. Classe 3: Destinada ao consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.

5. Classe 4: Navegação; harmonia paisagística.

6.5 USO DO SOLO LIGADO A QUALIDADE DA ÁGUA

O mundo é constituído de diferentes biomas, possuem suas particularidades de acordo com a localização geográfica, tendo assim diferentes características como tipos e formas de ocupação do solo e distintas qualidades de água. O solo por sua vez, possui um significativo impacto nas condições ambientais exercendo um papel de suma importância para a manutenção da vida, havendo segundo uma ligação direta entre o processo evolutivo e seus diferentes tipos. (STRAWN; BOHN; O'CONNOR, 2015).

De forma ampla o solo é resultado de processos sintetizadores tanto construtivos quanto destrutivos. Quando a água se infiltra no solo e o escoamento superficial acelera, o processo de intemperismo químico e erosões. De acordo com Weil e Brady (2013) são exemplos de processos destrutivos o intemperismo das rochas e a decomposição de resíduos orgânicos. Já a formação de novos minerais como por exemplo argilas podem ser considerados exemplos de síntese ou adição.

A formação das camadas de contrastes conhecidas também como Horizonte do solo são os resultados desses processos. Na parte superior do solo é uma característica particular de cada solo que é totalmente diferente da sua porção mais inferior (BRADY; WEIL, 2013).

É possível observar a particularidade de cada conjunto único de propriedades e horizontes evidentes em seu perfil de acordo com cada condição ambiental (Figura 3). O horizonte O é a camada exposta do solo que possui maior concentração de materiais orgânicos podendo possuir também turfa e a camada de folhas mortas. O horizonte A, possuem materiais orgânicos e sinais de intemperismo, apesar de esses sinais serem mais perceptíveis no horizonte B. O horizonte B é a camada mais intemperizada, sendo a camada de máxima expressão da gênese do solo. O horizonte C é composto por rochas de compostas, mas que não são necessariamente correspondentes ao material do Horizonte R (STRAWN; BIHN; O'CONNOR, 2015).

Foi observado em estudos que avaliaram a qualidade da água no Brasil, relações relevantes entre a qualidade da água e o uso do solo observaram que, a água de pior qualidade foi durante o período chuvoso, tendo relação inversamente proporcional da chuva e qualidade da água. Entretanto são avaliações gerais, pois é possível observar resultados isolados, que apresentam resultados semelhantes tanto no período seco, quanto no chuvoso, como o caso do nitrato, um parâmetro mais

associado ao uso do solo. (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; RAMOS *et Al.*, 2006; BONNET *et Al.*, 2008; ROCHA *et Al.*, 2013). Segundo Ribeiro (2010), os parâmetros que mais sofrem influência na parte pluvial são a turbidez, pH, total de sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão, observação essa que corrobora com os resultados de Almeida e Schwarzbold (2003).

Em Goiás, Bonnet e colaboradores, (2008) investigaram o Índice Normalizado de Vegetação Remanescente (NRVI) de bacias hidrográficas e relacionaram com os resultados de qualidade da água, por conseguinte constataram que a tendência das bacias mais convertidas para uso agropecuário é de apresentarem os piores resultados para qualidade da água. Em áreas de Cerrado, também em Goiás, Rabelo e colaboradores, (2009) encontraram relações significativas entre a influência do uso do solo e qualidade da água comparando duas bacias hidrográficas com distintos graus de antropização. A água de pior qualidade esteve associada à bacia que apresentou maior percentual de áreas antropizadas. A avaliação da qualidade da água é importante para identificação e quantificação de partículas e substâncias que alteram as características físicas, químicas e biológicas da água. A capacidade do solo executar propriedades físicas, químicas e biológicas e conhecido como qualidade do solo (BRADY; WEIL, 2013).

A partir da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos, são feitas a análises que possuem limites toleráveis de acordo com os tipos de uso da água estabelecidos por legislação competente. A dinâmica do uso do solo é diferente em relação cada área, pois as atividades executadas em determinado local serão responsáveis pela configuração, a dinâmica de fluxos, dentre outros fatores importantes para um melhor funcionamento (MOTA, 2011).

As fontes de poluição das águas em áreas agrícolas são do tipo difusa, essa característica se dá pelo transporte de matéria através do escoamento superficial e infiltração. Mota (2011) ressalta os principais constituintes do escoamento superficial, como por exemplo, sólidos sedimentáveis, de vários tipos e tamanhos, Matéria orgânica, Nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, Defensivos agrícolas e fertilizante, Bactérias e organismos patogênicos, vários compostos químicos, Metais pesados. O uso constante do solo em áreas agrícolas acarreta alterações da qualidade da água por meio da erosão e da utilização de agrotóxicos (TUNDISI, 2011).

A ocupação de áreas destinadas a agropecuária exige, na maioria dos casos, a retirada da vegetação nativa para o cultivo das lavouras ou até mesmo para a formação de pastagens para o gado. Ademais, a produção em larga escala com objetivo de

alcançar alta produtividade demanda a utilização de fertilizantes e agrotóxicos na produção (CARVALHO *et Al.*, 2000).

Os fatores clima, tipo de solo, declividade e a cobertura vegetal são decisivos para determinar a intensidade dos processos erosivos. A intensidade das chuvas potencializa os processos erosivos em regiões de clima tropical, como no caso do Brasil; o declive mais acentuado favorece esses processos; o tipo de solo também implica na suscetibilidade à erosão; a vegetação serve como proteção ao impacto das chuvas no solo e também preserva as propriedades físicas do solo (SÁNCHEZ, 2013). O mapeamento da cobertura vegetal do solo deve ser feito então em regiões de área rural para a identificação das atividades de lavoura e pastagem, mostrando as categorias de ocupação e a participação percentual de cada uma, além de descrever e mapear as principais ocupações ali existentes (MEDEIROS, 2007).

A identificação dos mais prevalentes simetriza à análise dos usos que têm mais importância, ou que prevalecem, entre todos os outros usos dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Os usos a serem considerados são aqueles previstos nas classes de enquadramento pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005), sendo eles: abastecimento para consumo humano; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário e secundário; irrigação; aquicultura e pesca; dessedentação de animais; navegação, harmonia paisagística, além da observação de outros usos como o industrial, a mineração e a produção hidroelétrica, caso sejam relevantes para a realidade da bacia hidrográfica (SÁNCHEZ, 2013).

Com relação às formas de uso da água em bacias hidrográficas de quaisquer escalas, Mendes (2007) as classifica em três, sendo elas: uso consuntivo, o qual retira a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente, como, por exemplo, para consumo animal, o uso doméstico, a irrigação, a pecuária, dentre outros; uso não consuntivo, os quais se referem aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade, como exemplos temos a piscicultura, a geração de energia hidrelétrica, a diluição de efluentes, e os usos locais que aproveitam a disponibilidade da água na própria fonte, sem alterações significativas, como no caso estuários e preservação de banhados. (MENDES, 2007).

De acordo com Tucci e Mendes (2006), uma das principais formas de uso da água em uma bacia hidrográfica rural é a irrigação, a qual tem por finalidade assegurar a produtividade agrícola durante os meses mais críticos do ano. Sendo assim, e sabendo-se que cursos de água de pequenas bacias hidrográficas rurais cujas vazões são pequenas e estão sujeitas a cargas de esgoto doméstico e aporte de fertilizantes, agrotóxicos e sedimentos e, dessa forma, podem tornar-se impróprios para abastecimentos de água para diversos usos, como, por exemplo, para a irrigação de culturas mais sensíveis, além de usos domésticos, de lazer, ecológico, dentre outros, é fundamental que tais bacias tenham um monitoramento contínuo, a fim de verificar a compatibilidade da qualidade das águas em relação aos usos que se fazem da mesma (LABGEST, 2011a).

Em relação a produção e filtração da água, tais funções são relacionadas com as recargas dos aquíferos e mesmo com os próprios reservatórios subterrâneos. A água pode ser armazenada sub superficialmente em zonas diferentes do perfil geológico, dependendo da porção do espaço poroso ocupado pela água como mostra a imagem abaixo. A zona saturada tem os poros preenchidos com água, embora em zonas de erosão sobreposta os poros contêm gases (principalmente, ar e vapor de água) (BEAR,1972).

É possível observar que a zona de saturação pode se estender a certa distância acima do lençol freático dependendo do tipo de solo. De forma genérica um aquífero é uma formação geológica que contém água e permite que a água flua através de seu meio poroso em condições de campo (BEAR,1972; FETTER, 2014; FETTER; BOVING; KREAMET, 2018).

6.6 PARÂMETROS, FÍSCOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

A poluição da água pode ser de forma natural ou provocado de forma antrópica, existindo 3 tipos onde cada uma delas é caracterizada pelo estágio de desenvolvimento social e industrial (BRASIL, 2015):

1. Primeiro estágio: se trata de uma poluição patogênica, as exigências quanto à qualidade da água São relativamente pequenas, tornando assim comum patologias relacionadas à água, nesse estágio as estações de tratamento de água e sistemas de adução podem prevenir problemas sanitários.

2. Segundo estágio: se trata da poluição total da água, esse estágio é bem comum em desenvolvimento social e o crescimento de áreas urbanas pois se trata de corpos receptores que estão afetados pelas cargas poluidoras que recebem. Para reduzir essa forma de poluição é necessário a implantação de sistemas eficientes de tratamentos de água e de esgoto.

3. Terceiro estágio: se trata da poluição química, conforme a população aumenta o consumo de água também aumenta, sendo assim, cada dia é maior a quantidade de água retirada dos rios, e mais diversas são as poluições neles descarregadas.

São vários parâmetros que podem interferir na qualidade da água podendo ser naturais ou causados pelo homem, as ações antrópicas são as que mais prejudicam, o consumo é poluição acontece de forma desordenada e sem limites. Sendo assim, existem diferentes parâmetros físicos, químicos e biológicos que devem ser avaliados para estabelecer o índice de potabilidade.

De acordo com o CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, e a resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, o grau de tratamento preciso para o lançamento em um corpo receptor de efluentes, sendo ele tratado ou não, originários de atividades industriais, deve possuir padrões legais de emissões e de qualidade. Esses padrões são referentes as características do efluente lançado, e os padrões de qualidade dependem das características do corpo receptor desse fluente (BRASIL,2005).

Para a remoção de contaminantes presentes em Água, esgoto ou efluente industriais é necessário a utilização de processos físicos químicos e biológicos (CAVALCANTI, 2009).

- Processos físicos: este é o processo onde existe a separação de substâncias físicas dos efluentes, tudo aquilo que não se encontra dissolvido. Os mais comuns são gradeamento, peneiramento, decantadores, caixas de gordura, remoção da umidade do lodo, e homogeneização.
- Processos químicos: consiste na utilização de produtos químicos, os principais processos químicos são floculação, coagulação, precipitação, cloração e neutralização do PH.
- Processos biológicos: é o processo dependente dos microrganismos presentes nos efluentes, transformando compostos complexos em

compostos simples, como sais minerais, gás carbônico e outros. Possui como os principais processos biológicos a oxidação biológica aeróbia, como lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação e Lagoas de estabilização, e anaeróbios, como reatores anaeróbios de fluxo ascendente e digestão de lodo.

6.6.1 PARÂMETROS FÍSICOS

Os parâmetros físicos indicam turbidez, cor, sólidos em suspensão, temperatura, sabor, odor e condutividade elétrica.

A turbidez na água indica alteração da penetração da luz por partículas em suspensão, quanto mais for turva a água, menos luz penetra por ela, dificultando a zona eufótica. A turbidez e sólidos em suspensão ajudam a identificar possíveis partículas e coloides que podem causar obstruções nas instalações hidráulicas. O valor máximo aceitável é de até 40 Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT) de acordo com CONAMA n° 357/2005.

A temperatura tem uma influência muito grande sobre as propriedades, pois acelera reações químicas, reduzindo a solubilidade de gases, e aumentando a sensação de sabor e odor.

A coloração é um indicativo de qualidade física, pois é resultado de substâncias de diversas origens orgânicas na água como por exemplo, algas, introdução de esgotos industriais e domésticos e dissolução de ferro e manganês. O sabor e o odor o que são originados de decomposição de matéria orgânica, atividades de micro-organismo ou fonte industriais de poluição é um indicativo de difícil qualificação, pois depende da sensibilidade dos sentidos humanos (MACÊDO,2001).

A condutividade elétrica possui a variação de acordo com a qualidade de sais dissolvidos na água, sendo assim, a capacidade da água de transmitir corrente elétrica.

6.6.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

O PH pode ser calculado pelo cologaritmo da concentração de íons hidrogênio (H⁺), possui uma variação de 0 a 14, sendo que, inferior a 7 indica PH ácido, 7 indica um PH neutro e acima de 7 indica PH alcalino (básico). Essa é um fato lembrar que um pH baixo torna a água corrosiva, podendo trazer prejuízo a tubulações e partes metálicas de equipamento utilizado no sistema de tratamento. Já o pH alto pode formar

incrustações nas tubulações provocando entupimentos, o indicado é um PH na faixa de 6 a 9. (Von SPERLING, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), a alcalinidade é a medição da capacidade que a água possui de neutralizar os íons de hidrogênio, para a água se tornar potável para o consumo humano é necessário a alcalinização. O pH é bruscamente alterado com a acidez, devido a concentração de dióxido de carbono (CO₂), a acidez pode ser natural pela absorção dos H⁺ da atmosfera e também pela decomposição de materiais orgânica. Tanto a alcalinidade quanto a acidez podem vir a provocar corrosões em encanamentos e tubulações.

Segundo Von Sperling, 2005, a dureza consiste na comparência de sais alcalinos terrosos, cálcio e magnésio, e alguns outros metais em quantidade menor. Quando apresentado em quantidade maior na água, acarreta sabor desagradável e efeito laxativo, podendo também formar incrustações em tubulações provocando entupimento. Podendo ser dividida em: Dureza mole ou branda 50 mg/L de CaCO₃; Dureza moderada entre 50 e 150 mg/L de CaCO₃; E água dura, que é quando o valor está entre 150 e 300 mg/L de CaCO₃.

Ferro e o manganês atribuem a água um sabor amargo, adstringente, e uma coloração avermelhada. Seus valores variam de 0,3 mg/L para a concentração de ferro e inferior a 0,1 mg/L para manganês, valores acima de 0,5 mg/L, provocam sabor metálico na água e trazem prejuízos para saúde. Cloretos, sulfatos e bicarbonatos, por sua vez, provocam um sabor salino na água, e em grande quantidade podem ser considerados laxativos. O valor tolerado é de 250 mg/L para todos, já os sólidos totais, possuem o limite que não pode ultrapassar 1000 mg/L (VON SPERLING, 2005).

O nitrogênio (N) é o principal elemento para o crescimento das algas, entretanto o excesso acarreta aceleração no crescimento desses organismos. Quando ocorre esse fenômeno, acontece a chamada eutrofização. A ação do homem é a principal causa da grande quantidade de nitrogênio na água, isso acontece pelos decorrentes lançamentos de despejos domésticos vírgulas industriais e de criadouros de animais (LIBÂNIO, 2008).

O fósforo (P) também é um grande contribuinte para o crescimento das algas podendo provocar também a eutrofização do recurso hídrico. A dissolução de compostos contendo fósforo no solo, decomposição de material orgânico, os esgotos domésticos e industriais vírgulas os fertilizantes, os detergentes e os excrementos de animais são as principais fontes do fósforo na água (VON SPERLING, 2005).

As Águas limpas possuem a saturação de O₂. A matéria orgânica em decomposição consome oxigênio, em um ambiente anaeróbico, pode vir a matar os peixes por asfixia (VON SPERLING, 2005).

O cobre (Cu) é um metal maleável está presente em abundância na natureza, a principal forma solúvel do cobre encontrado na água são Cu²⁺, Cu (HCO₃) e Cu (OH)₂, na água potável o teor está entre 0,005 e acima de 30 mg/L, dependendo das características da água, como PH e dureza, corrosão interna de tubulações de cobre níveis acima de 1 mg/L causam manchas em louças sanitárias e acima de 2,5 mg/L possui gosto amargo (BRASIL, 2005).

Em pequenas quantidades o cálcio é essencial aos organismos vivos, entretanto a poluição geral pode ser resposta por inalação, ingestão de alimentos e água ou contato dérmico, porém a principal via de exposição não ocupacional é a oral. A exposição ao cobre pode ocasionar vômito, letargia, anemia hemolítica aguda, dano renal e hepático e, em alguns casos, morte. A concentração aceitável na água potável é de: 2 mg/L de acordo com a portaria GM/MS 888/2021; água doce (classe 1 e 2) 0,009 mg/L, (classe 3) 0,0

13 mg/L de acordo com CONAMA 357/2005 (BRASIL 2005).

O mercúrio (Hg) causa danos irreversíveis ao meio ambiente, além de graves efeitos a saúde humana, como má formação fetal, danos cerebrais, problemas neurológicos e até mesmo a morte. Ele é utilizado para o garimpo, por se tratar de um metal pesado ele vai para atmosfera com a evaporação e a partir da chuva contamina os corpos hídricos. O valor máximo do mercúrio total é de 0,0002 mg/L Hg (BRASIL, 2005).

O Cromo (Cr) possui diferentes estados de oxidação sendo os mais comuns (II), (III) e (VI), conhecido como bivalente, trivalente e hexavalente. As formas trivalente e hexavalente aparecem na composição do oxigênio, sulfatos, cromatos e sais básicos. O cromo é muito utilizado na construção civil e também na fabricação de ligas metálicas é utilizado também para o tratamento do couro e fabricação de tintas e pigmentos. Pode ser encontrado naturalmente em rochas, solo, poeiras e nevoas vulcânicas, água, animais e plantas. O teor de cromo em ambientes não contaminados por atividade humana é de cerca de 1 um micrômetro por litro na água (BRASIL, 2005).

A maior parte da contaminação pelo cromo vem pela ação do homem. A concentração de cromo total permitida é de 0,05 mg/L Cr (BRASIL, 2005).

A presença de nitrito (NO₂⁻) na água é um indicativo de contaminação recente por material orgânico vegetal ou animal, devido à ação de bactérias e outros

microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal. Ele é raramente encontrado em Águas potáveis em níveis superiores a 0,1 mg/L. Em quantidade superior ao permitido pode ocasionar uma doença conhecida como metahemoglobinemia, ocasionada pela alteração do sangue (BRASIL, 2005).

O Nitrato (NO_3^-), é um componente muito importante para a vida, entretanto a alta concentração dessa substância na água potável pode acarretar grande prejuízo para a saúde, em especial para mulheres grávidas e lactantes. Ele é encontrado de forma natural no meio ambiente seja no ar, no solo, na água, nas plantas e nos dejetos de animais, entretanto, ação antrópica tem uma grande participação na contaminação através dos fertilizantes.

Segundo a portaria do ministério da Saúde nº 2.914, de dezembro de 2011, o valor máximo permitido de nitrato na água potável, é de 10 mg/L.

O cloro residual livre (Cl) é muito importante para o tratamento de água, pois é usado como desinfetante as possíveis contaminações que possa ocorrer no sistema de água após o tratamento, entretanto é permitido apenas 1,0 mg/L. O excesso do produto pode acarretar formação de subprodutos nocivos à saúde humana (BRASIL, 2005).

6.6.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para se certificar se existe presença de material fecal ou não é necessário análises laboratoriais, são feitas análises por meio de bactérias presentes ao grupo coliformes termo tolerantes. Essa bactéria presente na água é um indicativo que existe esgoto, podendo ter bactérias patogênicas também. Essas bactérias são aeróbicas, o que favorece o aumento da dureza nas primeiras 48 horas de estocagem, entretanto, fica relativamente estabilizada por aproximadamente 12 dias. Antes de serem lançadas aos recursos hídricos as águas residuais devem passar por tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), para que possam atingir os parâmetros exigidos pelas legislações (BRASIL, 2006).

Para que a água possa ser utilizada é necessário que ela possua três características básicas, que são elas, insípida, inodora e incolor. Ao ser observado qualquer alteração dessas características, é necessário realizar o tratamento da água para o consumo humano (BRASIL, 2006).

Ao consumir água contaminada pode acarrear diversas enfermidades, e essas transmissões pode se dar por diversos mecanismos. Quando a água contaminada é

ingerida por um indivíduo sadio, esse indivíduo pode desenvolver uma doença (BRASIL, 2006).

A transmissão dos agentes infecciosos presente na água pode ser através da ingestão, pelo contato na pele durante o banho ou pela aspiração de germes presentes na água. Uma quantidade mínima de fezes, pode conter cerca de 10 milhões de vírus, um milhão de bactéria ou até 1000 parasitas. Hepatite A, cólera, diarreia infecciosa, leptospirose, são as doenças mais comuns transmitidas pela água (PINHEIRO, 2017).

7.RESULTADOS

Foram realizadas análises seriadas nos dias 16/03/2022; 24/03/2022; 06/04/2022; 04/05/2022; o material coletado foi processado no laboratório de química da UNIPAC, utilizando o kit, 14 in 1 para valores químicos de acordo com a Figura 4 (kit).



Figura 4 - Kit 14 in reagent Strip For Water.

Para as análises físicas propostas foram utilizados um turbidímetro, turbidímetro Orionmod- aq 2010, e um pHmetro digital, pHmetro digital tec_2mp acoplado com o termômetro (imagem 5).

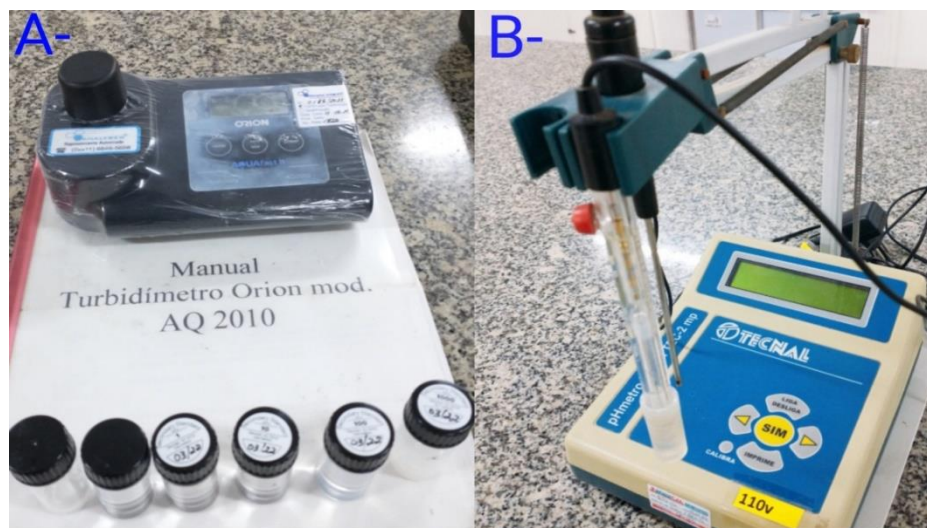


Figura 5- (A): Turbidímetro Orion mod-Aq 2010; (B): pHmetro digital Tec_2mp com termômetro acoplado.

Dentre as análises realizadas em cada ponto de amostragem após a avaliação dos parâmetros de acordo com a descrição de Standard methods for the examination of water and wastewater, foram desconsiderados os resultados das amostras de cobre, ferro, cloro livre, bromo, nitrato, nitrito e mercúrio. Dentre os compostos que apresentaram valores significativos foram considerados cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total. As contagens para chumbo não foram levadas em conta por terem se apresentado até mesmo na amostra do controle, não há presença desse elemento em água potável. Os resultados obtidos em cada dia de análise estão descritos a seguir.

Na análise realizada no dia 16 de março entre os elementos que apresentaram valores consideráveis estão cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total. Nessa primeira amostra, entre os elementos positivos, apenas dureza não apresentou variação nos valores obtidos no fim da análise entre os pontos de coleta, o que pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1- Análise química dos pontos de amostragem dia 16 de Março.

| | PONTO DE AMOSTRAGEM 1 | PONTO DE AMOSTRAGEM 2 | PONTO DE AMOSTRAGEM 3 | CONTROLE |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| CROMO CR/VI | 2 | 1 | 1 | 1 |
| SULFATO | 0 | 5 | 5 | 5 |
| FLUORETO | 25 | 75 | 75 | 25 |
| DUREZA | 50 | 50 | 50 | 50 |
| ALCALINIDADE TOTAL | 0 | 80 | 40 | 80 |

No dia 24 de Março foi realizada mais uma análise e novamente os elementos encontrados na amostra que tiveram valores relevantes foram cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total. Nesse dia, apenas cromo e dureza não apresentaram nenhuma variação de um ponto de amostragem para outro, como mostra a tabela 2.

Tabela 2- Análise química dos pontos de amostragem dia 24 de Março.

| | PONTO DE AMOSTRAGEM 1 | PONTO DE AMOSTRAGEM 2 | PONTO DE AMOSTRAGEM 3 | CONTROLE |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| CROMO CR/VI | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SULFATO | 0 | 5 | 5 | 5 |
| FLUORETO | 50 | 50 | 50 | 75 |
| DUREZA | 50 | 50 | 50 | 50 |
| ALCALINIDADE TOTAL | 0 | 40 | 20 | 40 |

Na coleta realizada no dia 06 de abril, os compostos encontrados persistiram sendo cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total. Entre os valores obtidos com a análise apenas cromo não variou em nenhum dos pontos de amostragem, como mostra a tabela 3.

Tabela 3- Análise química dos pontos de amostragem dia 06 de Abril.

| | PONTO DE AMOSTRAGEM 1 | PONTO DE AMOSTRAGEM 2 | PONTO DE AMOSTRAGEM 3 | CONTROLE |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| CROMO CR/VI | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SULFATO | 0 | 5 | 5 | 5 |
| FLUORETO | 0 | 0 | 25 | 75 |
| DUREZA | 25 | 25 | 50 | 50 |
| ALCALINIDADE TOTAL | 0 | 0 | 40 | 80 |

Na última análise, realizada no dia 10 de Maio, os mesmos compostos das amostras anteriores voltaram a apresentar valores significativos e foram considerados, sendo eles: cromo, sulfato, fluoreto, dureza e alcalinidade total. Cromo e dureza não tiveram variação entre os pontos de coleta, como mostra a tabela 4.

Tabela 4- Análise química dos pontos de amostragem dia 04 de Maio.

| | PONTO DE AMOSTRAGEM 1 | PONTO DE AMOSTRAGEM 2 | PONTO DE AMOSTRAGEM 3 | CONTROLE |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| CROMO CR/VI | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SULFATO | 0 | 5 | 5 | 5 |
| FLUORETO | 50 | 25 | 100 | 100 |
| DUREZA | 50 | 50 | 50 | 50 |
| ALCALINIDADE TOTAL | 0 | 40 | 0 | 40 |

Entre os resultados obtidos para cromo, a partir das amostras das quatro análises, o maior valor apresentado foi de 2 mg/L para o ponto 1, encontrado apenas na coleta realizada no dia 16 de Março. Para o restante das análises o valor permaneceu sempre o mesmo, sendo 1 mg/L, como mostram a tabela 5 e figura 6, respectivamente.

Tabela 5- Análises de cromo CR/VI nas amostras.

| CROMO CR/VI | 16/0 | 24/0 | 06/0 | 04/05 |
|-------------|------|------|------|-------|
| P 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| P 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| P3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CONTROLE | 1 | 1 | 1 | 1 |

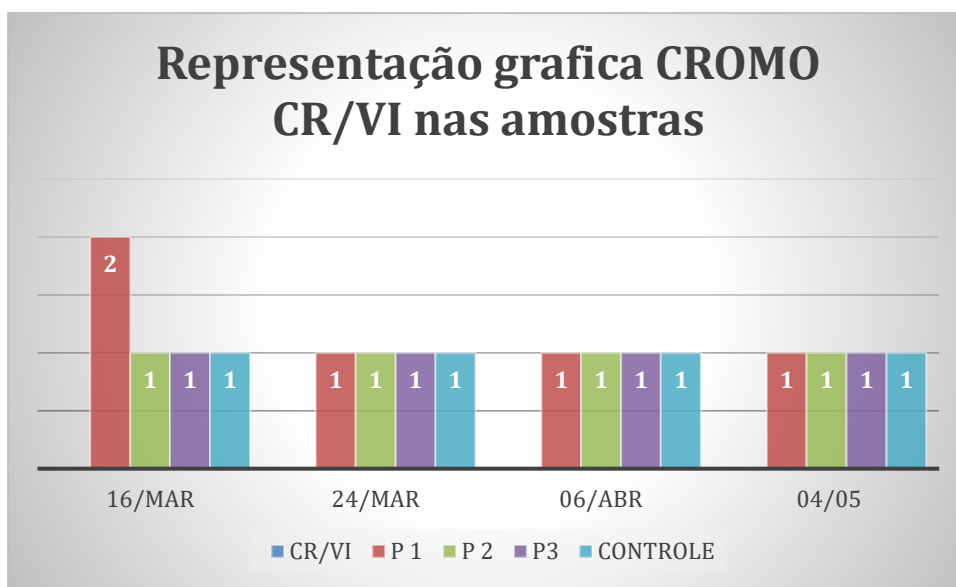


Figura 6- Representação da presença do cromo cr/vi nos períodos de março a maio de 2022.

Entre os valores obtidos para sulfato, a análise realizada no dia 16 de Março apresentou o menor valor, sendo 0 mg/L para todos os pontos de coleta, essa foi a única variação. O restante das análises apresentaram 5 mg/L e não houve variação entre os pontos de amostragem, como mostram a tabela 6 e figura 7, respectivamente.

Tabela 6- Análises de sulfato nas amostras.

| SULFATO | 16/03 | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| P 1 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| P 2 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| P3 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| CONTROLE | 0 | 5 | 5 | 5 |

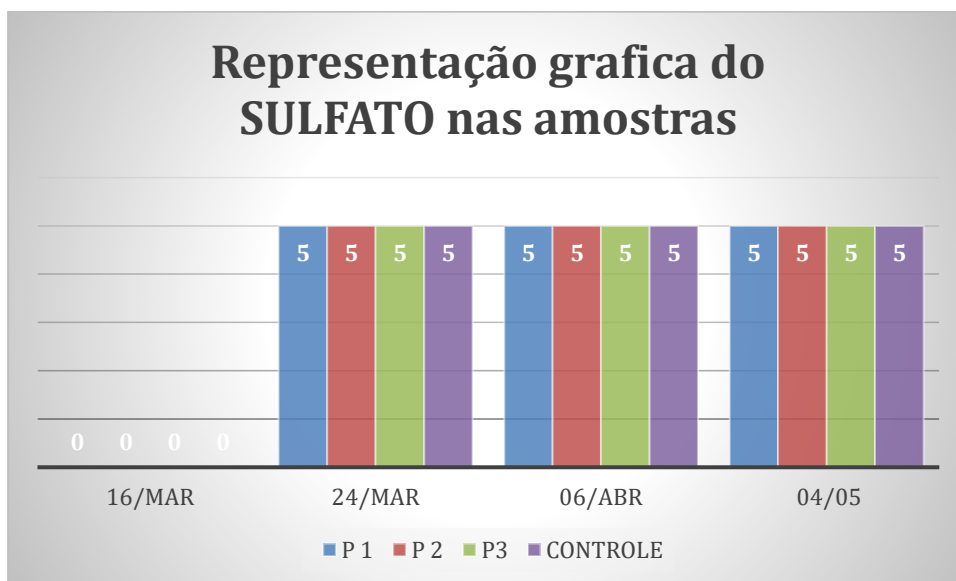


Figura 7- Representação da presença do sulfato nos períodos de março a maio de 2022.

Para os valores de fluoreto apresentaram diversas variações entre os valores das análises, estes se apresentaram entre 0 e 100 mg/L de acordo com os pontos de amostragem e os dias de coleta, como mostram a tabela 7 e figura 8, respectivamente.

Tabela 7- Análises de fluoreto nas amostras.

| FLUORETO | 16/03 | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| P 1 | 25 | 50 | 0 | 50 |
| P 2 | 75 | 50 | 0 | 25 |
| P3 | 75 | 50 | 25 | 100 |
| CONTROLE | 25 | 75 | 75 | 100 |

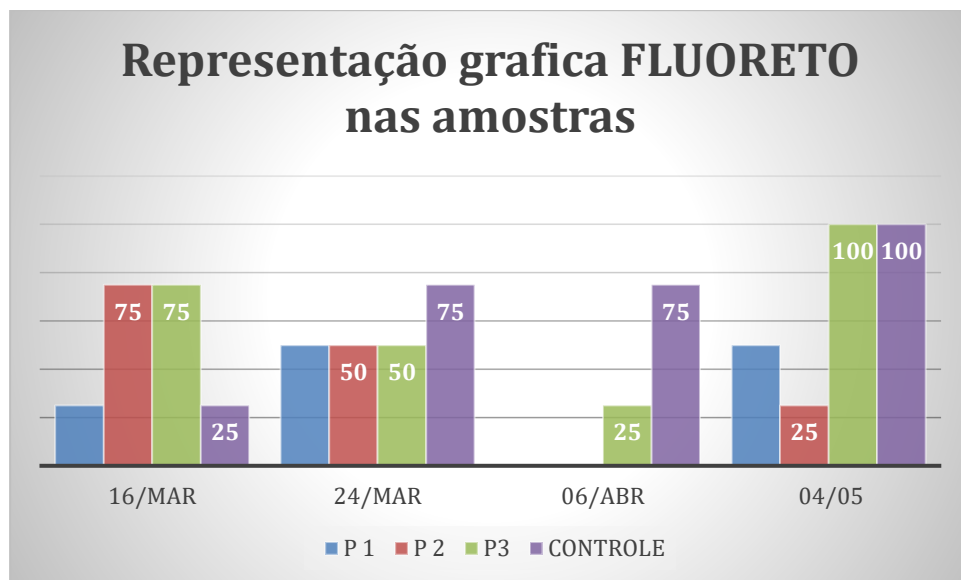


Figura 8- Representação da presença do fluoreto nos períodos de março a maio de 2022.

Entre os índices de dureza obtidos com as análises, os pontos 1 e 2, apresentaram menor valor sendo 25 mg/L, o que ocorreu apenas na coleta do dia 06 de abril. O restante dos valores permaneceu em 50 mg/L não variando entre os pontos e dias de coletas, como mostram a tabela 8 e figura 9, respectivamente.

Tabela 8- Análises da dureza nas amostras.

| DUREZA | 16/03 | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| P 1 | 50 | 50 | 25 | 50 |
| P 2 | 50 | 50 | 25 | 50 |
| P 3 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| CONTROLE | 50 | 50 | 50 | 50 |

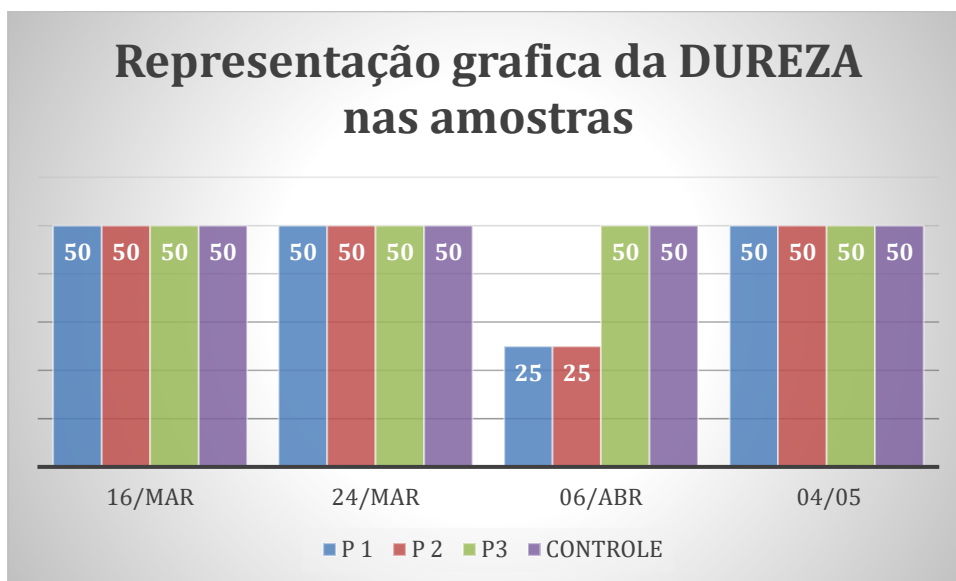


Figura 9- Representação da presença da dureza nos períodos de março a maio de 2022.

Entre os resultados de alcalinidade total houve grandes variações entre as análises das amostras, estando entre 0 e 80 mg/L de acordo com os pontos de coletas e os dias que foram realizadas, como mostram a tabela 9 e figura 10, respectivamente.

Tabela 9- Análises da alcalinidade total nas amostras.

| ALCALINIDADE TOTAL | 16/03 | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P 2 | 80 | 40 | 0 | 40 |
| P3 | 40 | 20 | 40 | 0 |
| CONTROLE | 80 | 40 | 80 | 40 |

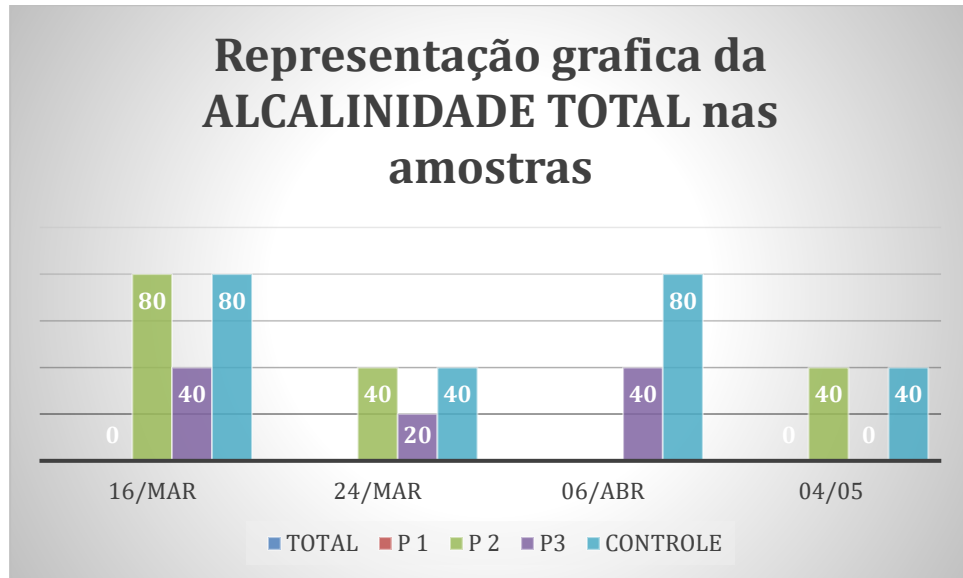


Figura 10- Representação da presença da alcalinidade total nos períodos de março a maio de 2022.

Entre as análises de pH, ainda avaliando os parâmetros químicos, foram observadas variações, sendo 6.2 o menor valor obtido, indicando um pH mais ácido no ponto 1, na coleta ocorrida no dia 16 de Março. O maior valor encontrado foi de 7.26, indicando um pH mais alcalino, também no ponto 1 porém, na coleta que ocorreu no dia 24 de Março. Para todas as análises feitas houve variação, mesmo que pequena, entre os pontos e dias de coleta, como mostra a tabela 10.

Tabela 10- Análises do pH nas amostras.

| pH | 16/03 | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| P 1 | 6.2 | 7.26 | 6.91 | 6.4 |
| P 2 | 7.2 | 6.87 | 6.98 | 6.8 |
| P 3 | 6.8 | 7.05 | 6.72 | 6.2 |
| CONTROLE | 7.2 | 6.77 | 7.02 | 7.2 |

As análises de temperatura apresentaram valores que variaram entre 23,9°C e 25,7°C, esses valores acompanharam a temperatura atmosférica que se apresenta mais elevada nos primeiros meses do ano, que foi quando as coletas das amostras foram realizadas. A variação da temperatura está descrita na tabela 11.

Tabela 11- Análises da temperatura nas amostras.

| TEMPERATURA | 24/03 | 06/04 | 04/05 |
|-------------|--------|--------|--------|
| P 1 | 23°C | 25.7°C | 23.6°C |
| P 2 | 23.1°C | 25.5°C | 23.8°C |
| P3 | 22.9°C | 24.8°C | 23.7°C |
| CONTROLE | 23.2°C | 24.6°C | 23.7°C |

Os valores de turbidez, na avaliação dos parâmetros físicos, obtidos na coleta realizada no dia 24 de Março, foram dados em FNU (*FORMAZIN NEPHELOMETRIC UNITS*). Indicando maior turbidez para os pontos 1,2 e 3 entre 20 e 200 FNU e menor turbidez para o ponto 4 (controle), entre 0 e 2 FNU, como mostra a tabela 12.

Tabela 12- Análise da turbidez dia 24 de Março.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | 0 - 2 FNU | 2 - 20 FNU | 20 - 200 FNU | 200 - 2000 FNU |
|----------------------|-----------------|------------|----------------|----------------|
| PONTO 1 | + Err | + Err | 75 (± 5) | - Err |
| PONTO 2 | + Err | + Err | 35 (± 5) | - Err |
| PONTO 3 | + Err | + Err | 45 (± 5) | - Err |
| PONTO 4 | 1.2 (± 2) | - Err | - Err | - Err |

LEGENDA: + Err : Faixa de medida excedida; - Err : Valores abaixo do menor limite de detecção. (\pm) Margem de variação.

Na análise da turbidez realizada no dia 06 de abril, os valores obtidos estavam todos entre 20 e 200 FNU, e apenas o ponto 2 apresentou também um valor entre 2 e 20 FNU, como mostra a tabela 13.

Tabela 13- Análise da turbidez dia 06 de Abril.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | 0 - 2 FNU | 2 - 20 FNU | 20 - 200 FNU | 200 - 2000 FNU |
|----------------------|-----------|-----------------|----------------|----------------|
| PONTO 1 | + Err | + Err | 65 (± 5) | - Err |
| PONTO 2 | + Err | 9,2 (± 1) | 49 (± 5) | - Err |
| PONTO 3 | + Err | + Err | 34 (± 5) | - Err |
| PONTO 4 | + Err | + Err | 38 (± 5) | - Err |

LEGENDA: + Err : Faixa de medida excedida; - Err : Valores abaixo do menor limite de detecção. (\pm) Margem de variação.

Para a última análise realizada no dia 04 de Maio, os valores encontrados na turbidez se apresentaram entre 20 e 200 FNU para todos os pontos e também entre 2 e 20 FNU para os pontos 1 e 3, como mostra a tabela 14.

Tabela 14- Análise da turbidez dia 04 de Maio.

| PONTOS DE AMOSTRAGEM | 0- 2 FNU | 2 - 20 FNU | 20 – 200 FNU | 200 – 2000 FNU |
|----------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| Ponto 1 | + Err | 15.2 (±1) | 55 (±5) | - Err |
| Ponto 2 | + Err | + Err | 39 (±5) | - Err |
| Ponto 3 | + Err | 11.2 (±1) | 51 (±5) | - Err |
| Ponto 4 | + Err | + Err | 37 (±5) | - Err |

LEGENDA: + Err : Faixa de medida excedida; - Err : Valores abaixo do menor limite de detecção. (±) Margem de variação.

8. DISCUSSÃO

Desde o surgimento dos povos mais primitivos já havia o cuidado de se estabelecerem nos arredores de locais onde a água estava presente. Além disso há registros de desenvolvimento, mesmo que utilizando técnicas bem primitivas, de canalizações, irrigações, construções de poços e chafarizes e até mesmo de técnicas de purificação da água, o que evidencia a preocupação desde sempre com a qualidade da água que seria consumida (RESENDE; HELLER, 2002).

Com o passar dos anos e o crescimento populacional, aumentou a demanda por água, uma vez que esse recurso é essencial para o desenvolvimento de regiões, isso exigiu uma melhora principalmente nas medidas aplicadas para a saúde pública (CUNHA, 2009).

No Brasil só começou a se falar em medidas sanitárias no ano de 1808, no reinado de Dom João VI, onde foi criado o cargo de Diretor Geral da Saúde Pública (RESENDE; HELLER, 2002). Desde então houveram muitos desafios até que fossem estabelecidas normas concretas que zelassem pelos recursos hídricos. Em 1934 foi criado o decreto que instituía o Código das Águas, um grande passo para estabelecer medidas sanitárias efetivas no país (SILVA, 1998).

Existem diversos fatores determinantes que influenciam na qualidade da água, causas naturais e também antrópicas. Ao infiltrar ou simplesmente escoar no solo, a água carrega substâncias que acompanham todo o seu percurso. Essas substâncias tem origem tanto urbanas quanto rurais vindas de atividades como agropecuária, indústrias e resíduos domésticos, todos com potenciais poluidores (SPERLING, 2005; MODESTO *et. Al.*, 2013).

A água que é utilizada no abastecimento de residências, por ser destinada ao consumo humano, precisa obedecer a um padrão de qualidade onde não haja presença de substâncias nocivas à saúde e nem de microrganismos patogênicos (CUNHA,2009).

Com tudo é essencial considerar as normas estabelecidas pelos principais órgãos gerenciadores de recursos hídricos do país, como é o caso do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que através da resolução 357 de 2005 estabelece padrões de qualidade para águas de acordo com a classe em que se enquadram. Essa resolução foi considerada padrão de comparação dos valores dos compostos encontrados nas amostras de água analisadas.

O município de Antônio Carlos possui cursos de rios importantes, entre eles estão o Rio das Mortes e Rio Bandeirinhas, esses rios recebem despejo de esgoto urbano e industrial, ficando sujeitos a poluição. Foi a partir dessa realidade que os pontos de amostragem, de onde a água foi coletada para posteriormente ser analisada, foram estrategicamente determinados.

O Ponto 1 se encontra próximo a uma indústria de laticínio, por isso recebe esgoto industrial proveniente dessa fábrica. O Ponto 2 é um poço artesiano localizado dentro do campus da UNIPAC, sua água vem do Rio das Mortes. O Ponto 3 é uma cachoeira, que se encontra com o Rio das Mortes e é popularmente conhecida como Cachoeira do Pocinho. O Ponto 4 se refere a água tratada que foi utilizada como controle durante as análises das amostras. O estudo buscou avaliar os impactos causados nessas áreas a partir das substâncias encontradas nas amostras de água de cada um desses pontos.

8.1 CROMO

Após a análise química realizada com o kit 14 in reagent Strip For Water, os resultados obtidos mostraram que os valores de cromo estão acima do limite máximo permitido para águas de classe 1, que de acordo com a Resolução nº 357 da CONAMA é de 0,5 mg/L (CONAMA, 2005).

Os valores encontrados, expressos na tabela 5, mostram que a coleta do ponto 1, realizada no dia 16 de Março, apresentou maior concentração de cromo na amostra (2,0 mg/L), que as coletas posteriores em todos os pontos incluindo o próprio P1, permanecendo 1,0 mg/L. Com isso torna-se evidente a necessidade de monitoramento da concentração desse elemento nas águas em que foi realizado o presente estudo e para investigar possíveis fontes de contaminação.

8.2 SULFATO

O sulfato, que é encontrado nas águas é resultante da lixiviação de rochas sedimentares, de acordo com Piveli e Kato (2006). Sendo assim, conseqüentemente um período de chuva faz com que a concentração de sulfato em cursos de água cresça.

De acordo com a CONAMA, na resolução 357 de 2005, o valor máximo desse composto em uma amostra deve ser de 250 mg/L, portanto os índices obtidos a partir das amostras analisadas se encontram bem abaixo, o que pode ser confirmado consultando a tabela 6.

8.3 FLUORETO

O fluoreto esteve entre os compostos encontrados que mais apresentou variação entre os pontos de coleta, é o que se pode concluir fazendo a comparação dos valores expressos na tabela 7.

De acordo com a resolução 357 (CONAMA, 2005), o valor ideal para a concentração de fluoreto em águas de classe 1 é de 1,4 mg/L, sendo assim, apenas na coleta realizada no dia 06 de Abril, onde os pontos 1 e 2 apresentaram 0 mg/L, sendo um valor abaixo do limite. Em todos os outros pontos e nas coletas anteriores e posteriores a essa citada, os valores resultantes estavam bem acima do limite, evidenciando a necessidade de monitoramento.

8.4 DUREZA

Os valores para dureza se mantiveram estáveis durante a maioria das análises, com exceção do dia 06 de abril, onde os pontos 1 e 2 apresentaram variação, o que pode ser constatado consultando os valores da tabela 8.

Contudo, apesar dessa variação, todas as águas analisadas foram consideradas mole por apresentarem os valores de concentração para dureza abaixo de 75 mg/L.

8.5 ALCALINIDADE TOTAL e pH

A resolução 357 da CONAMA não dispõe de um valor mínimo para a concentração de alcalinidade total em águas de classe 1 que é o caso das amostras que foram analisadas. Entretanto sabe-se que a alcalinidade da água corresponde a capacidade de neutralizar ácidos fortes presentes nesse meio (PIVELI; KATO, 2006).

O potencial hidrogeniônico (pH), representa a concentração de íons de hidrogênio presentes na água e definem o caráter dessa substância como ácido, básico ou neutro. A resolução 357 determina que, para água de classe 1, o pH ideal deve estar na faixa de 6,0 a 9,0 para que seja mantido o equilíbrio da vida.

Entre os valores obtidos com as análises do pH nenhum dos pontos de coleta excederam o recomendado, os resultados obtidos estiveram sempre entre 6,2 e 7,26, indicando um pH tolerável.

8.7 TURBIDEZ

A turbidez se refere a quantidade de materiais sólidos em suspensão que estejam contidos na água, o que interfere na sua transparência (Brasil, 2013). De acordo com os valores obtidos nas medições da turbidez das amostras analisadas, o ponto 1 sempre apresentou números acima dos indicados para turbidez em águas de classe 1, de acordo com a CONAMA, que é de até 40 unidades nefelométricas. Os pontos 2 e 3 apresentaram valores toleráveis e também acima do limite. O grupo controle sempre apresentou valores ideais.

Os rios brasileiros são compostos por águas naturalmente turvas, resultantes de características geológicas, chuvas frequentes e atividades que envolvem a agricultura (Brasil, 2011). Além disso, outras causas da turvação incluem a prática de mineração e o despejo de esgoto doméstico e industrial (ANA, 2018).

Entre as consequências do aumento da turbidez nas águas está a redução da fotossíntese que é feita realizada por algas e pela vegetação que fica abaixo da superfície da água, isso compromete não só a vida aquática como também a qualidade desse recurso que chegará até as casas e indústrias (CETESB, 2005)

8.8 TEMPERATURA

A temperatura de cada ponto de amostragem não sofreu muita variação entre as análises que foram realizadas. A média dos valores obtidos foi de 24,1°C para o ponto 1; 24,1 °C para o ponto 2; 23,8 °C para o ponto 3; 23,8 °C para o ponto 4.

A resolução 357 não sugere um valor ideal para temperatura, portanto os ambientes aquáticos brasileiros geralmente possuem temperaturas de 20 a 30 °C, onde as alterações podem ser causadas tanto por fatores naturais quanto por ação antrópica (Brasil, 2006). A temperatura da água exerce influência sobre os organismos que nela vivem e até mesmo na velocidade das reações químicas que nela acontecem (Brasil, 2006).

Considerando as áreas em que ocorreram as coletas e os resultados alcançados a partir das análises, nota-se que as maiores variações ocorreram no ponto 1 (Rio das Mortes), principalmente em relação a turbidez, que nesse ponto sempre se encontrava acima do valor recomendado. O P1 é o ponto mais próximo da indústria de laticínio da região e recebe também esgoto doméstico, duas combinações que contribuem para a turvação da água.

Em todos os pontos de amostragem foram encontrados algum tipo de alteração, mesmo que leves, de acordo com o que mostra cada uma das tabelas. A região em que os pontos se encontram é urbana e conseqüentemente isso afeta o meio ambiente e a qualidade da água.

A água que é destinada ao consumo humano tem diversas finalidades, por isso é importante que se mantenha um padrão de qualidade, que é determinado pelos órgãos responsáveis pela gestão das águas que foram citados nesse trabalho. Os valores utilizados como padrão para comparar as amostras seguiram a resolução nº 357 de 2005 disponibilizada pela CONAMA.

9.CONCLUSÃO

A realização do projeto ofereceu uma base de dados da qualidade da água dos corpos hídricos analisados em Antônio Carlos, a região em que ocorreu o estudo é urbana e conta também com indústrias.

Foram encontradas alterações de concentração de substâncias acima e abaixo dos valores de que é recomendado pela resolução 357 da CONAMA, como foi o caso do fluoreto que na maioria das análises se mostrou acima do limite, assim como os valores encontrados para cromo enquanto o sulfato se apresentou em baixas concentrações. Para a turbidez foram encontradas alterações especialmente no ponto 1, que possui a água mais turva, porém também houve variação significativa nos outros pontos.

Esses fatores podem interferir no ambiente aquático e afetar tanto a fauna e a flora quando a população faz o uso da água na região, seja para consumo, atividades domésticas, irrigação e tantas outras finalidades.

Após a obtenção de todos os dados com as análises das amostras, conclui-se que há necessidade de monitoramento frequente da água nesses pontos, a fim de investigar a causa dessas alterações de concentração e turbidez, para que sejam tomadas medidas que ajudem a solucionar esse problema.

REFERÊNCIAS

AITH F. M. A.; ROTHBARTH R. **O estatuto jurídico das águas no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200011>.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade da água**. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

ALMEIDA, M. A. B; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA)**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2002.

AMARO, C. A. **Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2009.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – SNIRH no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica**. Caderno de Recursos Hídricos; 6. 145 p.: Il. Brasília - DF. 2009. Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2009

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: 2012. 264 p.; il. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.

ARRUDA, J.J. A. **História antiga e contemporânea**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1977. 472 p.

BARROS, J. C.; BARRETO, F. M. S.; LIMA, M. V. **Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP)**. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palma/Tocantins, 2012.

BEAR, J. **Dynamics of fluids in porous media**. New York: Prentice-Hall, 1972.

BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F.C. **Relações entre Qualidade da Água e Uso do Solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica**. Revista *Árvore*, v.32, n.2, p.311- 322, 2008.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível e <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 jun. 2015. » http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm.

BRASIL. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei 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**. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. (Série B: Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BREVIK, E. C.; HARTEMINK, A. E. **Early soil knowledge and the birth and development of soil science**. CATENA, v. 83, n. 1, p. 23–33, 2010. FETTER, C. W. Applied hydrogeology. 4. ed. New York: Pearson Education, 2014.

BRISCOE, J., 1987. **Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: Su función en la revolución de la supervivencia infantil**. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 103:325-339.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO; V. L.; **Relações da atividade Agropecuária com Parâmetros Físicos Químicos da Água**. Química Nova, v. 23, n. 5, p. 618- 622, 2000.

CAVALCANTE, J. E. W. A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: J. E. Cavalcante, 2009.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório**. São Paulo, 2005. Disponível em: & It; <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em 01/05/2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS (CONAMA). **Resolução N° 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005 (com atualizações).

CUNHA, D. G.F.; CALIJURI, M. C. **Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – 51 estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP)**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, p.337-346, 2010.

CUNHA, G. de P.Q. **Caracterização ambiental da região de montante do rio Mogi-Guaçu (Bom Repouso - MG): estratégias para replicabilidade e diretrizes para elaboração do plano de adequação ambiental**. 2009. Escola de Engenharia de São Carlos (Tese), Universidade de São Paulo, 2009.

DANIEL, L.A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. RIMA, ABES, Projeto PROSAB, 2001.

FETTER, C. W.; BOVING, T.; KREAMER, D. **Contaminant hydrogeology**. 3. ed. Illinois: Waveland Press, 2018.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estudos Históricos e Culturais. **Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997. 311 p.

HOCHMAN, G. **A era do saneamento**. São Paulo: Hucitec, 1998. 261 p.

JOVENTINO, E.S; *et al.* **Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semi-árido brasileiro**. Texto Contexto Enferm. 2010; 19 (4):691-9.

KAUFMAN, D. **ONU institui década da água potável. Índice de Sustentabilidade Empresarial**, 2012. Disponível em: <<http://isebvmf.com.br/index.php?r=noticias/view&id=250858>>. Acesso em: 15 jun. 2015. » <http://isebvmf.com.br/index.php?r=noticias/view&id=250858>.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Desenvolvimento de Procedimento Metodológico para Enquadramento de Cursos D'água de Pequenas Bacias**

Hidrográficas Rurais do Estado do Espírito Santo. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. Edital Universal 012/2011. Projeto de pesquisa submetido. Universidade Federal do Espírito Santo. 2011a.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Estudo Integrado de Conservação de Águas e Solo, Saneamento Ambiental e Conservação Florestal em Microbacia Experimental na Bacia do Rio Doce.** Edital MCT/CNPq/CT AGRONEGÓCIO/CTHIDRO - Nº 27/2008. Relatório final de pesquisa. Universidade Federal do Espírito Santo. 2011c.

LANNA, A.E. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos conceituais e metodológicos.** Brasília. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis, 1995.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2. ed. Campinas: Átomo, 2008.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e águas.** São Paulo: Livraria Varela, 2001.

MAGALHÃES, V. S. **Hidrogeoquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em área sobre influência de lavras pegmatíticas nas bacias dos córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG).** 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica e Aplicada)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. **Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise.** Revista de Gestão Social e Ambiental-RGSA, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 3- 19, jan./abr. 2012.

MATOS, A. T. **Qualidade do solo e da água.** Viçosa: AEAMG/DEA/UFV, 102p, 2007.

MEDEIROS, Y.D.P. (Org.). **Projeto Proposta metodológica para Enquadramento de Corpos de Água em Bacias de Regiões Semi-Áridas.** PROENQUA – Financiamento. CTHIDRO GRH 01/2004. Relatório Final, Salvador, 2007.

MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência.** 2007. 187 f. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. **Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: Avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas – uma abordagem geográfica.** Revista Geografia, Rio Claro, v. 31, n. 1, p.103-118, jan./abr., 2006.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. PINHEIRO, P. Doenças transmitidas pela água. [S.l.]: MD.Saúde, 2017. Disponível em: <<http://www.mdsaude.com/2012/01/doencas-da-agua.html>>. Acesso em: 06 maio 2017.

MODESTO, R.P. **Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2010 – 2012 (recurso eletrônico).** CETESB, 2013. Disponível em:<http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/42/2013/11/aguas_sub_2012.pdf>.

MONTGOMERY, D. R.; GRANT, G. E.; SULLIVAN, K. **Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management.** Water Resources Bulletin. American Water Resources Association, v. 31, n. 3, 1995.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente.** Rio de Janeiro, Abes, 2011. NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossi

MUÑOZ, H.R. (ORG.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997.** 2ª ed. Brasília: MMA/ Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

OLIVEIRA; BRITO. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998. 586 p

ONU. **Agenda 21.** 1992b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 15 jun. 2015. »
<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>

ONU. **Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável.** 1992a Disponível em: <<http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/documents/english/icwedece.html>>. Acesso em: 15 jun. 2015. » <http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/documents/english/icwedece.html>.

ONU. **Declaração de Viena.** 1992c. Disponível em: <<http://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/Vienna.aspx>>. Acesso em: 15 jun. 2015. » <http://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/Vienna.aspx>.

ONU. **Relatório da Conferência das Nações Unidas sobre a Água.** (Mar del Plata, 14-25 de março de 1977). Cap. I. Resolução II. 1977.

ONU. **Resolução A/RES/64/292.** 2010. Disponível em: <<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E>>. Acesso em: 15 jun. 2015. » <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E>.

PÁDUA, V.L. *et. al.* **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano.** Editora Abes, Belo Horizonte, MG, 3^oed, 2009.

PASSERAT DE SILANS, A.M.B., ALMEIDA, C. das N., ALBUQUERQUE, D.J.S., PAIVA, A.E.D.B. **Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio do Peixe-Estado da Paraíba.** Rev. Bras. Rec. Hídricos, v.5, n.3, p.5-19, 2000.

PINHEIRO, P. **Doenças transmitidas pela água.** [S.I.]: MD.Saúde, 2017. Disponível em: <<http://www.mdsaude.com/2012/01/doencas-da-agua.html>>. Acesso em: 06 maio 2017.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e poluição: Aspectos físico- químicos.** São Paulo: ABES, 2006. 285 p.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, **Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas.** Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142008000200004&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 15/01/2012.

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F. da; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, m. m.; SILVA, M. L. N. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, Água e Uso. Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./apr., 2006.

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F. da; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, m. m.; SILVA, M. L. N. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, Água e Uso. Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./apr., 2006.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água.** São Paulo: Escrituras Editora, 2004. p. 207.

RESENDE, S. C.; HELLER L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces.** Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 2002. 310 p.

RIBEIRO, E. V. **Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG: metais pesados e atividades antropogênicas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. **Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.4, p.431-436, 2014.

ROCHA, C.; DE CAMPOS, A. B.; GARRO, F. L. T.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. G. **Metais Poluentes em Sedimentos Fluviais de Cursos D'água sob Influência de Pecuária Leiteira no Estado de Goiás, Brasil.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 4, p. 267-278, out./dez., 2013.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SILVA RODRIGUES, E. **Os cursos da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos.** 1998. 166f. Tese (Doutorado) - Fundação Oswaldo Cruz/Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1998.

STRAWN, D.; BOHN, H. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry.** 5. ed. Nova Jersey: Wiley--Blackwell, 2020.

TAVARES, D.M; GRANDINI, A.A. **Prevalência e aspectos epidemiológicos de enteroparasitoses na população de São José da Bela Vista, São Paulo.** Revista Soc Bras Med Trop 32:63-65, 1999.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica - Ministério do Meio Ambiente.** SQA. - Brasília: MMA, 2006. 302 p.

TUCCI, CARLOS E. M. (Org.). *et al.* **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; São Paulo: Ed. da USP, 2004.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima, 2011. ; TUNDISI, T. M. Recursos Hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima, 2011. ; TUNDISI, T. M. Recursos Hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Volume 1. 3.ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WEIL, R. R.; BRADY, N. C. **The nature and properties of soils.** 15. ed. Londres: Pearson Education Limited, 2017.

ZANCUL, M.S. **Água e Saúde**. Revista Eletronica de Ciências. N32, 2006. Disponível em:< http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_32/atualidades.html> Acesso em: 14 fev 2016.