



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CACOAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS DOS POÇOS ARTESIANOS E AS DISTRIBUIDAS PELO SAAE

Antonio Luciano Alves Volpato¹ and Prof. Edinaldo José de Sousa Cunha²

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos – (PPGEP)/Mestrado Profissional – ITEGAM.

²Universidade Federal do Pará. Faculdade de Engenharia de Materiais – FEMat.

RESUMO:

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar os processos de tratamentos da qualidade da água do SAAE e de sete poços artesianos de acordo com as legislações relativas à potabilidade, controle e vigilância das águas potáveis disponíveis para consumo humano. A metodologia consistiu em avaliar o processo de purificação da água por meio de análises laboratoriais (microbiológica e físico/química) e análise multivariada de dados a partir das médias dos resultados obtidos, das correlações e do dendograma, a partir da análise de 10 pontos da rede de distribuição do sistema de tratamento de água municipal (SAAE) e 7 poços artesianos. As coletas foram realizadas a cada 30 dias pelo período de 7 meses, iniciando em novembro de 2018 com o término em maio de 2019. A classificação da potabilidade dessas águas foi baseada nos parâmetros da Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde que pela Consolidação foi substituída pela portaria PRC 005/2017 do mesmo órgão. Os resultados obtidos permitem afirmar que a água dos poços artesianos analisados, não são apropriadas para consumo humano, isso porque em sua maioria encontram-se contaminadas por E.coli e Coliformes Totais e possuem altos valores de condutividade; e, a água distribuída pelo SAAE, apesar de apresentar pH abaixo da normalidade, atende aos parâmetros exigidos pela legislação vigente no tocante a potabilidade. Com vistas a minimizar os problemas detectados, faz-se necessário a implementação de políticas públicas por parte do poder público local, através da fiscalização, utilizando a vigilância sanitária local, a fim de conscientizar a população da necessidade em adequar e buscar soluções para coibir o uso inadequado dos poços.



PALAVRAS-CHAVE: Processos de tratamento de água; Potabilidade; Poços artesianos.

QUALITY ASSESSMENT OF THE CACOAL WATER TREATMENT PROCESS: A COMPARISON BETWEEN THE WATERS OF THE ARTISIAN WELLS AND THE DISTRIBUTED BY THE SAAE

ABSTRACT:

This research aimed to evaluate the processes of water quality treatment of SAAE and seven	artesian wells according to the legislation related to potability, control and surveillance of drinking water available for	human consumption. The methodology consisted of evaluating the water purification process through laboratory
--	---	--

analysis (microbiological and physical/chemical) and multivariate analysis of data from the averages of the results obtained, the correlations and the dendrogram, from the analysis of 10 points of the municipal water treatment system (SAAE) distribution network and 7 artesian wells. The collections were performed every 30 days for a period of 7 months, beginning in November 2018 and ending in May 2019. The classification of the potability of these waters was based on the parameters of Ministerial Ordinance No. 2914 of December 12, 2011. of Health which by Consolidation was replaced by Ordinance PRC 005/2017 of the same body. The results show that the water from the artesian wells analyzed is not suitable for human consumption, because most of them are contaminated by E. coli and Total Coliforms and have high conductivity values; and the water distributed by the SAAE, despite having a pH below normality, meets the parameters required by current legislation regarding potability. In order to minimize the problems detected, it is necessary to implement public policies by the local government, through supervision, using local health surveillance, in order to make the population aware of the need to adapt and seek solutions to curb health. improper use of wells.

KEYWORDS: Water treatment processes; Potability; Artesian wells.

1. INTRODUÇÃO

A grande porção de água no planeta causa uma falsa impressão de recurso inesgotável. Segundo autores especialistas em meio ambiente, 95,1% da água é salgada, sendo inadequada para consumo humano. Dos 4,9% restantes, 4,7% estão na forma de glaciário ou regiões subterrâneas de difícil acesso, e somente os 0,147% estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (BETTEGA et al., 2006).

A água é um elemento fundamental para todos os setores da vida e sua contaminação tem sido um dos grandes problemas para sociedade. Muitas destas substâncias que contaminam a água ainda não têm um método adequado de tratamento estabelecido e, assim efluentes não eficientemente tratados, contendo ainda alta carga poluidora tem sido descartado no meio ambiente o que pode ocasionar uma série de distúrbios ambientais (CUNHA, 2012).

Para que a água potável chegue às residências com qualidade para consumo humano, existe o sistema de abastecimento de água, definido pela Portaria MS nº 2914/2011 e PRC nº 005/2017. como: "instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de distribuição".

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) estabelece que o lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou deposição final em corpos d'água estão sujeitos à outorga pelo poder público. Este poder estabelece o valor a ser cobrado pelo uso dos recursos hídricos e os parâmetros que devem ser observados durante o lançamento desses resíduos, o volume lançado e seu regime de variação, bem como, as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

No Estado de Rondônia no Município de Cacoal o órgão responsável pelos serviços de abastecimento de água é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), o principal curso de água do município é o Rio Machado, chamado mais adiante de Rio Ji-Paraná, afluente do Rio Madeira.

Antes de chegar ao reservatório domiciliar, à água captada de superfícies passa por uma série de etapas de tratamento, visando adaptá-la para uso doméstico. Essas etapas incluem, na ordem: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, (SAAE, 2018). No Município de Cacoal outra forma de abastecimento, pode-se destacar são as águas subterrâneas provenientes de poços artesianos, essa tem sido cada vez mais utilizada para o consumo humano.

Nesse contexto, será que a água disponível nos poços artesianos sem tratamento e a água tratada pela companhia de abastecimento municipal (SAAE) que chega às residências dos consumidores estão aptas para o consumo humano?

Neste contexto a presente pesquisa teve como objetivo avaliar os processos de tratamentos da qualidade da água do SAAE e de sete poços artesianos de acordo com as legislações relativas à

potabilidade, controle e vigilância das águas potáveis disponíveis para consumo humano. A classificação da potabilidade dessas águas foi baseada nos parâmetros da Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde que pela Consolidação foi substituída pela portaria PRC 005/2017 do mesmo órgão.

A metodologia consistiu em avaliar o processo de purificação da água por meio de análises laboratoriais (microbiológica e físico/química) e análise multivariada de dados a partir das médias dos resultados obtidos, das correlações e do dendograma, a partir da análise de 10 pontos da rede de distribuição do sistema de tratamento de água municipal (SAAE) e 7 poços artesianos. As coletas foram realizadas a cada 30 dias pelo período de 7 meses, iniciando em novembro de 2018 com o término em maio de 2019.

Os resultados obtidos indicam que a água dos poços artesianos analisados não é apropriada para consumo humano, visto que em sua maioria encontram-se contaminadas por E. coli e Coliformes Totais e possuem altos valores de condutividade; quanto a água distribuída pelo SAAE, apesar de apresentar pH abaixo da normalidade, atende aos parâmetros exigidos pela legislação vigente no tocante a potabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água

A grande porção de água no planeta causa uma falsa impressão de recurso inesgotável. Segundo autores especialistas em meio ambiente, 95,1% da água é salgada, sendo inadequada para consumo humano. Dos 4,9% restantes, 4,7% estão na forma de glaciário ou regiões subterrâneas de difícil acesso, e somente os 0,147% estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (BETTEGA et al., 2006).

A água é essencial na higiene pessoal, na produção de energia elétrica, na limpeza das cidades, na construção de obras, no combate a incêndios e na irrigação de jardins, entre outros. As indústrias utilizam grandes quantidades de água, seja como matéria-prima, seja na remoção de impurezas, na geração de vapor e na refrigeração. Dentre todas as nossas atividades, porém, é a agricultura aquela que mais consome água – cerca de 70% de toda a água consumida no planeta é utilizada pela irrigação (JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

De acordo com a FAO (2015) a água doce não está distribuída uniformemente pelo globo. Sua distribuição depende essencialmente dos ecossistemas que compõem o território de cada país. Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial.

Segundo relatório da Agência Nacional das Águas (ANA) intitulado “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil”, de 2015 (referente a 2014), o Brasil possui 13% da água doce disponível do planeta, mas sua distribuição pelo território é desigual, pois cerca de 81% está concentrado na Região Hidrográfica Amazônica (ANA, 2015).

De acordo com UNESCO (2012) pouco menos de um bilhão de pessoas consome 86% da água existente, enquanto para 1,4 bilhões ela é insuficiente (em 2020 serão três bilhões) e, para dois bilhões, ela não é tratada, o que gera 85% das doenças. Prevê-se que, em 2032, cerca de cinco bilhões de pessoas serão afetadas pela escassez de água.

2.1.1 Caracterizações da água subterrânea

O homem basicamente possui dois recursos para seu abastecimento de água: a subterrânea e a de superfície. O manancial subterrâneo é destacado por ser uma importante reserva de água natural, e esta água não necessita de tratamento prévio, devido ao seu longo e eficiente processo natural de filtração no subsolo (COSTA; GILDO; SANTOS, 2016).

A água do subsolo segundo os autores Costa, Gildo e Santos (2016) começa por meio da infiltração que juntamente com a ação gravitacional atua em certos movimentos dessas águas que são reguladas de acordo com os materiais presentes nelas.

Essa infiltração é concedida pela presença de materiais porosos e permeáveis, como solos arenosos e rochas expostas. Os mananciais subterrâneos têm uma fundamental importância em todo o mundo; estima-se que entorno de 1,5 bilhões da população urbana e principalmente a rural tem suas necessidades supridas (SILVA; LOPES; AMARAL, 2016).

As águas subterrâneas são recursos auto renováveis porém, por atuação humana vem ocorrendo um grande desequilíbrio ecológico afetando diretamente os cursos de rios e de fontes naturais. Algumas fontes naturais são alimentadas por lençóis de água que podem secar quando a água infiltrada é retida de forma bruta, conseqüentemente há a destruição da cobertura vegetal, que antes auxiliava na retenção das águas das chuvas (PALUDO, 2010).

As águas subterrâneas são mais limpas que as águas superficiais, pois elas são protegidas por centenas de metros de rochas, não necessitando do mesmo grau de tratamento para o consumo humano (SANTOS et al., 2013).

2.1.2 Caracterização de água potável

A água é um dos recursos naturais mais importantes no planeta e até bem pouco tempo era considerado como um bem infinito. De acordo com FAO (2015) o aumento da população vem provocando a degradação dos recursos hídricos por causa de seus usos múltiplos destacando entre eles a agricultura, o abastecimento público, a pecuária, indústrias.

Embora a maior parte da superfície da Terra esteja ocupada de água, somente cerca de 2,5% são de água doce, com um mínimo de 0,06% correspondente à água dos rios, lagos, biomassa entre outros. O restante da água doce está no subsolo e nas calotas polares sendo estas duas de difícil acesso (ESTEVEZ, 2011).

A norma brasileira estabelece padrões de qualidade distintos para águas naturais e tratadas. Para águas naturais, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 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”. As águas tratadas são normalizadas conforme a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Essa portaria “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”

A avaliação da presença de organismos patogênicos na água é determinada pela presença ou ausência de um organismo indicador e sua respectiva população. O isolamento e identificação de cada tipo de microrganismo exigem uma metodologia diferente e a ausência ou presença de um patógeno não exclui a presença de outros.

Para um microrganismo ser considerado indicador ideal, são necessárias algumas características, tais como: ser aplicável a todos os tipos de água, ter uma população mais numerosa no ambiente que outros patógenos, sobreviver melhor que os possíveis patógenos, possuir resistência equivalente a dos patogênicos aos processos de autodepuração e ser detectado por uma metodologia simples e barata. Infelizmente, não existe um indicador ideal de qualidade sanitária da água, mas sim alguns organismos que se aproximam das exigências referidas (CETESB, 2008; LEITÃO et al., 1988).

2.1.3 Poços artesianos como fonte de água potável

Poços artesianos são poços perfurados com diâmetros pequenos, de grande profundidade com um detalhe importante: a água jorra do solo naturalmente já que a mesma obtém pressão suficiente para subir à superfície. Nos casos em que essa pressão não é suficiente, temos como auxílio o uso de bombas, mudando assim a sua definição para poço semi artesiano (RAUBER; CRUZ, 2013).

A perfuração de um poço artesiano dispõe de normas técnicas e de tecnologia que possa garantir maior segurança e poderá oferecer totais condições do aproveitamento da água subterrânea, dando-lhes as seguintes vantagens:

- Custo por m³ menor a qualquer outra forma de abastecimento;
- Abastecimento para todos os fins e suprimento constante de água independentemente das redes gerais de abastecimento;
- fim da estiagem.

Outro fator é que são buscadas águas dos aquíferos, ou seja, são regiões com alta concentração de água infiltrada em rochas e sedimentos. Tal procedimento é equivalente ao processo de filtração. Devido às grandes profundezas os aquíferos estão protegidos da contaminação causada pelo homem, e que muitas vezes não é necessário um tratamento antes do consumo (RAUBER; CRUZ, 2013; SANTOS et al., 2013).

2.2 Qualidade da Água

O acesso universal à água potável é um dos maiores desafios enfrentados pela comunidade internacional no século XXI. Para superá-lo, é necessário solucionar problemas como sistemas de distribuição ineficientes, que nos países pobres apresentam baixos percentuais de atendimento à população, gestão inadequada, desperdícios e a poluição dos corpos hídricos, que limita os pontos de captação de água e dificulta o atendimento aos padrões de potabilidade pelo tratamento (UNDP, 2006). Em julho de 2010, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu o direito à água e ao saneamento, considerando que estes são indispensáveis para o alcance dos demais Direitos Humanos (UNDP, 2011). A integração bem-sucedida de tratamento e abastecimento de água pode auxiliar na solução dos problemas de gestão, saúde, na redução dos custos e no fornecimento adequado para toda a população.

A água destinada ao consumo humano deve atender certos requisitos de qualidade, os quais variam de acordo com as diferentes realidades. A água contém impurezas de ordem física, químicas e biológicas e os teores destas impurezas devem ser eliminados até o nível que não prejudiquem nenhum ser humano, sendo estabelecidos pelos órgãos de saúde pública como padrões de potabilidade. De acordo com a portaria nº. 2914 de 2011 do Ministério da Saúde que define os padrões para consumo humano, a água deve atender aos critérios microbiológicos, físicos e químicos.

2.2.1 Qualidades microbiológicas

A contaminação do sistema público de abastecimento de água, por esgoto, geralmente é detectada pela presença de coliformes na água; trata-se de um grupo de bactérias, pertencentes à família *Enterobacteriaceae* e são classificados como bacilos Gram-negativos de importância clínica, sendo os principais organismos anaeróbios facultativos presentes no intestino grosso dos humanos. O gênero *Escherichia*, consiste em cinco espécies entre elas podemos destacar a *Escherichia coli* é a mais comum clinicamente importante por se tratar de ser uma bactéria termotolerante, exclusivamente por ser de origem fecal oriundos de fezes de animais ectodérmicos, sendo um indicador de contaminação de águas por fezes. Falhas na proteção e tratamento efetivo da água expõem a comunidade ao aparecimento de doenças de veiculação hídricas (WHO, 2017).

Algumas doenças de transmissão via consumo de água podem resultar em sérios agravos à saúde, tais como a febre tifoide, a cólera, hepatite infecciosa, causada pelos vírus da hepatite A e E, doenças causadas pelas bactérias *Shigella* spp. e *Escherichia coli* O157; outras resultam em efeitos mais brandos, como as diarreias provocadas por Norovirus e *Cryptosporidium* (WHO, 2017).

Conforme Carli (2015) o termo potável significa água que se pode beber, por isso a água para consumo humano precisa ser analisada periodicamente e sua qualidade está relacionada à características desejáveis ao fim que se destina. Suas qualidades intrínsecas podem variar dependendo do local e das condições de origem, pois o fato de atravessar barreiras, campos e cidades implicam na contaminação por despejos de todos os tipos.

Doenças infecciosas causadas por bactérias, vírus e protozoários são as mais comuns, bem como as mais divulgadas associadas aos riscos à saúde pelo consumo de água. Já as doenças helmínticas são frequentemente associadas ao contato com solos e ao consumo de alimentos contaminados (MATSUCHITA et al., 2014; WHO, 2017).

A segurança da água fornecida para consumo não está relacionada apenas ao modo de transmissão fecal-oral, pois existem alguns organismos que podem se desenvolver nas tubulações dos sistemas de abastecimento, como a bactéria *Legionella* e o protozoário *Naegleria fowleri* transmitidos principalmente via inalação. O acesso à água segura para consumo humano contribui ainda para a minimização da transmissão de outras doenças associadas ao contato da pele com água contaminada, por exemplo, quando da coleta e transporte manual de água ao ambiente domiciliar (WHO, 2017).

Dentro dos padrões de potabilidade (qualidade microbiológica) pré-estabelecidos na Portaria nº. 2914/2011, pode-se destacar 4 (quatro) parâmetros da água para consumo humano (Tabela 1).

Tabela 1: Padrão Microbiológico da Água Potável.

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100mL
Água tratada no sistema de distribuição (rede e reservatórios)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100mL
Coliformes totais	Sistemas que analisam ≥ 40 amostras por mês: - 95% das amostras examinadas deverão apresentar ausência em 100 mL, mês. Sistemas que analisam ≤ 40 amostras por mês: - apenas uma amostra poderá apresentar resultado positivo em 100 mL, mês.

Fonte: Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

2.2.2 Qualidade Físico-químico

De acordo com Telles e Costa (2007) as características físicas da água estão associadas à ordem estética e subjetiva da água, com parâmetros estabelecidos, tais como: cor, temperatura, sabor, odor. Entretanto, a melhor preferência da água não garante qualidade adequada ao consumo.

Já as características químicas da água estão relacionadas às substâncias dissolvidas que alteram valores em parâmetros como: acidez, alcalinidade, pH, além disso, são importantes para detectar se há metais pesados na água (TELLES; COSTA, 2007).

Com a finalidade de estabelecer padrão de potabilidade das águas foram criadas legislações que regulamentam a qualidade e potabilidade da água e estabelecem parâmetros e valores de referências quanto às características físicas, químicas e biológicas da água (SPERLING, 2005).

Dentre os parâmetros físico-químicos essa pesquisa propõe-se a destacar: Condutividade elétrica, pH, Cloro residual livre, Ferro, nitrato, nitrito, cromo, sulfato, fosfato e cobre, ou seja, a água deverá estar de acordo com os padrões físico-químicos descritos a seguir:

- O pH – potencial hidrogênio iônico (pH) é a medida da concentração de íons hidrogênio (H+) numa escala antilogarítmica, sendo que seus valores variam de 0 a 14, em valores menores que 7 a concentração de íons (H+) é predominante, difine-se que o meio é ácido; já em valores maiores que 7 a concentração de ânions hidroxilas prevalece e ao contrário, o meio é básico. O pH pode sofrer alterações de forma natural, em se tratando de poços artesianos, pois fatores como dissolução de rochas – sub entende-se solubilidade de cátions e ânions podem influenciar no resultado dos valores e conseqüentemente nas condições organolépticas do produto em questão – especialmente gosto, esse fato é considerado de origem natural. Outrossim, existe também a antropização do meio, tais como: despejos dominosanitários, despejos industriais, desmatamentos, etc. Em sistemas de abastecimento público (ETA) os valores de pH são importantes, pois não apenas fazem parte da característica organolépticas do produto, mas como também podem ter conseqüências no sistema como um todo, pois dependendo dos valores finais de pH esse produto (água) pode ser corrosivo e agressivo, quando ácido, até mesmo ao sistema em questão, digo as tubulações como um todo. Já na

outra margem em valores de pH elevados podem causar incrustações. A Portaria MS n.º 2914/2011 estabelece que o intervalo de pH para águas de abastecimento está entre 6,5 e 9,5. Esta faixa tem como objetivo diminuir os problemas de corrosão e incrustação nas redes de distribuição.

- O Cromo e o Cobre fazem parte dos elementos que mesmo em baixas concentrações, conferem ao produto final (água) características tóxicas, tornando-a imprópria para o seu uso em geral. Não obstante ele faz parte de uma faixa de poluentes denominada de micropoluentes, sendo que podemos destacar que os metais pesados, tais como: zinco, arsênio, cádmio, prata, cromo, níquel, chumbo, cobre e mercúrio são os mais importantes uma vez que geralmente são encontrados nas águas residuárias industriais. A Portaria nº 2914 de 2011 estabelece em seu Anexo VII que 0,05 mg/litro é o valor máximo permitido (VMP). Já para o cobre a portaria estabelece o valor máximo permitido de 2 mg/l (VMP).
- O Nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato; as fontes de nitrogênio para os corpos d'água são diversos, sendo uma das principais o esgoto sanitário lançado e efluentes industriais (BRAGA et al., 2003); é um elemento essencial no crescimento das algas e em elevadas concentrações em lagos ou represas pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização); na forma de amônia livre é tóxico aos peixes, por outro lado o nitrogênio tem implicações na operação das estações de tratamento de esgotos (SPERLING, 2005). Basicamente existem três formas dos compostos nitrogenados que são importantes e que merecem atenção especial quando se trata de mananciais superficiais e subterrâneos. Destacam-se: Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e nitrato. O nitrogênio ainda é um dos melhores indicadores de poluição, especificamente de despejos domésticos, bem como de fertilizantes.
- O Cloro é um composto que a princípio parece tão elementar possui uma característica primordial e importantíssima dentro do processo de tratamento de água, especificamente em sistemas de abastecimento públicos e ou privados. É um forte agente oxidante, sendo utilizado em alguns casos, quando necessário, na pré-coloração para oxidar a matéria orgânica presente, auxiliando o processo de floculação, contribuindo na remoção de partículas coloidais nas operações unitárias envolvidas.

O cloro possui as principais características para ser utilizado como agente desinfetante, segundo (ROSSIN, 1987), sendo:

- Possui capacidade de destruir os organismos patogênicos em um tempo razoável;
- Não é tóxico para o homem e para os animais domésticos, não afetam o palato quanto a gosto e ou odor;
- Custo de utilização baixo, bem como facilidade em manuseio, dosagem e transporte
- Análise de residual fácil e uma resposta rápida;
- Produz uma barreira sanitária, mesmo após um período de aplicação.

O cloro é o desinfetante comumente empregado e considerado eficaz, pois age sobre os micro-organismos patogênicos presentes na água, não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção, é econômico, não altera outras qualidades da água depois de aplicado, não requer operação complexa para sua aplicação e mantém um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de ser aplicado. A desinfecção é o objetivo primordial da cloração, segundo Bazzoli (1993) o uso das palavras "desinfecção" e "cloração" chegam a ser utilizados como sinônimos. Alguns fatores preponderantes são importantes a ser destacados no processo de desinfecção relativos aos parâmetros de pH e temperatura, sendo que a cloração é inversamente proporcional este e diretamente proporcional a esse. Segundo Degrémont (1979) o tempo de reação do cloro na temperatura ambiente é de décimos de segundos.

- A condutividade elétrica indica a capacidade do produto, ou substância em conduzir corrente elétrica em função da presença das substâncias que a compõem, especificamente aquelas que sofrem o processo de dissociação (cátions e ânions). Esse parâmetro é diretamente proporcional a concentração da solução quando nessa ocorrer o processo de dissociação; essa relação de

proporcionalidade quase que na sua totalidade é válida desde que o processo descrito ocorra, logo, quanto maior o caráter iônico do composto maior a dissociação, e maior a capacidade em conduzir corrente elétrica;

- O Ferro - seu consumo é importante para o organismo, pois este elemento químico é responsável pelo transporte de oxigênio, participa na formação de enzimas e é um dos principais componentes dos glóbulos vermelhos e células musculares (KLEIN et al., 2011); nas águas, pode ser encontrado e inclusive está presente em quase todas as águas subterrâneas com teores abaixo de 0,3 mg L-1. As águas subterrâneas possuem menos risco de contaminação do que as águas superficiais, porém, mesmo com proteção, elas podem apresentar problemas de qualidade. Teores elevados de ferro podem alterar as características da água, como cor, sabor e odor e, além disso, podem causar manchas em pisos e roupas.
- O Sulfato - em estações de tratamento de água não possuem grande importância a não ser pelo fato de que na maioria das operações unitárias de floculação são utilizados reagentes coagulantes a base de sulfatos; sendo que os mais comuns são: sulfato de alumínio e sulfato ferroso. A escolha de um ou de outro está ligada exclusivamente ao conjunto de fatores, mas especificamente ao pH do manancial a ser utilizado. Quando se tratar de um manancial cujo pH é considerado mais elevado, ou seja, numa faixa de 6 a 9 é recomendável que seja utilizado o sulfato de alumínio, caso o pH seja mais baixo é recomendável que seja utilizado o sulfato ferroso pois favorece a reação de floculação.

2.3 Legislação e Características para Água Potável

Há aproximadamente 182.600 m³/s da produção hídrica dos rios brasileiros vem sendo disponibilizados em média a 33.900m³/habitante ano e levando em consideração a vazão produzida na região Amazônica é estimada em 89.000 m³/s, porém se sabe que no país esta água é distribuída de forma irregular (ZOBY; MATOS, 2002).

De acordo com a Constituição Federal (CF) do Brasil (1988) art. 20, parágrafo III: “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais” são considerados bens da União.

Ainda na CF (1988) no Art. 22, parágrafo IV, afirma que compete privativamente à União legislar sobre as “águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão” e, no Art. 26, inclui entre os bens dos Estados às águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da união.

A CF (1988) na seção IV também descreve no Art. 43 que “Para efeitos administrativos a União poderá articular sua ação em um mesmo complexo geoeconômico e social, visando o seu desenvolvimento e à redução das desigualdades regionais”, ressaltando no § 2º parágrafo que “[...] os incentivos regionais terão prioridade para o aproveitamento econômico e social dos rios e das massas de água represadas ou represáveis nas regiões de baixa renda, sujeitas à secas periódicas” destacando no § 3º, que União incentivará a recuperação de terras áridas e cooperará com os pequenos e médios proprietários rurais para o estabelecimento, em suas glebas, de fontes de água e de pequena irrigação (BRASIL, 1997).

Esses conceitos elencados na Constituição Federal deixam claro que a União é a detentora das fontes de água e tem o poder exclusivo de legislar sobre o uso e consumo dos recursos hídricos. Borsoi e Torres (2012) afirmam que é necessário o controle da poluição da água para assegurar e manter níveis de qualidade exigidos para sua utilização, sendo que a vida no meio aquoso depende da quantidade de oxigênio dissolvido, de modo que o excesso de dejetos orgânicos e tóxicos na água reduz o nível de oxigênio e impossibilita o ciclo biológico normal, principalmente em função do aumento quantitativo da população mundial por provocar a intensificação da exploração extrativista, comprometendo diretamente a saúde e o bem estar da população.

O Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) foram criados pelo decreto nº 88351 de 1983, sendo que após dois anos, o decreto passou por algumas reformulações sendo validado pelo decreto nº 91305, de 1985, que define a Política

Nacional do Meio Ambiente o que conseqüentemente foi um grande passo de fundamental importância no gerenciamento das políticas de recursos hídricos no Brasil.

Nesse sentido Borsoi e Torres (2012), afirmam que a legislação ambiental brasileira, é constituída pela Lei 6.938, de 31.08.81, e Resolução Conama 001, de 23.01.86 que conceituou as águas interiores, e superiores e as subterrâneas como um recurso ambiental, e a degradação da qualidade ambiental, por sua vez, como qualquer alteração desse recurso, ressaltam que a legislação ambiental vigente Resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº20/86 classifica as águas do território brasileiro, de acordo com sua salinidade, em água doce (salinidade inferior ou igual a 0,5%), salobra (salinidade entre 0,5% e 30%) e salina (salinidade superior a 30%). Em 1997 foi sancionada a lei 9.433 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo considerado um novo marco institucional no país, incorporando princípios, normas e padrões de gestão de água (BORSOI; TORRES, 2012).

Para obtenção de uma água consideravelmente potável devemos avaliar após o tratamento o manancial a ser utilizado. No Brasil esses mananciais estão classificados conforme a resolução do CONAMA nº20/86, que classifica as águas doces, salobras e salinas como parte de defesa de seus níveis de qualidade, avaliando parâmetros e indicadores específicos assegurando sua finalidade (PALUDO, 2010).

Conforme a legislação (BRASIL, 1986), classifica as águas doces para consumo humano em território nacional em:

I – Classe Especial: são águas destinadas ao uso doméstico, sem tratamento prévio ou com desinfecção simples, preservando as comunidades aquáticas e o equilíbrio natural;

II – Classe 1 – As águas após tratamento simplificado são destinadas ao abastecimento doméstico, à recreação primária, irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas e a criação de espécie destinada a alimentação humana;

III – Classe 2 – As águas após tratamento convencional são destinadas ao consumo humano, à irrigação de plantas frutíferas e a criação natural ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana;

IV – Classe 3 – As águas após tratamento convencional são destinadas ao abastecimento doméstico, à irrigação arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

O tratamento convencional deverá apresentar parâmetros físico-químicos e microbiológicos de acordo com Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que determina padrões de procedimentos e aponta responsabilidades com a relação ao controle e vigilância da qualidade da água, além do padrão de potabilidade para consumo humano.

A portaria destaca as seguintes definições para água potável:

- A água potável deverá atender ao padrão de potabilidade os parâmetros microbiológicos (tabela 2.1), físico-químicos e radioativos e que não oferecem risco para a saúde.

- O abastecimento de água para consumo humano coletivo de forma alternada inclui: fontes, poços comunitários, distribuição por carros pipas e instalações verticais e horizontais.

De acordo com Pompeu (2002) o direito de águas pode ser avaliado como um conjunto de princípios e normas jurídicas que visam disciplinar o domínio, o uso (mau ou bom), o aproveitamento e a preservação das águas.

3 METODOLOGIA

O presente estudo em andamento avalia a qualidade da água tratada e distribuída à população de Cacoal pela Autarquia SAAE e também a água de poços artesianos dos principais bairros de Cacoal, por meio dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos.

Para as análises microbiológicas e físico-químicas foram coletadas amostras em 10 pontos onde existem água distribuída pela Autarquia SAAE, e foram submetidas a análises com intervalo de 30 dias, iniciando no mês de novembro de 2018 indo até o mês de maio de 2019. Os 10 pontos da rede de distribuição pública representam os principais bairros por número de população, ou seja, a escolha fora realizada de forma que a mesma fosse a mais representativa possível, mesmo de posse da informação

de que a cidade esta em amplo desenvolvimento com o surgimento de novos bairros. Assim, foram feitas coletas em 10 pontos distribuídos nos bairros: industrial, Colina Park, Vista Alegre, Parque dos Lagos, Jardim Clodoaldo, Centro, Vilage do Sol, Jardim Europa, Jardim Eldorado e São Marcos e as coletas foram realizadas a cada 30 dias pelo período de 7 meses (figura 2). A escolha dos pontos de coleta de água distribuída pelo SAAE atendem os critérios onde existe água ininterruptamente por 24 horas/dia e estão representando os principais bairros do município pela localização estratégica¹.

Também foram realizadas coletas e análises a partir de 07 poços artesanais localizados especificamente em estabelecimentos comerciais e/ou comércios uma vez que esses disponibilizam gratuitamente o produto em questão à população. Para as coletas dos poços artesanais procurou-se amostras a partir de pontos estratégicos, onde há maior acesso pela população, como também maior fluxo de pessoas e consequentemente maior renovação do lençol freático, ou seja, a escolha dos poços baseou-se principalmente na disponibilidade do empreendimento; normalmente há poços artesanais em empreendimentos comerciais de médio a grande porte, sendo assim essas, foram realizadas em estabelecimentos comerciais localizados nos maiores bairros onde existe população de todas as classes, inclusive de baixa renda (Figura 1).

De acordo com Gil (2010), Fonseca (2002) e Sampieri, Collado e Lucio (2006), esse estudo caracteriza-se como quantitativo, uma vez que os dados quantificados são de amostras representativas; os resultados são um retrato real do alvo da pesquisa, utilizando a contagem e a estatística para estabelecer os padrões e estes podem ser generalizados.

A investigação quantitativa generaliza os resultados de maneira ampla, concedendo o controle sob os fenômenos, facilitando a comparação a estudos similares (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

Quanto aos objetivos a pesquisa enquadra-se, como pesquisa descritiva, uma vez que tem como objetivo descrever as características da água (a partir dos objetivos propostos). A utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados caracteriza este tipo de estudo, que tem por finalidade estudar características da amostra (GIL, 2010).

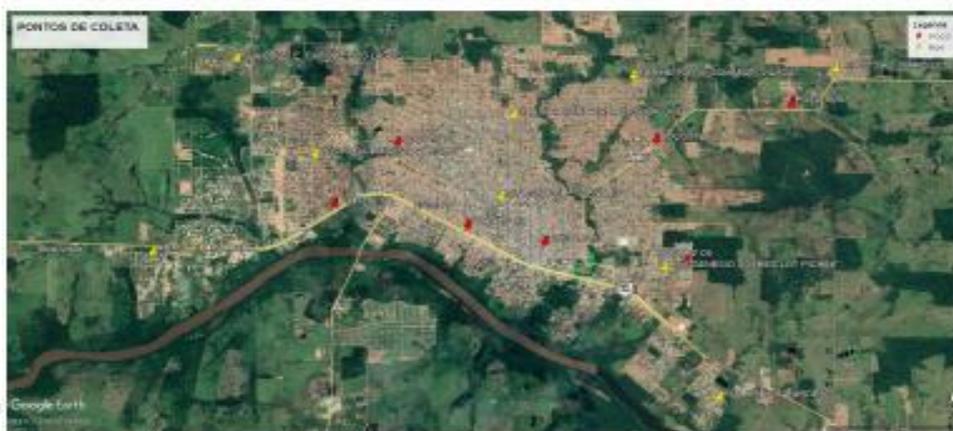


Figura 1: Região geográfica do Município de Cacoal-RO, onde foram coletadas amostras de água distribuídas pelo SAAE (pontos amarelos) e dos Poços artesanais (pontos vermelhos).

Fonte: Google Maps, 2019.

Foi realizada análise microbiológica e físico-química das amostras de água coletadas. A classificação quanto à potabilidade das amostras teve como parâmetros microbiológicos e físico-químicos os estabelecidos pela Portaria Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, sendo que a mesma fora posteriormente revogada quando da publicação da Portaria de Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde PRC 005 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.

¹ Localização estratégica – são pontos localizados estrategicamente em locais representativos abrangendo quase que em sua totalidade o município, ao ponto de permitir generalizações dos resultados obtidos.

No entanto essa consolidação e substituição da Portaria Nº. 2914 de 12 de dezembro de 2011 pela PRC 005/2017 não trouxe nenhuma mudança nos procedimentos e/ou parâmetros a serem utilizados para classificação quanto a potabilidade ou não da água; ou seja, ao se citar nesse trabalho o parâmetro estabelecido pela Portaria Nº. 2914 de 12 de dezembro de 2011 está se posicionando de acordo com a PRC 005/2017 do Ministério da Saúde.

3.2.1 Análises Microbiológicas

A identificação, bem como a quantificação dos micro-organismos patogênicos potencialmente presentes no ambiente aquático demanda tempo e são onerosos, pois na totalidade das análises essas devem ser, quase sempre, realizadas em duplicidade quando não em triplicata, pois, trata-se de testes altamente sensíveis, uma vez que esses organismos são suscetíveis a variações ínfimas de: temperatura de incubação, concentração de substrato, assepsia, dentre outras.

O objetivo da análise microbiológica é garantir ao usuário a qualidade do produto em questão, nesse caso específico, garantindo a ausência de riscos da ingestão de patógenos causadores de doenças, provenientes na sua maioria em fezes de animais, inclusive, humanas, especificamente em animais de sangue quente. Importante destacar que o fenômeno da antropização trouxe um aumento no volume de esgoto, conseqüentemente num incremento dos micro-organismos patogênicos, sendo esses prejudiciais à saúde humana. Dentre os diversos patógenos podemos citar os vírus, protozoários, bactérias e helmintos. Sendo que como indicadores de contaminação fecal, tem-se as bactérias do grupo coliforme como referência pelas características:

- a) Sua concentração na água contaminada é diretamente proporcional com o grau de contaminação fecal;
 - b) São facilmente detectáveis;
 - c) São encontrados nas fezes de animais de sangue quente (humanos);
 - d) São resistentes a tenso ativos e a agentes desinfetantes;
 - e) Tem maior tempo de sobrevivência na água que os organismos patogênicos intestinais.
- De acordo com o Manual de Controle da qualidade da água (BRASIL, 2014, p. 106):

Historicamente a literatura reporta que, em 1855, Theodor Escherich isolou uma bactéria em fezes de crianças, a qual recebeu a denominação original de *Bacterium coli* e mais tarde foi confirmada como habitante do trato intestinal de seres humanos e animais de sangue quente (Hofstra e Huisin't Veld, 1988). Subseqüentes tentativas de diferenciar *Bacterium coli* de outras bactérias da família *Enterobacteriaceae*, entre estas, aquelas mais nitidamente associadas à contaminação de natureza fecal, deram origem à subclassificação do grupo coli - *aerogenes*, ou "coliformes", e a definição de sua composição pelos gêneros *Escherichia*, *Klebsiella* e *Citrobacter* (1956), posteriormente complementado pela inclusão do gênero *Enterobacter* (Müller e Mossel, 1982; Hofstra e Huisin't Veld, 1988). No desenvolvimento do conceito de organismos indicadores de contaminação e de sua aplicação na avaliação da qualidade sanitária de ambientes e produtos de consumo humano, por muito tempo prevaleceu o emprego da *Escherichia coli* (E. coli). Entretanto, a busca por agilidade e simplicidade deu lugar à utilização disseminada dos "coliformes" e, mais tarde, dos "coliformes fecais", diferenciados pelo teste de termo tolerância, introduzido por Eijkman ainda em 1904 (BRASIL, 2014, p. 106)

As bactérias do grupo coliforme são definidas na Portaria MS nº. 2914/2011, como:

- ✓ Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ oC em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;
- ✓ *Escherichia coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ oC em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a ureia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo

considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

3.2.1.1 Procedimento de análise bacteriológica: qualitativo – presença/ausência (P/A)

As análises bacteriológicas na presente pesquisa foram realizadas obedecendo ao seguinte procedimento:

- 1) Coletou-se 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiosulfato de sódio e adicionou todo o conteúdo do flaconete de Colilert. Fechou o frasco e agitou levemente para dissolver o reagente;
- 2) Incubou o frasco contendo a amostra e o Colilert por 24 horas a 35°C;
- 3) Após a incubação, observou-se visualmente os frascos para a leitura dos resultados. Caso a amostra se apresentasse incolor, o resultado foi classificado como negativo;
- 4) Entretanto quando houve o desenvolvimento de coloração amarela, o resultado foi classificado como positivo para Coliformes Totais;
- 5) E se a amostra se apresentou amarela e fluorescente com luz UV-365 nm, o resultado foi classificado como positivo para E. coli (confirmativo).

3.2.1.2 Procedimentos de análise bacteriológica: quantitativa – Número Mais Provável (NMP)

As análises bacteriológicas quantitativas foram realizadas seguindo os procedimentos:

- 1) Coletou-se 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiosulfato de sódio;
- 2) Filtrou-se no sistema a vácuo previamente montado de modo que toda a amostra passasse pela membrana e posteriormente inoculou no meio de cultura Cromocult (MERCK);
- 3) Incubou a placa contendo a membrana filtrada com a amostra por 24 horas a 36 °C;
- 4) Após a incubação observou-se visualmente as placas para a leitura dos resultados. Caso a amostra apresentasse coloração azul escuro e violeta como E. coli, o total de todas as colônias vermelho e azul considerou-se a contagem de coliformes totais.

3.2.2 - Análises físico-químicas

Foram determinados os aspectos como Ferro, pH, condutividade, cromo, nitrato, nitrito, sulfato, fosfato e cobre e cloro residual livre, de acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), bem como seguiu-se os procedimentos do Manual Espectrofotometro DR 3900 da HACH.

3.3 Análise multivariada de dados

Para iniciar a análise multivariada de dados na presente pesquisa primeiramente verificou-se o comportamento das médias das variáveis e seus respectivos intervalos de confiança a 5% de probabilidade obtidos pela distribuição t de *Student* (MORETTIN,2011).

Uma análise prévia de correlação entre as variáveis foi realizada no intuito de averiguar o grau de correlação das variáveis envolvidas; conforme Cohen (1988), as correlações acima de 0,5 foram destacadas para análise.

Para evidenciação dos resultados escolheu-se a análise de Clusters para verificar a existência de características semelhantes entre os objetos explorados (os poços e os pontos de coletas do SAAE). Conforme Hair (2005), se a classificação for bem sucedida, os objetos dentro dos clusters estarão próximos quando representados graficamente e diferentes agrupamentos quando estiverem distantes.

0

O procedimento para verificar a similaridade foi conforme a distância euclidiana em que distâncias menores indicam maiores similaridades e o gráfico escolhido foi o dendograma obtido pelo processo de agrupamento hierárquico (HAIR, 2005).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Caracterizações do Município de Cacoal

Cacoal é um município conhecido também como a capital do café é um dos mais importantes municípios do Estado de Rondônia de grande potencial agrícola. Está localizado na porção centro-leste do estado, a uma latitude de 11°26'19" sul e a uma longitude de 61°26'50" oeste, possui 78.574 habitantes de acordo com o censo IBGE/2010 representando 1.6% do Estado. Como mostra a figura 2 o município limita-se as cidades de presidente Médici, Espigão d'Oeste ao leste, Castanheiras e Ministro Andreazza ao oeste, Pimenta Bueno ao sudoeste e Rolim de Moura ao Sul, estando distante da capital 479 Km (SAAE, 2018).

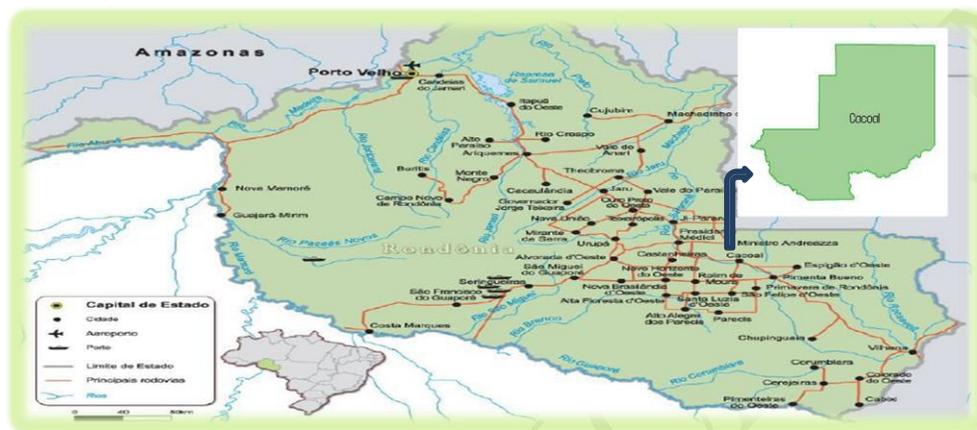


Figura 2: Mapa da Cidade de Cacoal - RO

Fonte: SAAE, 2018

O clima da região corresponde às florestas tropicais com chuvas do tipo monção. Caracteriza-se por elevadas precipitações cujo total compensa a estação seca, permitindo a existência de floresta. Esse tipo climático domina toda a área, onde a temperatura média fica em torno de 24°C. Cartas de isoietas anuais demonstram variações de precipitações anuais entre 1.750 e 2.750 mm. Os valores de umidade relativa apresentam umidade entre 80% e 85%. Quanto a Hidrografia o principal curso d'água é o Rio Machado (Figura 3), chamado mais adiante de Rio Ji-Paraná, afluente do Rio Madeira, pela margem direita.



Figura 3: Rio Ji-Paraná - RO

Fonte: Pesquisa (2018)

4.1.1 Sistema de abastecimento de água

A água que é destinada para a população do município de Cacoal é captada no Rio Ji-Paraná e precisa ter determinadas características para ser definida como água potável, conforme legislação pertinente. Esta água que é fornecida e tratada pelos conjuntos de moto-bombas e sistemas elevatórios

denominados Estação de Tratamento de Água (ETA) de acordo com os padrões de potabilidade do MS (Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011) (SILVA et al., 2010).

O tratamento da água tem como objetivo adequar a água bruta aos padrões de potabilidade, com o menor custo possível de implantação, manutenção e operação. A escolha mais adequada para uso de tal tecnologia são os fatores: característica da água bruta, custos envolvidos, manuseio e confiabilidade dos equipamentos, flexibilidade operacional, localização geográfica e características da população. No tratamento destacam-se cinco etapas para o tratamento convencional ou tratamento de ciclo completo que são: coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração, ajustes finais na desinfecção (SAAE, 2018) (figura 4).

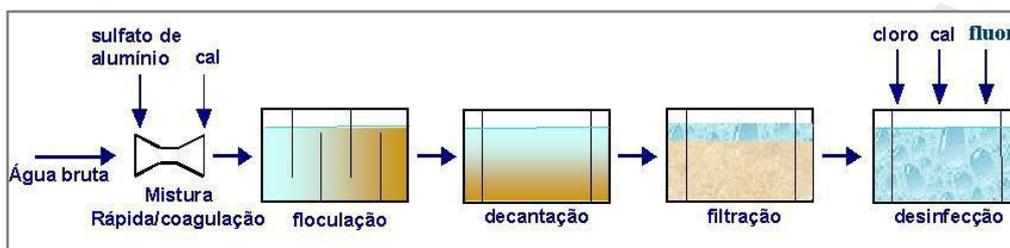


Figura 4: Croqui genérico do atual tratamento.

Fonte: SAAE, 2018.

4.1.1.1 Estação de tratamento de água-SAAE

O parque da ETA situado nas coordenadas 11°26'43,13"S;61°26'45,42"O, é constituído de 3 módulos de tratamento, formados por Módulo nº1 Metálico (5 anos) constituído de decantador e filtros, cuja produção teórica é de 250m³/h (69l/seg.); Módulo nº2 denominado de Filtro Russo (26 anos) cuja produção teórica é de 200m³/H (55l/seg.); e mais Módulo nº3 do tipo convencional (20 anos) de 250m³/h (69l/seg.), que perfazem uma produção somada média de ±700m³/h (±193l/seg.) como mostra a figura 5.



Figura 5: Localização da ETA - módulos tratamento 1-2-3 coordenadas - 11°26'43,13"s; 61°26'45,42"o.

Fonte: SAAE, 2018.

4.1.1.2 Tratamento de Água

O processo convencional de tratamento de água é dividido em fases. Em cada uma delas existe um rígido controle de dosagem de produtos químicos e acompanhamento de padrões de qualidade. Antes de ser consumida, a água bruta, da maneira que está na natureza, precisa ser tratada cuidadosamente. Somente depois de um rigoroso controle de qualidade, quando é constatada sua potabilidade, a água é bombeada para reservatórios e depois ela vai para as residências pela rede de distribuição. A figura 6 representa o sistema de captação do SAAE de Cacoal.



Figura 6: Captação da água

Fonte: SAAE, 2018.

Na captação (figura 6) a água é retirada do rio por motor bombas num volume de $1.100\text{m}^3/\text{h}$. e por meio de tubulações é levada à Estação de Tratamento de Água (ETA), onde posteriormente é tratada e recebe tratamentos químico, físico, bacteriológico, adição de cal e sulfato de alumínio (figura 7).



Figura 7: A água bruta é o mesmo que água não tratada, pode ser água de um rio, fonte, poço, barragem.

Fonte: SAAE, 2018.

Nessa estação são tratados 900m^3 de água por hora, devido uma perda ocorrida durante o processo na ETA. É um volume de água tratada suficiente para a cidade de Cacoal, mas que será aumentado para 416 litros por segundo ou $1.500\text{m}^3/\text{h}$., através de um projeto de extensão e melhorias dos sistemas de abastecimento que já estão em andamento.

O sistema usado na cidade é o tratamento convencional de água que passa pelas fases de Adução, Floculação, Decantação, Filtração e Desinfecção. Essas etapas se complementam, buscando dessa maneira atender a portaria pertinente.

Na floculação, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro da câmara de floculação ganhando peso, volume e consistência; nesta fase, o sulfato de alumínio já fora adicionado e a reação de floculação já ocorrera, bem como as reações eletrostáticas (figura 8).



Figura 8: Flocculação

Fonte: SAAE, 2018.

Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água, sedimentando-se, no fundo dos tanques; neste processo a água ainda contém impurezas, por isso a água decantada precisa passar por filtros constituídos por camadas filtrantes que retêm a sujeira ainda restante (figuras 9).



Figura 9: Decantadores/Filtros

Fonte: SAAE, 2018.

Na desinfecção (figura 10) ou cloração a água já está limpa quando chega a esta etapa. Mas ela recebe ainda mais uma substância: o cloro. Este elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios, e o cal.



Figura 10: Sistema de cloração

Fonte (SAAE, 2018)

O reservatório com capacidade de 2.000 m³ é direcionado por diversos motores bombas para os diferentes setores da cidade. Setor de distribuição tem como objetivo manter o sistema abastecido por 24 h para os diversos bairros da cidade em horários diferentes de acordo com a localidade de cada setor através da rede de distribuição (adutoras) (figura 11).



Figura 11: Motores bombas.

Fonte: SAAE, 2018

4.4 Análise Estatística Multivariada Dos Casos (Água do Saae e Poços Artesianos)

A Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica de redução da dimensionalidade de dados multivariados num número menores de dimensões independentes, e tem por finalidade reduzir a complexidade das inter-relações entre um número potencialmente grande de variáveis observadas a um número relativamente pequeno de combinações lineares das variáveis originais (VIEIRA; RIBAS, 2011).

A Análise de Componentes Principais (PCA) baseada nos dados físico-químicos e microbiológicos, revelou um padrão similar de agrupamento de amostras, além de discriminar quais variáveis ou parâmetros foram mais significativas na distribuição dos dados, ou seja, se correlacionaram (Figura 12).

O coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1 e 1, sendo que o sinal, negativo ou positivo, indica a direção, enquanto que o valor indica a magnitude da correlação. Quanto mais perto de 1 mais forte é o nível de associação entre as variáveis. Quanto mais perto de zero, menor é o nível de associação, ou ausência de correlação. Uma correlação positiva indica que quando um parâmetro aumenta, ou outro também aumenta, ou seja, valores altos de determinado parâmetro estão associados a valores altos de outro parâmetro. Uma correlação negativa indica que quando um parâmetro aumenta, o outro diminui, ou seja, valores altos de determinado parâmetro estão associados a valores baixos de outro parâmetro (FIGUEIREDO FILHO et al. 2014).

Para este estudo foram selecionadas as variáveis que apresentaram o coeficiente de correlação superior a 0,5 com significância $\alpha < 0,05$. As variáveis que mais influenciaram a distribuição das amostras no gráfico foram pH, Condutividade, Sulfato e Cloro.

Variáveis	Ferro	Nitrato	Nitrito	Cobre	Cromo	Fosfato	Sulfato	Cloro	pH	ade	E.Coli	Fecais
Ferro	Correlaçã Sig. N	1 ,144 17	-.066 ,581 17	,060 ,802 17	-.089 ,819 17	-.096 ,734 17	-.350 ,168 17	-.341 ,180 17	,341 ,181 17	,240 ,354 17	,566 ,018 17	-.039 ,880 17
Nitrato	Correlaçã Sig. N	,144 ,581 17	1 ,321 17	,256 ,333 17	,250 ,823 17	,069 ,638 17	-.376 ,137 17	-.625 ,007 17	,153 ,556 17	,228 ,379 17	,129 ,622 17	-.114 ,663 17
Nitrito	Correlaçã Sig. N	-.066 ,802 17	,256 ,321 17	1 ,426 17	,207 ,378 17	,228 ,980 17	,007 ,645 17	-.120 ,984 17	,005 ,914 17	-.028 ,209 17	-.321 ,167 17	-.345 ,176 17
Cobre	Correlaçã Sig. N	,060 ,819 17	,250 ,333 17	,207 ,426 17	1 ,750 17	,083 ,655 17	,117 ,146 17	-.368 ,325 17	-.254 ,210 17	,320 ,803 17	,065 ,786 17	,071 ,396 17
Cromo	Correlaçã Sig. N	-.089 ,734 17	,059 ,823 17	,228 ,378 17	,083 ,750 17	1 ,053 17	-.477 ,023 17	,546 ,463 17	-.191 ,007 17	-.632 ,020 17	-.559 ,124 17	-.388 ,061 17
Fosfato	Correlaçã Sig. N	-.096 ,713 17	,123 ,638 17	,007 ,980 17	,117 ,655 17	-.477 ,053 17	1 ,003 17	-.675 ,196 17	-.330 ,196 17	,507 ,038 17	,325 ,202 17	,187 ,472 17
Sulfato	Correlaçã Sig. N	-.350 ,168 17	-.376 ,137 17	-.120 ,645 17	-.368 ,146 17	,546 ,023 17	-.675 ,003 17	1 ,017 17	,569 ,017 17	-.740 ,001 17	-.478 ,053 17	-.353 ,165 17
Cloro	Correlaçã Sig. N	-.341 ,180 17	-.625 ,007 17	,005 ,984 17	-.254 ,325 17	,191 ,463 17	-.330 ,196 17	,569 ,017 17	1 ,002 17	-.695 ,000 17	-.791 ,038 17	-.507 ,088 17
pH	Correlaçã Sig. N	,341 ,181 17	,153 ,556 17	-.028 ,914 17	,320 ,210 17	-.632 ,007 17	,507 ,038 17	-.740 ,001 17	-.695 ,002 17	1 ,000 17	,782 ,005 17	,643 ,005 17
Condutividade	Correlaçã Sig. N	,240 ,354 17	,228 ,379 17	-.321 ,209 17	,065 ,803 17	-.559 ,020 17	,325 ,202 17	-.478 ,053 17	-.791 ,000 17	-.782 ,000 17	1 ,009 17	,609 ,001 17
E.Coli	Correlaçã Sig. N	,566 ,018 17	,129 ,622 17	-.351 ,167 17	,071 ,786 17	-.388 ,124 17	,187 ,472 17	-.353 ,165 17	-.507 ,038 17	,643 ,005 17	,609 ,009 17	1 ,276 17
Coliforme Fecais	Correlaçã Sig. N	-.039 ,880 17	-.114 ,663 17	-.345 ,176 17	,220 ,396 17	-.463 ,061 17	,185 ,477 17	-.420 ,094 17	-.426 ,088 17	,650 ,005 17	,714 ,001 17	,276 ,284 17

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Figura 12: Correlação entre as variáveis para Análise dos Componentes Principais (PCA) baseado nos dados físico-químicos e microbiológicos das amostras de água do SAAE e dos poços artesanais.

Foi possível perceber uma correção positiva entre Ferro com E. coli e com Coliformes Fecais; essas correlações entre essas duas variáveis indicam que existem um sequestro de ferro por um importante fator de virulência através de bactérias (WHITT; SALYERS, 2002). Nesse sentido, Gyles e Fairbrother (2010) afirmam que E. coli possui recursos de aquisição e assimilação de ferro proveniente do hospedeiro, sendo eles: os sideróforos (enterobactina, aerobactina, entre outros) que promovem esse sequestro por meio da remoção de ferro de proteínas carreadoras e as hemolisinas capturam ferro obtido da lise de eritrócitos (ROCHA et al., 2002).

Houve, também, correlação positiva entre Sulfato e cloro, cromo e sulfato, e entre pH com fosfato, com condutividade e com E. coli. Em relação a correção positiva entre pH e E. coli isso ratifica os valores de pH encontrados nas amostras de água dos poços artesanais que apresentaram valores entre 6 e 9 o que remete à inibição parcial ou completa dos processos metabólicos (naturais) dos microrganismos (E. coli e outros) envolvidos na estabilização da matéria orgânica, especialmente pelo processo anaeróbico (VIEIRA, 2017). No tocante a água do SAAE as amostras apresentam pH abaixo dos parâmetros estabelecidos para consumo humano no Brasil, de acordo com Portaria nº. 2914/2011 e PRC nº 005/2017, o que sugere a presença da decomposição da matéria orgânica e provavelmente a presença de ácidos húmicos.

A correlação positiva entre Condutividade e pH e E. coli pode ser explicado pela decomposição da matéria orgânica que promove a elevação desses componentes no meio aquático (ESTEVES, 2011). Ainda no tocante as correlações observou-se que existem correlações negativas entre: nitrato e cloro; cromo com pH e condutividade; fosfato e sulfato; sulfato e pH; e, entre cloro com E. coli. Quanto a correlação negativa entre cromo e pH estudos evidenciaram que ocorre a redução do cromo hexavalente à forma trivalente em pH baixo que pode ser o caso do resultado obtido a partir das análises das amostras de água do SAAE. Quanto a correlação negativa entre sulfato e pH, baseado em estudos já realizados, isso quer dizer quanto menores os valores de pH maiores os valores de sulfato (MELO; SOUZA, 2019).

Por meio da análise de agrupamentos hierárquicos foi feito a elaboração de um dendograma com a distância euclidiana relacionando os dados físico-químicos e microbiológicos simultaneamente, a

partir da média de 17 amostras (7 poços artesanais e 10 pontos de coletas de água do SAAE) referente 7 coletas (períodos/meses) de cada (figura 14).

Nesse caso, quanto mais similares entre duas amostras, menor é a distância euclidiana entre elas; essa distância é medida a partir do valor zero no eixo "X" até o ponto em que há uma bifurcação que separa essas amostras. Por exemplo as maiores similaridades podem ser observadas entre as amostras do SAAE (8 a 17) evidente pela formação de um grupo bem similar, e se juntou a esse grupo, a amostra 1 que mesmo sendo de poço artesiano encontra-se com características similares àquelas do abastecimento público. Outro grupo que apresentou características similares são das amostras 2 a 5 (amostras de poços artesanais) que se juntaram por evidenciarem características similares, no entanto se distanciaram da amostra do poço artesiano 1, ou seja, o poço 1 teve variação semelhante a água do abastecimento público e uma relação relativamente distante dos parâmetros avaliados nos demais poços, nos períodos analisados na pesquisa.

Uma situação que vale a pena destacar é o que o dendograma evidencia em relação ao grupo formado pelos poços 6 e 7 que em função do alto índice de coliformes fecais fez com que esse grupo ficasse isolado dos demais (Figura 13).

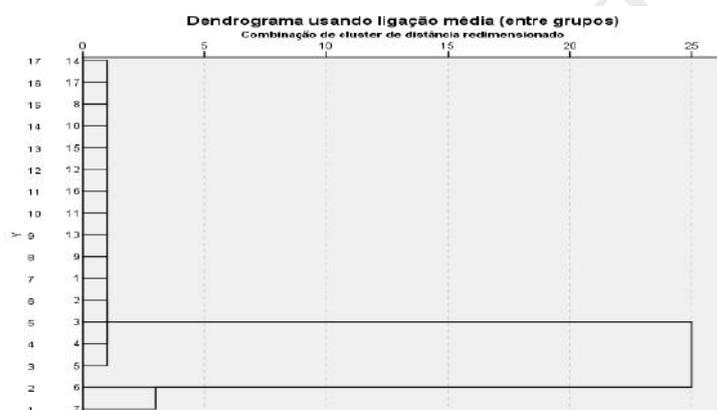


Figura 13: Análise de agrupamentos baseada nos dados físico-químicos e microbiológicos das 17 amostras nos 7 períodos de avaliação. Dendograma elaborado pela distância euclidiana - Com a variável Coliformes Fecais.

No entanto, ao processar os resultados sem a variável "coliformes fecais" observa-se a formação de novos grupos, ou seja, a variável "coliformes fecais" influenciou no resultado anterior. Ao isolar essa variável, Coliformes Fecais, tem-se um resultado com uma distribuição mais uniforme (figura 14), sendo possível fazer uma reavaliação.

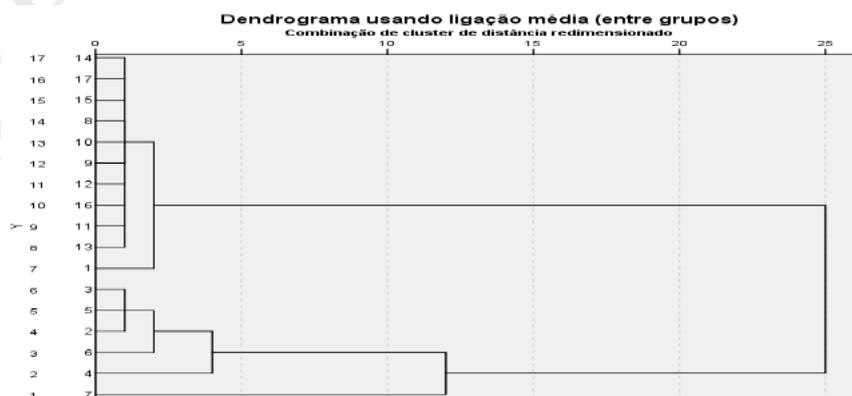


Figura 14: Análise de agrupamentos baseada nos dados físico-químicos e microbiológicos das 17 amostras nos 7 períodos de avaliação. Dendograma elaborado pela distância euclidiana.

Em se tratando do caso específico dos poços artesianos, considerando-se o agrupamento aleatório das amostras observadas no dendograma (figura 14), com exceção do poço 1 - que se junta a um grupo bem definido, o que possivelmente está relacionado à relativa estabilidade de suas características físico-químicas e biológicas, os demais poços pode-se dizer que possuem características similares visto que formaram um conjunto de clusters bem definido.

Esse resultado evidenciado requer um conhecimento sobre as dinâmicas do ambiente hidrogeológico e os processos de superfície para uma gestão eficiente dos recursos hídricos conforme apontam estudos desenvolvidos por Cao et al. (2016) e Costa et al. (2015), bem como uma análise minuciosa dos perfis dos poços em questão.

Por meio dessa análise estatística observou-se (Figura 14) que os parâmetros evidenciados foram semelhantes entre si, ou seja, das amostras de água do Sistema de Abastecimento de Água (SAAE), e entre as amostras dos poços em geral; outrossim, observou-se que o poço 1 em função das características específicas ele se desvinculou do grupo dos poços e adentrou-se as características da rede de abastecimento de água. Isso leva a afirmar que esse poço possui características físico-químicas e microbiológicas semelhantes a água distribuída.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar e levar em consideração o principal objetivo do presente trabalho, que foi avaliar os processos de tratamentos da qualidade da água do SAAE e de sete poços artesianos de acordo com as legislações relativas à potabilidade, controle e vigilância das águas potáveis disponíveis para consumo humano, pode-se afirmar que:

Considerando o processo de tratamento da água, bem como as operações unitárias envolvidas utilizadas, desde a adução até a distribuição através do sistema de bombeamento utilizado pela autarquia SAAE, ficou evidente que:

- a) apesar da autarquia possuir três sistemas distintos de tratamento, bem como dois reservatórios, três saídas de bombeamento e como se não bastasse todo o sistema é interligado; logo, são inúmeras variáveis que devem ser analisadas uma vez que não há um único sistema de tratamento; importante destacar que mesmo em havendo a mistura dos produtos finais (água tratada de cada estação), essa não representa àquela que fora necessariamente tratada em cada uma das estações, mas sim o resultado da mistura do todo, logo, é um produto resultante da parcela de cada uma das estações, e mesmo assim, o produto final atende aos critérios de potabilidade para consumo humano, estabelecidos;
- b) em se tratando dos resultados bacteriológicos os resultados indicam que os poços artesianos não possuem a devida segurança quanto para a utilização dos mesmos. Acredita-se que deve ser em função da crescente urbanização e antropização que está ocorrendo de forma desordenada e sem nenhum planejamento, pois houve na última década um implemento na criação de diversos bairros sem o devido planejamento, logo, esse crescimento desordenado fez com que a população tentasse resolver seus problemas utilizando de recursos que não necessariamente advenham do sistema público; nesse caso específico, o saneamento deveria ser pensado como uma variável sócio ambiental que poderá impactar de modo negativo todo o entorno, sendo necessário a atuação do poder público de forma direta não somente no planejamento, como também na atuação de pontos que podem ser considerados críticos, sendo esses, possíveis fontes de contaminações e/ou de problemas de saúde ambiental, podendo causar até, em casos extremos, se houver a ausência do poder público, **e há**, uma pandemia.

Em primeira mão há a necessidade de obter água para o consumo próprio e demais tarefas correlatas; posteriormente toda a infraestrutura dos outros quatro eixos do saneamento, esgoto, água pluvial e lixo. No entanto existe uma lacuna pela falta de atuação do poder público; isso, pode ser ratificado pelos resultados microbiológicos dos poços artesianos que sugere uma consequência direta da necessidade de suprir parte da lacuna deixada pelo setor estatal, conseqüentemente, advém os problemas correlacionados a falta da presença do poder público atuante, especificamente nas áreas adjacentes, nos entornos das cidades, onde ocorrem as invasões, problema tão característico de cidades que carecem de um planejamento crítico construtivo, e da falta da presença do Estado quanto a fiscalização nesses espaços e/ou “bolsões de pobreza”.

Em se tratando dos resultados físico-químicos, esses em sua maioria atenderam a portaria nº. 2914 de 2011, exceto os valores de pH do sistema de tratamento de água do município, mesmo porque como já fora discutido, existe a dificuldade eminente no sistema de tratamento na correção imediata de alguns parâmetros, uma vez que existem três estações distintas, e especificamente nesse estudo estão sendo analisados 10 parâmetros.

Ocorre que o sistema é operado por uma pessoa, fato esse que inviabilizaria a correção imediata pelo número de “variáveis” que são analisadas, para tal seria necessário realizar a implantação de uma automação de dosagem e de análise, o que muito contribuiria para com o processo de controle e qualidade. Entretanto, analisando os dados físico-químicos percebe-se que mesmo com esse tipo de sistema (3 sistemas distintos), o SAAE oferece a população um produto de qualidade, necessitando apenas ajustar alguns valores a legislação.

Ao compararmos os objetos de estudos - poços artesianos e sistema de tratamento de água municipal - observamos que o sistema municipal está à frente, uma vez que especificamente os resultados bacteriológicos foram satisfatórios na sua totalidade e o resultado dos poços aproxima apenas o poço 1 que apresenta características similares, àquelas distribuídas pelo SAAE e os demais poços se distanciam se aglomerando entre si.

A análise multivariada por meio das médias dos resultados das análises, das correlações e até mesmo do dendograma, evidenciou as variáveis que mais influencia tendo como destaque o pH, o que permite ratificar a necessidade eminente em ajustar essa variável de acordo com o que prevê a legislação vigente; se fossemos analisar os resultados isolando a variável pH possivelmente teríamos resultados mais homogêneos, o que não foi feito por considerar essa variável como importantíssima por ser responsável por uma das principais operações unitárias (floculação) no tratamento de água.

Mesmo assim, com esse resultado já comentado, e visando contribuir para minimizar as divergências evidenciadas pelas análises microbiológicas e físico-químicos, sugere-se:

- ✓ Cadastramento dos poços na rede municipal e fazer valer a legislação pertinente - Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997 que trata da disponibilidade/outorga/cobrança;
- ✓ Implementar estratégias que evidenciem a qualidade do produto final oriundo sistema de tratamento de água do município;
- ✓ Firmar parcerias com as Secretarias de Educação municipal e Estadual, bem como com as escolas particulares a fim de facilitar e/ou proporcionar o conhecimento do processo de tratamento da água e do esgoto, por meio de palestras e visitas *in loco* e assim estreitar a distância entre o usuário e o fornecedor;
- ✓ Implantar Programa de Educação Ambiental para promover a conscientização quanto ao uso da água tratada (água recurso natural finito);

Diante do exposto, devido as características da ocupação do solo e com o advento da troca da pecuária pela monocultura no município, sugere-se que pesquisa sejam feitas, principalmente, nas áreas dos agrotóxicos e metais pesados que não foram objeto de estudo na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2015.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 2012.
- BAZZOLI, N. O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas, 1993.
- BETTEGA, Janine Maria Pereira Ramos et al . Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 30, n. 5, p. 950-954, Oct. 2006 . Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542006000500019&lng=en&nrm=iso. Acesso em: Outubro, 2018.

- BORSOI, Z. M. F; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil.2012. Disponível em: http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Gale. Acesso em: Novembro, 2018.
- BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo, Et al. Introdução à Engenharia Ambiental. Pearson Prentice, 2. Edição. S. Paulo, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação - PRC nº 5, de 28 de Setembro de 2017 - Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 49 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 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. Diário Oficial da União, Brasília, p. 39,12 dez. 2011.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.
- BRASIL. Presidência da Republica, Casa Civil. Decreto Lei nº.9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001. de 13 de março de 1990. Que modificou a Lei nº de 28 de Dezembro de 1989. Diário Oficial da República, Brasília 08 de Janeiro de 1997. Seção 1.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 11.356, 30 jul. 1986
- CAO, Y.; TANG, C.; SONG, X.; LIU, C.; ZHANG, Y. (2016) Identifying the hydrochemical characteristics of rivers and groundwater by multivariate statistical analysis in the Sanjiang Plain, China. *Applied Water Science*, v. 6, n. 2, p. 169-178. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0215-5> [Links]
- CARLI, Ana Alice de. **Água é vida: eu cuido, eu poupo**. Rio de Janeiro: Fgv, 2015. 126 p. (Direitos & Sociedade). ISBN: 9788522517275.
- CETESB. Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de São Paulo / Eduardo Bertoletti. - São Paulo: CETESB, 2008. 42 p.: il. - (Série Manuais / CETESB, ISSN 0103-26203. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br> . Acesso em: 14 dez. 2018.
- COSTA, C.W.; MORAES, M.C.P.; CANÇADO, C.J.; GUERRERO, J.V.R.; MARANGON, F.; LORANDI, R.; LOLLO, J.A.; MOSCHINI, L.E. (2015) Potencial de Contaminação de Aquíferos por Atividades Antrópicas da Bacia do Ribeirão do Meio - Município de Leme - SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 1, p. 218-225. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p218-225> [Links]
- COSTA, Hudson Pimentel; GILDO, Maria Gomes Pereira; SANTOS, Rogério Nunes. Avaliação físico-química e microbiológica da água de poços profundos da macrorregião de maciço do baturité-ce. *Revista Expressão Católica: SAÚDE*, Quixadá, v. 1, n. 1, p.39-42, dez. 2016. Semestral. ISSN: 2525-8540 2526-964X. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/19> . Acesso em: 19 dez. 2018.
- CUNHA, H. F. A.; LIMA, D. C. I.; BRITO, P. N. de F.; CUNHA, A. C. da; SILVEIRA JUNIOR, A. M. da; BRITO, D. C. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.908>).
- DEGRÉMONT. Water Treatment Handbook. New York: John Wiley & Sons, 1979.
- ESTEVEZ, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The outlook for 2050 is encouraging, globally, but much work is needed to achieve sustainable water use and ensure food security for all*. Rome, 2015. p. 76
- FIGUEIREDO FILHO, D.B., ROCHA, E.C., SILVA JR, J., PARANHOS, R., NEVES, J.A.B., SILVA, M.B. 2014. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Perarson. In: Leviathan Cadernos de Pesquisa Política, 8: 66-95.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GYLES, C. L.; FAIRBROTHER, J. M. Escherichia coli. In: GYLES, G. L.; PRESCOTT, J. F.; SONGER, G.; THOEN, C. O. Pathogenesis of bacterial infections in animals. 4d. Iowa: Blackwell Publishing, 2010. cap. 15, p. 266- 308.
- HAIR, Jr. Joseph. F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur. H.; SAMOUEL, Phillip. Fundamentos de métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2017. Censo demográfico 2010. Disponível em https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm. Acesso em 20 de novembro de 2018.
- JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções. São Paulo, IEE-USP e Reconnectta, 2017.
- KLEIN, E. J. BUCHMAN, A. P.; DASSOLER, K.; OLIVEIRA, M. de.; BÖES, S. M.; MARTIN, C. A. Quantificação de ferro em água mineral, de torneira e destilada através de espectrofotometria uv-vis, In: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rua Cristo Rei , Anais do III ENDICT - Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica III, Toledo-PR, 2011, p. 1-5.
- LEITÃO, M. F. F.; HAGLER, L. C. S. M.; HAGLER, A. N.; MENEZES, T. J. B. **Tratado de microbiologia**. São Paulo: Manole, 1988. 186 p.
- MATSUCHITA, Hugo Leonardo Pereira et al. Qualidade bacteriológica da água de abastecimento público de Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI) das cidades de Londrina, Cambé, Ibiporã e Rolândia, PR. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 13, n. 1, p.60-63, 2014. Trimestral. ISSN 1677-5090. Disponível em: <https://rigs.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/9087/8719> . Acesso em: 10 dez. 2018.
- MELO, Cristiano Ramon Dias; SOUZA, Francisco Adriano de. Determinação da redução do pH e do teor de sulfato resultante da oxidação de enxofre por bactérias em meio de cultura. Trabalho financiado pelo CNPq/Fapemig, 2019.
- MORETTIN, Pedro Alberto. Estatística Básica. São Paulo, Saraiva, 2011.
- PALUDO, Diego. Qualidade da Água nos Poços Artesianos do Município de Santa Clara do Sul. Centro Universitário Univates Curso de Química Industrial. Lajeado, 2010, 75p. PAPINI, Solange. **Vigilância em Saúde Ambiental: uma nova área da ecologia**. 2ª ed., São Paulo: Atheneu, 2012, 206 p.
- POMPEU, C.T. Curso: direitos de água no Brasil. Brasília. DF: Enciclopédia Direito do Saber. 2002. 149 p.
- RAUBER, D., CRUZ, J. Gestão de Recursos Hídricos: uma abordagem sobre os Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD**, 34, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/ojs/index.php/revistaparanaense/article/view/640>>. Acesso em: 15 Dez. 2018.
- ROCHA, A. C. G. P.; SILVA, A. B.; BRITO, B. G.; MORAES, H. L.; PONTES, A. P.; CÉ, M. C.; NASCIMENTOS, V. P.; SALLE, C. T. P. Virulence factors of avian pathogenic Escherichia coli isolated from broilers from the South of Brazil. Avian diseases, Kennet Square, v. 46, n.3, p. 749-753, 2002.
- ROSSIN, A. C. 1987. Desinfecção. In: Técnica de abastecimento e tratamento de água (tratamento de água), vol. 2, S. Paulo: CETESB/ASCETESB.
- SAAE, Memorial Descritivo, Ampliação e Melhoria Do Sistema de Abastecimento de Água de Cacoal/RO, volume I. Junho de 2018.
- SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

- SANTOS, José Ozildo dos et al. A qualidade da água para o consumo humano: Uma discussão necessária. **A Qualidade da água Para O Consumo Humano: Uma Discussão Necessária**, Pombal - PB, v. 2, n. 7, p.19-26, jun. 2013. Trimestral. ISSN 2317-3122. Disponível em: <<http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RBGA>>. Acesso em: 09 dez. 2018.
- SILVA, Genilda Alves da et al. **Caracterização do sistema de abastecimento de água de porto Velho/RO**. 2010. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0092_0059_01.pdf>. Acesso em: 5 out. 2018.
- SILVA, Leandro Jorge da; LOPES, Laudicéia Giacometti; AMARAL, Luiz Augusto. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 21, n. 3, p.615-622, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016121151>.
- SPERLING, VON M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 45 p.
- TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P.G. Reuso da água conceitos, teorias e práticas. 1. Edição. São Paulo: Blucher, 2007.
- UNDP. *Human Development Reports (2006)*. Power, Poverty and the Global Water Crisis. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2294691. Acesso em: Novembro, 2018
- UNDP. **Human Development Reports**. A social determinants approach to maternal health. New York: UNDP; 2011. Disponível em: <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Democratic%20Governance/Discussion%20Paper%20MaternalHealth.pdf>>. Acesso em: novembro de 2018.
- UNESCO. World Water Development Report 4. Managing Water under Uncertainty and Risk. Volume 1. Paris, 2012. Disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>. Acesso em out, 2019.
- VIEIRA, Rosana Faria. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Brasília, DF : Embrapa, 2017.
- VIEIRA, Paulo Roberto da Costa; RIBAS, Jose Roberto. Análise Multivariada Com o uso do SPSS. Ciência Moderna, 2011.
- WHITT, D. D.; SALYERS, A. A. Escherichia coli extraintestinal. In: Bacterial pathogenesis, a molecular approach. 2 ed. Washington: ASM Press, 2002. cap.29, p. 422-436.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking - water quality., 4ed. WHO, 2017. 631p.
- ZOBY, J. L. G; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua Inserção na política Nacional de Recursos Hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002, Florianópolis -SC. Anais... Florianópolis, 2002. p 1-19.