



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

NIVALDO RODRIGUES E SILVA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA PARA
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA IMPLANTADO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NO
ASSENTAMENTO DE CANOAS/PRESIDENTE FIGUEIREDO - AM**

BELÉM – PA
2018

NIVALDO RODRIGUES E SILVA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA PARA
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA IMPLANTADO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NO
ASSENTAMENTO DE CANOAS/PRESIDENTE FIGUEIREDO - AM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará (UFPA). Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós Graduação em Ciências e Meio Ambiente, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Recursos Renováveis e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Waldinei Rosa Monteiro

**BELÉM – PA
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

E Silva, Nivaldo Rodrigues
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA PARA PURIFICAÇÃO DE
ÁGUA IMPLANTADO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NO ASSENTAMENTO DE
CANOAS/PRESIDENTE FIGUEIREDO - AM / Nivaldo Rodrigues E Silva. — 2018
73 f. : il. color

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências e Meio Ambiente
(PPGCMA), Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Waldinei Rosa Monteiro

1. Tratamento da água. 2. Sistema automático. 3. Tecnologias sociais. I. Monteiro, Waldinei
Rosa , *orient.* II. Título

CDD 628.72

NIVALDO RODRIGUES E SILVA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA PARA
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA IMPLANTADO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL NO
ASSENTAMENTO DE CANOAS/PRESIDENTE FIGUEIREDO - AM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará (UFPA). Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós Graduação em Ciências e Meio Ambiente, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Ciências e Meio Ambiente

Aprovada em: 07/07/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Waldinei Rosa Monteiro - Orientador
Programa de Pós Graduação em Ciências e Meio Ambiente - UFPA

Prof^o. Dr. Davi do Socorro Barros Brasil – Membro
Programa de Pós Graduação em Ciências e Meio Ambiente - UFPA

Prof^o. Dr. Alyson de Jesus dos Santos – Membro externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato e agradeço a Deus às adversidades que apareceram na minha vida, através delas aprendi as disciplinas da tolerância, do autocontrole, da perseverança, da paciência e da integridade. Essas disciplinas me ajudaram a fazer minhas escolhas, pois são as escolhas que definem um homem feliz de um homem lastimoso.

Agradeço a minha esposa Rose de Sá, por estar sempre comigo em todas as fases da minha vida.

Aos meus filhos Gabriel, Maxwell e Ednardo, visto que pela existência deles eu me dediquei todos os dias em busca de uma melhor qualidade de vida.

Aos meus pais José Eduardo e Lídia que com a graça de Deus me conceberam.

Aos meus avós, Sr. Manuel Eduardo e Sra. Nazaré, a qual devo toda minha educação fundamental.

A minha sogra Sra. Rizete por acreditar em mim em confiar sua filha para nosso projeto de vida.

Aos meus irmãos Ivan, Silvana, Evandro, Reginaldo e Rogério por sempre me admirar e poder contar com eles todas às vezes sem exceção quando os solicitei ajuda.

Ao meu amigo Francisco Calado por ter apoiado a minha família todos esses anos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Waldinei Rosa Monteiro por acreditar nesse trabalho e também pela amizade eterna que construímos.

Aos professores Nahum, Jandecy, pelo apoio que me deram durante todo decorrer do mestrado.

Aos amigos Edevaldo, Erivaldo, Rivelino, Fernando Almeida, Rosalice, Amilton Bermeu, Maria Amélia, José Carlos, Fontineli, Pedro Ivan, com quem estive presente diariamente nas disciplinas, tornando essa caminhada bem mais suave com nossa amizade e companheirismo.

Agradeço aos amigos Sátiro, Carlinhos, Maria, Professor Alyson, Lucas, Danielle que participaram das visitas na escola Santa Terezinha me ajudando na construção desse trabalho;

Agradeço apoio da Diretora Jucileide Freire, o Pedagogo Jonatas de Carvalho que nos viabilizaram a permanência na escola para desenvolvimento do projeto.

Agradeço apoio e a confiança da Secretaria Municipal de Educação de Presidente Figueiredo por ter aceitado e confiado o desenvolvimento deste trabalho em uma escola de sua responsabilidade.

Agradeço apoio e a confiança Secretaria Municipal de Saúde de Presidente Figueiredo por ter acreditado no benefício da saúde que este trabalho trouxe para a comunidade estudantil da escola Santa Terezinha, bem como o apoio para validação dos testes das amostras coletadas em campo, bem como a Dra. Flora e sua equipe da Vigilância Ambiental.

Por fim, agradeço ao IFAM, pela confiança e apoio para que pudéssemos realizar este trabalho.

RESUMO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), água contaminada mata mais do que guerra. Além disso, a falta de tratamento da água e saneamento básico leva à morte de milhares de pessoas. Ela tem influência direta na qualidade de vida, saúde e desenvolvimento humano. Especificamente no Brasil, principalmente na Região Amazônica, devido à vasta dimensão e falta de infraestrutura básica, essa situação se agrava ainda mais. As opções de tratamento nessas regiões são escassas, e as tecnologias sociais estão sendo desenvolvida para suprir à ausência de serviços essenciais a população. O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de tratamento de água para consumo humano no Assentamento Rural de Canoas, a 38 quilômetros de Presidente Figueiredo - Amazonas. Foram realizadas análises bacteriológicas em amostras de águas dos poços, antes e depois da implantação do sistema automático proposto nessa dissertação. Assim, as fontes de água analisadas foram consideradas inadequadas para consumo humano sem tratamento prévio do sistema automático. Com o uso do sistema as análises realizadas pela Vigilância Sanitária do Município de Presidente Figueiredo mostraram que os resultados não apresentavam mais índices de contaminação da água, ou seja, foram eliminados os agentes patogênicos da água, tornando adequada para o consumo humano.

Palavras-chave: Tratamento da água. Sistema automático. Tecnologias sociais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de disponibilidade de água per capita	19
Figura 2 - Dosador de Cloro rudimentar.....	27
Figura 3 - Modelo do clorador simplificado e componentes.	28
Figura 4 - Bomba peristáltica.....	33
Figura 5- Sistema com bomba de recalque - Realimentação.....	35
Figura 6 - Sistema com bomba de recalque - Sucção.....	36
Figura 7 Sistema com dosagem direta.....	36
Figura 8- Dinâmica do sistema com dosagem direta	37
Figura 9 - Simbologia da Válvula Solenoide NF.	39
Figura 10 - Simbologia da Válvula Solenoide NO.	40
Figura 11 - Acesso ao Assentamento de Canoas.	41
Figura 12 - Infraestrutura das ruas assentamento de Canoas.	41
Figura 13 - Escola Municipal Santa Terezinha	43
Figura 14 - Unidade Básica de Saúde.....	43
Figura 15 – Poço Artesiano	44
Figura 16 - Poço Artesiano.....	44
Figura 17- Tanques	48
Figura 18- Sensores.....	49
Figura 19- Motobomba	49
Figura 20- Sistema Proposto.....	50
Figura 21 - Descrição funcional do sistema proposto.....	53
Figura 22 - Rack com Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito...55	
Figura 23 - Rack com Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito – Vista Traseira	55
Figura 24 - Local da Canalização reparada com inserção de torneira e registro para coleta de amostra número 1.....	61
Figura 25 - Torneira da Cozinha onde se realiza a coleta da amostra número 2.	61

Figura 26 - Bebedouro da escola onde se faz a coleta de amostra número 3.	62
Figura 27- Ponto de Distribuição de Hipoclorito de Sódio na Vigilância Ambiental. ...	63
Figura 28 - Amostra de 100 ml.	63
Figura 29 - Inserindo o reagente Collet na amostra.	64
Figura 30 - Mistura do reagente com a amostra.....	64
Figura 31 - Reagente e amostra alocados.	65
Figura 32 - Caixa do reagente Colilert.....	65
Figura 33 - Cartela do Reagente Colilert.....	66
Figura 34 - Amostras na estufa.	66
Figura 35 - Inserindo o reagente nas amostras de 100ml.	67
Figura 36 - Solução colocada na estufa.	67
Figura 37 - Resultado das amostras de 100ml.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Doenças relacionadas ao consumo de água contaminada e seus microrganismos.....	23
Tabela 2 - Medições Referentes ao NaClO para o tratamento da água para o consumo.....	28
Tabela 3 - Coeficientes da equação e as Métricas quantificadas.....	28
Tabela 4 – Comparação entre os sistemas usuais e o sistema proposto.	37
Tabela 5 - listagem dos itens utilizados no sistema.	46
Tabela 6 - Lista de material usado no sistema.	47
Tabela 7 - Lista de equipamentos do sistema.	50
Tabela 8 - Tabela de dosagem de hipoclorito de sódio para tratamento de água.	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ETEs - Estações Tratamento de Esgoto

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

FVS/AM - Fundação Vigilância de Saúde/Amazonas

ONU - Organização das Nações Unidas

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

RTOS - Real Time System Operation

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SABESP - Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAC - Solução Alternativa Coletiva

SAI - Solução Alternativa Individual

UBS - Unidade Básica de Saúde

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	JUSTIFICATIVA	16
1.2.	OBJETIVOS	17
1.3.	METODOLOGIA	17
1.4.	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	17
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1.	ALGUNS PROBLEMAS AMBIENTAIS	18
2.2.	A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A QUALIDADE DE VIDA	21
2.3.	A IMPORTÂNCIA DO CLORO	24
2.4.	TRATAMENTO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO	25
2.5.	SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM UM MEIO RURAL	29
2.5.1.	Microcontrolador	29
2.6.	BOMBAS DOSADORAS	30
2.6.1.	Comparações dos recursos oferecidos pelo sistema de purificação de água em relação aos sistemas propostos pelo mercado	36
2.7.	BOMBAS PARA TRANSPORTE DE ÁGUA.....	37
2.8.	VÁLVULAS SOLENOIDES	38
3.	PROPOSTA	40
3.1.	VISÃO GERAL	40
3.2.	ASSENTAMENTO DE CANOAS - PRESIDENTE FIGUEIREDO	42
3.3.	CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA - PLANTA HIDRÁULICA	45
3.4.	CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA	46
3.5.	SOFTWARE DO SISTEMA.....	57
3.6.	VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO DOSADOR	57
3.7.	VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE DA ÁGUA	57
3.8.	AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS	59
4.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	69

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a manutenção da vida na Terra. Dessa forma, é imprescindível reconhecer a sua relevância, pois envolve a sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade. Ou seja, nosso planeta não teria se transformado em um ambiente propício para a vida sem a existência de água (BACCI; PATACA, 2008; VICTORINO, 2007). Porém, milhões de pessoas no mundo morrem anualmente devido às doenças relacionadas à água (ORGANIZATION, 2011), por conta de contaminações. Campos et al. (CAMPOS; FILHO; FARIA, 2002) acredita que o motivo prioritário da alta taxa de contaminação da água está relacionado ao grande poder solvente que ela apresenta. Conseqüentemente, isso facilita a dispersão e dissolução de substâncias solúveis. Outro ponto a ser destacado é que a água pode ser contaminada no seu ponto de origem, durante a sua distribuição e nos reservatórios empresariais e domésticos (GERMANO P. M. LAND GERMANO, 2003). Germano e Germano (2003) também salientam que a contaminação da água está relacionada com a carência de programas de limpeza e desinfecção regular e periódica. Caso a água não seja realizado um tratamento adequado, a mesma pode ser um meio de transmissão de várias doenças (FREITAS L. L.; SILVA, 2013).

Os microrganismos desempenham importantes funções na transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Em contrapartida, a maioria das doenças de veiculação hídrica é provocada justamente pelos microrganismos, embora, sejam os patógenos (SPERLING, 2005). O desconhecimento e a desinformação quanto aos diversos microrganismos existentes na água para o consumo humano são fatos comuns vividos pelo homem nativo da região amazônica. O motivo de se fazer trabalhos voltados para a desinfecção da água tem como finalidade diminuir o risco de enfermidades por ela transmitidas através da destruição ou inativação dos diversos organismos patogênicos que estão - ou podem estar - presentes nas fontes de água em que as pessoas usam para satisfazer suas necessidades básicas (SCHERER, 2004).

O processo de desinfecção mais aplicado nos sistemas de abastecimento de água no mundo é o que envolve a adição de cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes. No último século, o cloro foi introduzido massivamente no tratamento da água como complemento do processo de filtração, que já era

conhecido e utilizado, constituindo, então, uma revolução tecnológica no tratamento da água (BRASIL,2014). Os principais produtos da família do cloro disponibilizados no mercado para a realização da desinfecção da água são: Cloro gasoso, Cal clorada, Hipoclorito de sódio e Hipoclorito de cálcio. Especificamente no caso do hipoclorito de sódio as principais vantagens que Scherer (SCHERER,2004) aponta são:

- Capacidade de utilização sem a necessidade de armazenamento de grandes quantidades para posterior aplicação;
- Custo bastante favorável em relação à maioria dos demais desinfetantes similares;
- Não apresenta a elevada produção de subprodutos e elementos indesejáveis para a preservação da saúde humana;
- Apresenta grande facilidade de controle e de manutenção no processo de distribuição e uso;
- Apresenta eficiência compatível à do gás cloro (no caso específico do íon hipoclorito).

Ainda segundo Scherer (SCHERER, 2004), tendo por base as características do hipoclorito de sódio observadas acima, os resultados do custo e de qualidade sanitária e ambiental podem ser tão satisfatórios em termos operacionais. Como exemplo, podemos destacar a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) que começou a utilizar o hipoclorito de sódio em várias Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Os equipamentos e sistemas utilizados no processo de cloração da água são as bombas dosadoras elétricas de diafragmas e de pistão, hidro ejetores a vácuo, dosadores de nível constante, clorador de pastilha, sistemas automatizados, dentre outros. Todos funcionam satisfatoriamente dependendo da complexidade ou simplicidade de cada sistema (BRASIL, 2005).

Tratando-se da região Amazônica, as políticas públicas de assistência técnica, social e de infraestrutura são frequentemente mal planejadas, comprometendo os assentamentos rurais nessas regiões. Somados a esses fatores, os assentamentos possuem uma infraestrutura e saneamento muito básica. A água para o consumo das famílias é proveniente dos igarapés ou de poços. Assim, em virtude dos fatos mencionados, esta dissertação tem como alvo de pesquisa o Assentamento Canoas, localizado no município de Presidente Figueiredo – Amazonas, onde o comum é que a procedência da água potável seja encontrada a

quilômetros de distância, ou então, comprada pelas empresas que comercializam água mineral, quase sempre adquirida na sede do município. Essa preocupação com a água para beber ocorre somente em um grupo pequeno de famílias mais esclarecidas, pois a maioria da população local não compreende o perigo das doenças patogênicas que podem surgir a partir das águas das cacimbas que utilizam para captação de água.

A busca por fontes alternativas pode levar ao consumo de água com qualidade sanitária duvidosa e em volume insuficiente e irregular para o atendimento das necessidades básicas diárias (RAZZOLINI M. T. P.; GÜNTHER, 2008). A dificuldade de acesso à água potável e segura, em regiões distantes e sem acesso à rede de tratamento é ainda mais agravante. Existem muitos métodos, em todos os lugares do mundo, para o tratamento da água em regiões rurais. Nestes lugares são tomadas providências, afim diminuir o risco da contaminação. O governo Brasileiro possui programas sociais para o tratamento da água de consumo humano. A Portaria no 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, obriga que toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deve passar por processo de desinfecção ou cloração (BRASIL, 2011). Por isso o governo distribui hipoclorito de sódio em regiões rurais onde há ausência de abastecimento de água tratada com o objetivo de diminuir consideravelmente as enfermidades das populações longínquas. Porém, a utilização desse recurso é, muitas vezes, deixada de lado. Dessa forma, o produto escolhido para amenizar os problemas de contaminação hídrica na região de estudo é o hipoclorito de sódio. Esse produto combinado com o sistema proposto nessa dissertação é uma alternativa para a solução do problema de contaminação de água nesses assentamentos. Assim a água tratada pelo sistema será utilizada para o consumo humano, limpeza de alimentos e nas refeições.

O sistema é formado por uma plataforma microcontrolada, dosadores, bombas, sensores, válvulas e tanques. O sistema proposto detecta automaticamente quando o nível da água é atingido nos tanques e faz a dosagem do hipoclorito de sódio a um dos tanques que possui a água que será tratada pelo sistema. Após o tempo da reação química, conforme especificado pelo Ministério da Saúde, a água ela liberada pelo sistema na condição de própria para o consumo humano.

1.1. JUSTIFICATIVA

Apesar de a água ser essencial para o ser humano, ela pode conter determinados microrganismos ou substâncias que devem ser reduzidos ou eliminados para que não sejam prejudiciais à saúde. A expansão populacional nas regiões longínquas de forma desordenada e sem infraestrutura tem intensificado a contaminação dos mananciais e das águas do subsolo, tornando indispensável o tratamento da água destinada ao consumo.

Outro ponto que merece destaque está relacionado à qualidade das águas subterrâneas em localidades que carecem do tratamento e de sistema de distribuição de água adequado. Nessas localidades o consumo dessas águas pode acarretar sérios problemas de saúde pública. As doenças de transmissão hídricas mais comuns são amebíase, giardíase e criptosporidíase, gastroenterite, febre tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa, cólera, esquistossomose (xistosa), ascaridíase (lombrigas), teníase (solitária), oxiuríase e ancilostomíase (amarelão). Além dessas doenças, os danos à saúde podem decorrer da presença de substâncias tóxicas na água.

Em muitas localidades brasileiras, tem sido comum a distribuição de água que não atende ao padrão de acessibilidade vigente no país. Assim, as instituições governamentais têm procurado várias formas para solucionar o problema da água para consumo humano através de programas educacionais e de distribuição de produtos para tratamento da água às populações de baixa renda em localidades isoladas dos grandes centros. Porém, a maior dificuldade encontrada tem sido no uso correto dessas soluções químicas distribuídas às populações. Por esses motivos, se faz necessário à implantação técnica para operacionalização do processo de forma mais automática, sem depender da manipulação humana de forma direta durante o processo de tratamento. Dentro dessa vertente, essa dissertação utiliza tecnologias de controle e automação de sistemas aplicados ao tratamento da água, a fim de fornecer água própria para consumo a grandes concentrações de pessoas, tais como: escolas, unidades básicas de saúde, hospitais, postos policiais entre outros.

1.2. OBJETIVOS

Desenvolver um sistema de tratamento da água para o consumo humano, de forma que seja aplicável a pequenas comunidades em situação de vulnerabilidade quanto ao acesso de água potável. Os objetivos específicos são:

- Desenvolver um sistema para tratamento de água na Escola Municipal Santa Terezinha, Assentamento Canoas, Município de Presidente Figueiredo - Amazonas;
- Avaliar a eficácia do sistema proposto no tratamento da água.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização do presente trabalho está dividida nas seguintes etapas: análise dos trabalhos relacionados, projeto conceitual, construção da infraestrutura de tratamento de água no assentamento de Canoas, implementação do sistema, testes experimentais e resultados. A análise dos trabalhos relacionados consiste na busca e leitura de trabalhos científicos de qualidade que permitam a identificação dos principais trabalhos nacionais e abordagens comerciais de empresas que comercializam produtos e serviços para tratamento de água para consumo humano, além dos trabalhos mais relevantes. O projeto conceitual consiste na definição dos requisitos que serão postos em prática no sistema proposto e o esboço da infraestrutura que será construído no assentamento. A construção da infraestrutura no assentamento de Canoas consiste na construção do sistema hidráulico. A execução do sistema consiste na construção do sistema de hardware e software do sistema computacional proposto, além da implantação do sistema no assentamento. Os testes experimentais consistem nos testes de qualidade do nível da água fornecida pelo sistema proposto. Esses testes são realizados pela Vigilância de Saúde, órgão que está sob a jurisdição do Governo Federal. Os resultados, por sua vez, produzem as conclusões do trabalho proposto.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O restante desta dissertação está organizado da seguinte forma. No Capítulo 2, é feita uma revisão bibliográfica da situação da água no Brasil, a qualidade da água, tratamento e os sistemas de tratamento para pequenas comunidades. Na Seção 2.5 são apresentados os principais sistemas de tratamento de água com

produtos à base de cloro, que são muito similares à proposta nesse trabalho. Além disso, serão descritos os tipos de dosadores, que faz parte de cada sistema de tratamento de água descrito à nível de comparação com o proposto. No Capítulo 3 é realizada a caracterização do assentamento de Canoas, bem como são apresentados o sistema hidráulico construído e o sistema proposto. Além disso, são apresentados os resultados dos testes experimentais realizados pela Equipe da Vigilância Sanitária. Neste capítulo também é mostrado à essência do Dispositivo eletrônico dosador de hipoclorito de sódio. O Capítulo 4 apresenta a conclusão e as direções futuras para a dissertação.

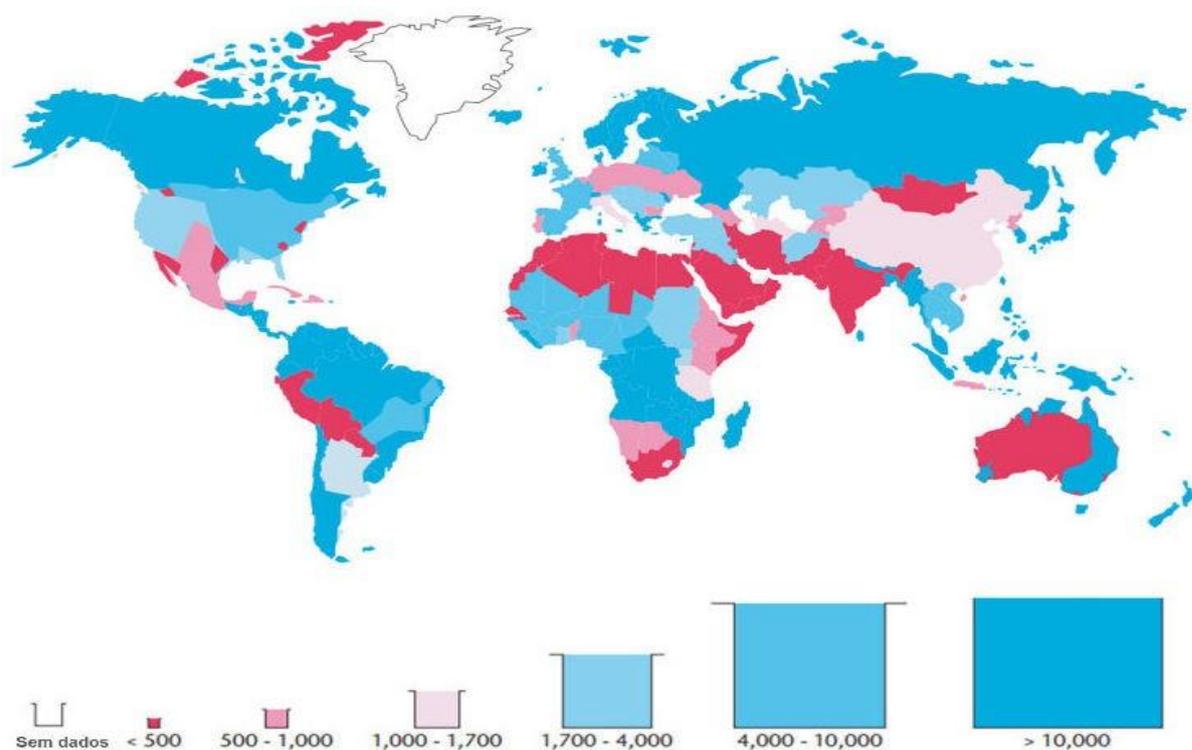
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentaremos a seguir um panorama do tema águas no mundo, seu uso e contaminações devido ao crescimento populacional nas sociedades nos últimos anos.

2.1. ALGUNS PROBLEMAS AMBIENTAIS

A água é um recurso natural renovável abundante, que ocupa aproximadamente 70% da superfície do planeta. Assim, 97% da água presente no planeta são salgadas, logo impróprias para o consumo. Os 3% da água do planeta é doce, sendo que 2,5% estão localizadas nas geleiras. Os 0,5% de água restante no mundo está presente nos aquíferos subterrâneos, que dificulta o acesso humano.

Figura 1 - Índice de disponibilidade de água per capita



Fonte: UnWater - www.unwater.org

A água doce disponível no mundo é um recurso bastante limitado e distribuído de maneira desigual pelo mundo. Os 60% da água doce disponível está localizada em 10 países, que são: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo. Considerando às diferenças de densidade populacional nas regiões do mundo, a Figura 1 mostra as variações de disponibilidade de água per capita.

Segundo Barros e Amin (BARROS; AMIN, 2008), devido ao crescimento econômico e populacional nas cidades, o ciclo natural das águas tem sido desrespeitado, tornando-a imprópria para o consumo. De fato, a abundância da água não indica acesso universal apropriada para o consumo. A ineficiência ou até mesmo a falta de um sistema apropriado de fornecimento de água, bem como a falta de infraestrutura de saneamento, coloca em risco a saúde e o bem-estar, tanto individual como coletivo, resultando no crescimento de incidências de doenças infecciosas, que acometem principalmente crianças e idosos (RAZZOLINI M. T. P.; GÜNTHER, 2008). Portanto, saneamento básico, tratamento de esgotos e

recuperação de infraestrutura e de mananciais são temas de extrema relevância no mundo (TUNDISI, 2008).

O Brasil é um país privilegiado, pois conta com 28% da disponibilidade hídrica sul-americana e 12% das reservas de água do mundo (VICTORINO, 2007). Com 12% da água do planeta, o Brasil, ainda assim, passa pela problemática de distribuição desigual do volume e disponibilidade de recursos hídricos. Assim, enquanto um habitante do Amazonas tem 700.000 m³ de água por ano disponível, um habitante do estado de São Paulo tem apenas 280.000 m³ por ano disponível. Essa diferença em disponibilidade acarreta problemas econômicos, sociais e ambientais (TUNDISI, 2008).

O crescimento populacional, a contaminação e desperdício das águas e a degradação da capacidade produtiva dos mananciais conduzem a um quadro preocupante em relação à sustentabilidade do abastecimento público. Outra questão que merece destaque é que no Brasil mais de 90% dos esgotos domiciliares e cerca de 70% dos efluentes industriais são lançados diretamente nos corpos d'água, sem nenhum tipo de tratamento (BRASIL, 2006), causando a poluição desses recursos. A poluição e o uso desordenado dos recursos hídricos estão tornando a água imprópria para o consumo humano (BARROS; AMIN, 2008). Somados a esses fatores, a deficiência no setor de saneamento básico é elevada, com grande carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais (JUNIOR; PAGANINI, 2009). Essa condição é confirmada pelos altos índices de mortalidade por doenças de veiculação hídrica. Na região Norte do país, por exemplo, nos anos de 1981 e 2001, foram confirmados 11.613 casos de cólera, 6.653 casos de febre tifoide e 7.219 casos de leptospirose. Essas doenças são transmitidas pela falta de saneamento básico (SÁ et al., 2005).

A degradação da qualidade da água, o consumo de água não potável, eutrofização, a diminuição do oxigênio dissolvido na água e a contaminação da água por metais pesados é o cenário brasileiro que se desenha hoje com relação às condições hídricas. Bittencourt-Oliveira e Molica (BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOLICA, 2003) ressaltaram um episódio ocorrido em 1996, no município de Caruaru - Nordeste brasileiro, na qual 76 pessoas morreram por terem se submetido a um tratamento de hemodiálise com água contaminada por cianobactérias.

Sá (SÁ et al., 2005) aborda o tópico escassez de água no Brasil, considerado por muitos pesquisadores como um contrassenso. O problema não é escassez, mas sim a distribuição desigual e má gestão hídrica em termos de saúde pública. Tendo em vista essa situação, é explícita, portanto, a necessidade de cobertura ampla dos serviços de abastecimento de água potável e de saneamento básico em todas as classes sociais.

2.2. A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A QUALIDADE DE VIDA

A relevância da água não envolve apenas as suas funções na natureza, mais também exerce papel na saúde, economia e qualidade de vida humana (SOUZA et al., 2014). Em termos biológicos, o corpo humano é considerado uma máquina hidráulica por conter em média 60% de água em sua composição física. O ser humano consegue até sobreviver sem alimentos durante um (1) mês, mas não consegue resistir sem consumir água por mais de 48 horas. Na produção agrícola, a água representa até 90% da composição física das plantas. Nas indústrias, a maioria das vezes, a quantidade de água utilizada é superior ao volume de material produzido (VICTORINO, 2007). Esses fatos corroboram para que a vida gire em torno da água, que é um líquido vital.

Além da importância da água em termos de quantidade, Souza et al. (SOUZA et al., 2014) e Victorino (VICTORINO, 2007) salientam que a qualidade também se constitui como requisito básico, sendo um aspecto indispensável principalmente para fins como abastecimento humano. A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina, uma vez que para cada tipo de uso, existe um padrão de qualidade especificado pela legislação. Os padrões de potabilidade da água para balneabilidade são diferentes, por exemplo, dos padrões para irrigação e para o consumo humano (SOUZA et al., 2014).

Analisar a qualidade da água é necessário principalmente quando se destina ao consumo humano, e para isso, ocorre à participação de organismos indicadores de contaminação fecal, que dão a indicação de quando a água está contaminada por fezes humanas ou de animais, bem como sua potencialidade em transmitir doenças (SPERLING, 2005). A análise microbiológica da água é uma importante ferramenta para determinar sua qualidade em termos de consumo. Segundo a resolução da ANVISA RDC no 275/2005, a análise da água mineral e água natural deve envolver

a contagem de coliformes totais, coliformes fecais (termotolerantes), Enterococos, Pseudomonas Aeruginosa, Clostrídios Sulfito redutores e Clostrídios Perfringens (BRASIL, 2005).

Os coliformes são grupos de bactérias que se classificam em coliformes totais e coliformes fecais ou termotolerantes. Os coliformes totais possuem características morfológicas na forma de bactérias gram-negativas, não formando esporos e podem ser aeróbicas ou anaeróbicas. Elas são capazes de fermentar lactose com produção de gás de 24 a 48 horas, a temperaturas que variam de 35 a 37 °C. Já os coliformes fecais estão associados às fezes de animais de sangue quente. Essas bactérias fermentam a lactose com produção de gás em até 24 horas, a temperaturas que variam de 44,5 a 45,5 °C (SILVA, 2015). Esses coliformes estão associados a um elevado número de patologias, onde os agentes são isolados em laboratórios de microbiologia e diretamente considerados como a causa da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas. O indicador patogênico de origem fecal mais comumente encontrado é a Escherichia coli. Essa bactéria na presença de água indica que há contaminação por fezes (HOFSTRA; VELD, 1998; TORTORA; FUNKE; CASE, 2005).

Alves et al. (ALVES; ODORIZZI; GOULART, 2002) desenvolveram uma pesquisa para avaliar a qualidade microbiológica de diferentes marcas de águas minerais comerciais e de água potável destinada ao abastecimento público na cidade de Marília, quanto à presença de coliformes totais e fecais. Nos experimentos foram analisadas 18 amostras de diferentes marcas de águas minerais comerciais em embalagens de diversos tamanhos, bem como também 18 amostras de água potável coletadas em diversos locais da cidade. Os resultados das análises mostraram que as amostras de água mineral e de abastecimento público apresentaram contaminação por coliformes totais, 1 bactéria/100 ml de água. Nenhuma das amostras analisadas revelou contaminação por coliformes fecais. Zan et al. (ZAN R. A.; COSTA, 2012), ao realizarem uma análise microbiológica em águas de um poço da zona urbana do município de Buritis (Rondônia) constataram a contaminação do lençol freático, com a presença de coliformes totais e fecais, não atendendo aos parâmetros estabelecidos pela Portaria 518/4.

A adoção de medidas preventivas, visando a preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas são as ferramentas necessárias para

diminuir consideravelmente o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica (AMARAL et al., 2003). Desta forma, um dos maiores problemas causados pela contaminação hídrica é o acometimento de doenças, que muitas vezes, pode até levar ao óbito. A Tabela 1 mostra algumas doenças relacionadas à ingestão de água contaminada e seus micro-organismos causadores.

Tabela 1 - Doenças relacionadas ao consumo de água contaminada e seus microrganismos

Doenças	Agente Causador
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Desintéria bacilar	<i>Shiggella sp.</i>
Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i>
Hepatite infecciosa	<i>Vírus da Hepatite do tipo A</i>
Febre paratifoide	<i>Salmonella paratyphi A, B e C</i>
Gastroenterite	<i>Outros tipos de Salmonella, Shiggella, Proteus sp.</i>
Diarréia infantil	<i>Tipos enteropatogênicos de Escherichia coli</i>
Leptospirose	<i>Leptospirose sp.</i>

Fonte: (DÁGUILA et al., 2000.

Outro ponto crucial está relacionado à desinfecção da água. Esta etapa aborda o tratamento da água, cuja função básica consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos ou químicos. Ainda que nas demais etapas do tratamento haja redução do número de micro-organismos presentes na água, a desinfecção é uma operação unitária e obrigatória, que neutraliza os micro-organismos existentes e previne a proliferação desses micro-organismos contra o crescimento microbiológico nas redes de distribuição (BRASIL, 2014).

A água para consumo humano concorre com a água utilizada na agricultura, na geração de energia elétrica, nos processos industriais entre outros. Existe uma tendência de o consumo de água aumentar a cada ano nos ramos de atividade citados, fazendo com que as modificações nos ecossistemas globais contribuam para as mudanças climáticas, por consequência, torna-se mais difícil a disponibilidade de água com qualidade para uso humano. Em face aos problemas

argumentados nesse texto, uma solução é o tratamento de água nas comunidades aglomeradas, nos setores industriais e nos setores agrícolas. Assim, desenvolver uma forma de reutilização da água existente no planeta, com qualidade em níveis apropriados para o consumo diz respeito ao cerne desta dissertação. Na Seção 2.4 é apresentado o cloro como o elemento mais indicado para o processo de desinfecção da água.

2.3. A IMPORTÂNCIA DO CLORO

O cloro ou produtos à base de cloro são utilizados no processo de desinfecção dos sistemas de abastecimento de água. No último século, ele foi introduzido no tratamento da água como complemento do processo de filtração. Esse produto teve êxito devido a sua acessibilidade em quase todos os países do mundo, com custo razoável, alta capacidade oxidante da matéria orgânica e inorgânica, seu efeito residual, sua ação germicida de amplo espectro e boa persistência nos sistemas de distribuição. A característica efeito residual é um requisito que atende à Portaria no 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece em seu Art. 34: “É obrigatório à manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição”.

Segundo Libânio (LIBÂNIO, 2010), o principal objetivo do uso do cloro em sistemas de abastecimento de água é a desinfecção. Entretanto, em função do alto poder oxidante do cloro, sua aplicação nos processos de tratamento tem sido utilizada para vários propósitos, como controle de sabor e de odor, prevenção de crescimento de algas, remoção de ferro e manganês, dentre outros. Essa diversidade de aplicações permite assegurar a inocuidade da água, desde a produção até o momento do uso, o que resulta em grande benefício, tanto em pequenos sistemas de comunidades rurais, ribeirinhas, indígenas, como em grandes cidades.

O cloro e seus compostos mais utilizados no processo de desinfecção da água são o cloro gasoso, a cal clorada, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio. Eles são manipulados em virtude dos resultados de purificação da água, baixo custo e acessibilidade. A escolha do processo de desinfecção varia de acordo

com o sistema de abastecimento, de maneira que o processo seja econômico, eficaz, confiável e permanente.

2.4. TRATAMENTO DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO

Segundo Serafim et al. (SERAFIM; VIEIRA; LINDEMANN, 2004), a água é essencial para os processos fisiológicos de digestão, absorção e excreção, desempenhando um papel chave na estrutura e função do sistema circulatório, e também atuando como meio de transporte para os nutrientes necessários ao organismo. Um homem adulto necessita consumir diariamente, direta e indiretamente, cerca de 2 a 3 litros de água. Porém, essa água precisa apresentar características de qualidade que garantam a sua potabilidade, de modo a não constituir um veículo de doenças e poluentes.

Em um estudo realizado no aquífero Alter do Chão, a área no entorno de um lixão da cidade de Manaus, foram analisados os parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, nitrato, nitrito, amônia e outros elementos químicos incluindo metais pesados, em dois períodos, no final do período chuvoso e na estiagem, em 18 poços e cacimbas. De acordo com os resultados obtidos, a água estava comprometida para consumo humano em quase todos os poços amostrados, devido os elevados teores de Al, Fe, As, Cd, Pb, Sb e Se, os compostos nitrogenados e as contaminações pontuais de Mn e Zn, demonstrando um risco iminente a comunidades próximas (ROCHA L. C. R.; HORBE, 2006).

Em outro estudo direcionado a região rural, situada na região nordeste do estado de São Paulo, Amaral et al. (AMARAL et al., 2003) colheram 180 amostras de água utilizada para consumo humano das fontes, reservatórios e pontos de consumo humano em 30 propriedades. Os resultados evidenciaram que 90% das amostras de água das fontes, 90% dos reservatórios e 96,7% de pontos de água de consumo humano nas propriedades, colhidas no período de chuvas da estiagem, estavam fora dos padrões microbiológicos de potabilidade para água de consumo humano. Portanto, essa água foi considerada como um grande fator de risco à saúde dos seres humanos que a utilizavam.

Com base nos exemplos abordados nos parágrafos anteriores, a contaminação hídrica se encontra presente nos mais diversos países do mundo e

principalmente em regiões interioranas, local que é importante considerar fatores de tratamento de água. Portanto, métodos alternativos têm sido utilizados para deixar a água potável, ou seja, apropriada para o consumo (BARROS; AMIN, 2008). Mundialmente, o processo de desinfecção mais aplicado nos sistemas de abastecimento de água, é o que emprega o cloro ou produtos à base de cloro como agentes desinfetantes (BRASIL, 2014), conforme abordado na Seção 2.3. O uso de cloro no tratamento da água tem como objetivos a desinfecção (destruição dos microrganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes) ou ambas as ações ao mesmo tempo (MEYER, 1994). O cloro é o desinfetante mais utilizado em desinfecção de águas públicas, seja em forma líquida ou gasosa (COSTA; SILVAS; CASTRO, 2015).

O Ministério da Saúde recomenda que a água para consumo humano, deve ser filtrada (com filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo), e posteriormente fervida. A fervura da água elimina bactérias, vírus e parasitas, e por isso, é o método preferencial para tratamento da água de consumo humano. Caso não seja possível ferver, é necessário obter água de uma fonte que não tenha sido contaminada por esgoto e realizar a filtração (com filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo) e posterior tratamento com hipoclorito de sódio (2,5%), que é o produto obtido da reação do cloro com uma solução diluída de soda cáustica, aquosa e alcalina, contendo entre 11 a 13% de cloro ativo (LUCCA, 2006). Suas propriedades físicas e químicas são citadas por Apud Lucca (2006) (LUCCA, 2006).

As propriedades físicas são:

- Ponto de ebulição: sob fervura, todas as soluções aquosas de hipoclorito de sódio decompõem-se em cloreto, clorato, oxigênio e cloro livre. Dependendo da concentração inicial a solução deve ferver entre 100 °C e 110 °C;
- Cor: amarela clara;
- Inflamabilidade: não é inflamável;
- Higroscopicidade: não é higroscópico;
- Fotossensibilidade: decompõe-se à presença de luz;
- Odor: leve odor característico;
- Calor específico: valores de calor específico de soluções aquosas a 20 °C.

As propriedades químicas são:

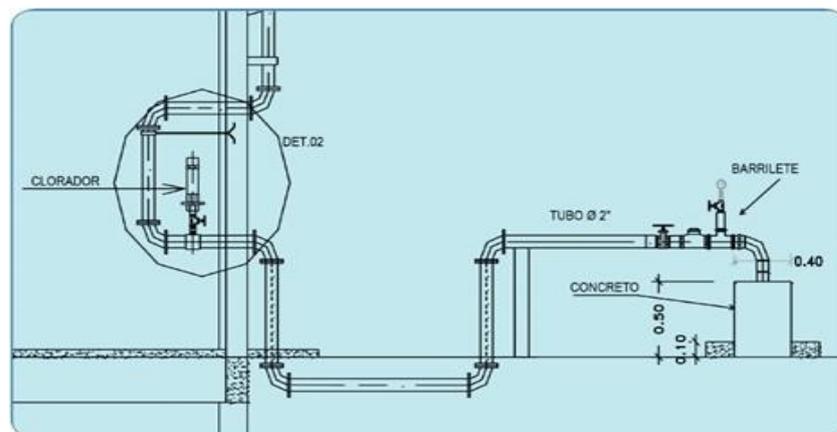
- Forte agente oxidante: reage com matérias orgânicas, decompondo-se;

- O cloro é utilizado na produção de epícloridrina ou hidrazina (N_2H_4);
- O cloro reage prontamente com ácidos em geral, produzindo grande quantidade de cloro gasoso;
- As reações com sais de amônia podem gerar compostos altamente perigosos pela instabilidade;
- O poder oxidante do cloro pode ser aproveitado na remoção de odores, principalmente nos derivados de enxofre do tipo gás sulfídrico e mercaptanas (LUCCA, 2006).

A Figura 2 mostra um tipo de dosador de cloro. Nesse sistema, o hipoclorito de sódio é colocado manualmente em um recipiente chamado clorador, sendo liberado o cloro no momento que o reservatório está sendo abastecido por água. O tratamento é feito por batelada (recarregável). Após o enchimento do reservatório, a água estará pronta para a distribuição e consumo (BRASIL, 2014) dos usuários do sistema de abastecimento.

Como exemplo, a Figura 3 mostra os detalhes construtivos do dosador desenvolvido pela FUNASA. Na Tabela 2, as quantidades apropriadas em relação à mistura de água e hipoclorito de sódio são apresentadas.

Figura 2 - Dosador de Cloro rudimentar.

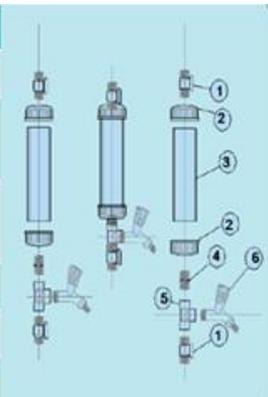


Fonte: Manual da Funasa.

Na Tabela 3 é apresentada pela FUNASA a quantidade recomendada para a solução de $NaClO$ dissolvida em água para reservatórios de grande volume, tais como 5000, 10000, 15000 e 20000 litros.

Figura 3 - Modelo do clorador simplificado e componentes.

Item	Discriminação	Quantidade
01	Registro SV roscável de 3/4"	2
02	Cap de PVC rígido soldável de 3"	2
03	Tubo de PVC rígido soldável de 3"	30 cm
04	Nipel duplo roscável de 3/4"	1
05	Tê de PVC roscável de 3/4"	1
06	Torneira de PVC de 3/4"	2



Fonte: Manual da Funasa.

Tabela 2 - Medições Referentes ao NaClO para o tratamento da água para o consumo.

Água (Litro(s))	Hipoclorito de Sódio (2,5%) (ml)	Quantidade
1	0,045	2 gotas
20	2	1 colher chá
200	15	1 colher sopa
1000	100	2 copos café Pequeno

Fonte: adaptado do manual de cloração de água em pequenas comunidades – FUNASA v. 1, 2014

Tabela 3 - Coeficientes da equação e as Métricas quantificadas.

Volume (Litros)	Dosagem (mg/L)	Peso de Cloro gramas	Volume de Água (Litros)
5.000	1,0	8	1,5
10.000	1,0	16	1,5
15.000	1,0	24	1,5
20.000	1,0	32	1,5

Fonte: adaptado do manual de cloração de água em pequenas comunidades – FUNASA v. 1, 2014

2.5. SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM UM MEIO RURAL

Segundo Reis et al. (REIS et al.,2015), a automação e o controle do sistema de purificação da água para pequenas comunidades rurais utilizam componentes relativamente de baixo custo, aplicado a um sistema de gotejamento e clorificação, diminuindo o trabalho manual e automatizando o sistema. Além disso, o sistema foi projetado para atender as características temporais da dosagem do hipoclorito de sódio em água. O sistema desenvolvido nessa dissertação usa um microcontrolador tanto no controle quanto na automação do sistema proposto.

2.5.1. Microcontrolador

O microcontrolador é um circuito integrado composto por microprocessador (Unidade Lógica e Aritmética – ULA), memória, conversores A/D, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, dentre outros (PENIDO E. C. C.; TRINDADE, 2013). Fonseca e Beppu (2010) salientam que um microcontrolador é como se fosse um computador em um chip, contendo memória, periféricos de entrada e saída e um processador, que controla suas funções ou ações.

Os microcontroladores são usados em dispositivos automatizados, como sistemas de controle de automotivo, dispositivos de equipamentos médicos implantáveis, sistemas de controles remotos, máquinas diversas, eletrodomésticos, ferramentas de eletromecânica, brinquedos e outros sistemas embarcados. Ao reduzir o tamanho e o custo em comparação a um projeto que usa um dispositivo microprocessado, os microcontroladores tornam-se econômicos para controlar digitalmente dispositivos e processos, integrando componentes analógicos necessários para controlar sistemas eletrônicos não digitais.

O consumo de energia do microcontrolador é relativamente baixo, normalmente na ordem de grandeza dos miliwatts e possui habilidade para entrar em modo de espera (Sleep/Wait), aguardando por uma interrupção ou evento externo, como por exemplo, o acionamento de uma tecla, ou um sinal que chega via

uma interface de dados. O consumo destes microcontroladores em modo de espera pode chegar à ordem de grandeza dos nanowatts, tornando-os ideais para aplicações onde a exigência de baixo consumo de energia é um fator decisivo para o sucesso do projeto.

O projetista que desenvolve sistemas com microcontroladores geralmente cria todo programa que será executado pelo sistema ou pode usar um sistema operacional próprio para microcontroladores. Um exemplo de um sistema operacional próprio é o Sistema Operacional de Tempo Real (Real Time Operation System - RTOS). Assim, no desenvolvimento do dispositivo purificador de água foi utilizado um sistema operacional que tinha a função de gerenciar os recursos do sistema (gerenciar processador, gerenciar memória, gerenciar o sistema de arquivos e gerenciar processos), fornecendo uma interface entre o computador e o desenvolvedor de aplicações.

2.6. BOMBAS DOSADORAS

Nessa pesquisa enfatizamos dois tipos de controle da dosagem dos produtos a base de cloro existente no mercado que são baseadas sistema usando Bomba Dosadora injetora também conhecida por Bomba Dosadora Eletromagnética e Bomba Dosadora Peristáltica. As Bombas Dosadoras são projetadas para a dosagem de qualquer líquido, incluindo produtos químicos agressivos. Praticidade, agilidade operação e economia são alguns dos seus diferenciais imediatos.

A bomba dosadora eletromagnética, ou simplesmente bomba dosadora eletrônica, trata-se de um equipamento usado em processos industriais onde se faz necessário grande precisão na vazão a ser transferida, desenvolvida para faixa de 0,4 a 60 litros por hora. O controle da vazão pode ser através de ajuste manual ou ajuste remoto, ou também via interface por instrumentos, como exemplo: os medidores e controladores de cloro residual, leitura direta do pH e da condutividade, como também a medida da vazão de água no sistema. Vale ressaltar que as bombas dosadoras comerciais são desenvolvidas para operar com grandezas físicas na ordem de litros por hora visto que são projetadas para grandes volumes de água.

Para a necessidade de tratamento da água que é necessária para consumo na Escola Santa Terezinha, não se aplica esse tipo de bomba dosadora devido

principalmente da cota de unidades de bisnaga de 50 ml de hipoclorito de sódio fornecidos mensalmente pelo Ministério da Saúde e também devido à dosagem de trabalho normalmente opera na casa das dezenas de ml (mililitros). Para a aplicação proposta usamos 20 ml (mililitros) a cada 200L (litros) de água a ser tratada. As Bombas Dosadoras Eletromagnéticas funcionam por meio de válvulas de aspiração e injeção (um tipo seringa hospitalar), por meio da atuação de um diafragma em PTFE (material Teflon), montadas em um pistão (tecnicamente conhecido na mecânica por êmbolo), que é movimentado por uma bobina eletromagnética (solenoide). Com a alimentação da bobina pelo circuito eletrônico de comando, o pistão é empurrado para frente, expulsando o ar da câmara. A aplicação desse tipo de bomba é destinada para dosagem de líquidos químicos em geral com baixa viscosidade. A vazão é regulável por meio da frequência de injeções (pulsos elétricos por minuto), através de um botão de acionamento que faz parte do equipamento, e também existem modelos fabricados com controle automático microcontrolado por placa eletrônica.

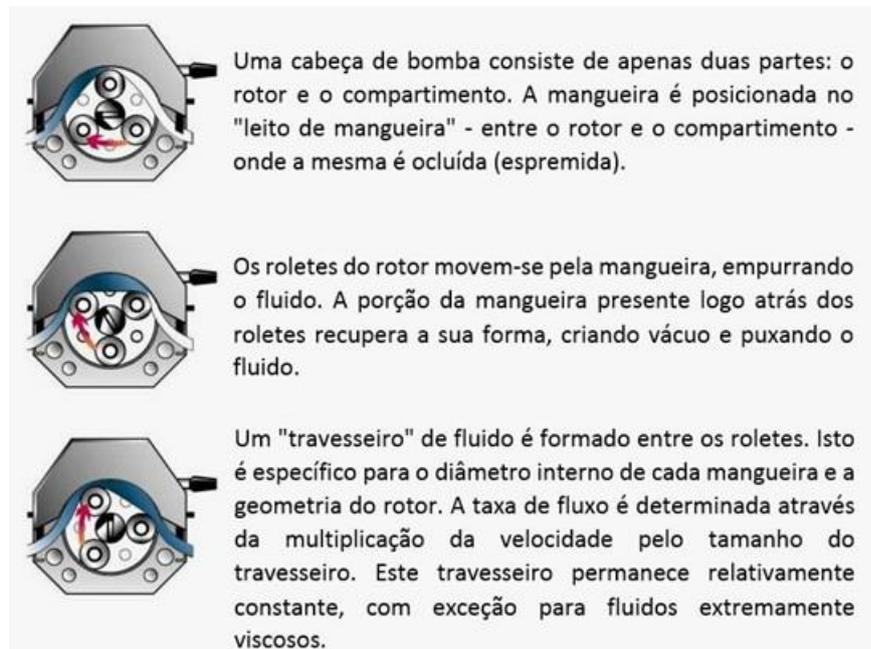
A bomba dosadora peristáltica se baseia na alternância de compressões e relaxamentos de uma mangueira, permitindo a movimentação de dosagens precisas de um fluido. Esse tipo de aparelho consiste basicamente de um cabeçote em forma de ferradura, um tipo de rotor com roletes e uma mangueira, que é posicionada entre o rotor e o cabeçote.

A Figura 4 ilustra um esquema simplificado da bomba peristáltica. Os roletes do rotor movem-se pela mangueira, comprimindo-a e movimentando a parte comprimida. Na porção logo atrás do rolete, forma-se vácuo que puxa o produto químico para a bomba, e empurra o fluido sem que haja deslizamentos. O funcionamento da bomba peristáltica tem como princípio a rotação de roletes que existem no interior da carcaça do cabeçote da bomba que comprime e dilata a mangueira.

O sistema das bombas peristálticas não utiliza diafragmas ou válvulas de aspiração permitindo que o sistema seja completamente autoescorvante (o produto químico não interage com o sistema) realizando a transferências do líquido direto do seu reservatório para o destino, que no nosso caso o tanque de tratamento de água,

por exemplo, assim os fluidos são dosados sem contato com o ar e partes mecânicas do equipamento.

Figura 4 - Bomba peristáltica.



Fonte: Adaptado pelo autor (2018).

Sistemas com bombas peristálticas são equipamentos utilizados para a transferência de fluidos com uma determinada vazão em ml/minuto (mililitros por minutos), l/h (litros/hora) ou diversas outras unidades físicas de medida. Conseqüentemente é uma excelente opção multifuncional para as aplicações diversas quando se trata de controle e dosagem de fluidos, tendo como vantagem problemas de manutenção e desgaste.

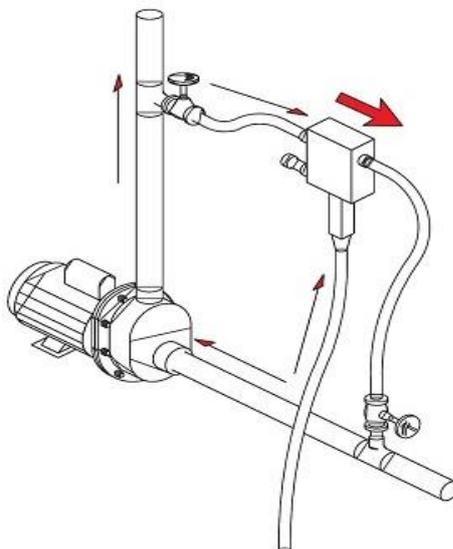
Um sistema completo de bomba peristáltica é composto por três partes respectivamente, o drive (subsistema de controle eletromecânico do rotor), a cabeça (ou também denominada "cabeçote") e a mangueira. Para cada aplicação, uma configuração pode ser montada nos casos dos sistemas mecatrônicos existentes no mercado, o que facilita a flexibilidade, economia e utilização. Na prática no mercado atual, na pesquisa realizada, essas bombas operam acima de 200 ml/h, sendo uma dificuldade técnica para pequenas dosagens, na escala de dezenas de mililitros. Sendo assim as bombas peristálticas do mercado brasileiro não atendem a necessidade encontrada para tratamento de água na escola Santa Terezinha em Canoas.

Na pesquisa realizada foi observado que entre vários sistemas de dosadores que utilizam produtos que contem Cloro para tratamento de água o dosador por Sistema de bomba ejetora e dosador por sistema de bomba peristáltica foi os mais relevantes para a aplicação no caso da escola Santa Terezinha no Assentamento de Canoas. Normalmente a capacidade de dosagem varia de 200 ml a 15L/h. Analisando a bomba ejetora, observamos que o funciona por meio de um hidro ejetor destinado a criar um vácuo suficiente no tubo Venturi para sucção, diluição e injeção da solução química na água a tratar. A solução química tem sua vazão regulada por meio de uma válvula de regulagem sensível e a quantidade medida em litros por hora por um medidor de vazão tipo "rotâmetro", de leitura instantânea, dotado de uma esfera flutuante que se movimenta dentro do rotâmetro, indicando na escala a dosagem desejada.

O primeiro sistema para tratamento de água usando produtos à base de cloro é mostrado na Figura 5. Nesse sistema a água entra na bomba que injeta água no dosador de cloro gerando uma realimentação da água a ser tratada.

No sistema 2, mostrado na Figura 6, utiliza uma segunda motobomba auxiliar, ou seja, além da motobomba principal que faz a sucção da água a ser tratada, é instalada uma segunda motobomba para fazer o fluxo de realimentação com o tratamento contínuo do produto a base de cloro.

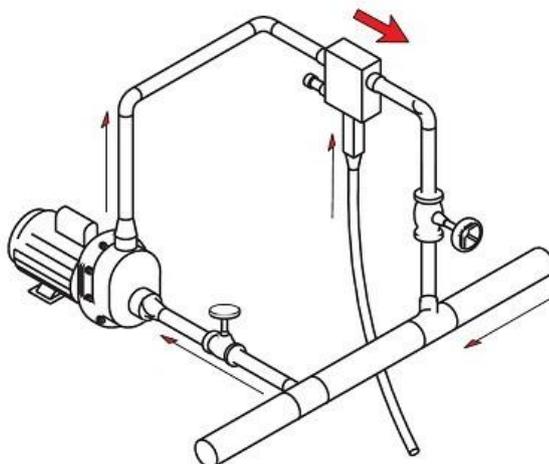
Figura 5- Sistema com bomba de recalque - Realimentação.



Fonte: adaptado do manual do Dosador de Cloro e Componentes da EPEX- www.epex.com.br.

No sistema 3, mostrado na Figura 6, ele utiliza uma segunda bomba auxiliar, ou seja, além da bomba principal que faz a sucção da água a ser tratada, é instalada um segundo motor bomba para fazer o fluxo de realimentação com o tratamento contínuo do produto a base de cloro. Esse sistema é conhecido comercialmente com ligação direta na linha de recalque 9 - linha d'água. É um sistema normalmente de menor custo e mais simples de montar, sendo possível quando existe a possibilidade de se criar uma diferença de pressão na linha d'água em relação ao fluxo para onde a água vai fazer o atendimento, ou seja, usando o efeito da queda por gravidade. Pode ser explicado conforme a Figura 7, onde a água do sistema é dividida pela canalização principal e um desvio para o clorador de hipoclorito, tendo como propósito fazer a misturar da solução na água que flui no sistema, também neste caso é inserido ao sistema duas válvulas de ajustes para o controle do cloro residual.

Figura 6 - Sistema com bomba de recalque - Sucção.

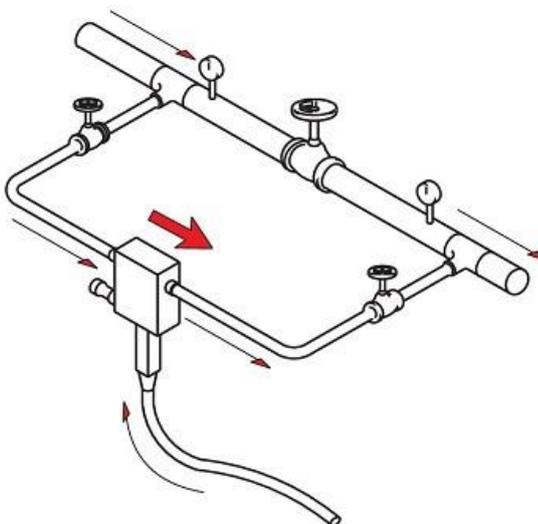


Fonte: adaptado do manual do Dosador de Cloro e Componentes da EPEX- www.epex.com.br

No sistema 4, conforme a Figura 8, temos a dosagem indireta no reservatório, mais é necessário que a pressão seja maior que 1,5 quilos para que funcione. A água é misturada sem bomba de recalque e tem um tanque para armazenamento, diferentes dos demais que usa o processo de fluxo contínuo na dosagem.

2.6.1. Comparações dos recursos oferecidos pelo sistema de purificação de água em relação aos sistemas propostos pelo mercado

Figura 7 Sistema com dosagem direta.



Fonte: adaptado do manual do Dosador de Cloro e Componentes da EPEX- www.epex.com.br

Tabela 4 – Comparação entre os sistemas usuais e o sistema proposto.

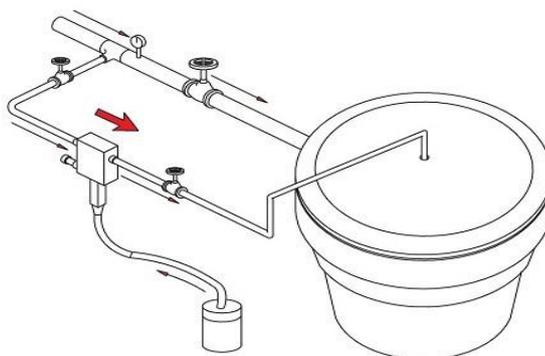
Parâmetro	Usuais no Mercado	Proposto
Sistema	Dosagem usando motobomba com recalque, Dosagem usando motobomba com recalque e auxiliar, dosagem direta, dosagem direta com armazenamento.	Dosagem direta com armazenamento.
Método	Milidosagem no armazenamento de água; Litrodosagem no fluxo de água	Milidosagem no armazenamento de água
Processos	Manual e Automático	Automático
Dosador	Bomba de Injeção e Bomba Peristáltica	Bomba Peristáltica
Abordagem	Cidades, Assentamentos	Assentamentos e pequenas comunidades rurais

Fonte: Próprio autor (2018)

2.7. BOMBAS PARA TRANSPORTE DE ÁGUA

As bombas para transporte de água são essenciais nos projetos que, seja necessário realizar o volume de grandes quantidades de água, pressurizando sua passagem. Seja para encher um tanque para indústria, escola, residência (como as caixas de água) e outros. Existem vários modelos de bombas, que operam de diferentes formas e atendem requisitos peculiares a cada necessidade. Na pesquisa encontramos os seguintes tipos:

Figura 8- Dinâmica do sistema com dosagem direta



Fonte: adaptado do manual do Dosador de Cloro e Componentes da EPEX- www.epex.com.br

- A Bomba centrífuga, que um sistema eletromecânico muito usado para bombear líquidos na área de saneamento básico, transferindo líquidos de um local para outro;
- A Bomba submersa é um sistema eletromecânico que opera dentro da água. São divididas em dois tipos, chamados de submersa e submersível. A bomba submersa é produzida para permanecer dentro da água. Já a bomba submersível opera por um determinado período de tempo, porém deve ser retirada da água após o uso, secada e guardada;
- A Bomba Injetora é um sistema eletromecânico projetado para transferência em grandes profundidades de até 20 (vinte metros). Operam com alta pressão e também funciona a seco;
- A Bomba Autoaspirante é a única bomba que não precisa da válvula de retenção (para evitar o retorno da água no desligamento), visto que já foi projetada para transferir a água sem deixar que ela retorne. É indicada para reservatórios ou poços de até 7 (sete metros) de profundidade, visto que trabalha acima do solo;
- A Bomba Periférica, que também opera acima do nível do solo, e não deve ser utilizada em profundidades superiores a 7 (sete metros). É indicada para poços, pois trabalha em alta pressão e seu desempenho é melhor transferindo baixo volume de água. É uma das bombas que necessitam da instalação da válvula de retenção, que não permite que a água retorne ao reservatório de origem, dentre as demais bombas, em nossa pesquisa foi a ofertada no mercado pelo menor custo versus benefício para esse projeto.

2.8. VÁLVULAS SOLENOIDES

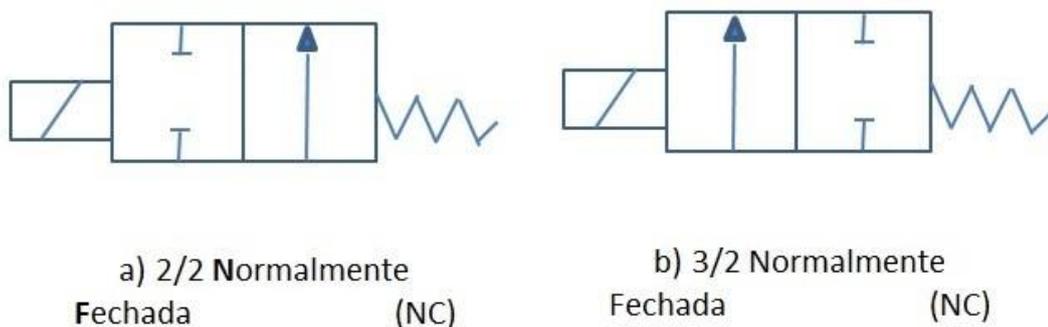
A válvula solenoide é um dispositivo eletromecânico controlado por uma bobina eletromagnética. Esse dispositivo é denominado solenoide devido ao seu componente principal ser a bobina elétrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, denominado êmbolo. Em uma posição de repouso, o êmbolo fecha um orifício por onde circula um fluido, que no nosso caso trata-se de água. Quando se aplica uma diferença de potência na bobina, surge uma corrente elétrica através desta, essa circulação de corrente origina um campo magnético que por consequência exerce uma força no êmbolo. Sendo assim o êmbolo é puxado em

direção ao centro da bobina de modo que o orifício se abre. Este é o princípio de funcionamento de fechar e abrir uma válvula solenoide. Explorando as características técnicas de uma válvula solenoide, afirmamos que se a mesma é do tipo de 2/2, isto significa que tem duas vias, ou seja, portas (1 entrada e 1 saída) e duas posições (aberta ou fechada). A válvula solenoide de 2/2 pode ser normalmente aberta (aberta no estado desenergizado) ou normalmente fechada (fechada em estado desenergizado).

Outras combinações de portas são possíveis em uma única construção que por este motivo, foram padronizados símbolos para expressar a função do circuito de uma válvula solenoide. Abaixo estão alguns exemplos das funções de circuito mais comuns. A função de circuito de uma válvula qualquer é simbolizada em duas caixas retangulares para o estado desenergizado (lado direito) e estado energizado (lado esquerdo). As setas na caixa mostram a direção do fluxo entre as portas da válvula:

- No desenho da Figura 9, temos uma válvula 2/2 vias normalmente fechada (NC) e no desenho b uma válvula de 3/2 via normalmente fechada;
- No exemplo da Figura 10, uma válvula de 2/2 via normalmente aberta (NO).

Figura 9 - Simbologia da Válvula Solenoide NF.



Fonte: adaptado da apostila do Prof. Dr. Emílio Carlos Nelli Silva

Figura 10 - Simbologia da Válvula Solenoide NO.



c) 2/2 Normalmente Aberta (NO)

Fonte: adaptado da apostila do Prof. Dr. Emílio Carlos Nelli Silva

3. PROPOSTA

Nos capítulos anteriores foram apresentados os principais conceitos envolvidos nesta pesquisa. Neste capítulo é apresentada a visão geral da proposta de dissertação, bem como a caracterização do sistema proposto e os trabalhos relacionados que fornecem o embasamento teórico para a caracterização do sistema de purificação de água.

3.1. VISÃO GERAL

A investigação desta dissertação partiu da observação do alto índice de água contaminada observada pela Vigilância Ambiental no assentamento de Canoas pertencente ao Município de Presidente Figueiredo. Dadas às características naturais da região, observa-se a estrada de acesso, Figura 11 e a falta de infraestrutura de esgoto e água potável, conforme mostrado na Figura 12. Assim, para nortear a pesquisa os quesitos analisados foram:

- Ausência da rede de água e esgoto;
- Fontes de água de qualidade duvidosa;
- A falta de conhecimento com relação ao uso e tratamento da água para o consumo humano;
- O maciço uso de cacimbas para o consumo humano;
- Um número grande de forças negras na Vila de Canoas;
- A quantidade de Hipoclorito de sódio recebido mensalmente pela Escola Santa Terezinha.

Figura 11 - Acesso ao Assentamento de Canoas.



Fonte: Próprio autor (2018)

O sistema de purificação de água possui três etapas que são: a construção da infraestrutura hidráulica, a construção do sistema mecatrônico automático de dosagem e a verificação da qualidade da água. Na próxima Seção será realizada uma caracterização do assentamento de Canoas, Município de Presidente Figueiredo - Amazonas.

Figura 12 - Infraestrutura das ruas assentamento de Canoas.



Fonte: Próprio autor (2018)

3.2. ASSENTAMENTO DE CANOAS - PRESIDENTE FIGUEIREDO

O assentamento de Canoas está situado município de Presidente Figueiredo - AM. O acesso ao assentamento ocorre pela rodovia BR 174. Partindo da cidade de Manaus em direção a Presidente Figueiredo a distância corresponde a 109 km e de Presidente Figueiredo ao assentamento a distância é de 38 km. O assentamento possui a Escola Municipal Santa Terezinha e uma Unidade Básica de Saúde (UBS), ilustrados nas Figuras 13 e 14, respectivamente. Tanto a escola municipal como a Unidade Básica de Saúde (UBS) é alimentada por uma (1) caixa d'água de 3.000 litros. Além disso, a escola municipal possui uma (1) fossa biológica vide Figura 16 e um poço artesiano vide Figura 15. No período sazonal da cheia, na escola e na Unidade Básica de Saúde (UBS) a água oriunda do poço artesiano sofre graves problemas de contaminação devida o encharcamento do solo. O sistema proposto tem como premissa purificar a água contaminada do poço artesiano, eliminando os coliformes totais e termotolerantes. Essa água será utilizada na escola para o consumo humano, especificamente, no bebedouro, no cozimento de alimentos e na preparação dos sucos dos alunos e professores. Essa água tratada não será utilizada para a limpeza dos pátios e banheiros da escola. Isso se deve ao fato da limitação da quantidade de hipoclorito de sódio que é disponibilizado pelo Ministério da Saúde para cada comunidade. A escola recebe uma (1) caixa com cinquenta (50) bisnagas (frascos) de hipoclorito de sódio, que são utilizadas para misturar com a água usada em atividades essenciais, como as citadas anteriormente na escola municipal. Porém a acessibilidade de inserir o líquido no tanque principal é inviável tecnicamente. Na próxima seção, será descrito a planta hidráulica construída para o sistema.

No Assentamento de Canoas o único método de tratamento para água é através o uso de hipoclorito de sódio cuja concentração é de 2,5 por cento na água para consumo humano. É de responsabilidade da Vigilância Sanitária a distribuição das soluções de hipoclorito de sódio em frascos de 50 ml mensalmente pelo Ministério da Saúde, de forma gratuita através da Secretaria Municipal de Saúde do município de Presidente Figueiredo/AM.

Figura 13 - Escola Municipal Santa Terezinha



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 14 - Unidade Básica de Saúde.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 15 – Poço Artesiano



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 16 - Poço Artesiano



Fonte: Próprio autor (2018).

3.3. CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA - PLANTA HIDRÁULICA

A infraestrutura hidráulica da Escola Municipal Santa Terezinha no assentamento de Canoas encontrava-se com problemas nas instalações hidráulicas, o que comprometia o uso do sistema de purificação de água. Dessa forma, foram necessárias algumas manutenções na planta hidráulica da escola para que se desse início a construção do projeto do sistema de tratamento de água.

Um ponto a ser destacado é a questão de logística na região, que é extremamente complicado. Todos os materiais e equipamentos utilizados na infraestrutura hidráulica foram comprados em Manaus e transportados em carros de Manaus até o assentamento de Canoas, o que onerou a infraestrutura hidráulica construída para validar o sistema de purificação de água como também a demora na sua construção. As principais atividades realizadas no assentamento são:

- Construção da infraestrutura para suportar os tanques 2 (tratamento de água) e tanque 3 (de armazenamento de água tratada);
- Ampliação e instalação da tubulação do sistema proposto bem como o reparo da tubulação existente do poço artesiano até o tanque 1 (fornecimento de água);
- Adaptação do layout da cozinha da escola para inserção do Dosador, instalação de torneiras, instalação de motobomba, instalação de válvula solenoide, furos nas paredes para passagem de canos e dutos elétricos, instalação da fiação elétrica e fiação de controle do sistema.

Na Tabela 5 está descrito os principais itens utilizados no sistema de purificação de água.

Tabela 5 - listagem dos itens utilizados no sistema.

Item	Equipamento
1	Caixa água
2	Motobomba periférica SHP 35 0,5CV 110 v marca SOMAR
3	Dosador
4	Sensores de nível água
5	Válvula Solenoide
6	Torneiras
7	Pias
8	Tubulação hidráulica
9	Fiação de cobre
10	Fiação de controle e comando

Fonte: Próprio autor (2018)

3.4. CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA

O sistema de purificação de água possui os seguintes requisitos:

- A água contaminada é fornecida como entrada no sistema, sendo gerado como saída à água própria para consumo humano;
- O fornecimento de energia elétrica é essencial para o funcionamento do sistema. A interrupção da energia tornará o sistema inoperante;
- O fornecimento de hipoclorito de sódio pela Vigilância Ambiental é o elemento fundamental para a desinfecção da água. A distribuição é realizada a partir do ponto de Distribuição na Vigilância Ambiental localizada na Sede do Município de Presidente Figueiredo. Vide a figura 27;
- Deverá ser realizado o abastecimento de hipoclorito de sódio em um recipiente pré-definido no sistema, pois o sistema não detecta automaticamente a falta desse composto, de forma que compromete o primeiro requisito do sistema;
- A garantia que o tempo de ação do hipoclorito de sódio na água seja igual ou superior a trinta (30) minutos;
- A garantia de que a dosagem do hipoclorito de sódio na água a ser tratada seja conforme a orientação do Ministério da Saúde;
- A garantia da perfeita atuação dos sensores de nível da água no tanque;
- Manter invioláveis todos os componentes do sistema;

- Manter um reservatório para o tratamento da água com hipoclorito de sódio e outro para o armazenamento e distribuição da água tratada para os usuários.

O sistema proposto é composto pelos equipamentos ilustrados nas Figuras 17,18 e 19:

- Três (3) tanques;
- Quatro (4) sensores;
- Uma (1) válvula solenóide cromada;
- Um (1) dosador microcontrolado;
- Uma (1) motobomba periférica.

A Tabela 6 resume as principais características e parâmetros dos itens utilizados no sistema.

O funcionamento do sistema pode ser explicado a partir da figura 20 e figura 21, onde o tanque 1 que é o reservatório de água extraído do poço artesiano, ou seja, é o tanque armazenador de água a que deve ser tratado. Já o tanque 2 tem a finalidade de fazer a desinfecção da água que será tratada com o hipoclorito de sódio via o dosador.

Tabela 6 - Lista de material usado no sistema.

Item
MOTOBOMBA PERIFÉRICA SHP-35 0,5CV 110 v SOMAR
Luva UNIAO PVC ROSCA 1 1/2 TIGRE
T SOLDAVEL PVC 50X25MM CB AMANCO
LUVA PVC SOLDAVEL 50 mm CB AMANCO
LUVA PVC SOLDAVEL 20 mm TIGRE
JOELHO PVC SOLDAVEL 90 20 mm TIGRE
T PVC SOLDAVEL 20 mm AMANCO
UNIAO PVC SOLDAVEL 50 mm CB AMANCO
BUCHA DE REDUCAO PVC 1X3 / 4 CB 11526 AMANCO
ADAPTADOR P / CX DÁGUA C / FLANGE 20X1 / 2 14320 AMANCO
JOELHO SOLDÁVEL PVC 90 BUCHA LATAO20MMX1 / 2 CB AMANCO
JOELHO SOLDÁVEL PVC 90 BUCHA LATAO25MMX3 / 4 CB AMANCO
LUVA PVC SOLDÁVEL / ROSCA 20MMX1 / 2 CB AMANCO
BUCHA DE REDUÇÃO PVC 1X3 / 4 CB 11526 AMANCO
LUVA PVC SOLDA / ROSCA 50MMX11 / 2 TIGRE

Fonte: Próprio autor (2018)

O tanque 3 tem a finalidade de realizar a distribuição de água tratada para as torneiras e bebedouros. Os tanques 1, 2 e 3 estão a uma altura em relação ao solo de 5 metros, 0 metro (nível do solo) e 4,7 metros, respectivamente.

Figura 17- Tanques



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 18- Sensores



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 19- Motobomba



Fonte: Próprio autor (2018)

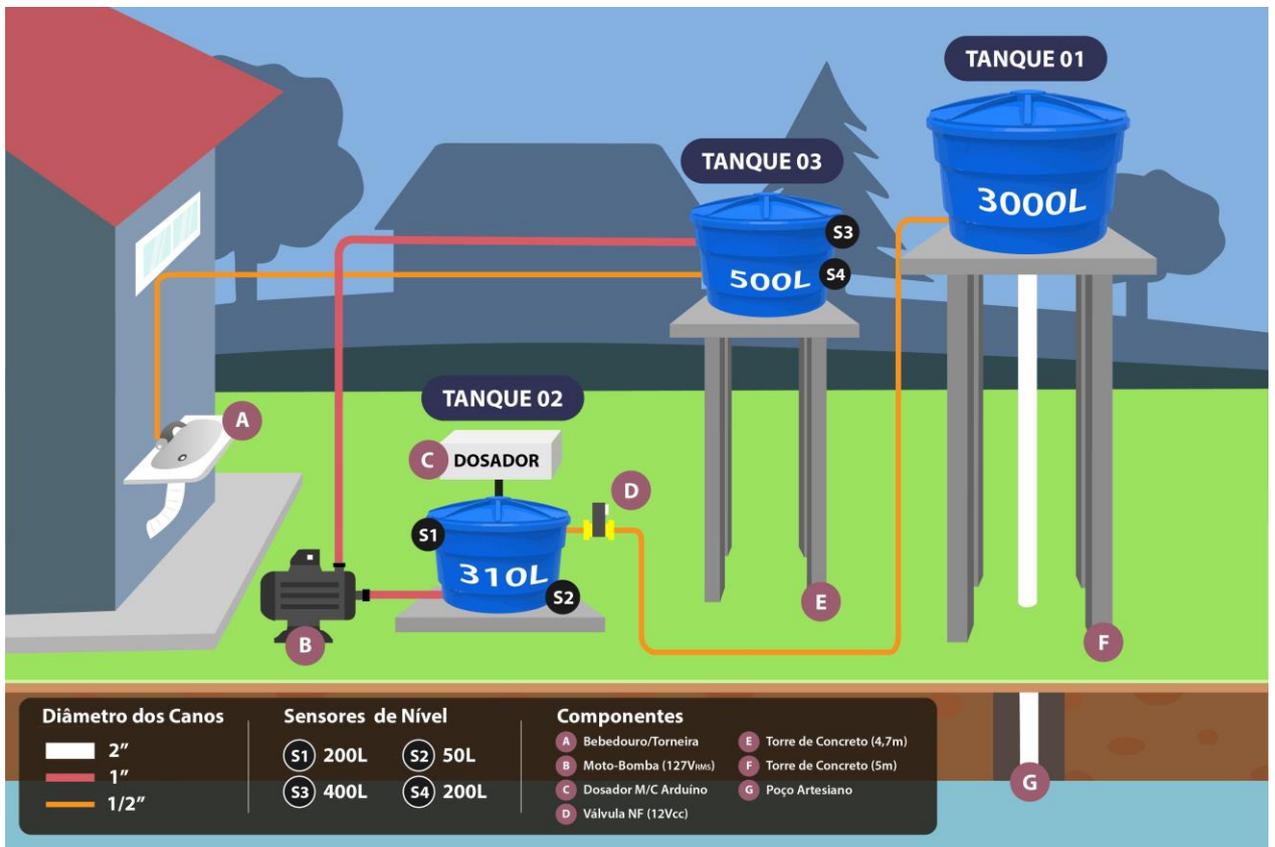
A tabela 7 descreve a lista de equipamentos do sistema.

Tabela 7 - Lista de equipamentos do sistema.

Parâmetro	Descrição
Tanque 1	3000 litros
Tanque 2	310 litros
Tanque 3	500 litros
Sensores	Sensor de nível líquido normalmente aberto
Válvula Solenóide	12 volts 2/2 vias - Latão 1/4 Nbr NF(contato normalmente fechado)- IP65
Dosador Microcontrolado	Desenvolvido pelo autor
Motobomba	Motobomba periférica shp-35 0,5 CV 110 volts - Somar

Fonte : próprio autor (2018)

Figura 20- Sistema Proposto



Fonte: Próprio autor (2018)

O tanque 1 alimenta o tanque 2 através da válvula solenoide (D) que por sua vez é controlada por comandos elétricos vindos do microcontrolador. O enchimento do tanque 2 está condicionado a operar entre um nível mínimo (Sensor S2) e um nível máximo (Sensor S1) de forma que 200 litros de água são tratados por ciclo de operação. Esse tanque se mantém operando entre os níveis máximos e mínimos enquanto houver necessidade de água para consumo. Quando o tanque 2 atingir o nível de 200 litros circuito eletrônico do microcontrolador através de comandos automaticamente fecha a passagem de água do solenoide (D) e envia também um comando para o dosador de hipoclorito (C) para que ele injete 20 ml da solução química para a água armazenada. Após essa ação, o microcontrolador cronometra 30 minutos e aciona a motobomba (B) que fornece água ao tanque 3 por meio de uma tubulação de uma (1) polegada. A motobomba está instalada no mesmo nível do limite mínimo do tanque 2. Esse ciclo ocorre até o tanque 3 atingir seu nível máximo (S3) que corresponde a 400 litros de água tratada.

O sistema é sensível aos sensores de níveis de líquido, que operam nos tanques 2 e 3, acionando o microcontrolador para executar cada tarefa necessária. Em resumo, o tanque 2 trata 200 litros de água, aguarda 30 minutos para que ocorra a desinfecção da água devida os 20 ml de hipoclorito dosado, e libera essa água para o tanque 3. São dois ciclos para encher 400 litros, nesse estágio o sistema se desliga automaticamente, e só volta a operar quando o nível do tanque 3 diminuir 200 litros da sua reserva.

Para melhor detalhamento vide a descrição funcional do sistema proposto, onde podemos explicar que cada conjunto de sensores de níveis possui um valor mínimo e o máximo de água. O tempo para encher a caixa d'água do tanque 2 varia de seis (6) a oito (8) minutos em média, dependendo da vazão da água escoada gravitacionalmente oriunda do tanque 1. O tempo para esvaziar o tanque 2 é em média quatro (4) minutos e quarenta e dois (42) segundos visto que essa vazão depende unicamente da pressão da motobomba e da altura do tanque 3. Como a altura do tanque 3 é constante, logo o tempo de esvaziar o tanque depende exclusivamente da vazão. Durante o período que o tanque 2 se encontra cheio, ou seja, limite máximo de duzentos (200) litros, o dosador injeta vinte (20) ml de

hipoclorito de sódio, de acordo com a especificação da dosagem relatada em portaria pelo Ministério da Saúde.

Após a injeção de hipoclorito de sódio no tanque 2, o sistema fica no seu estado estacionário durante o intervalo de tempo pré-programado de trinta (30) minutos ou mais dependendo da necessidade, para que ocorra a reação química do hipoclorito e sódio com a água.

Figura 21 - Descrição funcional do sistema proposto.



Fonte: Próprio autor (2018)

Finalizado esse intervalo de tempo a motobomba é acionada pelo microcontrolador e a água é elevada do tanque 2 para o tanque 3. O tanque 2 repete essa operação até que o tanque 3 possua quatrocentos (400) litros armazenados.

O dosador utilizado no sistema foi projetado pelo autor para atender o tratamento de água para consumo humano na escola municipal Santa Teresinha, podendo ser programado para atender outras necessidades em escolas, Unidades de Saúde, Unidades de Segurança, Postos de fiscalização, e outras unidades que necessitem de médio volume de água para consumo bem como pouco recurso da substância líquida a base de cloro para o tratamento necessário. O dosador proposto é constituído por um microcontrolador digital que combina um subsistema eletromecânico, garantindo a dosagem programada.

Foi necessário a construção de um RACK (armário metálico com porta) para acomodação dos subsistemas, ou seja, o subsistema eletrônico do dosador, um depósito para armazenamento do Hipoclorito de sódio, a bomba peristáltica e seus componentes, Fonte de energia DC (corrente contínua) e um contactor para acionamento do motobomba. Vide os detalhes na Figura 22, e Figura 23.

A motobomba (marca Somar, modelo HP 35) periférica foi dimensionada para o volume de água do sistema. Essa motobomba é utilizada para abastecimento de água nas casas e pequenos edifícios. A motobomba é constituída de uma carcaça de ferro fundido, alumínio fechado, capacitor permanente, protetor térmico e com dispositivo antitravamento. O motor da motobomba é monofásico com dois polos permanente.

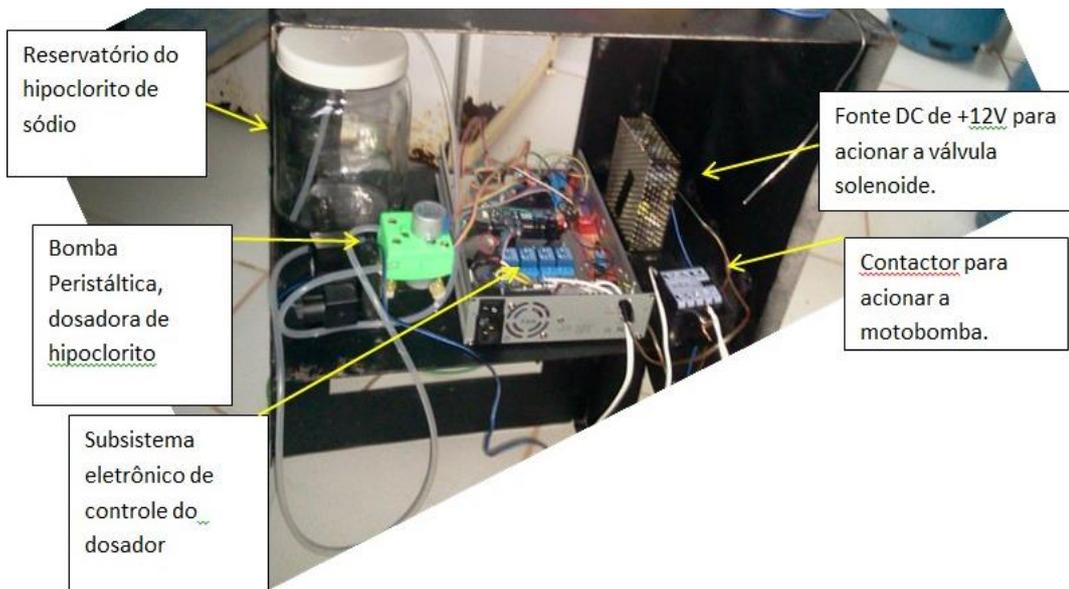
As válvulas solenoides são utilizadas em um grande número de aplicações, seja na indústria ou no campo. Essa válvula possui uma tensão de 12 volts, 2 vias, com 1/4 de polegada, categoria IP65 e fabricada em latão.

Figura 22 - Rack com Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito.



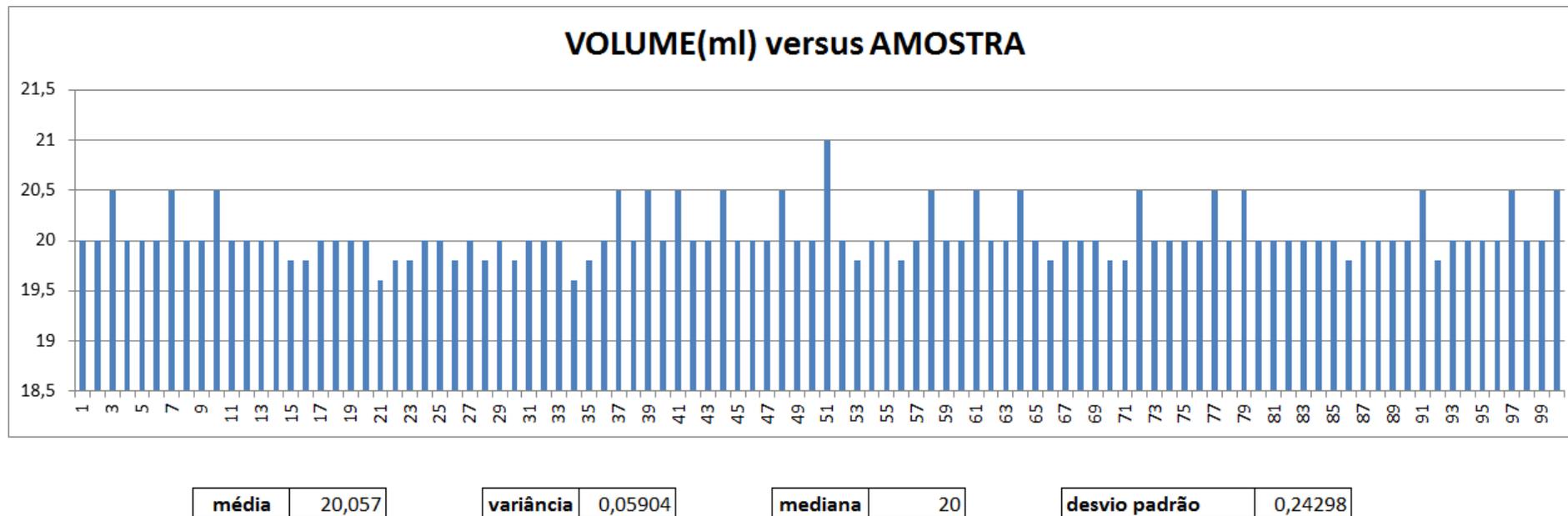
Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 23 - Rack com Sistema Eletrônico de Controle do Dosador de Hipoclorito – Vista Traseira



Fonte: Próprio autor (2018)

Gráfico 1 – Reprodutibilidade da amostragem do volume de Hipoclorito de Sódio - calibração do dosador.



Fonte: Próprio autor (2018)

3.5. SOFTWARE DO SISTEMA

Um programa de computador mais conhecido como software, é uma sequência de instruções que são enviadas para o microprocessador de um microcontrolador. Todos os microprocessadores operam com um conjunto de instruções que chamamos esse idioma de linguagem de máquina.

As linguagens de máquina são as linguagens que os computadores conseguem se comunicar, porém são extremamente complicadas para nos humanos compreender. Por esse motivo foram desenvolvidas as linguagens de programação.

O sistema mecatrônico proposto foi desenvolvido pelo o autor consiste em um software (programa de computador) que foi implantado para solucionar a questão do tratamento de água na Escola Santa Terezinha. Este software foi embarcado no circuito eletrônico, também desenvolvido pelo autor, que contém o microcontrolador ATMEL328 como destaque para execução das rotinas necessárias na automatização processo de tratamento de água. O software executa as ações temporais e físicas e é conhecido na comunidade científica como sistemas embarcados, ou seja, o software faz com que o microprocessador execute as ações do sistema de forma temporal.

3.6. VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO DOSADOR

Para aferição e garantia da precisão do Dosador de Hipoclorito de sódio desenvolvido para a solução proposta foram realizados 100 ciclos da operação de dosagem, medidas as amostras da quantidade do volume de hipoclorito através de uma Bureta (tubo graduado e dotado de torneira, que permite a adição de determinado volume de líquido em dosagens químicas). Os resultados destas medidas estão demonstrados no gráfico 1. Em termos práticos a precisão do dosador é aceitável, visto que como já comentado, a aplicação desse sistema propõe dosar 20 mililitros (ml) de hipoclorito de sódio em 200 litros (l) de água, onde mostraremos na Tabela 8 mostra a dosagem de hipoclorito de sódio para tratamento de água baseada na Nota técnica número 02/2016-FVS/AM.

3.7. VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE DA ÁGUA

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme descrito no artigo 5º da referida norma, o abastecimento de água à população pode ocorrer de três formas distintas:

- Fornecimento coletivo de água por meio de sistema de abastecimento de água (SAA);
- Abastecimento coletivo de água por meio de solução alternativa coletiva (SAC);
- Abastecimento individual por meio de solução alternativa individual (SAI).

A vigilância ambiental de Presidente Figueiredo trabalha com o SAC e SAA (SAUDE, 2012). São exemplos de SAC, a Escola Municipal e a UBS. O SAC da comunidade de Canoas é C1303353000020. Com relação ao SAA, nós temos como exemplos Balbina, Pitinga e a própria sede de Presidente Figueiredo.

O procedimento de verificação de qualidade da água consiste no processo de coleta da água e análise microbiológica. Na escola municipal foram definidos três pontos de coleta de água. O primeiro ponto definido foi o poço artesiano (Figura 24), o segundo as torneiras (Figura 25) da cozinha e as torneiras do bebedouro (Figura 26).

As medições são feitas através de coletas pelos agentes da vigilância sanitária que levam as amostras para o laboratório de análise da água em Presidente Figueiredo. A coleta número 1 (um) é feita isolando o poço da tubulação que vai até o tanque 1. A coleta número 2 (dois) é feita na torneira de água tratada oriunda do tanque 3 (três), denominado tanque de armazenamento. A coleta número 3 (três) é feita retirando água do bebedouro da escola. A cada mês a vigilância sanitária faz essas coletas, onde as amostras são levadas para o laboratório na sede do município e, por conseguinte avaliada a qualidade da água.

Água de poço artesiano, ou qualquer outro tipo de fonte de água não tratada possuem altas probabilidades de estar contaminada com coliformes fecais, e-coli, bactérias e vírus nocivos à saúde. Para solucionar ou minimizar utilizando-se um sistema de desinfecção simplificado para garantir um fornecimento de água de forma contínua e duradouro de água com segurança alimentar e em locais isolados ou carentes. Todos os sistemas comercialmente existentes são eficazes, porém a garantia da eficácia depende muito do conhecimento da localidade, a forma de

captação da água e das instalações dos componentes do sistema escolhido. Entre tantos sistemas comercializados pesquisados neste trabalho que poderiam atender a necessidade da escola Santa Terezinha em Canoas, a definição do dispositivo dosador de produto baseado em cloro é primordial para a eficiência do tratamento da água visto que necessariamente o produto a ser usado é o hipoclorito de sódio com uma quantidade racionalizada por conta do programa de distribuição desse produto. Em todos os tipos de sistemas é fundamental atender por completo os padrões bacteriológicos e a dosagem de cloro da portaria 2.914 do Ministério da Saúde, tendo um severo controle de dosagem que proporciona total segurança aos usuários durante o consumo da água tratada.

As amostras são coletadas e analisadas pelos mesmos agentes da vigilância sanitária e a metodologia de coleta e análise são baseadas na nota técnica número 02/2016-FVS/AM que trata sobre a enchente dos rios reparação e resposta no que tange aos cuidados com a água utilizada para consumo humano. Assim, se faz necessário adequar os estoques e a distribuição de hipoclorito bem como planejar e intensificar as atividades de educação em saúde, visando diminuir os riscos de contaminação da água de consumo humano. com o hipoclorito de sódio a 2,5%, observando a dosagem do hipoclorito de sódio conforme a Tabela 8, usando a recomendação da Fundação de Vigilância Sanitária (FVS).

3.8. AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS

O teste é realizado com o pó reagente Colilert do IDEX Laboratories, disponibilizado pelo Ministério da Saúde. Este reagente após misturado com a amostra, detecta e quantifica simultaneamente coliformes totais e *Escherichia coli*, com resultados em 24 horas. Segundo os agentes da Vigilância Sanitária o método é simples e prático, pois com menos de um minuto de manipulação, se prepara a amostra para a estufa, e também foi comentado que não é necessária limpeza de vidraria nem contagem de colônias. O teste Colilert detecta coliformes totais e E-coli a 1 organismo/100 ml.

O teste Colilert está aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) como método para

detecção de coliformes totais e E. coli em água potável e para detecção de E. coli nos seguintes tipos de águas: águas do meio ambiente, águas superficiais, águas subterrâneas e águas residuais. Esse teste foi aprovado e aceito seu procedimento pelo Ministério da Saúde no Brasil.

As coletas das amostras devem seguir um procedimento padrão de manipulação asséptica. As amostras usam padrão de 100 ml, onde já estão disponíveis embalagens para essa medida. No laboratório adiciona-se o reagente Colilert para 100ml.

As amostras trazidas da Escola Santa Terezinha em Canoas devem vir em embalagem com gelo, até o laboratório de Unidade de Saúde em Presidente Figueiredo para que seja incubada a 35°C durante 24 horas em uma estufa controlada. Depois desse tempo, se utiliza uma lâmpada ultravioleta (UV) de 16watts e comprimento de onda de 365nm a uma distância de 60 cm das amostras. Se a coloração for incolor o resultado é negativo, sendo amarelo, temos presença de coliformes totais, ou se amarelo/fluorescente existe a presença de E-Coli.

As Figuras de 28 a 33 ilustram o procedimento de mistura do reagente Colilert com a amostra trazida da Escola Santa Terezinha em Canoas.

As Figuras de 34 a 37 ilustram o procedimento de teste das amostras de água para consumo humano da Escola Santa Terezinha, no Laboratório da Vigilância Sanitária.

Figura 24 - Local da Canalização reparada com inserção de torneira e registro para coleta de amostra número 1.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 25 - Torneira da Cozinha onde se realiza a coleta da amostra número 2.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 26 - Bebedouro da escola onde se faz a coleta de amostra número 3.



Fonte: Próprio autor (2018)

Tabela 8 - Tabela de dosagem de hipoclorito de sódio para tratamento de água.

Volume de água	Hipoclorito de sódio a 2,5 %		Tempo de contato
	Dosagem	Medida Prática	
1 litro	0,045 ml	2 gotas	30 minutos
10 litros	1 ml	20 gotas	
20 litros	2 ml	40 gotas	
200 litros	20 ml	2 colheres de sopa	
500 litros	50 ml	1 copinho de café descartável	
1000 litros	100 ml	2 copinho de café descartável	

Fonte: adaptado da nota técnica número 02/2016-FVS/AM.

Figura 27- Ponto de Distribuição de Hipoclorito de Sódio na Vigilância Ambiental.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 28 - Amostra de 100 ml.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 29 - Inserindo o reagente Collet na amostra.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 30 - Mistura do reagente com a amostra.



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 31 - Reagente e amostra alocados.



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 32 - Caixa do reagente Colilert



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 33 - Cartela do Reagente Colilert



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 34 - Amostras na estufa.



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 35 - Inserindo o reagente nas amostras de 100ml.



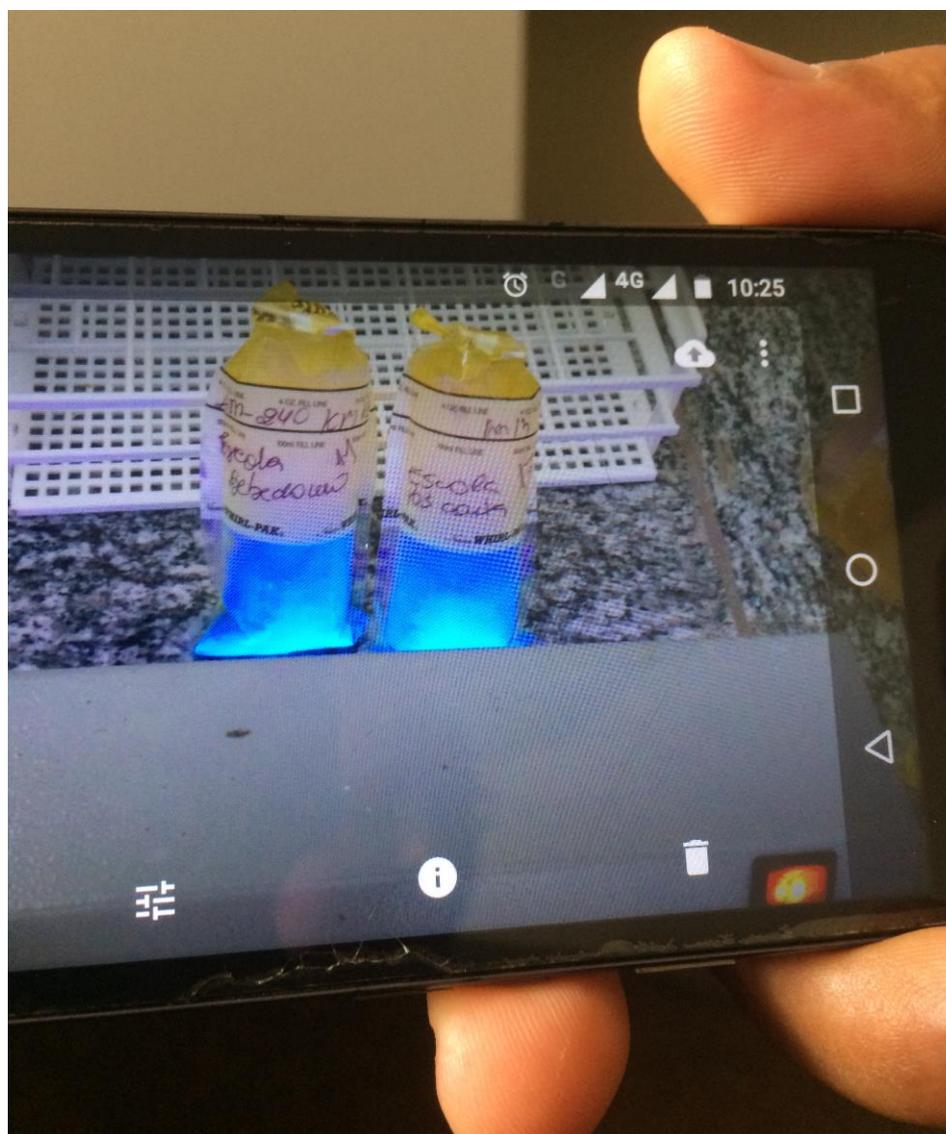
Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 36 - Solução colocada na estufa.



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 37 - Resultado das amostras de 100ml.



Fonte: Próprio autor (2018).

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste estudo foi desenvolvido um sistema totalmente automático de tratamento de água voltado para consumo humano. A água com suspeita de contaminação entra no sistema proposto que realiza o processo de purificação, e entrega ao bebedouro e torneira da cozinha. Três pontos merecem destaque no trabalho, a construção da infraestrutura física e o projeto de Hardware e o projeto de Software do sistema. Com relação à estrutura física valem a pena destacar que foram comprados equipamentos, tubulações e realizado manutenções na planta hidráulica. Por se tratar de uma comunidade afastada dos grandes centros, todo o material necessário foi levado de Manaus via automóvel até o assentamento de Canoas, tornando a logística muito complexa. Com relação ao projeto de Hardware em que o cerne do mesmo é um equipamento de fácil calibração para uso de medidas de baixo volume de soluções químicas líquidas, na faixa das dezenas de mililitros (ml) constituído por uma bomba peristáltica e controlada eletronicamente.

No equipamento proposto, a bomba é calibrada via software. A calibração e a precisão são pontos fortes, visto que se comprovou nos cem (100) ensaios realizados há uma variância estatística de 0,059, sendo este um valor confortável com boa margem de segurança na operação de dosagem. Outra vantagem foi que a característica da bomba peristáltica o líquido a ser controlado não interage com o meio externo, visto seu principio de funcionamento se basear em um estrangulamento de uma mangueira que faz a condução do hipoclorito de sódio do reservatório ao tanque de água a ser tratada. A eficácia da dosagem foi comprovada através de avaliações tradicionais com os métodos utilizados pela Vigilância Ambiental usando o procedimento padrão de coleta e manuseio das amostras realizadas, com o KIT pó reagentes Collert, lâmpada ultravioleta, estufa para amostras de 100 ml de água coletada no campo. A incerteza avaliada satisfaz as especificações alvo desta dissertação. Foram revelados que as principais fontes de incerteza eram elementos relacionados à precisão da dosagem. O sistema está pleno funcionamento e atende 295 alunos da escola Santa Terezinha, 14 professores, 5 cozinheiras, 8 serviços gerais, 2 inspetoras, 2 guardas municipais, 2 agentes administrativos, 6 motoristas, 1 barqueiro, 1 Pedagogo e a Diretora da

escola. A expansão para atender a UBS está em vias de aprovação. Em todo desenvolvimento e construção da infraestrutura tanto a população local quanto as Secretárias de Educação e de Saúde Municipal de Presidente Figueiredo, bem como os funcionários da escola, apoiaram formalmente para o êxito desse projeto.

Quanto a trabalhos futuros é necessário estabelecer um equipamento de calibração que possa ser usado em condições de operação usando energia alternativa, preferencialmente geração de energia fotovoltaica para alimentação do sistema, pois a solução proposta nesse trabalho é satisfatória para localidades com infraestrutura precária de saneamento, e energia elétrica. Esta solução pode ser usada para outros tipos de líquidos, que se pretenda simplesmente dosar. Além disso, o sistema proposto usando a bomba peristáltica pode ser projetado para serem mais compactos e portáteis, com um custo relativamente muito baixo.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. C.; ODORIZZI, A. C.; GOULART, F. C. **Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento**. Saúde Pública, v. 36, n. 6, p. 749–751, 2002.

AMARAL, L. A. et al. Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento. Saúde Pública, v. 37, n. 4, p. 510–514, 2003.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Estudos avançados. v. 22, n. 63, p. 211–226, 2008.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 4, n. 1, p. 75–108, 2008.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. **Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, v. 30, n. 1, p. 82–90, 2003.

BRASIL. Regulamento técnico de características microbiológicas para a água mineral natural e água natural. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, v. 1, 2005.

BRASIL. Água: Manual de uso. Vamos cuidar de nossas águas. Secretaria de Recursos Hídricos, v. 1, 2006.

BRASIL. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, v. 1, 2011.

BRASIL. Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA. Fundação Nacional de Saúde, v. 1, 2014.

CAMPOS, J. A. D. B.; FILHO, A. F.; FARIA, J. B. **Qualidade sanitária da água distribuída para consumo humano pelo sistema de abastecimento público da cidade de Araraquara – SP**. Alimentos e nutrição, v. 13, n. 1, p. 117–129, 2002.

COSTA, A. M.; SILVAS, B. P. C.; CASTRO, R. R. O. Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/PR. [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

D'AGUILA, P. S. et al. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu**. Saúde Pública, v. 16, n. 3, p. 791–798, 2000.

FREITAS L. L.; SILVA, K. C. S. T. M. D. I. L. D. A. L. F. F. **Quantificação microbiológica de bebedouros de escolas públicas em Muriaé (MG)**. FAMINAS, v. 9, n. 1, p. 81–93, 2013.

GERMANO P. M. L. AND GERMANO, M. I. S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 2003.

HOFSTRA, H.; VELD, J. H. J. H. Methods for the detection and isolation of escherichia coli including pathogenic strains. Applied Microbiology, v. 1, n. 1, p. 197–212, 1998.

JUNIOR, A. C. G.; PAGANINI, W. S. **Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79–88, 2009.

LIBANIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Átomo - Funasa**, v. 1, n. 1, p. 1–40, 2010.

LUCCA, L. **Controle de qualidade do hipoclorito de sódio no processo de produção.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MEYER, S. T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública.** Saúde Pública, v. 10, n. 1, p. 99–110, 1994.

ORGANIZATION, W. H. Guidelines for drinking-water quality. 2011.

PENIDO E. C. C.; TRINDADE, R. S. **Microcontroladores. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais**, 2013.

RAZZOLINI M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a Água.** Saúde e Sociedade, v. 17, n. 1, p. 21–32, 2008.

REIS, R. R. S. et al. **Sistema automatizado de irrigação: uma solução de baixo custo para agricultura.** Jornada de Iniciação Científica e extensão, v. 6, n. 1, 2015.

ROCHA L. C. R.; HORBE, A. M. C. **Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero alter do chão em Manaus.** Acta Amazônica, v. 36, n. 3, p. 307–312, 2006.

SAUDE, M. da. Avaliação da Vigilância da Qualidade da Água no Estado do Amazonas – Ano base 2011. 2012. Disponível em: <www.portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/Amazonas.pdf>.

SCHERER, L. H. **A eficiência desinfetante do hipoclorito de sódio em efluentes de pequenas comunidades.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 41, n. 1, p. 147–157, 2004.

SERAFIM, A. L.; VIEIRA, E. L.; LINDEMANN, I. L. **Importância da água no organismo humano.** VIDYA, v. 41, n. 1, p. 147–157, 2004.

SILVA, G. A. **O Assentamento como forma de ocupação em Presidente Figueiredo: Projeto de Assentamento Canoas**. Universidade Tecnológica Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

SOUZA, J. R. et al. **A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso rio Almada, sul da Bahia**. Eletrônica do Prodem, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SÁ, L. L. C. et al. **Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 14, n. 3, p. 171–180, 2005.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 2005.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.